

T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DEPREM PERFORMANSI ZAYIF
BETONARME YAPILARIN YATAY
RİJİTLİĞİNİN KULLANICI DOSTU
SİSTEMLERLE ARTIRILMASI

Ali Serdar ECEMİŞ

DOKTORA TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2018

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Serdar ECEMİŞ tarafından hazırlanan “Deprem Performansı Zayıf Betonarme Yapıların Yatay Rijitliğinin Kullanıcı Dostu Sistemlerle Artırılması” adlı tez çalışması 02./09/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği /~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. M. Altuğ ERBERİK

Danışman

Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

Üye

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Üye

Dr. Öğr. Üy. Mustafa KORUMAZ

Üye

Dr. Öğr. Üy. Nebi ÖZDÖNER

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

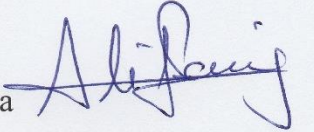
Bu tez çalışması **Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü** tarafından 17201058 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza 

Ali Serdar ECEMiŞ

Tarih: 02.08.2018

ÖZET

DOKTORA TEZİ

DEPREM PERFORMANSI ZAYIF BETONARME YAPILARIN YATAY RİJİTLİĞİNİN KULLANICI DOSTU SİSTEMLERLE ARTIRILMASI

Ali Serdar ECEMİŞ

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2018, 470 Sayfa

Jüri

Danışman Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

Prof. Dr. M. Altuğ ERBERİK

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Dr. Öğr. Üy. Mustafa KORUMAZ

Dr. Öğr. Üy. Nebi ÖZDÖNER

Ülkemiz mevcut yapı stoğunun çok büyük bir kısmı betonarme çerçeve yapılarından oluşmaktadır. Geçmiş depremlerde betonarme yapılar ağır hasara ve göçmeye maruz kalmıştır. Depremlerden sonra meydana gelen yüksek can kayıpları, mevcut betonarme binaların güçlendirilmesi gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Literatürde uygulanan pek çok güçlendirme yöntemi mevcuttur. Uygulanacak güçlendirme yöntemlerinin yapısal kapasite bakımından etkinliğinin yanı sıra, ekonomik olması ve imalat süresinin minimum olması da istenmektedir.

Bu çalışmada, yatay rijitliği ve deprem dayanımı yetersiz betonarme binaların deprem performansının iyileştirmesi için, binanın dış cephesinden uygulanabilecek bir yöntem ele alınmıştır. Önerilen yöntemde, bina dış cephesinde bulunan akslara eklenen çelik çerçevelerin, bina yatay yük taşıma kapasitesine, rijitliğine yaptığı katkı ele alınmıştır. Bina dış cephesine eklenecek olan çelik çerçevenin, bina köşelerinde yerleştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla 6 katlı bir betonarme referans bina modeli üstünde doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılarak çeşitli güçlendirme alternatifleri denenmiştir. Referans ve güçlendirilmiş bina modelleri üzerinde yapılan analizler sonucunda binanın yatay yük taşıma kapasitesindeki ve rijitliğindeki artışın yanı sıra, her bir kolonda meydana gelen iç kuvvet değişimleri de incelenmiştir. Doğrusal ve doğrusal olmayan analizlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca binada uygulanacak güçlendirme çalışmasının, bina görünüşüne ve estetiğine olan etkisi de görsel olarak ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme bina, güçlendirme, çelik çerçeve, doğrusal olmayan analiz, deprem.

ABSTRACT

Ph.D THESIS

LATERAL RIGIDITY IMPROVEMENT OF DEFICIENT REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH THE USE OF USER FRIENDLY SYSTEMS

Ali Serdar ECEMİŞ

**THE GRADUATE EDUCATION INSTITUTE OF KONYA TECHNICAL
UNIVERSITY**

**DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN CIVIL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2018, 470 Pages

Jury

Advisor Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

Prof. Dr. M. Altuğ ERBERİK

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Asst. Prof. Dr. Mustafa KORUMAZ

Asst. Prof. Dr. Nebi ÖZDÖNER

The existing building stock in Turkey consist of reinforced concrete (RC) framed structures. Those structures completed before 2000's, do not have enough earthquake resistance and subjected to massive failure or heavy damage. The life looses after earthquakes showed that, existing structures must be strengthened for future sismic activities. In the current knowledge and literature there are numereous strengthening methods. The seismic performance improvement methods must be effective, economical and also must have minimum time duration of construction.

In this study, an inovative method is proposed to strengthen reinforced concrete framed structures with low lateral rigidity. The method is proposed to be applied externally to the structure. A strong steel frame is supposed to be fixed to the external facade of the RC frame. The fixing will be done between RC columns and steel beam or columns. The external steel frame will contribute to the lateral rigidity of the system as well as lateral load carrying capacity. The steel frames will be intended to be placed at the corners.

The rigidity and strength contribution of the steel system is analysed in the study. For this aim a 6 storey, RC structure is modelled and strengthening alternative are applied to the model structure. Linear and nonlinear analysis are carried out. The lateral rigidity and lateral load carrying capacity increment levels are determined and also internal force levels are compared with capacities. In the study, the apperance of the structure after the strengthening application is evaluated with render images.

Keywords: Reinforced concrete structure, strengthening, steel frame, nonlinear analysis, earthquake.

ÖNSÖZ

Doktora çalışmamın her aşamasında bilgi, birikim, eleştirileri ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan, çalışmamla yakından ilgilenen danışman hocam Prof. Dr. H. Hüsnü KORKMAZ teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım sırasında fikirleriyle, yardımlarıyla destek olan, büyük emeği geçen, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan hocam Yrd. Doç. Dr. Yunus DERE, arkadaşım Mimar Cem BALKAN, meslektaşım İnş Müh. Sercan TEKİN ve Arş. Gör Oğuz DURU başta olmak üzere öğrenimim boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasını, maddi olarak destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne de ayrıca teşekkür ederim.

Dualarını ve maddi – manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen sevgili anneme ve babama sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

Ülkemizde hâlihazırda kullanımda bulunan deprem güvenliği yeteriz betonarme yapıların yetersizliklerinin giderilmesine olanak sağlayacak bu tez çalışmamın, kullanıcı dostu bir yöntem olması sebebi ile bu konuda gerek akademik çalışma yapacak gerekse de uygulamada bu işi yapacak meslektaşlarıma fikir vereceğini düşünmekteyim.

Ali Serdar ECEMİŞ

KONYA-2018



Kızım Hatice Elif Rana'ya...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
ÇİZELGELER LİSTESİ	xxxiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxxvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çok Katlı Yapıların Dış Cepheden Güçlendirilmesi ve Estetik.....	4
1.1.1. Düzensiz binalar	4
1.1.2. Estetik değerler ve fonksiyonellik.....	14
1.2. Çalışmanın Amacı.....	18
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	20
3. ÖNERİLEN GÜÇLENDİRME MODELİ	43
3.1. Referans Bina Modelleri	43
3.2. Güçlendirilmiş Bina Modelleri	44
3.3. Güçlendirilmiş Bina Görselleri	45
3.3.1. Konsol çıkmasız bina (RB1)	46
3.3.2. Konsol çıkmalı bina (RB2).....	50
3.4. Güçlendirilmiş Bina Birleşim Detayları.....	52
3.4.1. Konsol çıkmasız bina	52
3.4.2. Konsol çıkmalı bina.....	61
4. MATERYAL VE YÖNTEM	66
4.1. Moment – Eğrilik İlişkisi	68
4.2. İkinci Aşama Analitik Çalışma – Düzlem Çerçeve Modeli.....	77
4.2.1. Referans çerçeve model – 1 (RF1) – Konsolsuz boş çerçeve	78
4.2.2. Güçlendirilmiş çerçeve model 1 – SSF1	84
4.2.3. Güçlendirilmiş çerçeve model 2 – SSF2	88
4.2.4. Referans model 2 – (RF2) – Konsollu boş çerçeve.....	92
4.2.5. Güçlendirilmiş çerçeve model 3 – SSF3	93
4.3. Üçüncü Aşama Analitik Çalışma	100

4.3.1.	Etabs modelleme yöntemi	100
4.3.2.	Abaqus modelleme yöntemi.....	101
4.3.3.	Referans model – RB1	103
4.3.4.	WB – Perdeli bina modeli	135
4.3.5.	WB-W – Boşluklu perdeli bina modeli.....	143
4.3.6.	SSB1B-1L güçlendirilmiş model	151
4.3.7.	SSB1B-1L-X güçlendirilmiş model	179
4.3.8.	SSB1B-2L güçlendirilmiş model	187
4.3.9.	SSB1B-2L-C güçlendirilmiş model	215
4.3.10.	SSB2B-1L güçlendirilmiş model	223
4.3.11.	SSB2B-2L güçlendirilmiş model	250
4.3.12.	SSB2B-2L-C güçlendirilmiş model	278
4.3.13.	Referans model – RB2	286
4.3.14.	SSB2 güçlendirilmiş Model	314
5.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	340
5.1.	RB1 Modeli – Doğrusal Analiz.....	341
5.1.1.	RB1 modeli periyod	341
5.1.2.	RB1 modeli deprem kuvvetleri – deplasmanlar	342
5.1.3.	RB1 modeli kolon moment ve kesme kuvvetleri	344
5.1.4.	RB1 modeli kolon eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları	352
5.2.	RB2 Modeli – Doğrusal Analiz.....	354
5.2.1.	RB2 modeli periyod	355
5.2.2.	RB2 modeli deprem kuvvetleri – deplasmanlar	355
5.2.3.	RB2 modeli kolon kesme ve moment kuvvetleri	357
5.2.4.	RB2 modeli kolon eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları	365
5.3.	RB1 Modeli – Doğrusal Olmayan Analiz.....	369
5.3.1.	RB1 modeli kolon eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları	399
5.4.	RB2 Modeli – Doğrusal Olmayan Analiz.....	401
5.4.1.	RB2 modeli kolon eksenel kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları	422

5.5. Konsolsuz Bina Modelleri – Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları Karşılaştırmaları	424
5.5.1. Yük – deplasman	424
5.5.2. Deprem kuvvetleri	427
5.5.3. Kolon kesme kuvvetleri.....	430
5.6. Konsollu Bina Modelleri – Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları Karşılaştırmaları	433
5.6.1. Yük – deplasman	433
5.6.2. Deprem Kuvvetleri	434
5.6.3. Kolon kesit kuvvetleri	435
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	436
KAYNAKLAR	443
EKLER.....	446
EK1 – DENEYSEL ÇALIŞMA	447
ÖZGEÇMİŞ.....	471

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Global sismik telike haritası (web iletisi 2)	1
Şekil 1.2. 1963 – 1998 yılları arasında dünyada meydana gelen depremlerin merkezüsleri(web iletisi 3).....	2
Şekil 1.3. Türkiye deprem bölgeleri haritası (web iletisi 4)	2
Şekil 1.4. 1911 – 2013 yılları arasında meydana gelen depremler (web iletisi 5).....	3
Şekil 1.5. 1.1.1999 – 14.8.2017 tarihleri arasında analizi yapılan depremlerin yıllık grafiği (web iletisi 6)	3
Şekil 1.6. Düzensiz bina örnekleri	4
Şekil 1.7. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 1	5
Şekil 1.8. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 2	6
Şekil 1.9. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 3	6
Şekil 1.10. Yapının zemin katının ticari olarak kullanılması	7
Şekil 1.11. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda karşılaşılan eksiklikler (ODTU-DMAM, 2011)	7
Şekil 1.12. Van Erciş depreminde gözlenen yumuşak kat hasarları	8
Şekil 1.13. Van depreminde gözlenen yumuşak kat hasarı	8
Şekil 1.14. Yapının zemin ticari katında oluşturulan çapraz yapısal elemanlar	9
Şekil 1.15. Yumuşak kat oluşumunu engellemek için binada uygulanan çapraz elemanlar	10
Şekil 1.16. Konsollu binada uygulanan ve yatay rijitliği artıran tasarım	10
Şekil 1.17. Mevcut binada yumuşak kat için gözlenen güçlendirme.....	11
Şekil 1.18. Betonarme bir binada çelik yapı elemanları kullanılarak uygulanan deprem güçlendirmesi.....	11
Şekil 1.19. Betonarme garaj yapısında çelik güçlendirme örneği (web iletisi 7)	12
Şekil 1.20. San Francisco şehrinde betonarme yurt binasında uygulanan güçlendirme örneği	13
Şekil 1.21. San Francisco şehrinde betonarme yurt binasında uygulanan güçlendirme örneği bağlantı detayları	13
Şekil 1.22. Tokyo’da görülen güçlendirme örneği	14
Şekil 1.23. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 1 (web iletisi 8)	15

Şekil 1.24. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 2 (web iletisi 8)	15
Şekil 1.25. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 3 (web iletisi 8)	15
Şekil 1.26. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 4 (web iletisi 8)	16
Şekil 1.27. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 5 (web iletisi 8)	16
Şekil 1.28. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 6 (Dere, Y. 2017).	16
Şekil 1.29. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 7 (web iletisi 8)	17
Şekil 1.30. Betonarme bir binada gözlenen diyagonal elemanlar.....	17
Şekil 1.31. Çelik diyagonallerle güçlendirme (AFAD, 2011)	19
Şekil 2.1. Mowrtage (2015), çapraz çelik çerçeve ile güçlendirme.....	20
Şekil 2.2. Prasad ve Philip (2014), farklı yatay yük taşıyıcı sistemlere için katlar arası maksimum ötelenme kapasite oranları	21
Şekil 2.3. Tanaji ve Shaikh (2015), betonarme ve çelik çapraz ile yapılan güçlendirmede taban kesme kuvveti karşılaştırması	22
Şekil 2.4. Al-Dwaik ve Armouti (2013), kayma kamalı çelik çapraz ile mantolama karşılaştırması	22
Şekil 2.5. Faella ve ark. (2014), farklı çelik çapraz konfigürasyonları ve kolon-kiriş düğüm noktalarında kesme kuvveti oranı karşılaştırması.....	23
Şekil 2.6. Tama ve ark. (2005), dıştan çelik perde ile güçlendirme	23
Şekil 2.7. Higashi ve ark. (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları.....	24
Şekil 2.8. Sugano ve Fujimura (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları.....	25
Şekil 2.9. Higashi ve ark. (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları.....	27
Şekil 2.10. Badoux ve Jirsa (1980), imalat ve analitik modeli	27
Şekil 2.11. Bush ve ark. (1991), deney çerçevesi ve bağlantı detayları	28
Şekil 2.12. Downs (1991), incelenen Durango ve Park Espana binaları	29
Şekil 2.13. Pincherira ve Jirsa (1995), güçlendirilen binalar	30
Şekil 2.14. Kara (2006), deney elemanları ve denenen parçasal dolgu duvarlar şekilleri	31

Şekil 2.15. Kaltakcı ve ark (2006), deney elemanlarında ve dış perde duvar uygulaması	32
Şekil 2.16. Akın ve ark. (2008), kolon-kiriş düğüm noktasına ankraj ve deney numuneleri	34
Şekil 2.17. Masri ve Goel (1996), a) Betonarme çerçeve, b) Çelik çerçeve, c) Döşeme kesiti.....	34
Şekil 2.18. Akın (2011), deney numuneleri.....	35
Şekil 2.19. Acun ve Sucuoğlu (2005), güçlendirilmiş eleman genel görünümü ve hasır donatı uygulanan duvar kesiti detayı	36
Şekil 2.20. Topçu ve ark. (2005), çalışmada kullanılan tel örgü tipleri.....	37
Şekil 2.21. Hattori ve ark. (2004), geometrik boyutlar ve güçlendirilmiş eleman	38
Şekil 2.22. Massumi ve Tasnimi (2008), çapraz ile güçlendirilmiş deney numuneleri ve bağlantı detayları.....	39
Şekil 2.23. Visvanath ve ark. (2010), X çaprazlı ve diyagonal binalar	39
Şekil 2.24. Çerçeve matematiksel model şeması	41
Şekil 3.1. Konsol çıkmasız bina (SSB1B-1L) görselleri	46
Şekil 3.2. Konsol çıkmasız bina (SSB2B-1L) görselleri	47
Şekil 3.3. Konsol çıkmasız bina (SSB1B-2L) görselleri	48
Şekil 3.4. Konsol çıkmasız bina (SSB2B-2L) görselleri	49
Şekil 3.5. Köşe balkonlu konsol çıkmalı bina (SSB2) görselleri.....	50
Şekil 3.6. Köşe balkonsuz konsol çıkmalı bina (SSB2) görselleri	51
Şekil 3.7. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2B-1L)	52
Şekil 3.8. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları ön görünüş (SSB2B-1L) ...	53
Şekil 3.9. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 1 (SSB2B-1L).....	53
Şekil 3.10. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 2 (SSB2B-1L).....	54
Şekil 3.11. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 3 (SSB2B-1L).....	54
Şekil 3.12. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 4 (SSB2B-1L).....	55
Şekil 3.13. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2B-2L-C)	56
Şekil 3.14. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları plan görünüşü (SSB2B-2L-C)	57
Şekil 3.15. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları ön görünüşü (SSB2B-2L-C)	57

Şekil 3.16. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları yan görünüşü (SSB2B-2L-C)	58
Şekil 3.17. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 1 (SSB2B-2L-C).....	58
Şekil 3.18. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 2 (SSB2B-2L-C).....	59
Şekil 3.19. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 3 (SSB2B-2L-C).....	59
Şekil 3.20. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 4 (SSB2B-2L-C).....	60
Şekil 3.21. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 5 (SSB2B-2L-C).....	60
Şekil 3.22. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2).....	61
Şekil 3.23. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları ön görünüş (SSB2)	62
Şekil 3.24. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 1 (SSB2)	62
Şekil 3.25. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 2 (SSB2)	63
Şekil 3.26. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 3 (SSB2)	63
Şekil 3.27. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 4a (SSB2)	63
Şekil 3.28. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 4b (SSB2)	64
Şekil 3.29. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 5a (SSB2)	64
Şekil 3.30. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları (tek taraf için) – 5b (SSB2)	65
Şekil 3.31. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 6 (SSB2)	65
Şekil 4.1. Basınç bölgesindeki beton için gerilme-birim deformasyon bağıntısı	68
Şekil 4.2. Çekme bölgesindeki beton için gerilme-birim deformasyon bağıntısı.....	68
Şekil 4.3. Donatı çeliği için gerilme-birim deformasyon bağıntısı.....	69
Şekil 4.4. Betonarme kesit için katmanlı modelleme tekniği ile moment-eğrilik ilişkisinin saptanması.....	69
Şekil 4.5. Betonarme kolon kesitinin farklı hesap metodları ile hesaplanan moment-eğrilik ilişkileri.....	70
Şekil 4.6. Ersoy ve Abaqus tarafından kullanılan çelik malzeme modelleri	71
Şekil 4.7. Etabs Section Designer alt programında kullanılan kolon kesiti ve moment eğrilik grafiği	72
Şekil 4.8. Abaqus ortamında modellenen kolon elemanının sonlu elemanlar ağı ve donatı durumu	73
Şekil 4.9. Kolon elemanda uygulanan yükleme sistemi	73
Şekil 4.10. Betonarme eleman orta kesitinde meydana gelen deformasyonlar ve çekme hasar dağılımı.....	73

Şekil 4.11. Betonarme elemanda analizin son adımında meydana gelen çekme hasar dağılımı	74
Şekil 4.12. Betonarme elemanda analizin son adımında meydana gelen basınç hasar dağılımı	74
Şekil 4.13. Kolon elemanda eğilme momentinden dolayı oluşan çekme hasar dağılımı ve ilerlemesi.....	75
Şekil 4.14. Kolon elemanda eğilme momentinden dolayı oluşan basınç hasar dağılımı ve ilerlemesi.....	76
Şekil 4.15. 2. aşama analitik çalışmaya esas betonarme çerçeve özellikleri	78
Şekil 4.16. 2 Boyutlu çerçeveye uygulanan yükleme oranları	79
Şekil 4.17. RF1 çerçevesi için Abaqus ve Etabs modelleri	80
Şekil 4.18. RF1 çerçevesi için Abaqus ve Etabs yük – deplasman eğrileri karşılaştırılması	81
Şekil 4.19. Doğrusal analiz sonucunda RF1 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı	82
Şekil 4.20. Doğrusal olmayan analiz sonucunda betonarme çerçevede oluşan çekme ve basınç hasar oranları	83
Şekil 4.21. Güçlendirilmiş çerçeve SSF1	84
Şekil 4.22. SSF1 numunesinin analizinden elde edilen toplam taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı eğrileri.....	85
Şekil 4.23. Doğrusal analiz sonucunda SSF1 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı ..	86
Şekil 4.24. SSF1 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı	87
Şekil 4.25. Güçlendirilmiş çerçeve SSF2	88
Şekil 4.26. SSF2 güçlendirme çerçevesi görünümleri	89
Şekil 4.27. SSF2 numunesinin analizinden elde edilen toplam taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı eğrileri.....	89
Şekil 4.28. SSF2 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı (MPa)	90
Şekil 4.29. Doğrusal analiz sonucunda SSF2 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı ..	91
Şekil 4.30. RF1, SSF1 ve SSF2 çerçevelerinin doğrusal olmayan çözüm toplam yatay yük-tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması	92
Şekil 4.31. RF2 çerçevesine ait toplam taban kesme kuvveti- tepe deplasman eğrileri .	93
Şekil 4.32. RF2 çerçevesi beton çekme ve basınç hasar şekilleri.....	93
Şekil 4.33. SSF3 çerçevesinde uygulanan güçlendirme görünümü.....	94

Şekil 4.34. SSF3 çerçevesinin doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarının karşılaştırılması	94
Şekil 4.35. Doğrusal analiz sonucunda SSF3 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı ..	95
Şekil 4.36. SSF3 modelinin betonarme çerçevesinde oluşan çekme ve basınç hasar dağılımı	96
Şekil 4.37. SSF3 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı	96
Şekil 4.38. RF2 ve SSF3 çerçevelerinin doğrusal olmayan çözüm toplam yatay yük-tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması	97
Şekil 4.39. Analiz grafiklerinde yapılan akma dayanım tespit yaklaşımı	98
Şekil 4.40. Analiz modellerinde yapılan Bi-Linear yaklaşım.....	98
Şekil 4.41. Gerçek uygulamada betonarme kolon ve çelik kolonun birbirine sabitlenmesi	101
Şekil 4.42. Etabs modelinde çerçeve elemanlar arasında ankraj işleminin modellenmesi	101
Şekil 4.43. Doğrusal olmayan analiz modelinde kullanılan yükleme aparatı.....	103
Şekil 4.44. Referans bina 1 – mimari tip kat planı	104
Şekil 4.45. Referans bina 1 – 3B görsel – 1	104
Şekil 4.46. Referans Bina 1 – 3B görsel – 2	105
Şekil 4.47. DBYBHY 2007 – Z3 ivme spektrum grafiği	106
Şekil 4.48. Referans bina 1 – tip kat kalıp planı	107
Şekil 4.49. Referans bina 1 – taşıyıcı sistem kesiti.....	108
Şekil 4.50. RB1 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü.....	109
Şekil 4.51. RB1 modeli kolon ve aks isimleri	109
Şekil 4.52. RB1 modeli kat deplasmanları	110
Şekil 4.53. RB1 modeli kat kesme kuvvetleri	110
Şekil 4.54. RB1 modeli ilk 3 mod deplasmanları	111
Şekil 4.55. RB1 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	112
Şekil 4.56. RB1 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	112
Şekil 4.57. RB1 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	113
Şekil 4.58. RB1 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	113
Şekil 4.59. RB1 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	114
Şekil 4.60. RB1 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	114
Şekil 4.61. RB1 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	115
Şekil 4.62. RB1 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	115

Şekil 4.63. RB1 modeli – 3B Abaqus modeli.....	116
Şekil 4.64. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-1	116
Şekil 4.65. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-2	117
Şekil 4.66. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-3	117
Şekil 4.67. RB1 modeli yük – deplasman grafiği	118
Şekil 4.68. F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) yatay yük adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı	119
Şekil 4.69. F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) yatay yük adımımda, oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü	119
Şekil 4.70. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasman yükü adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı.....	120
Şekil 4.71. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasman seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü	120
Şekil 4.72. RB1 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	121
Şekil 4.73. RB1 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	122
Şekil 4.74. RB1 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	123
Şekil 4.75. RB1 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	124
Şekil 4.76. RB1 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	125
Şekil 4.77. RB1 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	126
Şekil 4.78. RB1 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	127
Şekil 4.79. RB1 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	128
Şekil 4.80. RB1 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	129
Şekil 4.81. RB1 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	130
Şekil 4.82. RB1 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	131
Şekil 4.83. RB1 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	132
Şekil 4.84. RB1 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	133
Şekil 4.85. RB1 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	134
Şekil 4.86. WB Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü.....	135
Şekil 4.87. WB modeli kolon ve aks isimleri	135
Şekil 4.88. WB modeli kat deplasmanları	136
Şekil 4.89. WB modeli kat kesme kuvvetleri	136
Şekil 4.90. WB modeli ilk 3 mod deplasmanları	138
Şekil 4.91. WB modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	139
Şekil 4.92. WB modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	139

Şekil 4.93. WB modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	140
Şekil 4.94. WB modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	140
Şekil 4.95. WB modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	141
Şekil 4.96. WB modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	141
Şekil 4.97. WB modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	142
Şekil 4.98. WB modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	142
Şekil 4.99. WB-W Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	143
Şekil 4.100. WB-W modeli kolon ve aks isimleri	143
Şekil 4.101. WB-W modeli kat deplasmanları	144
Şekil 4.102. WB-W modeli kat kesme kuvveti	144
Şekil 4.103. WB-W modeli ilk 3 mod deplasmanları.....	146
Şekil 4.104. WB-W modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	147
Şekil 4.105. WB-W modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	147
Şekil 4.106. WB-W modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	148
Şekil 4.107. WB-W modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	148
Şekil 4.108. WB-W modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	149
Şekil 4.109. WB-W modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	149
Şekil 4.110. WB-W modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	150
Şekil 4.111. WB-W modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	150
Şekil 4.112. SSB1B-1L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	151
Şekil 4.113. SSB1B-1L kolon ve aks isimleri	151
Şekil 4.114. SSB1B-1L kat deplasmanları	152
Şekil 4.115. SSB1B-1L kat kesme kuvveti.....	152
Şekil 4.116. SSB1B-1L modeli ilk 3 mod deplasmanları.....	154
Şekil 4.117. SSB1B-1L modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	155
Şekil 4.118. SSB1B-1L modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	155
Şekil 4.119. SSB1B-1L modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	156
Şekil 4.120. SSB1B-1L modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	156
Şekil 4.121. SSB1B-1L modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	157
Şekil 4.122. SSB1B-1L modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	157
Şekil 4.123. SSB1B-1L modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	158
Şekil 4.124. SSB1B-1L modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	158
Şekil 4.125. SSB1B-1L modeli 3B görünüşü.....	159

Şekil 4.126. SSB1B-1L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı	160
Şekil 4.127. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	161
Şekil 4.128. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş.....	161
Şekil 4.129. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	162
Şekil 4.130. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1	162
Şekil 4.131. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2	162
Şekil 4.132. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	163
Şekil 4.133. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş.....	163
Şekil 4.134. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	163
Şekil 4.135. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1	164
Şekil 4.136. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2	164
Şekil 4.137. SSB1B-1L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	165
Şekil 4.138. SSB1B-1L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	166
Şekil 4.139. SSB1B-1L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	167
Şekil 4.140. SSB1B-1L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	168
Şekil 4.141. SSB1B-1L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	169
Şekil 4.142. SSB1B-1L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	170
Şekil 4.143. SSB1B-1L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	171
Şekil 4.144. SSB1B-1L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	172
Şekil 4.145. SSB1B-1L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	173
Şekil 4.146. SSB1B-1L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	174
Şekil 4.147. SSB1B-1L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	175

Şekil 4.148. SSB1B-1L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	176
Şekil 4.149. SSB1B-1L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	177
Şekil 4.150. SSB1B-1L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	178
Şekil 4.151. SSB1B-1L-X Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	179
Şekil 4.152. SSB1B-1L-X kolon ve aks isimleri	179
Şekil 4.153. SSB1B-1L-X Kat deplasmanları	180
Şekil 4.154. SSB1B-1L-X Kat kesme kuvveti	180
Şekil 4.155. SSB1B-1L-X binası ilk 3 mod deplasmanlar	182
Şekil 4.156. SSB1B-1L-X binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	183
Şekil 4.157. SSB1B-1L-X binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	183
Şekil 4.158. SSB1B-1L-X binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	184
Şekil 4.159. SSB1B-1L-X binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	184
Şekil 4.160. SSB1B-1L-X binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	185
Şekil 4.161. SSB1B-1L-X binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	185
Şekil 4.162. SSB1B-1L-X binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	186
Şekil 4.163. SSB1B-1L-X binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	186
Şekil 4.164. SSB1B-2L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	187
Şekil 4.165. SSB1B-2L kolon ve aks isimleri	187
Şekil 4.166. SSB1B-2L kat deplasmanları	188
Şekil 4.167. SSB1B-2L kat kesme kuvveti.....	188
Şekil 4.168. SSB1B-1L binası ilk 3 mod deplasmanlar	190
Şekil 4.169. SSB1B-2L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	191
Şekil 4.170. SSB1B-2L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	191
Şekil 4.171. SSB1B-2L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	192
Şekil 4.172. SSB1B-2L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	192
Şekil 4.173. SSB1B-2L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	193
Şekil 4.174. SSB1B-2L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	193
Şekil 4.175. SSB1B-2L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	194
Şekil 4.176. SSB1B-2L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	194
Şekil 4.177. SSB1B-2L modeli 3B görünüşü	195
Şekil 4.178. SSB1B-2L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı	196
Şekil 4.179. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	197

Şekil 4.180. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş.....	197
Şekil 4.181. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	198
Şekil 4.182. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1	198
Şekil 4.183. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2	198
Şekil 4.184. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	199
Şekil 4.185. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş.....	199
Şekil 4.186. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	199
Şekil 4.187. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1	200
Şekil 4.188. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2	200
Şekil 4.189. SSB1B-2L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	201
Şekil 4.190. SSB1B-2L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	202
Şekil 4.191. SSB1B-2L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	203
Şekil 4.192. SSB1B-2L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	204
Şekil 4.193. SSB1B-2L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	205
Şekil 4.194. SSB1B-2L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	206
Şekil 4.195. SSB1B-2L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	207
Şekil 4.196. SSB1B-2L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	208
Şekil 4.197. SSB1B-2L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	209
Şekil 4.198. SSB1B-2L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	210
Şekil 4.199. SSB1B-2L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	211
Şekil 4.200. SSB1B-2L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	212
Şekil 4.201. SSB1B-2L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	213
Şekil 4.202. SSB1B-2L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	214
Şekil 4.203. SSB1B-2L-C Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	215

Şekil 4.204. SSB1B-2L-C kolon ve aks isimleri	215
Şekil 4.205. SSB1B-2L-C Kat deplasmanları	216
Şekil 4.206. SSB1B-1L-C Kat kesme kuvveti.....	216
Şekil 4.207. SSB1B-2L-C binası ilk 3 mod deplasmanlar	218
Şekil 4.208. SSB1B-2L-C binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	219
Şekil 4.209. SSB1B-2L-C binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	219
Şekil 4.210. SSB1B-2L-C binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	220
Şekil 4.211. SSB1B-1L-C binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	220
Şekil 4.212. SSB1B-2L-C binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	221
Şekil 4.213. SSB1B-2L-C binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	221
Şekil 4.214. SSB1B-2L-C binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	222
Şekil 4.215. SSB1B-2L-C binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	222
Şekil 4.216. SSB2B-1L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	223
Şekil 4.217. SSB2B-1L kolon ve aks isimleri	223
Şekil 4.218. SSB2B-1L kat deplasmanları	224
Şekil 4.219. SSB2B-1L kat kesme kuvveti.....	224
Şekil 4.220. SSB2B-1L binası ilk 3 mod deplasmanlar	225
Şekil 4.221. SSB2B-1L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	226
Şekil 4.222. SSB2B-1L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	226
Şekil 4.223. SSB2B-1L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	227
Şekil 4.224. SSB2B-1L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	227
Şekil 4.225. SSB2B-1L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	228
Şekil 4.226. SSB2B-1L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	228
Şekil 4.227. SSB2B-1L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	229
Şekil 4.228. SSB2B-1L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	229
Şekil 4.229. SSB2B-1L modeli 3B görünüşü.....	230
Şekil 4.230. SSB2B-1L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı	231
Şekil 4.231. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	232
Şekil 4.232. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş.....	232
Şekil 4.233. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	233

Şekil 4.234. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1	233
Şekil 4.235. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2	233
Şekil 4.236. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	234
Şekil 4.237. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş.....	234
Şekil 4.238. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	235
Şekil 4.239. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1	235
Şekil 4.240. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2	235
Şekil 4.241. SSB2B-1L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	236
Şekil 4.242. SSB2B-1L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	237
Şekil 4.243. SSB2B-1L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	238
Şekil 4.244. SSB2B-1L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	239
Şekil 4.245. SSB2B-1L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	240
Şekil 4.246. SSB2B-1L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	241
Şekil 4.247. SSB2B-1L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	242
Şekil 4.248. SSB2B-1L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	243
Şekil 4.249. SSB2B-1L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	244
Şekil 4.250. SSB2B-1L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	245
Şekil 4.251. SSB2B-1L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	246
Şekil 4.252. SSB2B-1L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	247
Şekil 4.253. SSB2B-1L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	248
Şekil 4.254. SSB2B-1L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	249
Şekil 4.255. SSB2B-2L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	250
Şekil 4.256. SSB2B-2L kolon ve aks isimleri	250
Şekil 4.257. SSB2B-2L Kat deplasmanları	251
Şekil 4.258. SSB2B-2L Kat kesme kuvveti.....	251
Şekil 4.259. SSB2B-2L binası ilk 3 mod deplasmanlar	253

Şekil 4.260. SSB2B-2L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	254
Şekil 4.261. SSB2B-2L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	254
Şekil 4.262. SSB2B-2L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	255
Şekil 4.263. SSB2B-2L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	255
Şekil 4.264. SSB2B-2L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	256
Şekil 4.265. SSB2B-2L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	256
Şekil 4.266. SSB2B-2L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	257
Şekil 4.267. SSB2B-2L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	257
Şekil 4.268. SSB2B-2L modeli 3B görünüşü	258
Şekil 4.269. SSB2B-2L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı	259
Şekil 4.270. F^{RBI}_{max} (72558 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı.....	260
Şekil 4.271. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş.....	260
Şekil 4.272. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	261
Şekil 4.273. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1	261
Şekil 4.274. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2	261
Şekil 4.275. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı	262
Şekil 4.276. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş.....	262
Şekil 4.277. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	262
Şekil 4.278. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1	263
Şekil 4.279. $\Delta^{%I}_{Teppe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2	263
Şekil 4.280. SSB2B-2L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	264
Şekil 4.281. SSB2B-2L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	265

Şekil 4.282. SSB2B-2L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	266
Şekil 4.283. SSB2B-2L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	267
Şekil 4.284. SSB2B-2L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	268
Şekil 4.285. SSB2B-2L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	269
Şekil 4.286. SSB2B-2L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	270
Şekil 4.287. SSB2B-2L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	271
Şekil 4.288. SSB2B-2L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	272
Şekil 4.289. SSB2B-2L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	273
Şekil 4.290. SSB2B-2L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	274
Şekil 4.291. SSB2B-2L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	275
Şekil 4.292. SSB2B-2L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	276
Şekil 4.293. SSB2B-2L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	277
Şekil 4.294. SSB2B-2L-C Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	278
Şekil 4.295. SSB2B-2L-C kolon ve aks isimleri	278
Şekil 4.296. SSB2B-2L-C Kat deplasmanları	279
Şekil 4.297. SSB2B-2L-C Kat kesme kuvveti.....	279
Şekil 4.298. SSB2B-2L-C binası ilk 3 mod deplasmanları	281
Şekil 4.299. SSB2B-2L-C binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	282
Şekil 4.300. SSB2B-2L-C binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	282
Şekil 4.301. SSB2B-2L-C binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	283
Şekil 4.302. SSB2B-2L-C binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	283
Şekil 4.303. SSB2B-2L-C binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	284
Şekil 4.304. SSB2B-2L-C binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	284
Şekil 4.305. SSB2B-2L-C binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	285
Şekil 4.306. SSB2B-2L-C binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	285
Şekil 4.307. Referans bina 2 – mimari tip kat planı	286
Şekil 4.308. Referans bina 2 – 3B görsel 1.....	287
Şekil 4.309. Referans bina 2 – 3B görsel 2.....	287
Şekil 4.310. Referans bina 2 – tip kat kalıp planı	288
Şekil 4.311. Referans bina 2 – taşıyıcı sistem kesiti.....	288
Şekil 4.312. RB2 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü.....	289
Şekil 4.313. RB2 kolon ve aks isimleri	289
Şekil 4.314. RB2 Kat deplasmanları.....	290
Şekil 4.315. RB2 Kat kesme kuvvetleri.....	290

Şekil 4.316. RB2 modeli ilk 3 mod deplasmanları	291
Şekil 4.317. RB2 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	292
Şekil 4.318. RB2 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	292
Şekil 4.319. RB2 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	293
Şekil 4.320. RB2 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm).....	293
Şekil 4.321. RB2 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	294
Şekil 4.322. RB2 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	294
Şekil 4.323. RB2 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	295
Şekil 4.324. RB2 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN).....	295
Şekil 4.325. RB2 – 3B Abaqus modeli	296
Şekil 4.326. RB2 yük – deplasman grafiği	297
Şekil 4.327. RB2 modelinde F^{RB2}_{max} (7817.5 kN) yatay yük adımında, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı	298
Şekil 4.328. RB2 modelinde F^{RB2}_{max} (7817.5 kN) yatay yük adımında, oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü.....	298
Şekil 4.329. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasman yükü adımında, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı	298
Şekil 4.330. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü	299
Şekil 4.331. $\Delta^{RB2}_{10.24 Tepe}$ deplasmanı seviyesinde 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı.....	299
Şekil 4.332. $\Delta^{RB2}_{10.24 Tepe}$ deplasmanı seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü	299
Şekil 4.333. RB2 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri	300
Şekil 4.334. RB2 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri	301
Şekil 4.335. RB2 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri	302
Şekil 4.336. RB2 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri	303
Şekil 4.337. RB2 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri	304
Şekil 4.338. RB2 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri	305
Şekil 4.339. RB2 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri	306
Şekil 4.340. RB2 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri	307
Şekil 4.341. RB2 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri	308
Şekil 4.342. RB2 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri	309

Şekil 4.343. RB2 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri	310
Şekil 4.344. RB2 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri	311
Şekil 4.345. RB2 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri	312
Şekil 4.346. RB2 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri	313
Şekil 4.347. SSB2 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü	314
Şekil 4.348. SSB2 kolon ve aks isimleri.....	314
Şekil 4.349. SSB2 Kat deplasmanları	315
Şekil 4.350. SSB2 Kat kesme kuvvetleri	315
Şekil 4.351. SSB2 modeli ilk 3 mod deplasmanı	317
Şekil 4.352. SSB2 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	318
Şekil 4.353. SSB2 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	318
Şekil 4.354. SSB2 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	319
Şekil 4.355. SSB2 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)	319
Şekil 4.356. SSB2 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	320
Şekil 4.357. SSB2 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	320
Şekil 4.358. SSB2 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	321
Şekil 4.359. SSB2 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)	321
Şekil 4.360. SSB2 modeli 3B görünüşü – 1	322
Şekil 4.361. SSB2 modeli 3B görünüşü – 2	322
Şekil 4.362. SSB2 analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı.....	323
Şekil 4.363. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı.....	324
Şekil 4.364. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş	324
Şekil 4.365. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri.....	324
Şekil 4.366. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1	325
Şekil 4.367. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2	325
Şekil 4.368. SSB2 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri.....	326
Şekil 4.369. SSB2 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri.....	327
Şekil 4.370. SSB2 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri.....	328

Şekil 4.371. SSB2 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri.....	329
Şekil 4.372. SSB2 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri.....	330
Şekil 4.373. SSB2 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri.....	331
Şekil 4.374. SSB2 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri.....	332
Şekil 4.375. SSB2 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri.....	333
Şekil 4.376. SSB2 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri.....	334
Şekil 4.377. SSB2 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri.....	335
Şekil 4.378. SSB2 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri.....	336
Şekil 4.379. SSB2 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri.....	337
Şekil 4.380. SSB2 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri.....	338
Şekil 4.381. SSB2 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri.....	339
Şekil 5.1. Eleman iç kuvvetlerinin karşılaştırmasında kullanılan aks ve kolon isimlendirmeleri	340
Şekil 5.2. Referans ve güçlendirilmiş bina modelleri hakim periyod karşılaştırması ..	341
Şekil 5.3. RB1 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerinde, betonarme çerçeve kolonlarının, toplam taban kesme kuvvetinden aldığı pay	343
Şekil 5.4. RB1 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerinin doğrusal analizi sonucu katlarda oluşan ötelenme profillerinin karşılaştırması	344
Şekil 5.5. 1. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	348
Şekil 5.6. 1. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	348
Şekil 5.7. 1. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	349
Şekil 5.8. 1. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	349
Şekil 5.9. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon aksel yük kapasite oranı grafiği	353
Şekil 5.10. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği	353
Şekil 5.11. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği .	354
Şekil 5.12. Referans ve güçlendirilmiş bina modelleri hakim periyod karşılaştırması	355
Şekil 5.13. RB2 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modelinde, betonarme çerçeve kolonlarının, toplam taban kesme kuvvetinden aldığı pay	356
Şekil 5.14. RB2 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modelinin doğrusal analizi sonucu katlar oluşan ötelenme profillerinin karşılaştırması	357

Şekil 5.15. 1. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	360
Şekil 5.16. 1. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	360
Şekil 5.17. 1. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	361
Şekil 5.18. 1. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	361
Şekil 5.19. 2. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	362
Şekil 5.20. 2. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	362
Şekil 5.21. 2. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	363
Şekil 5.22. 2. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması	363
Şekil 5.23. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon aksenal yük kapasite oranı grafiği (1. Kat)	366
Şekil 5.24. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon aksenal yük kapasite oranı grafiği (2. Kat)	366
Şekil 5.25. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği (1. Kat)	367
Şekil 5.26. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği (2. Kat)	367
Şekil 5.27. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği (1. Kat)	368
Şekil 5.28. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği (2. Kat)	368
Şekil 5.29. RB1 modeli yük – tepe deplasmanı karşılaştırma grafiği.....	370
Şekil 5.30. RB1 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği	373
Şekil 5.31. SSB1B-1L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması.....	374
Şekil 5.32. SSB1B-2L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması.....	374

Şekil 5.33. SSB2B-1L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması.....	375
Şekil 5.34. SSB2B-2L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması.....	375
Şekil 5.35. RB1 modeli maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları.....	377
Şekil 5.36. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü	378
Şekil 5.37. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 1	379
Şekil 5.38. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 2	380
Şekil 5.39. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{%1}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları	381
Şekil 5.40. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{%1}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü.....	382
Şekil 5.41. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{%1}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 1	383
Şekil 5.42. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{%1}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 2.....	384
Şekil 5.43. C1 ve C2 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri.....	385
Şekil 5.44. C3 ve C4 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri.....	386
Şekil 5.45. C5 ve C6 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri.....	387
Şekil 5.46. C7 ve C8 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri.....	388
Şekil 5.47. C9 ve C10 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri.....	389
Şekil 5.48. C11 ve C12 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	390
Şekil 5.49. C13 ve C14 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	391
Şekil 5.50. C15 ve C16 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	392
Şekil 5.51. C17 ve C18 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	393
Şekil 5.52. C19 ve C20 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	394
Şekil 5.53. C21 ve C22 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	395
Şekil 5.54. C23 ve C24 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	396
Şekil 5.55. C25 ve C26 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri...	397

Şekil 5.56. C27 ve C28 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	398
Şekil 5.57. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon aksenal yük kapasite oranı grafiği	399
Şekil 5.58. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği	400
Şekil 5.59. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği.....	400
Şekil 5.60. RB2 modeli yük – tepe deplasmanı karşılaştırma grafiği.....	401
Şekil 5.61. RB2 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği	403
Şekil 5.62. SSB2 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması	403
Şekil 5.63. RB2 maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları	405
Şekil 5.64. RB2 modeli maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü	405
Şekil 5.65. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri.....	406
Şekil 5.66. $\Delta^{RB2}_{10.24-Tepe}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları	406
Şekil 5.67. $\Delta^{RB2}_{10.24-Tepe}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü	407
Şekil 5.68. $\Delta^{RB2}_{10.24-Tepe}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri	407
Şekil 5.69. C1 ve C2 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri	408
Şekil 5.70. C3 ve C4 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri	409
Şekil 5.71. C5 ve C6 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri	410
Şekil 5.72. C7 ve C8 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri	411
Şekil 5.73. C9 ve C10 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri	412
Şekil 5.74. C11 ve C12 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	413
Şekil 5.75. C13 ve C14 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	414
Şekil 5.76. C15 ve C16 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	415
Şekil 5.77. C17 ve C18 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	416
Şekil 5.78. C19 ve C20 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	417

Şekil 5.79. C21 ve C22 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	418
Şekil 5.80. C23 ve C24 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	419
Şekil 5.81. C25 ve C26 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	420
Şekil 5.82. C27 ve C28 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri ...	421
Şekil 5.83. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon eksenel yük kapasite oranı grafiği	422
Şekil 5.84. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği	423
Şekil 5.85. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği.....	423
Şekil 5.86. RB1 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	424
Şekil 5.87. SSB1B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	425
Şekil 5.88. SSB1B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	425
Şekil 5.89. SSB2B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	426
Şekil 5.90. SSB2B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	426
Şekil 5.91. SSB1B-1L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı.....	427
Şekil 5.92. SSB1B-2L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı.....	428
Şekil 5.93. SSB2B-1L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı.....	428
Şekil 5.94. SSB2B-2L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı.....	429
Şekil 5.95. RB1 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	430
Şekil 5.96. SSB1B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	430
Şekil 5.97. SSB1B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	431

Şekil 5.98. SSB2B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	431
Şekil 5.99. SSB2B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	432
Şekil 5.100. RB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	433
Şekil 5.101. SSB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği	434
Şekil 5.102. SSB2 modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı.....	434
Şekil 5.103. RB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	435
Şekil 5.104. SSB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği	435

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1. Son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremler ve kayıplar (web iletisi 9)	18
Çizelge 3.1. Güçlendirme uygulanmamış referans bina modelleri.....	43
Çizelge 3.2. Çelik güçlendirme uygulanmış bina analiz modelleri – 1	44
Çizelge 3.3. Çelik güçlendirme uygulanmış bina analiz modelleri – 2	45
Çizelge 4.1. 2. ve 3. aşama analizleri akış diyagramı	67
Çizelge 4.2. 2. Aşama analizlerinde elde edilen eğrilerden tespit edilen bazı parametreler	99
Çizelge 4.3. Doğrusal olmayan analiz için kiriş ve kolon donatıları	106
Çizelge 4.4. Deprem parametreleri	106
Çizelge 4.5. RB1 modeli ilk 3 moda ait periyodlar	111
Çizelge 4.6. WB modeli ilk 3 moda ait periyodlar	138
Çizelge 4.7. WB-W modeli ilk 3 moda ait periyodlar	146
Çizelge 4.8. SSB1B-1L modeli ilk 3 moda ait periyodlar	154
Çizelge 4.9. SSB1B-1L-X Binası ilk 3 moda ait periyodlar.....	182
Çizelge 4.10. SSB1B-2L binası ilk 3 moda ait periyodlar.....	190
Çizelge 4.11. SSB1B-2L-C Binası ilk 3 moda ait periyodlar	218
Çizelge 4.12. SSB2B-1L modeli ilk 3 moda ait periyodlar	225
Çizelge 4.13. SSB2B-2L Binası ilk 3 moda ait periyodlar	253
Çizelge 4.14. SSB2B-2L-C Binası ilk 3 moda ait periyodlar	281
Çizelge 4.15. RB2 modeli ilk 3 moda ait periyodlar	291
Çizelge 4.16. SSB2 Binası ilk 3 moda ait periyodlar	317
Çizelge 5.1. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri – 1 (Birimler kN-m)	346
Çizelge 5.2. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri – 2 (Birimler kN-m)	347
Çizelge 5.3. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları – 1	350
Çizelge 5.4. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları – 2.....	351
Çizelge 5.5. Konsollu bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri (Birimler kN – m).....	359

Çizelge 5.6. Konsollu bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. ve 2. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları.....	364
Çizelge 5.7. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	371
Çizelge 5.8. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin ($\Delta^{%1}_{Tepe}$) deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve ($\Delta^{%1}_{Tepe}$) tepe deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması	371
Çizelge 5.9. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinde, F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetine karşılık gelen tepe deplasmanları.....	372
Çizelge 5.10. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	402
Çizelge 5.11. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin $\Delta^{RB2}_{Fmax-tepe}$ deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması	402
Çizelge 6.1. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	440
Çizelge 6.2. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin ($\Delta^{%1}_{Tepe}$) deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve ($\Delta^{%1}_{Tepe}$) tepe deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması	440
Çizelge 6.3. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinde, F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetine karşılık gelen tepe deplasmanları.....	440
Çizelge 6.4. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması	441
Çizelge 6.5. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin $\Delta^{RB2}_{Fmax-tepe}$ deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması	441
Çizelge 6.6. RB1 modeli analiz sonucu betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı yükler.	441
Çizelge 6.7. RB2 modeli analiz sonucu betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı yükler.	441

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_c	: Kolonlarda tüm kesit beton alanı
A_{st}	: Toplam çekme donatısı kesit alanı
F^{RB1}_{max}	: RB1 modelinin taşıdığı maksimum yük
F^{RB2}_{max}	: RB2 modelinin taşıdığı maksimum yük
F^{SSB2}_{max}	: SSB2 modelinin taşıdığı maksimum yük
$\Delta^{%1}_{Tepe}$: Bina yüksekliğinin %1'ine karşılık gelen tepe deplasmanı (18 cm)
$\Delta^{RB2}_{10.24 Tepe}$: RB2 modeli 10.24 cm tepe deplasmanı
b_w	: Kiriş gövde genişliği veya perde duvar kalınlığı
d	: Kiriş faydalı yüksekliği
$f_{c 28.gün}$: 28. gün beton basınç dayanımı
f_{cm}	: Beton ortalama basınç dayanımı
f_{ctd}	: Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
f_{su}	: Boyuna donatı kopma dayanımı
f_y	: Boyuna donatı akma dayanımı
f_{yd}	: Boyuna donatı tasarım akma dayanımı
f_{yk}	: Boyuna donatı karakteristik akma dayanımı
F_1	: Üst kata uygulanan toplam yatay yük
F_2	: Alt kata uygulanan toplam yatay yük
h	: Kiriş toplam yüksekliği veya kat yüksekliği
N_d	: Tasarım eksenel kuvveti
s	: Enine donatı aralığı
Δ_1	: Üst kat deplasmanı
Δ_2	: Alt kat deplasmanı
V_{max}	: Maksimum kesme kuvveti
$\delta@V_{max}$: Maksimum kesme kuvveti altındaki deplasman
δ_y	: Akma anındaki deplasman
δ_u	: Maksimum deplasman

Kısaltmalar

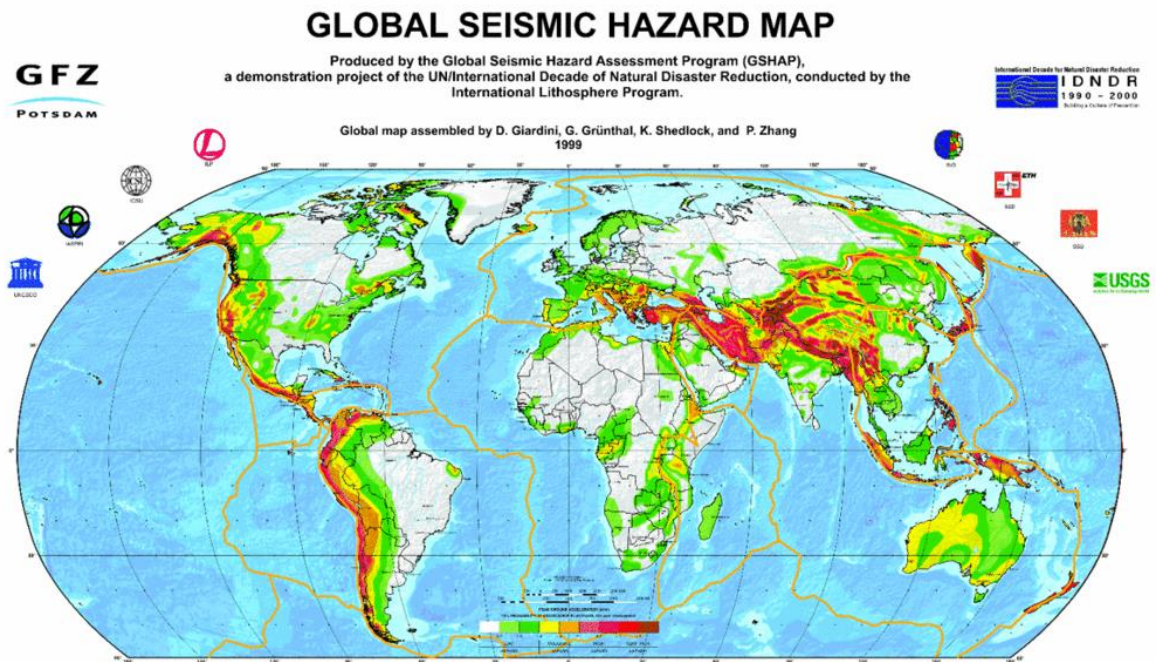
DBYBHY 2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
B.A.	: Betonarme
RF1	: Referans Çerçeve 1
RF2	: Referans Çerçeve 2
SSF1	: Çelik Güçlendirilmiş Çerçeve 1
SSF2	: Çelik Güçlendirilmiş Çerçeve 2
RB1	: Referans Bina 1 – Konsol Çıkmasız – Güçlendirilmemiş
WB	: Perdeli Bina – Güçlendirilmemiş
WB-W	: Pencere Boşluklu Perdeli Bina
SSB1B-1L	: Tek Açıklık Tek Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” Çelik Güçlendirilmiş Bina
SSB1B-1L-X	: Tek Açıklık Tek Katman “X Çapraz” Çelik Güçlendirilmiş Bina
SSB1B-2L	: Tek Açıklık Çift Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” ile Güçlendirilmiş Bina
SSB1B-2L-C	: Tek Açıklık Çift Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” Köşe Bağlantılı Çelik ile Güçlendirilmiş Bina
SSB2B-1L	: Çift Açıklık Tek Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” ile Güçlendirilmiş Bina
SSB2B-2L	: Çift Açıklık Çift Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” ile Güçlendirilmiş Bina
SSB2B-2L-C	: Çift Açıklık Çift Katman “Dış Merkezli Ters V Çapraz” Köşe Bağlı Çelik ile Güçlendirilmiş Bina
RB2	: Referans Bina 2 – Konsol Çıkmalı – Güçlendirilmemiş
SSB2	: “Dış Merkezli Ters V Çapraz” ile Güçlendirilmiş Konsollu Bina
TS500-2000	: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları

1. GİRİŞ

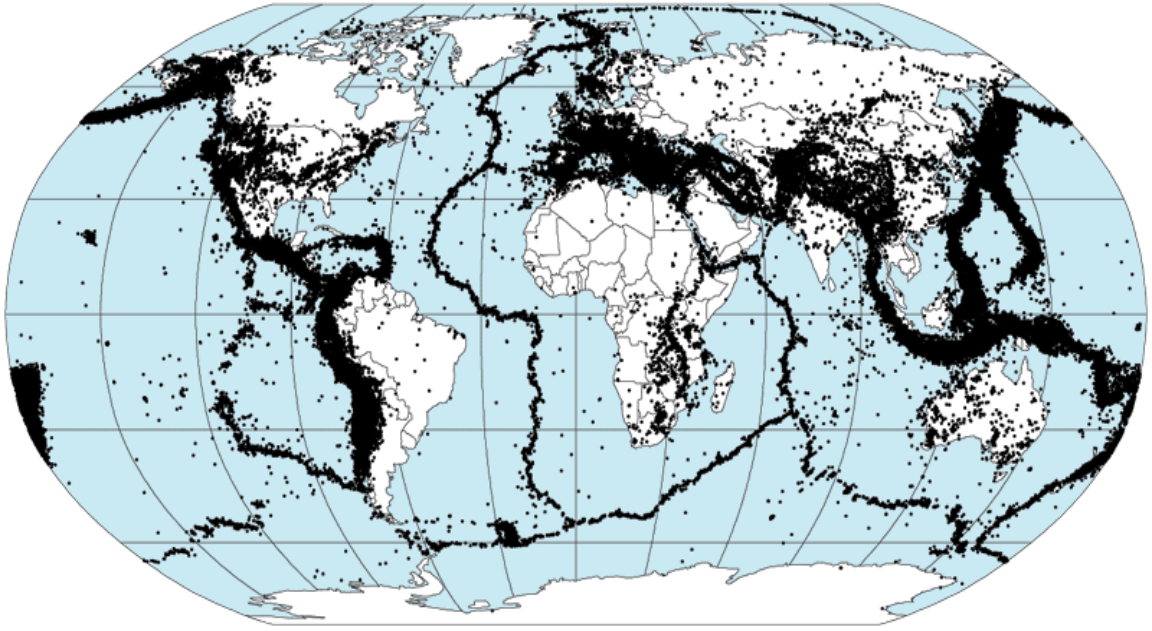
Yerkabuğundaki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayına deprem denir. Deprem önlenemeyen bir doğa olayıdır. Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin ardışıklı olarak oluştuğu ve sonucundan da milyonlarca insanın ve barmakların yok olduğu bilinmektedir.(web iletisi 1).

Dünyada her yıl yaklaşık 3.500.000 adet deprem meydana gelmektedir. Bunların yalnızca 1.000.000 tanesi kayıt edilebilir niteliktedir. Hissedilebilen deprem sayısı yalnızca 34.000 adettir. Her yıl 800 adet orta büyüklükte (5.0-5.9) ve daha az büyüklükte deprem meydana gelir. Yılda yaklaşık 120 adet büyük deprem (6.0-6.9) meydana gelerek orta büyüklüğe göre daha fazla zarar verebilir. Ortalama bir yılda potansiyel olarak yıkıcı olan 18 deprem (7.0-7.9) olur ve her 10-20 yılda bir felakete yol açabilecek bir deprem (8.0-8.9) meydana gelir (B.Ü., 2005).

Şekil 1.1. ve Şekil 1.2. incelendiğinde, ülkemizin de içinde bulunduğu bölgenin deprem açısından ne denli önemli bir risk altında olduğu daha da iyi anlaşılmaktadır. Dünyanın önemli aktif fayları üzerinde bulunan yurdumuz için hazırlanan deprem haritası Şekil 1.3.'de verilmiştir.

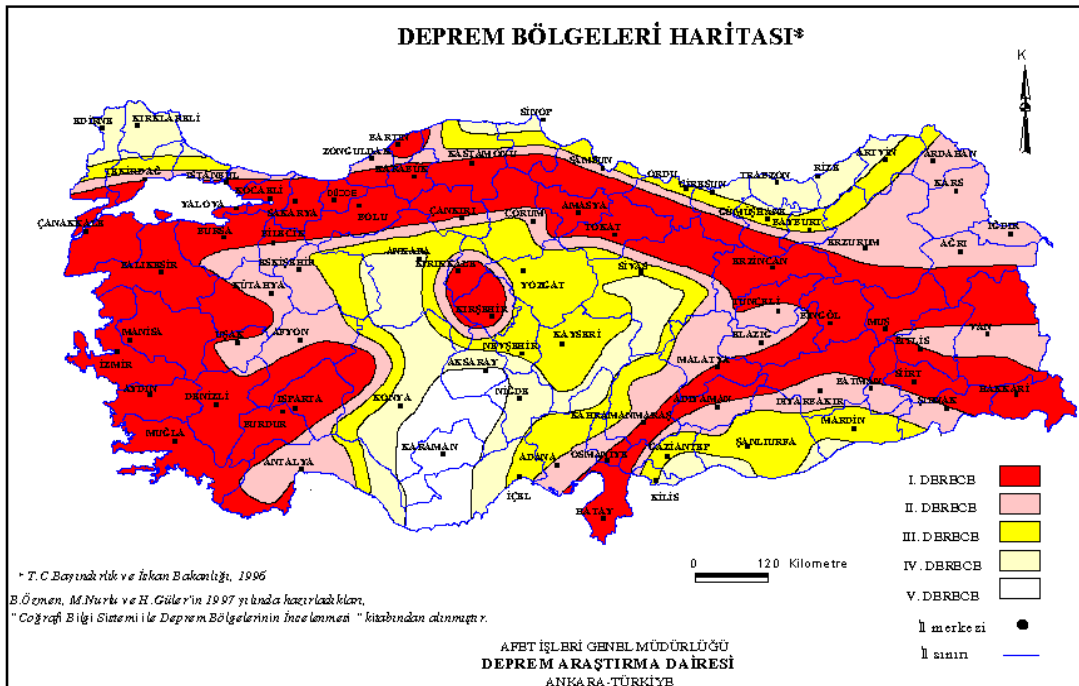


Şekil 1.1. Global sismik telike haritası (web iletisi 2)

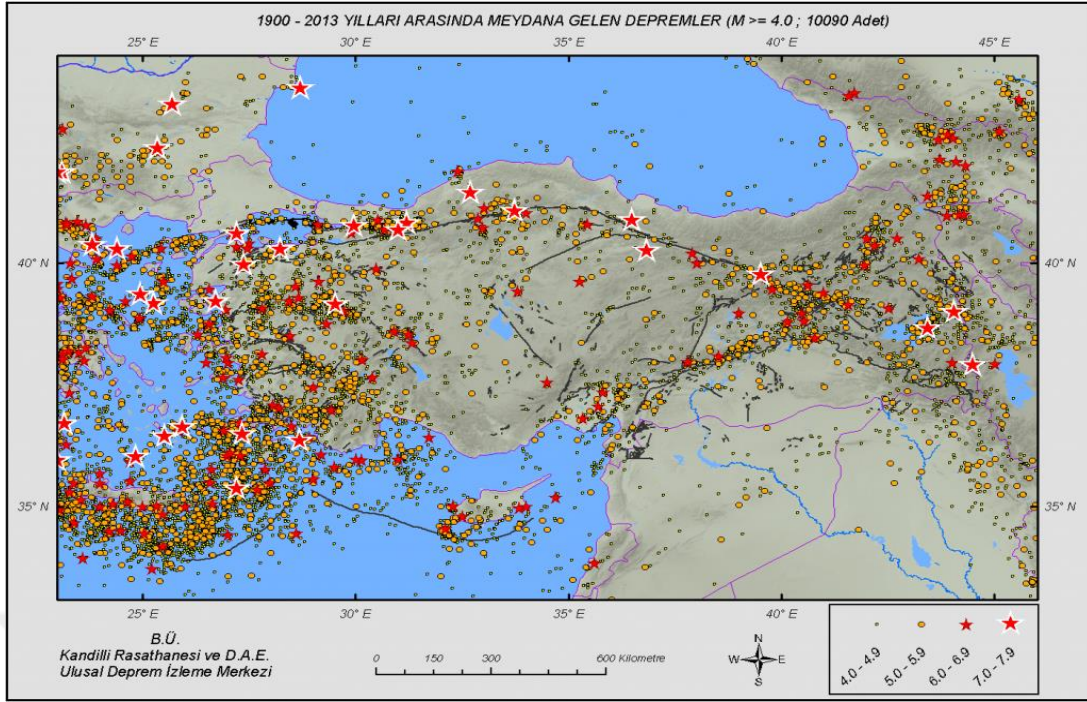


Şekil 1.2. 1963 – 1998 yılları arasında dünyada meydana gelen depremlerin merkezüsleri(web iletisi 3)

Deprem bölgesi haritasına göre (Şekil 1.3.), ülkemizin yüzölçümünün % 92'si, barajlarının %93'ü, nüfusunun %95'i (%70'i 1. ve 2. derece olmak üzere), sanayilerinin ise %98'i deprem bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 1.4.'de ise 1911 – 2013 yılları arasında meydana gelen depremler büyüklüklerine göre verilmiştir.

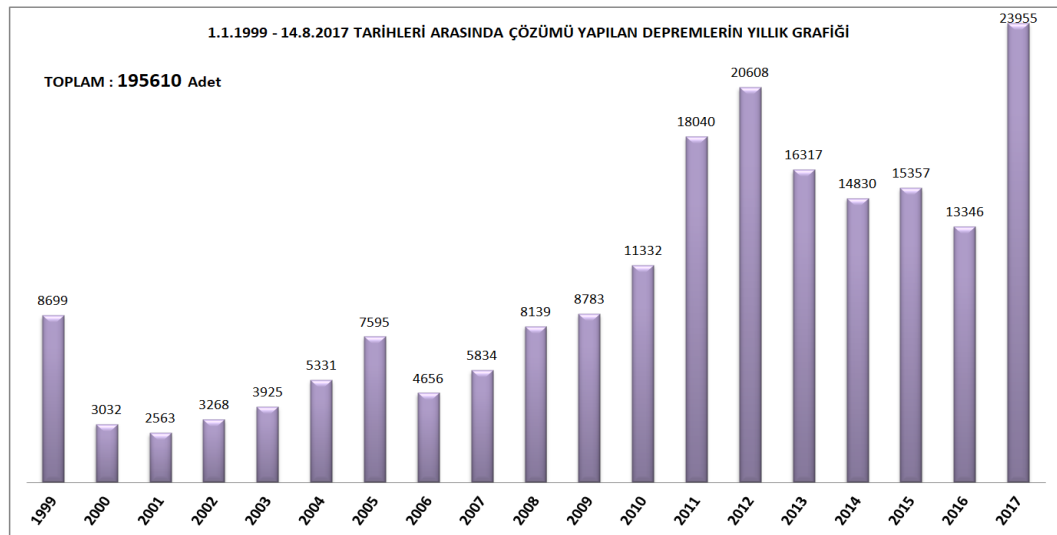


Şekil 1.3. Türkiye deprem bölgeleri haritası (web iletisi 4)



Şekil 1.4. 1911 – 2013 yılları arasında meydana gelen depremler (web iletisi 5)

AFAD verilerine göre, son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.003 vatandaşımız ölmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır. (Şekil 1.5) (web iletisi 1)



Şekil 1.5. 1.1.1999 – 14.8.2017 tarihleri arasında analizi yapılan depremlerin yıllık grafiği (web iletisi 6)

Bu derece yüksek aktiviteye sahip fay kuşağında bulunan yurdumuzda sıklıkla meydana gelen depremler, mevcut yapıların deprem güvenilirliğinin sorgulanması ihtiyacını, deprem sonrası hasar görmüş yapıların ise mühendislik açısından

onarım/güçlendirme ve değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla çeşitli güçlendirme yöntemleri geliştirilmiş, akademik ortamda deneysel ve analitik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar teknolojinin ilerlemesi ile birlikte yeni malzemelerin de bulunmasıyla gelişerek devam etmektedir.

Hasar görmüş yapıların onarımı/güçlendirilmesi aşamasında planlamaya etki eden birçok faktör vardır. Özellikle yapının kullanım amacı ve yapının mevcut hali ile kullanılıyor olması bu faktörlerin en önemlilerindedir. Kullanımda olan, hasar görmüş ya da deprem performansı yetersiz olan bir yapıda, onarım ve güçlendirme çalışmaları estetik kaygıları da beraberinde getirmektedir.

1.1. Çok Katlı Yapıların Dış Cepheden Güçlendirilmesi ve Estetik

1.1.1. Düzensiz binalar

Tek bir kütle halinde tasarlanması gereken çok katlı yapılarda, mimari ya da estetik açıdan dış görünüşü zenginleştirmek amacıyla farklı arayışlar söz konusudur. Kütlede yapılan büyük girinti ve çıkıntılar, asimetrik yerleşimler gibi estetik kaygılı tasarımlar, taşıyıcı sistem yerleşimini zora sokacağı gibi, yapıda düzensizlik meydana getirerek, deprem davranışı bakımından olumsuz durumlara da neden olabilmektedir (Şekil 1.6.).



Şekil 1.6. Düzensiz bina örnekleri

Yapıda deprem açısından olumsuzluk oluşturabilecek geometrik tasarımlar ana başlıklarıyla;

- Kütlesel dağılımında düzensizlikler,
- Rijitlik düzensizliği,
- Yumuşak kat-kısa kolon oluşumları,
- Burulma düzensizliği,
- Planda çıkma olması veya düşeyde konsolların bulunması ile ilgili düzensizlikler, döşeme süreksizlikleri,
- Düşey süreksizlikler,
- Kolonların kirişlere ya da konsollara oturması ile ilgili süreksizlikler,
- Kat alanının düşeyde ani artışı ya da azalışı ile ilgili olumsuzluklar,

olarak sayılabilir. Bu süreksizliklerin her birisi sağlıklı bir deprem davranışı açısından kaçınılması gereken hususlardır. Süreksizlik içeren bir binanın dinamik özellikleri ve deprem davranışı karmaşık, matematiksel modellenmesi ve analizi de zor olacak ve belirsizlikler içerecektir. Şekil 1.6. – Şekil 1.10 arasında verilen yapıların hepsi deprem açısından olumsuz sayılabilecek geometrik özellikler içermektedir. Yapının geometrisinin düzensizlik içermesi deprem anında yapının hasar alacağı ya da yıkılacağı anlamına gelmemektedir. Bu tür yapıların taşıyıcı sistem tasarımının daha zor, karmaşık olduğu ve özel bilgi birikimine sahip mühendislerce tasarlanması gerektiği ve ekonomiklikten de uzaklaşılacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 1.7. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 1



Şekil 1.8. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 2



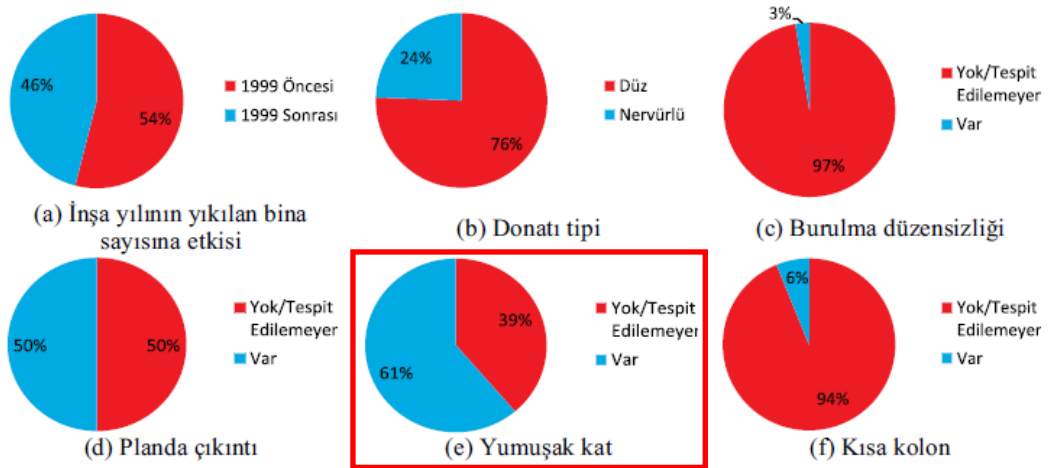
Şekil 1.9. Yapılarda deprem açısından olumsuz mimari tasarım örnekler – 3

Çok katlı yapılarda zemin kat genellikle ticari amaçlarla kullanılmaktadır. Dükkân ve mağazaların vitrinine yer açmak, daha geniş mekânlar elde etmek için tuğla duvarların zemin katta olmaması ve üst katlarda bulunması yapıda yumuşak kat olarak isimlendirilen olumsuz deprem davranışını beraberinde getirmektedir. Zemin katlarda kat yüksekliklerinin diğer katlara göre fazla olması da bu olumsuz davranışının etkisini artırmaktadır. (Şekil 1.10).



Şekil 1.10. Yapının zemin katının ticari olarak kullanılması

Yumuşak kat davranışı Türkiye’de de deprem sonrası gözlenen hasarın en önemli sebeplerinden birisidir. ODTU-DMAM (2011) yaptığı çalışmada Van Erciş depreminde yıkılan betonarme binaların çoğunda (DBYBHY, 2007)’de bulunan düzensizliklerin bulunduğunu belirtmiştir.(Şekil 1.11). Bu çalışmada yıkılan binalardaki yumuşak kat düzensizliğinin bulunma sıklığı daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Şekil 1.12. ve Şekil 1.13’de 2011 Van – Erciş depreminde gözlenen yumuşak kat hasar ve göçmeleri verilmiştir.



Şekil 1.11. Van-Erciş depreminde yıkılan binalarda karşılaşılan eksiklikler (ODTU-DMAM, 2011)



Şekil 1.12. Van Erciş depreminde gözlenen yumuşak kat hasarları



Şekil 1.13. Van depreminde gözlenen yumuşak kat hasarı

Yüksek katlı yapılar tasarlanırken, yumuşak kat oluşumunu engellemek için zemin katlarda, kullanım fonksiyonunu bozmayacak şekilde diyagonal ya da eksantirik çaprazların kullanımına ilişkin örnekler Şekil 1.14’de verilmiştir. Bu yapı elemanları, meslekten olmayan birisi için binanın estetik bütünlüğünün bir parçası gibi algılanacaktır.

Şekil 1.15-a'da verilen konsollu binanın zemin katında görülen çapraz elemanlar muhtemelen binaya sonradan eklenmiş ve üst katlarda devam etmemiştir. Şekil 1.15-b'de verilen binada ise, bu çapraz elemanlar bina konsol döşemenin ucundan binaya bağlanmış ve ayrıca konsol döşemeye paralel olarak binaya uzanan elemanlar vasıtasıyla yapıya sabitlenmiştir. Şekil 1.16'de ise konsollu binada zemin katta uygulanan ve yatay rijitliği artıran uygulamanın üst katlara devam ettiği bir tasarım örneği verilmiştir.



Şekil 1.14. Yapının zemin ticari katında oluşturulan çapraz yapısal elemanlar



a)



b)

Şekil 1.15. Yumuşak kat oluşumunu engellemek için binada uygulanan çapraz elemanlar



Şekil 1.16. Konsollu binada uygulanan ve yatay rijitliği artıran tasarım

Şekil 1.17.'de mevcut bir binada zemin katta sonradan uygulanan ve yumuşak kat oluşumunu azaltmayı amaçlayan bir güçlendirme örneği verilmiştir. Bu örnekte uygulama yapılan mekân, muhtemelen, yangın ve su tesisatının bulunduğu ve kullanımı kısıtlı bir mekândır. Bu fotoğraf çok aktif bir deprem kuşağında bulunan San Francisco şehrinde çekilmiştir.



Şekil 1.17. Mevcut binada yumuşak kat için gözlenen güçlendirme

Çelik elemanların basınç ya da çekme çubuğu olarak betonarme çerçevelerin içine yerleştirilmesi, mevcut yapıların güçlendirilmesinde çok uzun zamandır uygulanan bir metodudur. Şekil 1.18'da Tokyo'da betonarme bir binanın dış cephesinde gözlenen ve çelik elemanlar kullanılarak uygulanan bir güçlendirme örneği verilmiştir.



Şekil 1.18. Betonarme bir binada çelik yapı elemanları kullanılarak uygulanan deprem güçlendirmesi

Yüksek katlı yapıların dış cephelerinde çelik elemanların kullanımı, bu uygulamanın güçlendirme amacıyla da kullanılması fikrini şekillendirmiştir. Binaların dış cephesine sonradan çelik çerçeve uygulanması ile ilgili uygulamada sınırlı sayıda örnek bulunmakla beraber, literatürde de az sayıda analitik ya da deneysel araştırma vardır. Bina dışı çelik güçlendirme çerçevesi uygulamasına en çarpıcı örnek Şekil 1.19’de verilen garaj yapısıdır. Yapılan uygulama ile binanın dış cephesi tamamen değişmiştir.



Şekil 1.19. Betonarme garaj yapısında çelik güçlendirme örneği (web iletisi 7)

San Francisco şehrinde betonarme bir yurt binasında uygulanan güçlendirme örneği ise bu konudaki en çarpıcı uygulamalardan birisidir (Şekil 1.20.). Maalesef literatürde bu güçlendirme ile ilgili bir yayına ya da kaynağa rastlanmamıştır. Yapının kısa doğrultulu yan cephelerinde muhtemelen deprem perdeleri vardır. Uzun doğrultudaki ön cephede ise taşıyıcı sistem kısa doğrultuya paraleldir. Bu nedenle yapının uzun doğrultu boyunca (ön cepheye paralel) deprem dayanımının yetersiz olduğu değerlendirilmiştir. Dış cephede binanın dış cephesinin bir kısmında, uzun doğrultuya paralel olarak çelik bir çerçeve oluşturulmuştur. Bu çerçeve mevcut betonarme kolonlara ve kirişlere sabitlenmiştir. Çerçeveye çapraz elemanlar eklenerek yatay rijitlik artırılmıştır. Şekil 1.21’de çelik sistemin betonarme çerçeveye bağlantı detayı gözlenmektedir. Binanın arka cephesinde ise muhtemelen betonarme prefabrik elemanlar yada yerinde dökme betonarme perdeler ile bina cephesi kaplanmış ve ufak pencere boşlukları açılmıştır.



Şekil 1.20. San Francisco şehrinde betonarme yurt binasında uygulanan güçlendirme örneği



Şekil 1.21. San Francisco şehrinde betonarme yurt binasında uygulanan güçlendirme örneği bağlantı detayları

Şekil 1.22’de ise Tokyo’da tespit edilen benzer bir güçlendirme örneği verilmiştir. 8 katlı betonarme binanın önünde yoğun olarak göze çarpan çelik iskelet güçlendirme amacıyla yapılmıştır. Yapının dış cephesinde uzun doğrultuda çelik çerçeve oluşturulmuştur. Şekil 1.20’de gösterilen yapıdan farklı olarak bu binada çerçeve, yapıdan 1.50 – 2.00 m kadar uzakta yerleştirilmiştir. Binanın betonarme döşeme yada kirişlerinin yüzüne yine çelik kirişler sabitlenmiş ve bunlar çelik çerçeve sistemine, dik doğrultuda başka çelik elemanlarla bağlanmıştır. Çelik sistemin yapıdan uzaklaştırılmasının sebebinin, çelik çaprazların pencerelerin önünü kapatmaması ve içeriye gün ışığının girmesine olanak vermesi olarak değerlendirilmiştir. Görüntüsel olarak bina ilk bakışta çelik bir strüktüre sahip izlenimi vermektedir. Çelik yapı binadan

farklı boyanarak yada cam ile kaplanarak binanın dış görünüşünü iyileştirmek mümkündür.



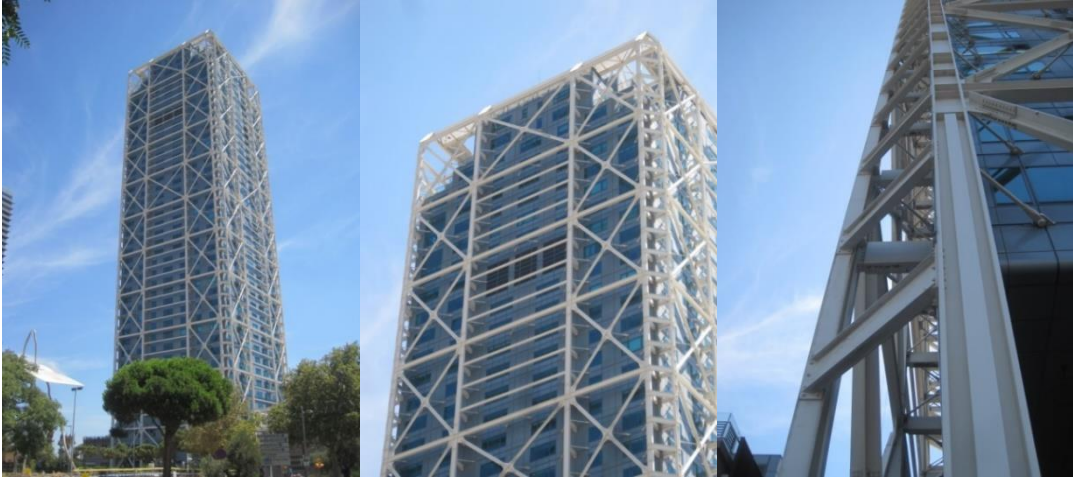
Şekil 1.22. Tokyo’da görülen güçlendirme örneği

1.1.2. Estetik değerler ve fonksiyonellik

Bazı çok katlı yapılarda, bina geometrisi ile oynamak yerine, dış cephede yapılan eklemeler ile estetik değer artırılabilir. Özellikle çelik yapılarda, taşıyıcı sistemin cephede gizlenmemesi ve hatta daha fazla vurgulanması ile görüntü açısından daha farklı görünen yapı örnekleri Şekil 1.23 - Şekil 1.29’da verilmiştir. Bu yapılarda gözlenen X şeklindeki diyagonaller, yapının yatay rijitliğini ve deprem dayanımını artırarak, yatay deplasmanları azaltan önemli yapı elemanlarıdır.



Şekil 1.23. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 1 (web iletisi 8)



Şekil 1.24. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 2 (web iletisi 8)



Şekil 1.25. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 3 (web iletisi 8)



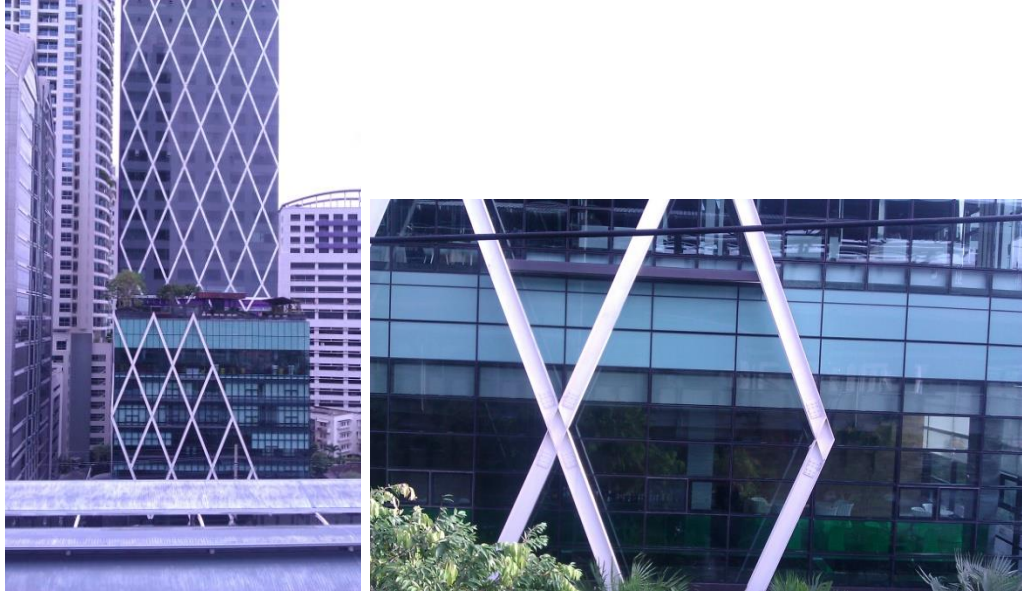
Şekil 1.26. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 4 (web iletisi 8)



Şekil 1.27. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 5 (web iletisi 8)



Şekil 1.28. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 6 (Dere, Y. 2017).



Şekil 1.29. Yapıların dış cephesinde taşıyıcı sistemin vurgulanması örnekleri – 7 (web iletisi 8)

Şekil 1.30’de ise betonarme bir binanın kör cephesinde uygulanan diyagonal çapraz elemanların estetik açıdan verdiği etki gösterilmiştir. Bu bina Japonya’nın başkenti Tokyo’dadır. Diyagonal elemanlar yapının deprem dayanımını artırmakta ve estetik olarak farklı bir görünüm ortaya koymaktadır.



Şekil 1.30. Betonarme bir binada gözlenen diyagonal elemanlar

1.2. Çalışmanın Amacı

Son yıllarda ülkemizde büyük hasar ve can kaybına neden olan depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerde meydana gelen can kayıpları ve hasarlı bina sayısı kayıtları Çizelge 1.1’de çizelge sunulmuştur.

TARİH	SAAT	YER	ŞİDDET	MAG. (MS)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
27.06.1998	16:55	Ceyhan (ADANA)	VIII	6.2	146	31463
17.08.1999	03:01	Gölcük (KOCAELİ)	X	7.8	17480	73342
12.11.1999	18:57	DÜZCE	IX	7.5	763	35519
6.06.2000	05:41	Orta (ÇANKIRI)	VII	6.1	1	1766
15.12.2000	18:44	Sultandağı (AFYON)	VII	5.8	6	547
25.06.2001	16:28	OSMANİYE	VII	5.5	-	66
3.02.2002	09:11	Çay - Sultandağı (AFYON)	VII	6.4	44	622
27.01.2003	07:26	Pülümür (TUNCELİ)	VII	6.2	1	50
1.05.2003	03:27	BİNGÖL	VIII	6.4	176	6000
25.03.2004	21:30	Kandilli-Aşkale(ERZURUM)	VII	5.6	9	1280
2.07.2004	01:30	Doğubayazıt (AĞRI)	VII	5.1	17	1000
23.10.2011	13:41	Van	VIII	7.2	644	17005

Çizelge 1.1. Son yıllarda ülkemizde meydana gelen depremler ve kayıplar (web iletisi 9)

Can kaybı ve hasarlı bina sayısının miktarı dikkate alındığında gerek mevcut binaların güvenilirliğinin sorgulanması, gerek hasar görmüş binaların mühendislik bilimi açısından değerlendirilmesinin gerekliliği daha da net olarak ortaya çıkmaktadır.

Uygulamada kabul görmüş çeşitli onarım ve güçlendirme yöntemleri mevcuttur. Hangi yöntemin hangi binaya uygulanacağı ise birçok parametreye bağlıdır. Bunlar genel olarak;

- Emniyet – uygulanabilirlik
- Yapının kullanım amacı
- Fonksiyonellik
- Ekonomi – maliyet
- Estetik

olarak sıralanabilir.

Çelik elemanların kullanılması ile yapılan güçlendirme uzun zamandan beri yapılmaktadır. Basınç ya da çekme çubuğu olarak özellikle betonarme çerçevelerin içine yerleştirilmesi, mevcut yapıların güçlendirilmesinde uygulanan bir methodur (Şekil 1.31). Fakat bina cephesine sonradan monte edilen çelik elemanlar ile yapılan güçlendirme konusunda ise sınırlı sayıda araştırma mevcuttur. Bu tarz bir uygulamanın etkinliği belirsizlikler içermektedir.



Şekil 1.31. Çelik diyagonallerle güçlendirme (AFAD, 2011)

Bu çalışmada güçlendirme uygulamalarının önündeki büyük engellerden olan bina kullanımının aksaması, mimari fonksiyon bozulması gibi kaygıların giderilmesine olanak sağlayacak yeni bir güçlendirme yönteminin parametrelerinin belirlenmesi ve dış cephede yapılan değişikliğin mimari ve estetik açıdan değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

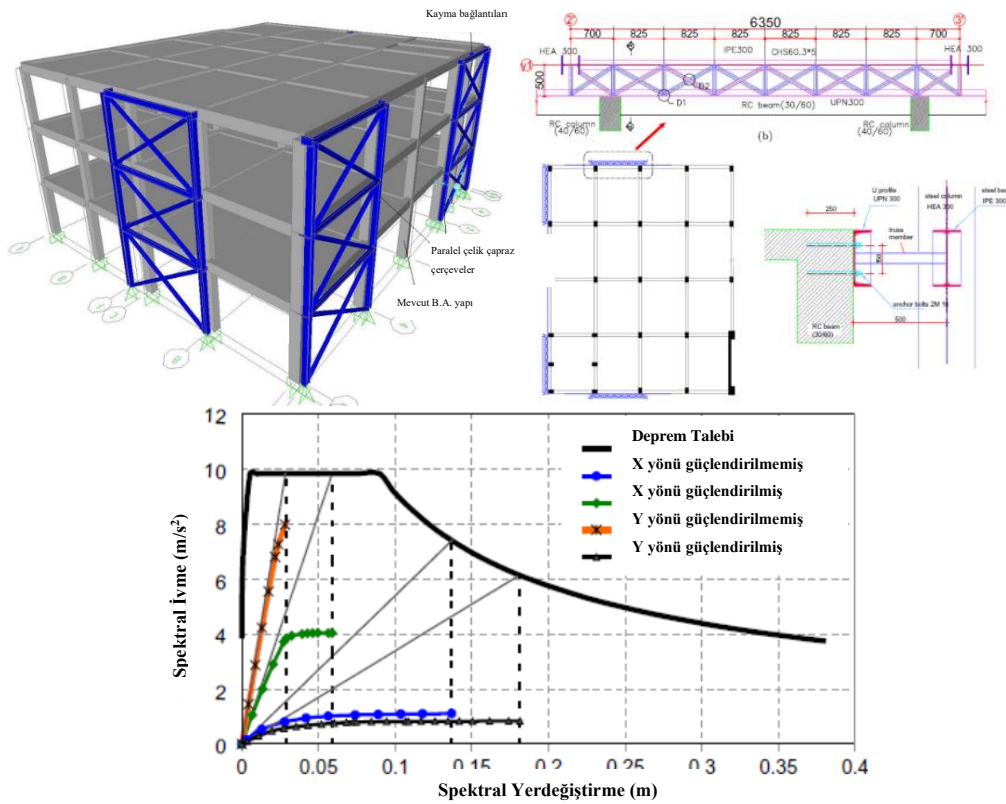
Bedirli (2014) tarafından yapılan çalışmada, üzerinden 14 yıl geçtikten sonra bile deprem travmasını yaşayan insanlar üzerinde depresyon belirtileri, depremi hatırlatan durumlar karşısında korku duydukları, depremi hatırlamamak için çok sayıda durumdan kaçındıkları belirlenmiştir. Bu durum, deprem sonrası hasar gören binalara yapılacak müdahalenin psikolojik bir boyutunun olduğunu da bize göstermektedir. Onarım ve güçlendirme uygulamaları sonrasında yapının şartnamelerin gerektirdiği emniyeti, güvenliği sağlaması bir zorunluluktur. Bununla beraber depremin insanlar üzerinde oluşturduğu psikolojik etkilerin de dikkate alınması gereklidir. Dış cepheden yapılan güçlendirmede bina içerisine müdahale olmadığı için kullanıcılara depremin olumsuz etkilerini hatırlatacak etkenlerden de kaçınılmış olacaktır.

Çalışmada bina cephesine sonradan dıştan uygulanan çelik elemanlar ile yapılan bir güçlendirme yöntemi ve bağlantıları değerlendirilmiştir. Türkiye'deki mevcut yapı stoku dikkate alındığında, konut tipi yapı dikkate alınmıştır. Hızlı, etkin, kullanıcı dostu bir yöntem olması ve piyasada sıklıkla kullanılan analiz ve tasarım programları ile hesapların yapılabilmesi için gerekli analizler yapılmıştır. Örnek bina hem Etabs programı kullanılarak doğrusal yöntem ile hem de Abaqus programı kullanılarak doğrusal olmayan yöntem ile modellenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu tez çalışmasında yararlanılan hasar görmüş yapıların onarılması–güçlendirilmesi ile ilgili deneysel ve analitik çalışmalar aşağıda özet olarak sunulmuştur.

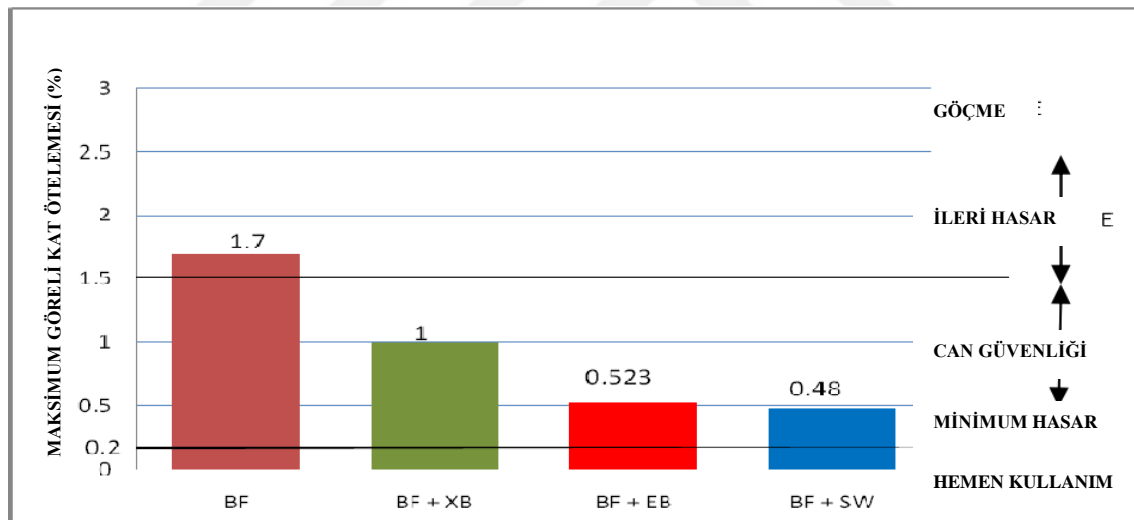
Mowrtage (2015), yapıda belirlenen yerlere kat içi ötelenmeleri azaltmak ve göçmeyi önlemek amacı ile hafif çelik panellerin yerleştirilmesi şeklinde basit, hızlı ve ekonomik güçlendirme teknikleri önermiştir (Şekil 2.1.). Ayrıca özel üretilmiş tekstil ve poliüretan yapıştırıcı da deprem sırasında yapısal olmayan duvarların göçmesini önlemek ve can güvenliğini sağlamak amacı ile önerilmiştir. Bu tekniklerin doğrulanması amacı ile tam ölçekli numuneler üzerinde sarsma tablası deneyleri yapılmıştır. Bununla beraber paralel çapraz çelik çerçevesi güçlendirme tekniği de alçak ve orta yükseklikteki binaların güçlendirilmesi için önerilmiştir. Bu yöntemde bütün uygulama bina dışından yapılmış, böylece bina fonksiyonu etkilenmemiştir. Fikir bina kat seviyelerinde çelik çerçeveler bağlayarak yapının deprem deplasman istemini azaltmak şeklindedir. Çerçeveler yapının taşıyıcı sistemine paralel olup, temel olarak mevcut bina temeli kullanılmıştır. Sarsma tablası test sonuçları ve analiz sonuçları önerilen yöntemin etkinliğini doğrulamıştır.



Şekil 2.1. Mowrtage (2015), çapraz çelik çerçeve ile güçlendirme

Nehdi ve ark. (2005), çalışmalarında çelik çaprazlı betonarme çerçevelerin sismik davranışını deneysel olarak değerlendirmek amacı ile çelik çaprazlı betonarme çerçevelere tersinir yüklemeler uygulamıştır. Çelik çerçeve ve betonarme çerçeve arasındaki bağlantıları da içeren rasyonel bir tasarım metodolojisi seçilmiştir. Test sonuçları çelik çaprazın yeterli enerji dağılımını sağladığını, çelik çaprazların tasarımı için uygulanan metodolojinin kabul edilebilir deprem performansı sağladığını bu sebeple tasarım ilkelerinin ilk adımı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

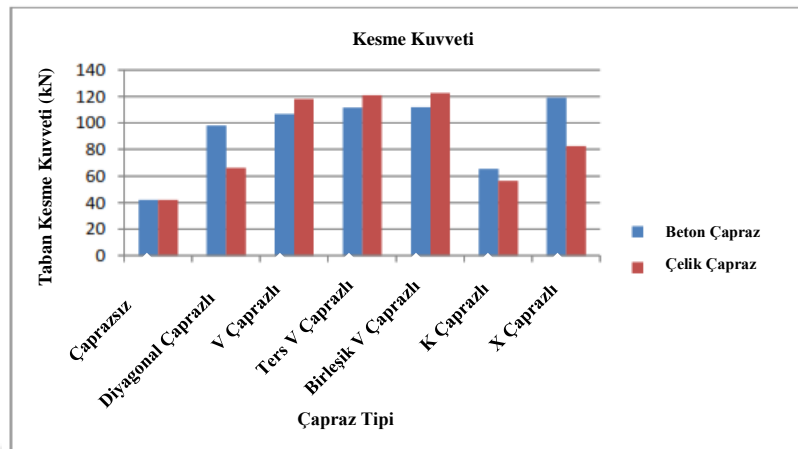
Prasad ve Philip (2014), mevcut betonarme çerçevelerde çelik çaprazların kullanımının etkinliği isimli çalışmada farklı uzunluk/genişlik oranlarına sahip 10 katlı bina Sap2000 sonlu elemanlar programı ile modellenerek hem doğrusal hem de doğrusal olmayan dinamik analiz yapılmıştır. 3 farklı model üzerinde analiz gerçekleştirilmiştir. İlk model çelik çaprazsız ve perde duvarsız, ikinci model perde duvarlı üçüncü model ise farklı çaprazlı sistemdir. Çalışma sonucunda çelik çaprazın yatay ötelenmeyi önemli ölçüde düşürdüğü bulunmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Prasad ve Philip (2014), farklı yatay yük taşıyıcı sistemlere için katlar arası maksimum ötelenme kapasite oranları

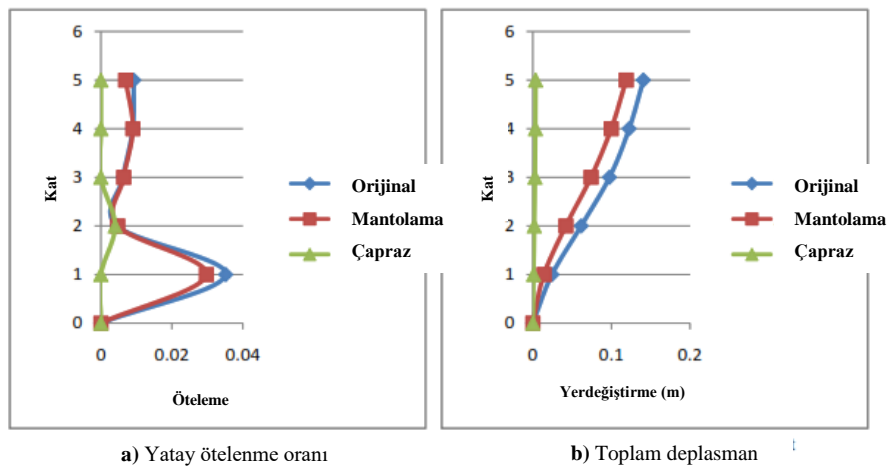
Tanaji ve Shaikh (2015), betonarme ve çelik çapraz sistemin farklı şekillerde düzenlenmesi ile betonarme binanın analizi isimli çalışmada 13 katlı bir binada Diyagonal, V Tipi, Ters V Tipi, Birleşik V Tipi, K Tipi ve X Tipi çapraz düzenlemeleri kullanılarak Etabs sonlu elemanlar programı ile modelleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda kat deplasmanlarındaki azalma oranları belirlenmiştir. X Tipi çapraz beton modeli yapısal rijitliğe en önemli katkıyı yapmış ve çerçevelerin ötelenmesini maksimum oranda düşürmüştür. Çaprazlama sistemi sadece rijitlik ve dayanım kapasitesini

arttırmamış, yapının deplasman kapasitesini de arttırmıştır. Şekil 2.3’de analiz sonucu taban kesme kuvvetinde meydana gelen değişim gösterilmiştir.



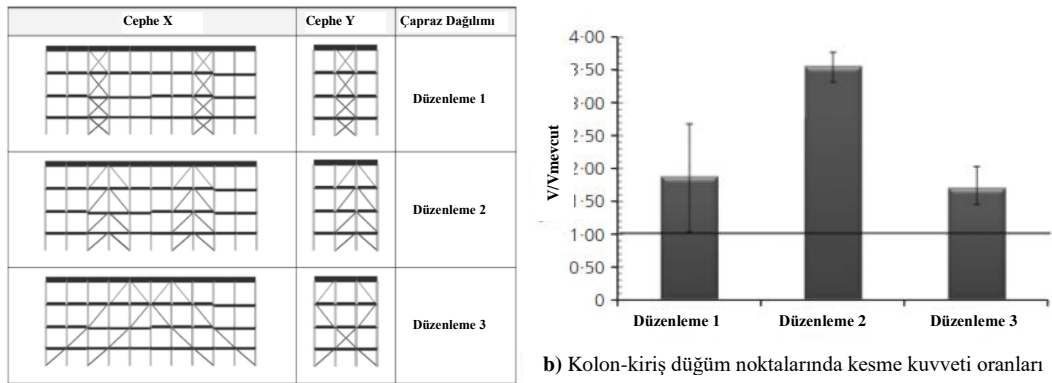
Şekil 2.3. Tanaji ve Shaikh (2015), betonarme ve çelik çapraz ile yapılan güçlendirmede taban kesme kuvveti karşılaştırması

Al-Dwaik ve Armouti (2013), Sap2000 programı ile 5 katlı betonarme bir binada kayma kamalı çelik çapraz kullanımı ile kolon mantolama güçlendirme yöntemlerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda çelik çapraz kullanımının her açıdan daha etkin olduğu belirlenmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Al-Dwaik ve Armouti (2013), kayma kamalı çelik çapraz ile mantolama karşılaştırması

Faella ve ark. (2014), betonarme çerçevenin deprem güçlendirmesi için farklı çelik çapraz düzenlemelerini denemiştir (Şekil 2.5). Çalışma sonucunda, 3. modeldeki düzenlemenin yatay rijitliği daha fazla arttırdığı, kolon kiriş birleşim noktasındaki aksenal gerilmenin daha düşük olduğu ve yine 3. modelde betonarme elemanlarda kolon ve kiriş düğüm noktalarında meydana gelen aksenal, eğilme ve kayma gerilmelerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.5. Faella ve ark. (2014), farklı çelik çapraz konfigürasyonları ve kolon-kiriş düğüm noktalarında kesme kuvveti oranı karşılaştırması

Tama ve ark. (2005), çalışmasında Denizli de, kullanımını aksatmadan dıştan çelik perde duvar ile güçlendirme uygulanan bir yapı ele almıştır. Yapının mevcut hali, betonarme perde ilavesi ve dış çelik perde uygulaması ile güçlendirilmiş durumlarının deprem performansı incelenmiştir. İki farklı güçlendirme yönteminin maliyet karşılaştırılması da yapılmıştır (Şekil 2.6).



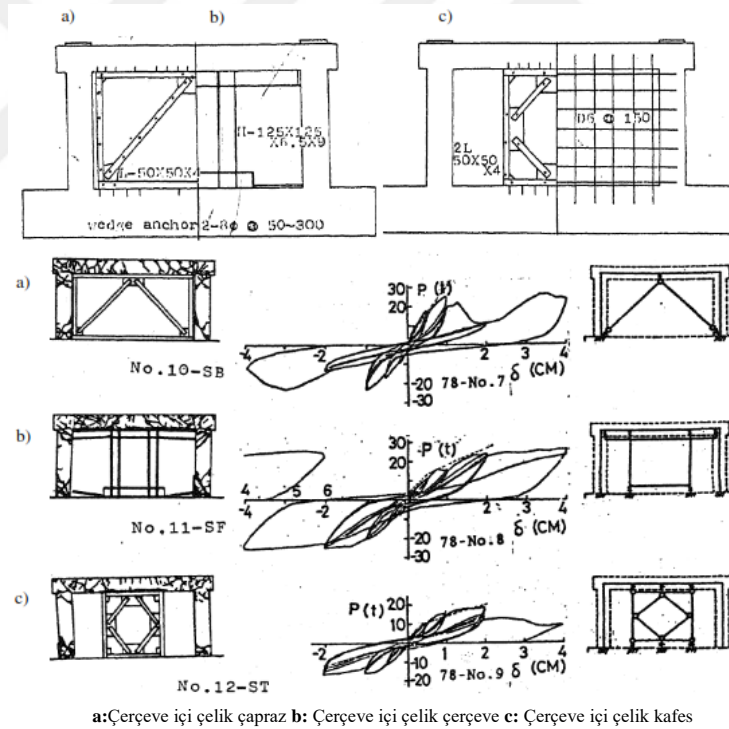
Sistem	Maliyet* (YTL)
Betonarme Perde	6473
Çelik Perde	5063

* Bayındırlık Bakanlığı 2005 birim fiyatları ile

Şekil 2.6. Tama ve ark. (2005), dıştan çelik perde ile güçlendirme

Safarizki ve ark. (2013), çalışmasında mevcut betonarme bir binanın çelik çaprazlar kullanılarak deprem performansının artırılmasını incelemiştir. Doğrusal olmayan pushover analizi sonuçlarına göre önerilen çelik çapraz kullanıldığında her iki yöndeki hedef deplasman % 16 - %55 arasında azalmıştır. Bununla birlikte çelik çapraz elemanların boyutlarının güçlendirilmiş betonarme yapının deprem performansı üzerinde fazlaca etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Higashi ve ark. (1980), betonarme çerçevelerinin sismik olarak güçlendirilmesi üzerine deneysel ve analitik bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın amacı mevcut betonarme binanın yanal mukavemetini ve sünekliliğini arttırmaktır. Bu amaçla tek katlı, tek açıklıklı, 1/3 ölçekli olarak ürettikleri deney çerçevelerinde 10 adet farklı güçlendirme yöntemini, 13 numune üzerinde yatay yükleme altında test etmişlerdir. 13 çerçeveden 2 si referans çerçeve iken diğer 11 adedi yerinde döküm betonarme dolgu duvarlı, öndöküm betonarme panel duvarlı, öndöküm kapı boşluklu betonarme panel duvarlı, çerçeve içi çelik çaprazlı, çerçeve içi çelik çerçevesel ve çerçeve içi çelik makaslı olmak üzere çeşitli tekniklerde güçlendirilmiştir. Zayıf eğilme ve kesme donatısı oranı ve kolonlarda da yetersiz sargılama ana eksikliklerdir. Çalışma sonucu çelik çaprazların betonarme çerçevelerin yatay dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Şekil 2.7’de çelik elemanlar ile güçlendirilmiş betonarme çerçeve görülmektedir.



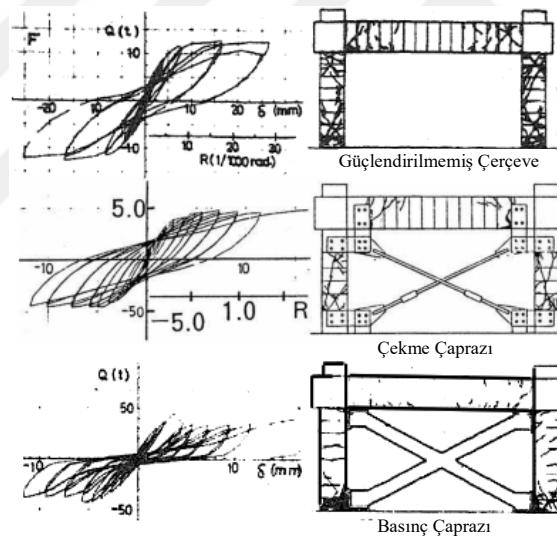
Şekil 2.7. Higashi ve ark. (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları

Çalışma sonucunda;

- Güçlendirilen tüm deney elemanlarının yatay yük taşıma kapasitelerinin boş çerçeve ve bir döküm betonarme duvar arasında olduğu,
- Özellikle boşluksuz ön üretim betonarme panelli ve yerinde döküm betonarme duvarlı modelde boş çerçeveye göre 3-4 kat taşıma gücünde artış olduğu,

- Çelik çerçevesi ve çelik takviyeli güçlendirmelerde süneklik oranının, ön üretimli paneller ile yapılan güçlendirmelerdeki kadar yüksek olduğu, sonucuna ulaşmışlardır.

Sugano ve Fujimora (1980), betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi üzerine deneysel bir çalışma yapmıştır. 10 adet 1/3 ölçekli tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve perde duvar, çelik panel, yerinde döküm betonarme panel, ön döküm betonarme blok ve çelik çapraz gibi çeşitli güçlendirme yöntemlerini test etmek amacı ile quasi-statik teste tabi tutulmuştur. Sonuçlar çelik çapraz güçlendirme tekniğinin betonarme çerçevelerin yatay dayanım, rijitlik ve enerji yutma kapasitesini arttırdığı, bununla beraber bu çelik çapraz elemanların betonarme çerçeve düğüm noktalarına daha çok kuvvet uyguladığı ortaya çıkmıştır. Bu sebeple düğüm noktalarına dikkat edilmesi önerilmiştir. Çalışma sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 2.8’de gösterilmiştir.

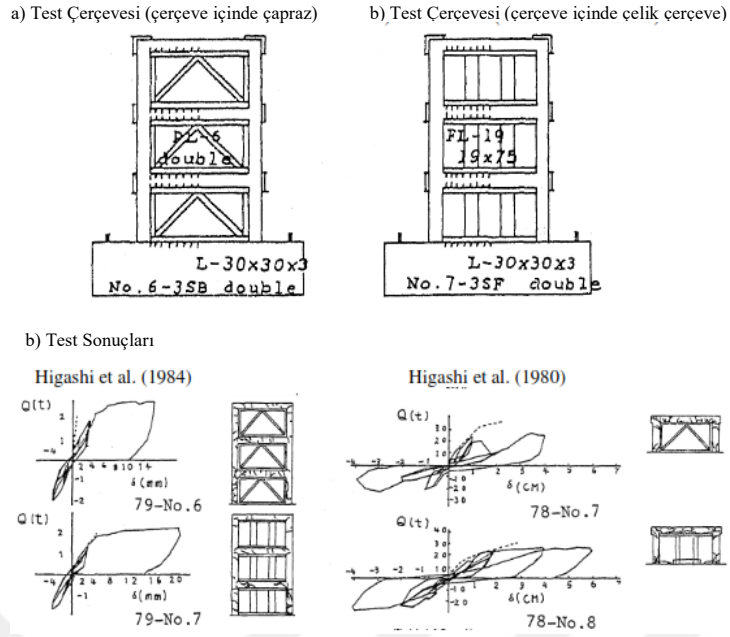


Şekil 2.8. Sugano ve Fujimura (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları

Kawamata ve Ohnuma (1980), çelik çaprazların güçlendirme amaçlı tasarımı üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Japonya’da bulunan 8 katlı ön hasarlı betonarme bir bina perde duvar ve dış çelik çapraz kullanılarak güçlendirilmiştir. Betonarme çerçeve ve çelik elemanlar arasındaki bağlantı önceden yerleştirilmiş ankraj çubukları ile yapılmıştır. Önerilen bağlantı detayının etkinliği de test edilmiş, başarılı sonuç alınmıştır. Çelik çaprazların tersinir yükleme altındaki performansını test etmek amacı ile de 1/3 ölçekli çelik çapraz çerçeveler test edilmiştir. Bağlantı detayının ve çelik elemanların test sonuçlarına göre 8 katlı ön hasarlı binanın tasarımı yapılmıştır.

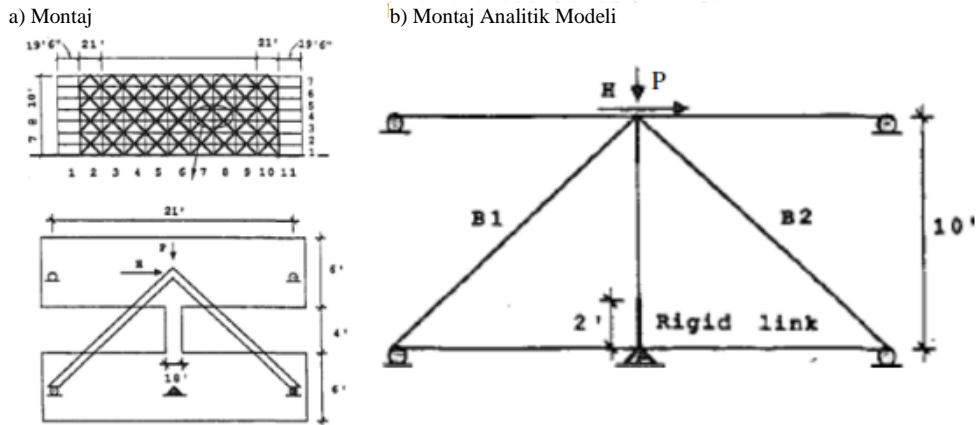
Özcelik (2011), yaptığı doktora tez çalışmasında betonarme çerçevelerin yapısal çelik elemanlar ile deprem davranışının iyileştirilmesini incelemiştir. Deneysel ve analitik olarak yapılan çalışmada 1/3 ölçeğinde tek katlı tek açıklıklı 13 adet güçlendirilmiş numune ile 2 adet referans numune kullanılmıştır. Bu numunelerde yüklemeler sabit düşey yük ve artan tersinir çevrimli yatay yüklemelerdir. Buna ek olarak 1/2 ölçekli 2 adet 3 açıklıklı 2 katlı çerçeve de hazırlanmıştır. Bu numuneler Düzce deprem kaydı kullanılarak dinamik benzerli test yöntemi ile denenmiştir. Güçlendirme teknikleri olarak iç ters V çelik çapraz, iç çelik çerçeve, X çelik çapraz ve kesme plakalı kolon uygulamalarından oluşmaktadır. Test sonuçları X çapraz ve kesme plakalı kolon uygulamalarının yetersiz yapı performansı sunduğu, İTVÇÇ (İç Ters V Çelik Çapraz) ve İÇÇ (İç Çelik Çavraz) ile güçlendirme yöntemlerinin kararlı bir performans sunduğu ve güçlendirme için kullanılabilir olduğu bulunmuştur. Çalışmada tavsiye edilen İTVÇÇ ve İÇÇ ile güçlendirme uygulamasının etkinliğini göstermek amacı ile 5 katlı mevcut kusurlu betonarme bir bina bu yöntem ile güçlendirilmiştir.

Higashi ve ark. (1984), 1/7 ölçekli 8 adet üç açıklıklı tek katlı betonarme çerçeveyi güçlendirme öncesi ve sonrası test etmiştir. Bu çalışmada kullanılan güçlendirme yöntemi aynı yazarların daha önceki (1980) çalışması ile benzerdir (Şekil 2.7.). Yerinde döküm betonarme dolgu duvar, çerçeve içi ön döküm beton panel, çerçeve içi çelik çapraz ve çerçeve içi çelik çerçeve olmak üzere 4 çeşit güçlendirme tekniği çalışmada araştırılmıştır. Betonarme çerçevedeki ana eksiklik kolonlardaki yetersiz sargılamadır. Test sonucunda çelik çapraz ve çelik çerçeve ile güçlendirmenin yetersiz çerçevelerde yatay rijitlik ve dayanımı arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Higashi ve ark. (1980), deney çerçevesi ve deney sonuçları

Badoux ve Mirsa (1990), betonarme çerçevelerin çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirilmesi üzerinde analitik ve deneysel çalışma yapmıştır. Çalışmada yüksek kırış - zayıf kolon düşünülmüştür. Çelik çaprazlar betonarme çerçeve dış yüzeyine komşu yerleştirilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Badoux ve Jirsa (1980), imalat ve analitik modeli

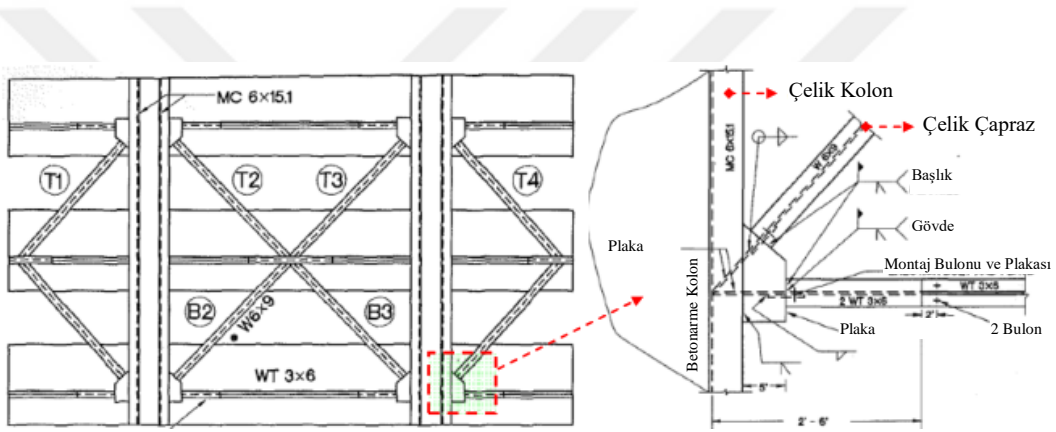
Çalışma sonucunda;

- Güçlendirmenin esas amacı yapıda rijitliği artırma ise, çelik çapraz uygun bir yöntemdir,
- Deprem tasarımı için çaprazlar süneklikten ödün vermeyen, sünekliği karşılayan elastik aralıkta çalışan elemanlar olarak seçilmelidir. Ayrıca eğer bağlantı yeterli

ise, çaprazın akması ve burkulması dikkate değer histerik enerji dağılımı sağlayabilir,

- Çaprazın narinliğini azaltmak inelastik davranışı artırır dolayısı ile çaprazın sünekliğini de artırır, sonuçlarına ulaşılmıştır.

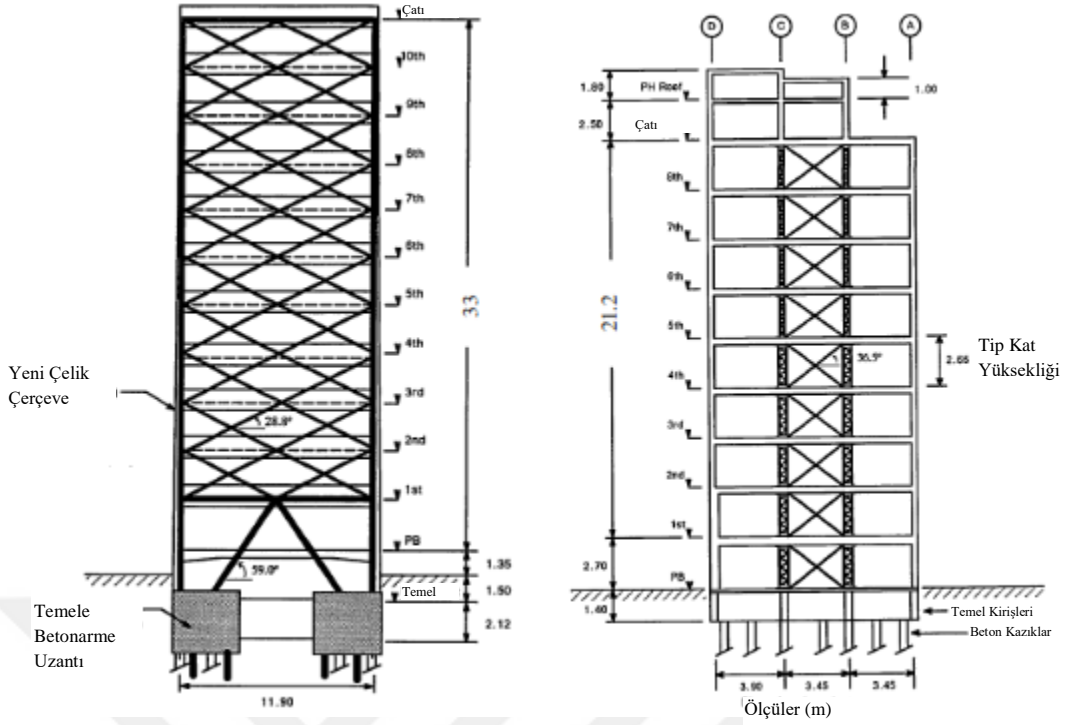
Bush ve ark. (1991), 2 açıklıklı 3 katlı betonarme çerçeve test etmiştir. Test çerçevesinde derin, rijit kirişler ve kısa, esnek kolonlar bulunmaktadır. Kolonlar kesme göçmesine karşı dayanıksız olarak yapılmıştır. Güçlendirme yöntemi olarak çerçevenin dışına tutturulmuş çelik çaprazlar kullanılmıştır. Betonarme çerçeve ile çelik elemanlar arasındaki bağlantı epoksili dişli dübeller ile sağlanmıştır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Bush ve ark. (1991), deney çerçevesi ve bağlantı detayları

Çalışma sonucunda çelik çaprazın, betonarme çerçevenin yatay rijitliğini ve dayanımını önemli ölçüde artırdığı, çelik çaprazların betonarme çerçevenin döngüsel davranışını kontrol ettiği bulunmuştur. Buna ek olarak çaprazın burkulmasından sonra yatay dayanım aniden düşmüş, betonarme kolonlarda kesme kırılması gözlenmiştir. Dübel ile yapılan bağlantıları ise test süresince iyi performans sergilemiştir.

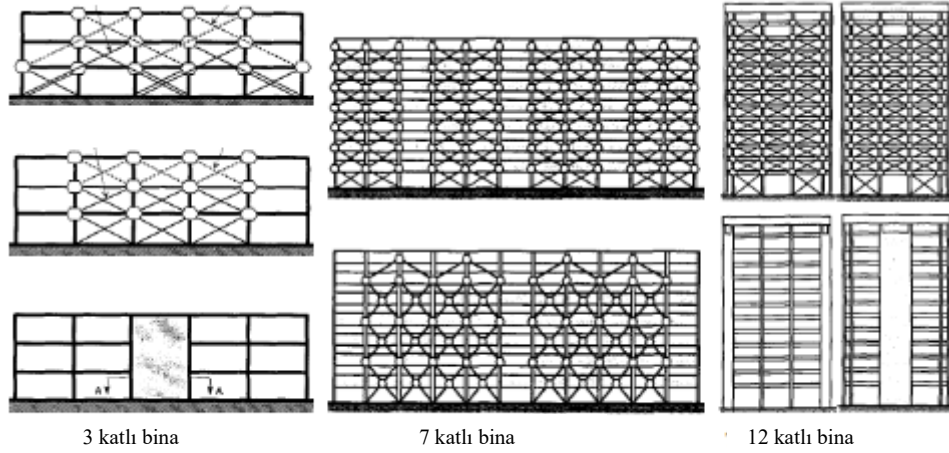
Downs (1991), çalışmasında çelik çapraz ve betonarme dolgu duvar olman üzere 2 çeşit güçlendirme tipinin katkısını incelemiştir. Park Espana (10 katlı, yapım yılı 1960) ve Durango (12 katlı, yapım yılı 1972), hem çelik çaprazlar hem de betonarme dolgu duvarlar kullanılarak güçlendirilmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Downs (1991), incelenen Durango ve Park Espana binaları

Plan düzensizlikleri, etriye aralıklarının fazlalığı, komşu binalar ile arasında yetersiz boşluk ve bazı yapım hataları binalardaki ana zayıflıklardır. Binalar 1979 Meksika depreminde hasar görmüş olup, güçlendirme sonrasında her iki bina da 1985 depremini yaşamıştır. İlk deprem binalarda ağır hasara sebep olurken, ön hasarlı onarılmış binalar, herhangi önemli bir hasar almadan tatmin edici bir performans sergilemiştir. 1985 depremi binalarda yapılan her iki güçlendirme şeklinin de gerekli rijitlik ve dayanım artışı başarılı bir şekilde sağladığını göstermiştir.



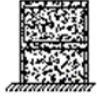
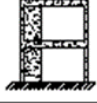
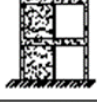
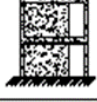
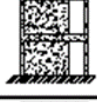

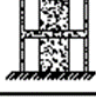
Pincheira ve Jirsa (1995), betonarme çerçevelerin 3 farklı güçlendirme tekniği ile güçlendirilmesi üzerine analitik çalışma gerçekleştirmiştir. Öngermeli çapraz, yapısal çelik çapraz ve betonarme dolgu duvar bu 3 farklı tekniktir. Çalışmada doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz 5 farklı yer hareketi ile 3, 7 ve 12 katlı olmak üzere 3 farklı binaya uygulanmıştır (Şekil 2.13.). Düşey yük tasarımı, yetersiz enine donatı, temel kolonlarında yetersiz bindirme boyu, kiriş alt donatılarında kısa ankraj boyu, kiriş kolon düğüm noktalarında donatı eksikliği, kısa kolon binalardaki ana eksikliklerdir. 12 katlı binada yumuşak kat, ve çatısında da büyük bir parapet bulunmaktadır.



Şekil 2.13. Pincherira ve Jirsa (1995), güçlendirilen binalar

Çapraz elemanlar mafsallı olarak kabul edilmiştir. Analiz sonuçları tüm güçlendirme modellerinin binaların yatay rijitliğini ve dayanımını artırdığını göstermiştir. 7 ve 12 katlı binalarda başka herhangi bir güçlendirme olmadan betonarme çapraz elemanlar ile yapılan güçlendirme tatminkâr sonuç vermemiştir. Buna karşılık perde duvar uygulamaları iyi sonuç vermiştir. Çapraz elemanlar betonarme kolonlara ilave eksenel yükler getirmiştir. Çaprazların bulunduğu açıklıklardaki mevcut betonarme kolonların ve kirişlerin güçlendirilmesinin, tatminkâr performansın sağlanması için önemli olduğu önerilmiştir. Sonuç olarak güçlendirilmiş binaların performansının kat ötelenmelerine ve yük taşıyan elemanların düşey yükler altındaki hasar durumuna bağlıdır bulunmuştur.

Kara (2006); yaptığı tez çalışmasında, mevcut yapılarda yaygın olarak görülen yapım kusurlarına sahip iki katlı tek açıklıklı, sünek olmayan betonarme çerçevelerin betonarme parçasal dolgu duvarlarıyla güçlendirilmesi incelemek amacıyla 9 adet deney numunesi hazırlayarak tersinir – tekrarlanır yük altında test etmiştir. Deney değişkenleri olarak dolgu duvar uzunluğu / duvar yüksekliği, betonarme çerçeve içinde dolgu duvar düzenlenme şekli ve dolgu duvar uç elemanının bulunması durumudur.(Şekil 2.14.).

Deney Elemanı No		Dolgu Duvarı				
		Kalınlık b_w (mm)	Uzunluk l (mm)	Yükseklik h (mm)	l/h	Uç Elemanı (mm)
1		----	----	----	----	----
2	Bir döküm 	50	1300	750	1,73	Yok
3	Güçlendirme 	50	1300	750	1,73	Yok
4	Güçlendirme 	50	325	750	0,43	130x50
5	Güçlendirme 	50	650	750	0,87	130x50
6	Güçlendirme 	50	975	750	1,3	130x50
7	Güçlendirme 	50	975	750	1,3	Yok
8	Güçlendirme 	50	2-487,5	750	1,3	130x50
9	Güçlendirme 	50	650	750	0,87	130x50


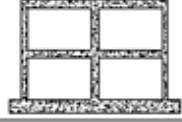
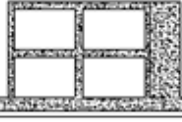

Şekil 2.14. Kara (2006), deney elemanları ve denenen parçasal dolgu duvarlar şekilleri

Çalışmanın sonucunda;

- Parçasal dolgu duvarın, betonarme çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini, rijitliğini ve enerji tüketimini arttırdığı,
- Parçasal dolgu duvar uzunluk/yükseklik oranının artmasının çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini ve rijitliğini artırdığı,
- Parçasal dolgu duvarın çerçeveye bağlı olarak üretildiği deney numunelerinde en büyük dayanım ve rijitlik artışının sağlandığı ve deneyde kullanılan uç elemanlarının bu artışta rol aldığı, görülmüştür.

Kaltakçı ve ark. (2006), yaptığı çalışmada, mevcut yapılarda yaygın olarak görülen yapım kusurlarına sahip, 1/3 ölçekli, iki katlı iki 4 adet çerçeve üretmiştir. Güçlendirme yöntemi olarak çerçeve dışına betonarme perde duvar uygulaması seçilmiştir. Tersinir – tekrarlanır yük altında test edilen deney numunelerinde kolonlara uygulanan normal kuvvet seviyeleri, kolonlarda çekme ve basınç kırılması oluşturacak şekilde ikiye ayrılmıştır. Deney sonucunda;

- Dış perde duvar ilavesi yapılan güçlendirilmenin, yatay yük, rijitlik ve enerji yutma kapasitesinde önemli ölçüde artışa sebep olduğu,
- Boş çerçevede maksimum yük esnasında ileri seviyede hasarlar meydana gelmiş olmasına rağmen, dıştan perde eklenerek güçlendirilmiş çerçevede maksimum yük seviyesinde çerçeve elemanında önemli hasarın oluşmamıştır. Bu durumda düşey yüklere göre yeterli dayanım ve kapasiteye sahip olan bir çerçevenin, çerçevenin diğer elemanlarında herhangi bir güçlendirmeye gerek kalmadan dış perde ilavesi ile güçlendirilmesinin yeterli olduğu ve kullanılabileceği, belirlenmiştir.

Deney Numunesi No	Çerçeve Türü	İşlem Türü / Grup Türü
Deney No: 1-BK-ZK		Boş Çerçeve, Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş ($\rho=0.013$) / 1. Grup
Deney No: 2-BK-KK		Boş Çerçeve, Kuvvetli Kolon-Zayıf Kiriş ($\rho=0.023$) / 2. Grup
Deney No: 3-BK-ZK PERDELI		Perdeli Çerçeve, Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş ($\rho=0.013$) / 1. Grup
Deney No: 4-BK-KK PERDELI		Perdeli Çerçeve, Kuvvetli Kolon-Zayıf Kiriş ($\rho=0.023$) / 2. Grup

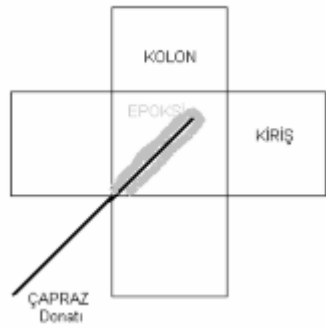
Şekil 2.15. Kaltakçı ve ark (2006), deney elemanlarında ve dış perde duvar uygulaması




Akın ve ark. (2008), çalışmasında burkulması önemsiz, çekmeye çalışan çapraz çubuklar yardımıyla rijitliğin artırılması, yanal ötelenmenin azaltılması ve taşıma kapasitesinin artırılması ile birlikte etkin, ekonomik ve hızlı bir metod geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 1/5 ölçekli üç katlı 3 açıklıklı 10 adet deney numunesi

hazırlamıştır. İnşaat demirinden oluşan çapraz çubuklar kolon-kiriş birleşim bölgesine epoksi ile ankrajlanmıştır. Çalışma sonucunda;

- Sistem sünekliği ortada kuşaklama olan sistemde çerçeve davranışına yakın özellik gösterirken, aynı bölgeye duvar eklenmesiyle perdeli çerçeve davranışına yönelmekte, bunun sonucu olarak gerek yatay yük gerekse enerji tüketme kapasitesi artmaktadır.
- Etriyelerin sistem sünekliği, enerji tüketme kapasitesini, yatay yük kapasitesini artırdığı gözlemlenmiştir.
- Etriye kancalarının 135 derece kancalı olarak imali etriye aderans boyunu artırarak sargı etkisini artırmakta ve bunun sonucu olarak gerek düşey, gerekse yatay yük kapasitesine olumlu etkiler yapmaktadır.
- Etriyelerin birleşim bölgesi boyunca devam ettirilmesi, birleşim bölgesinde hasar oluşumunu engellemekte ve hasarın güçsüz elemana doğru kaymasına sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak güçlü kolon zayıf kiriş prensibinin de ödünsüz uygulanması sonucu birleşim bölgelerindeki hasarlar kırılganlığa kayacak ve ani basınç kırılması göçmelerine sebep olmayacaktır.
- Kuşaklama sargı etkisinin oluşturduğu aderans artışı sebebiyle etriyeli birleşim bölgesine sahip sistemlerde epoksi ile ankraj daha etkin sonuçlar vermektedir.
- Kuşaklamanın etkinliği zemin kat hizasında ankraj boyunun artırılması ile artırılabilir.
- Kuşaklamanın zemin katta tüm açıklıklarda, üst katlarda ise azalan bir şekilde uygulanması sistemin üst katlarında perde davranışından, çerçeve davranışına kaymasına yardımcı olacaktır. Bu konu ileri bir çalışma konusu içinde irdelenmelidir.
- Beton kalitesi epoksi ile yapılan ankraj kuvvetini, dolayısıyla yatay yük kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Düşük beton kalitesine sahip sistemlerde epoksi ankraj sıyrılmalarının önlenmesi için aderans boyu artırılmalıdır.
- Kenarlarda kuşaklama sonucu sistemin yatay yük kapasitesi artmış olsa bile, oluşan kuvvet çifti sebebiyle kenar kolonlarda artan eksenel kuvvetler sebebiyle kolonlarda basınç kırılmalarına sebep olmakta ve sistemin sünek davranışını azaltmaktadır.
- Sünekliği kontrol altında tutmak için kuşaklamalar binanın orta bölgelerinde yapılmalı, kenar açıklıklarda yapılması halinde ortaya çıkan boşluklu perde davranışı sonucu oluşan süneklik azalmasından kaçınılmalıdır.

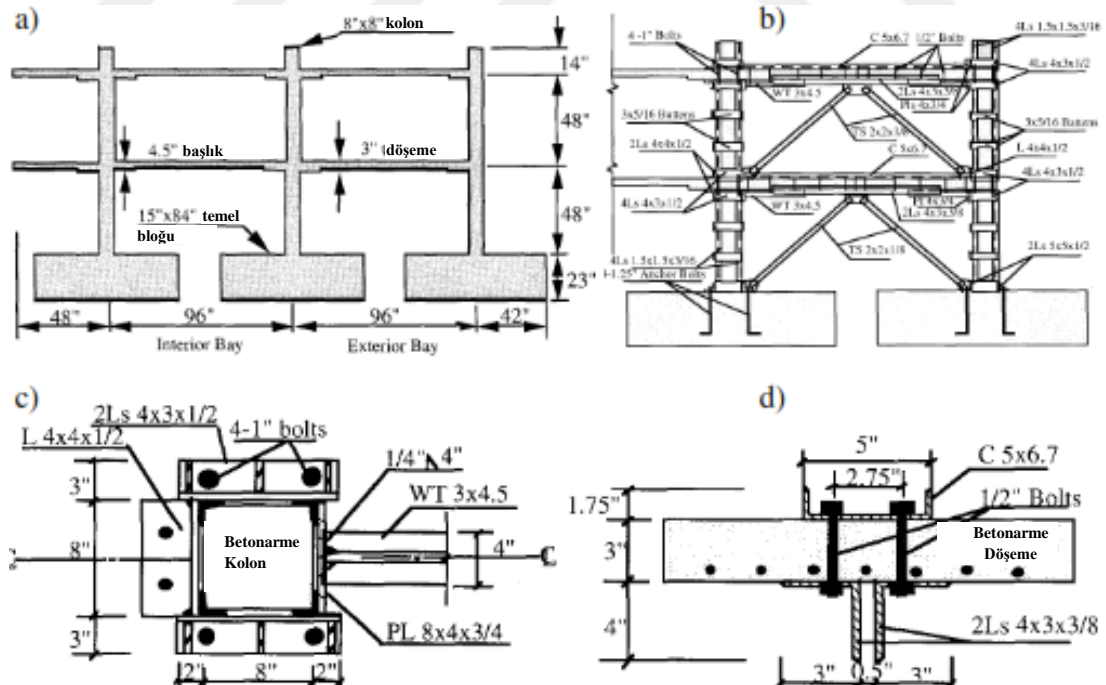
sonuçlarına ulaşılmıştır.



Numune No	Beton Sınıfı	Donatı Düzeni	Şematik Görünüşü
1-2	C 20-12	T 1-T2	
3	C 12	T 2	
4	C 12	T 2	

Şekil 2.16. Akın ve ark. (2008), kolon-kiriş düğüm noktasına ankraj ve deney numuneleri


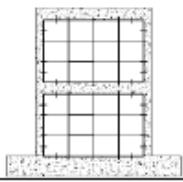

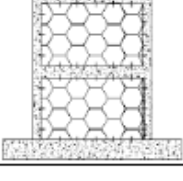
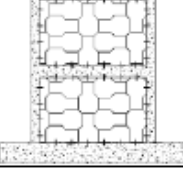
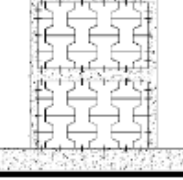
Masri ve Goel (1996), 1/3 ölçekli 2 katlı 2 açıklıklı betonarme döşeme – kolon çerçevesinin çelik çaprazlı ve çaprazsız güçlendirilmesini test etmiştir. Betonarme çerçeve 1960’lardaki deprem açısından yetersiz yönetmeliğe uygun olarak imal edilmiştir. Kolonlar çelik korniyerler ve kuşaklar ile güçlendirilmiştir (Şekil 2.17). Test sonuçlarında çelik çaprazların betonarme çerçevelerin yatay dayanım ve rijitliğini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir.



Şekil 2.17. Masri ve Goel (1996), a) Betonarme çerçeve, b) Çelik çerçeve, c) Döşeme kesiti

Akın (2011), doktora çalışmasında ön üretilmiş beton paneller ile güçlendirilmiş dolgu betonarme çerçevelerin deprem davranışını deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Bu amaçla 1/2 ölçekli, deprem dayanımı zayıf, iki katlı ve tek açıklıklı bir adet güçlendirilmemiş tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve ve 5 adet aynı özelliklere

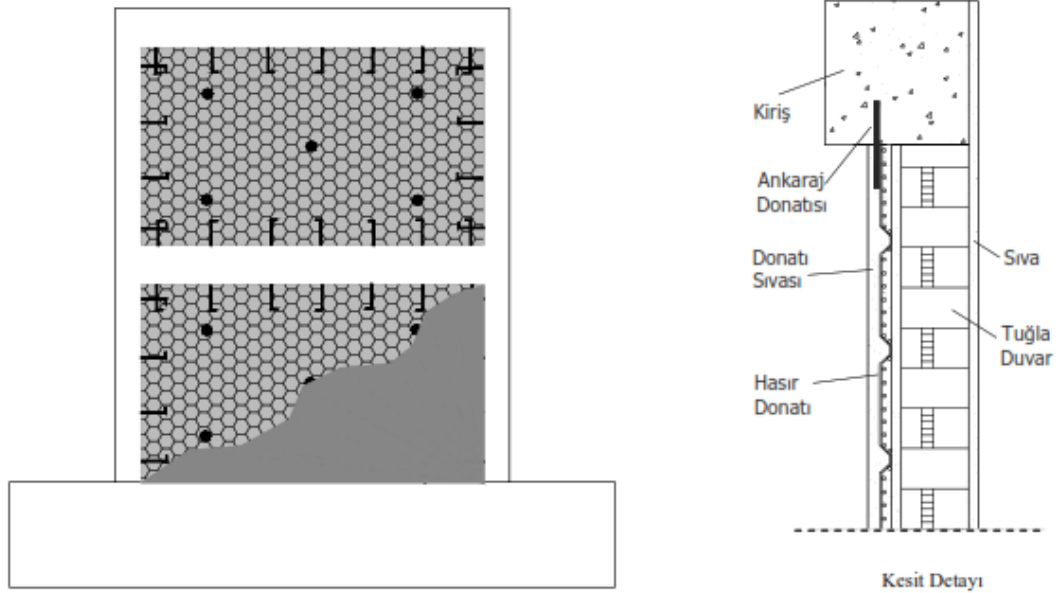
sahip betonarme çerçeve üretilmiştir. Bu 5 çerçeve dolgu duvarları, farklı şekillerde imal edilmiş, ön üretimli, yüksek dayanımlı beton paneller ile güçlendirilerek deprem etkisini benzeştiren tersinir – tekrarlanır yatay yükleme altında test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (Şekil 2.18). Ayrıca Sap2000 programı ile de analitik modelleme yapılarak statik itme analizi yapılmış, sonuçlar ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Deney Numunesi No	Çerçeve Türü	Özellikleri
Deney No: 1 RN (Referans Numune)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeve
Deney No: 2 A Tipi Panelli Çerçeve (A-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + A Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve
Deney No: 3 B Tipi Panelli Çerçeve (B-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + B Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve
Deney No: 4 C Tipi Panelli Çerçeve (C-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + C Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve
Deney No: 5 D Tipi Panelli Çerçeve (D-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + D Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve
Deney No: 6 E Tipi Panelli Çerçeve (E-TPÇ)		Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarlı + E Tipi Panelle Güçlendirilmiş Çerçeve

Şekil 2.18. Akın (2011), deney numuneleri

Çalışma sonucunda ön üretim paneller ile yapılan güçlendirmenin panellerin çerçeveye ankrajının çok iyi yapılması koşulu ile etkin bir güçlendirme sağlayabileceği belirtilerek yeni yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

Acun ve Sucuoğlu (23-25 Mart 2005), çalışmalarında 1/3 ölçekli 2 katlı tek açıklıklı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeve numunelerinde, tuğla dolgu duvar üzerine çelik hasır tel uygulayarak güçlendirme deneyleri yapmıştır (Şekil 2.19). Hasır donatı oranı ve yüzeye uygulanan sıva dayanımı değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, sıva dayanımı ve hasır donatı oranı arttıkça güçlendirilen çerçevenin yatay dayanım ve rijitliklerinde belirgin iyileşmeler gözlemlenmiştir. Uygulamada kalıp ve işçilik gereksinimleri az olması, kullanılan malzemelerin de fiyatı düşünüldüğünde yöntemin ekonomik olduğu belirtilmiştir.

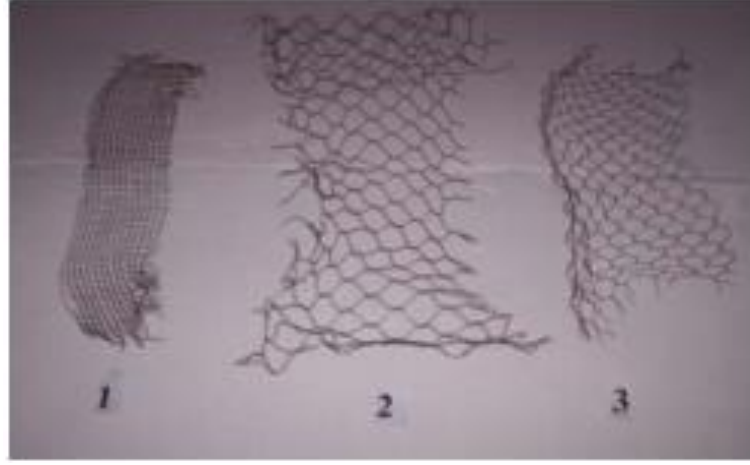


Şekil 2.19. Acun ve Sucuoğlu (2005), güçlendirilmiş eleman genel görünümü ve hasır donatı uygulanan duvar kesiti detayı

Yön ve Sayın (16-18 May 2011), yaptıkları çalışmada aynı plana sahip 5, 7 ve 9 katlı betonarme binaların betonarme perdeler veya çelik çaprazlar ile yapılan güçlendirmeleri karşılaştırmıştır. Önce betonarme perdeler ile güçlendirilen binalar daha sonra çelik çaprazlar ile güçlendirilmiştir. Analiz sonuçlarında elde edilen görelî kat ötelenmeleri karşılaştırılmış, her iki yöntemin de güvenlik seviyesi bakımından yeterli olduğu buna ek olarak betonarme perde ile yapılan güçlendirmenin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Her iki yöntemin de işçilik, ekonomik sebepler dikkate alınarak uygulanabileceği belirtilmiştir.

Topçu ve ark. (23-25 Mart 2005), çalışmasında beton kompozit türü olan ferrocement teknolojisi ile üretilmiş paneller kullanılarak güçlendirme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Kolay taşınma ve kolay montaj amacı ile panel üretiminde perlit

kullanılmıştır. Çalışmada yüksek çekme dayanımına sahip çelik 2 mm kalınlığında, kare tel örgü ve 2 tip altıgen tel örgü kullanılmıştır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Topçu ve ark. (2005), çalışmada kullanılan tel örgü tipleri

Çalışma sonucunda tel katman kullanımının dayanımı önemli ölçüde iyileştirmesinin yanında kolay uygulanması ve ekonomik olması da vurgulanmıştır

Doğan ve ark. (2011), Çelik halatlarla güçlendirilmiş betonarme çerçeve binanın deprem analizini gerçekleştirmiştir. Bu amaçla 4 katlı betonarme bir çerçeve oluşturulmuş, çapları 10 mm den 250 mm ye kadar değişen kablolar ile bina çapraz halatlar ile güçlendirilmiştir. Çalışmada iç kuvvet değişimi ve yer değiştirmeler irdelenmiştir. Sonuç olarak mevcut yapıların kablolar ile güçlendirilmesi neticesinde kat ötelenmelerinin ve bina birincil periyodun azaldığı, iç kuvvet dağılımının ise önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir.

Hattori ve ark. (August 1-6 2004), çalışmasında orta yükseklikteki binalar için dıştan güçlendirme uygulaması olan yeni bir yöntem üzerinde durmuştur. Plaka içeren dıştan betonarme eleman ekleme ile güçlendirme olan bu yöntem inşaat süresini kısalttığı ve kullanıcıların inşaat aşamasında yapıyı kullanmaya devam ettiği belirtilmiştir (Şekil 2.21). Çalışma sonucunda bu yöntemin yatay rijitliği, dayanımı, sünekliği ve enerji yutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir.

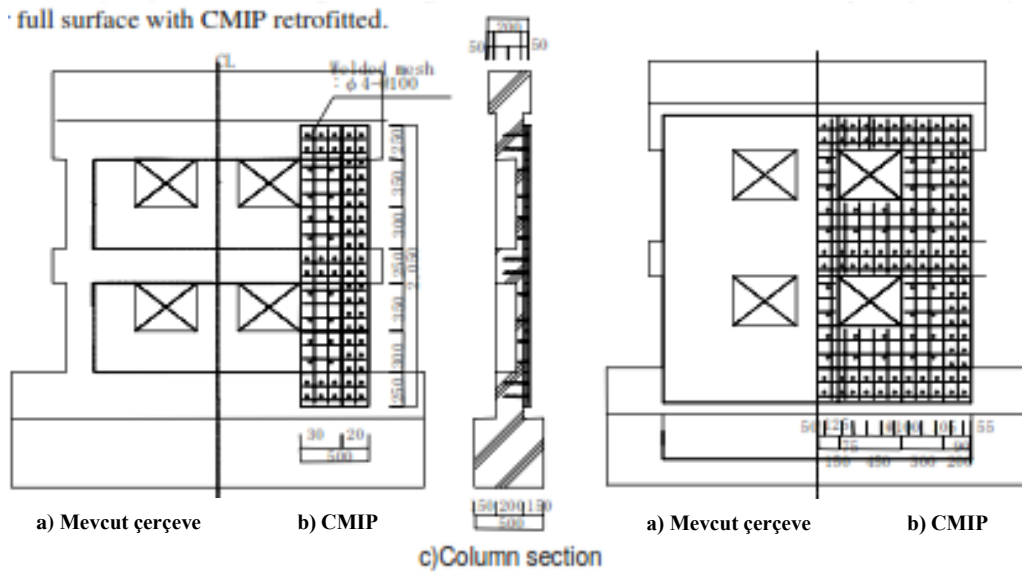


Fig. 2 Geometrik boyutlar

Fig. 3 Geometrik boyutlar

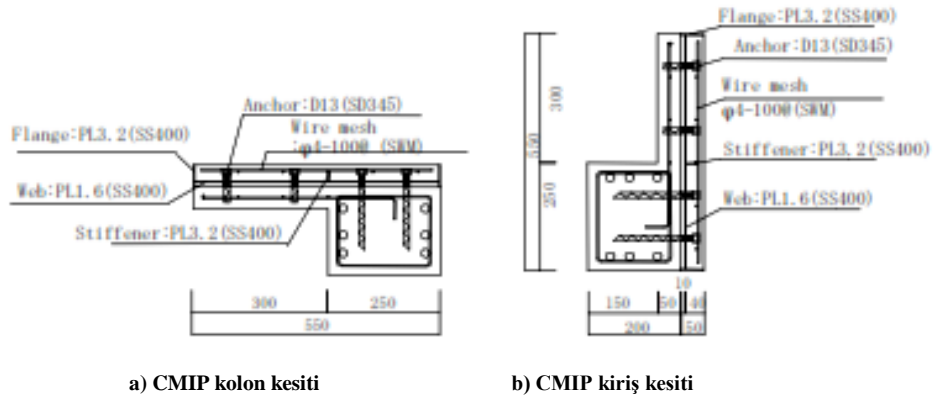
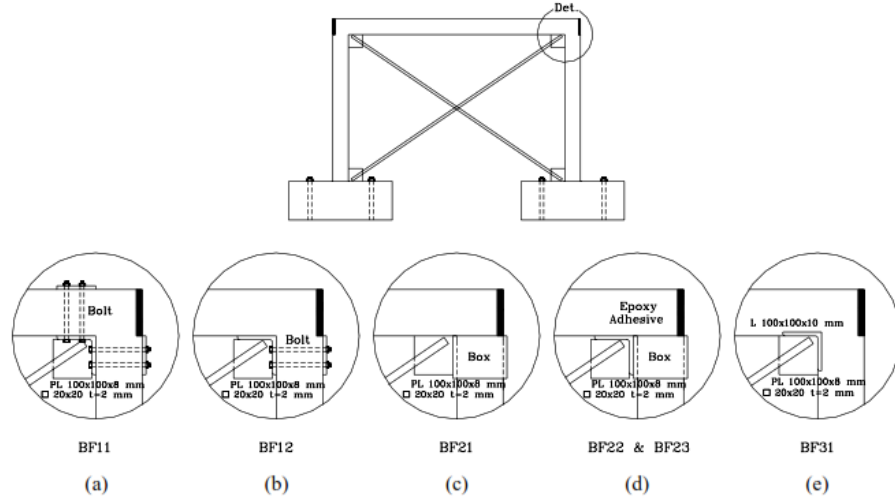


Fig. 3 CMIP Güçlendirilmiş numune ve geometrik boyutlar (CMIP : Levha içeren beton eleman)

Şekil 2.21. Hattori ve ark. (2004), geometrik boyutlar ve güçlendirilmiş eleman

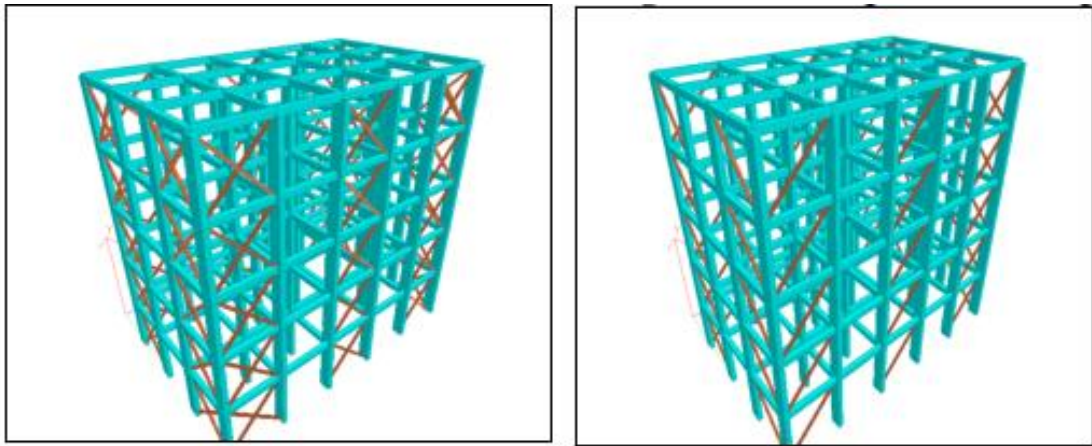
Massumi ve Tasnimi (7-12 October 2008), çalışmasında farklı detaylara sahip X çaprazlar ile düşük süneklilikteki betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi üzerine deneysel çalışma yapmıştır. 1/2.5 ölçeğinde tek katlı tek açıklıklı 8 adet numune üzerinde gerçekleştirilen deneylerde farklı çapraz bağlantı detaylarının etkinliği belirlenmek istenmiştir. Detay bağlantıların, betonarme çerçevelerin güçlendirilmesi için, en kolay, çabuk ve ekonomik olacak şekilde seçilmiştir. 2 numune güçlendirilmemiş, kontrol numunesi olarak bırakılmıştır. Hazırlanan 5 farklı detaya sahip X çaprazlı güçlendirilmiş çerçeve numuneler tersinir yükleme altında denenmiştir. Çaprazların birleşim detayları (Şekil 2.22) aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.22. Massumi ve Tasnimi (2008), çapraz ile güçlendirilmiş deney numuneleri ve bağlantı detayları

Analiz sonuçlarında çelik çaprazların bağlantı detaylarına bağlı olarak çerçeve rijitliğini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir. Bulon cıvatalar ile hem kolona hem de kirişe bağlantı yapılan çelik çapraz güçlendirme az ve orta yüksekliklerdeki binalar için uygundur. Diğer birleşim detayları bu kadar iyi sonuç vermemişlerdir.

Viswanath ve ark. (2010), çalışmasında çelik çaprazların sismik olarak yetersiz betonarme çerçevelerin deprem dayanımını artırmak için uygun bir analiz olduğunu belirtmiştir. Bu amaçla IS 1893:2002'ye göre IV derece deprem bölgesinde bulunan 4 katlı bir bina analiz edilmiştir. Çelik çapraz çevre kolonlara uygulanmıştır (Şekil 2.23). Çeşitli çelik çapraz tiplerinin 4 katlı bina için rehabilitasyonu için etkinliği ve çelik çapraz tipinin betonarme çerçeve yüksekliği boyunca etkisi araştırılmıştır. Daha sonra 8 katlı, 12 katlı ve 16 katlı yapılar için çalışma genişletilmiştir.



Şekil 2.23. Viswanath ve ark. (2010), X çaprazlı ve diyagonalalli binalar Çalışma sonucunca;

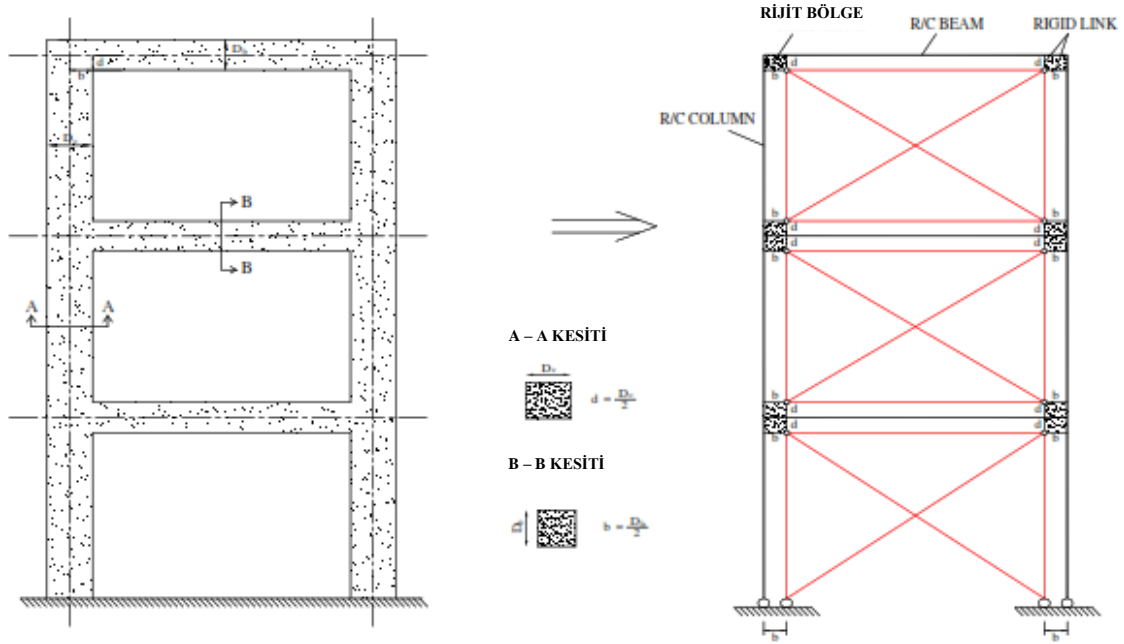
- X tipi çelik çaprazların yapısal rijitliği artırdığı, kat içi deplasmanları önemli ölçüde azalttığı
- Çelik çaprazların mevcut binaların güçlendirilmesi için kullanılabileceği,
- Diğer güçlendirme yöntemlerine alternatif olarak kullanılabilecek bu yöntemin binanın mevcut ağırlığına önemli bir ilave yük getirmediği,
- Çelik çaprazların kiriş ve kolonlardaki eğilme ve kesme taleplerini azalttığı ve yatay yükleri aksel yük mekanizması olarak iletmediği,
- X çaprazlı bina çerçevelerinin diğer çaprazlı tiplere göre en düşük eğilme momentleri aldığı

belirlenmiştir.

(Preeti ve Mohan, 2016), betonarme çerçeve binanın sismik performansını geliştirmek için merkezi çelik çaprazların kullanımını alçak, orta ve yüksek katlı 3 farklı binada (zemin+2, zemin+5, zemin+8), X, V, ters V ve merkezi olmayan diagonal şeklinde 4 farklı çapraz tipini bina dış cephesinde 3 değişik düzenleme ile denemiştir. Binalar doğrusal olmayan itme analizi ile Sap2000 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda;

- Çapraz çerçeveli yapılarda tüm modellerde boş çerçeveye nazaran kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri daha düşüktür.
- Ters V çaprazlarda en az kesme kuvveti ve eğilme momenti vardır.
- Çaprazların kolon durumunda eğilme momenti ve kesme kuvvetinde çok az bir düşüş vardır.
- Çaprazların diziliminin kolon ve kirişlerde eğilme momenti ve kesme kuvveti üzerinde etkisi yoktur. Dizilim şekli sadece yapının sünekliğine ve rijitliğine etki etmektedir.

Ağar (2008), yüksek lisans çalışmasında binanın yatay yüklere karşı güçlendirilmesinde ve rijitliğinin artırılmasında etkili olan ayrıca iyileştirme sonrasında çok az kütle artışı sağlayan çelik çapraz sistemi ile güçlendirme tekniğini araştırılmıştır (Şekil 2.24). Alçak, orta yüksek ve yüksek betonarme çerçeveler çelik çaprazlar kullanılarak güçlendirilmiş ve analitik olarak incelenmiştir. Güçlendirilmiş çerçevelerin yatay yük taşıma kapasiteleri yük kontrollü statik itme analizi yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca önyüklemeye etkisi de incelenmiştir.



Şekil 2.24. Çerçeve matematiksel model şeması

Çalışma sonucunda;

- Çelik X Çapraz kullanıldığında, yapının güçlendirilmemiş durumuna ve yükseklik/genişlik oranına bağlı olarak mevcut betonarme binanın 20 katına kadar yatay yük kapasite artışı sağlanabilir. Bu durum çelik çerçevenin betonarme çerçeveye ankraj yapılmadığı durumda bile gerçekleşebilecektir.
- Yöntemin görelî olarak etkinliği, yapının yatay yük yönündeki artan yükseklik/genişlik oranında azalır çünkü, betonarme kolonlardaki eksenel yükteki değişim oranı, aynı taban kesme kuvveti için, çerçeve yüksekliğindeki artış ile artmaktadır.
- Çelik X çaprazlar ve etrafında çelik çerçeve kullanılarak güçlendirilmiş bir betonarme çerçevenin yatay yük kapasitesini, çaprazlama sisteminin düşey çelik elemanlarına ön yükleme uygulaması ile eksenel yükün mevcut betonarme kolonlardan çelik çapraz sisteme aktarılması ile en fazla 2,5 kat daha da artırmak mümkündür. Ön yüklemenin olumlu katkısı mevcut betonarme kolonların basınç kontrollü göçmesi hakim olduğu sürece devam eder. Göçme türü çekme kontrollü olduğunda ise ön yüklemenin pozitif etkisi negatife döner.
- Çelik son elemanlarla çevrelenen, betonarme çerçeveye ankraj yapılmayan X çaprazlar ile ve son elemanlar ile çelik son elemanlarla çevrelenen, betonarme çerçeveye ankraj yapılan X çaprazlar ile aynı seviyede kapasite artırımını yapmak mümkündür. Çapraz sistem betonarme çerçeveye donatının en yoğun olduğu

yerde yapılmaktadır. Bu gözlem uygulamada karşılaşılan en zor ve zahmetli yönün hafifletilebileceğini göstermektedir.

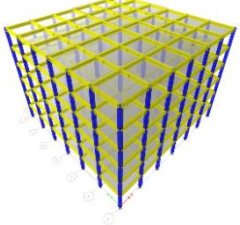
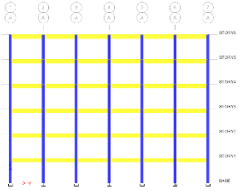
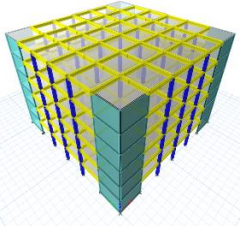
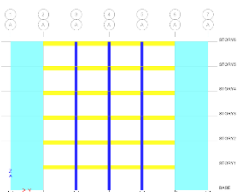
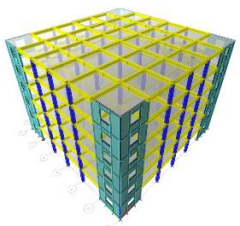
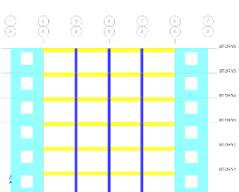
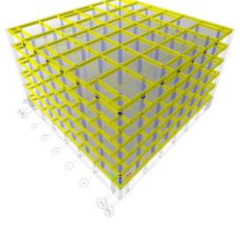
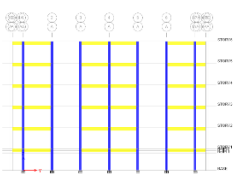
- Beton dayanımının iyileştirmenin derecesi üzerinde pozitif bir etkisi vardır. Bu etki güçlendirilmiş betonarme çerçevenin sınır kapasitesi (taşıma kapasitesi) mevcut yapının betonarme kolonlarının çekme kontrollü göçmesine kıyasla basınç kontrollü göçmesi durumunda daha belirgindir.



3. ÖNERİLEN GÜÇLENDİRME MODELİ

3.1. Referans Bina Modelleri

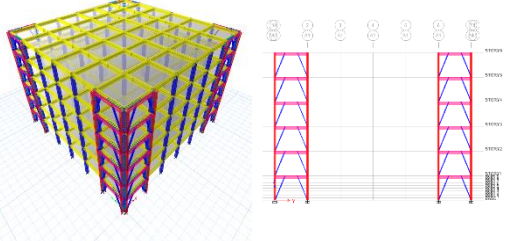
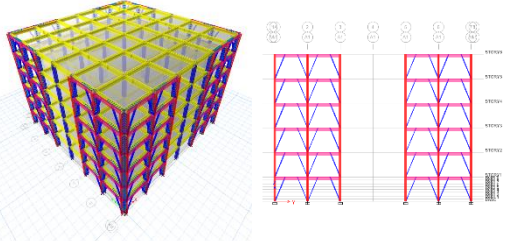
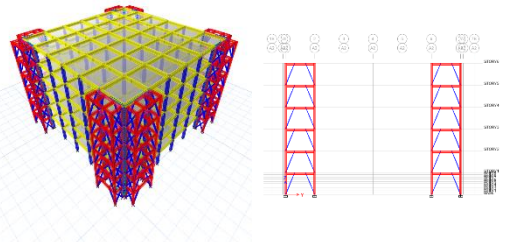
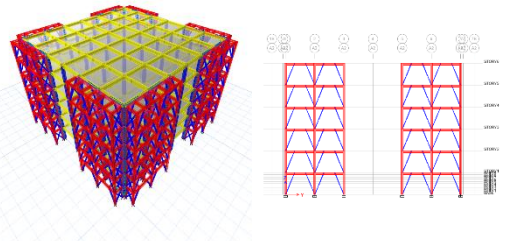
Çalışmada seçilen bina tipine ait güçlendirilmemiş durumdaki referans bina modelleri (**RB1** ve **RB2**) Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Seçilen modellerin taşıyıcı sistemi kiriş ve kolonlardan oluşmaktadır. **RB1** modeli ayrıca köşelerinden boşluksuz ve pencere boşluklu “**L Perde**” eklenerek de çözülmüş, monolitik olarak ilk yapım aşamasında perdeli olarak imal edilmiş, perdeli – çerçeve binanın (WB) modeli ve analizi de yapılmıştır.

REFERANS BİNA MODELLERİ	3D GÖRÜNÜŞ
<p>RB1 (Referans Bina 1) Kolon – Kiriş Çerçeve Sistem Konsolsuz Bina</p>	 
<p>WB Perdeli – Çerçeve Sistem Konsolsuz Bina</p>	 
<p>WB-W Boşluklu Perdeli – Çerçeve Sistem Konsolsuz Bina</p>	 
<p>RB2 (Referans Bina 2) Kolon – Kiriş Çerçeve Sistem Konsollu Bina</p>	 

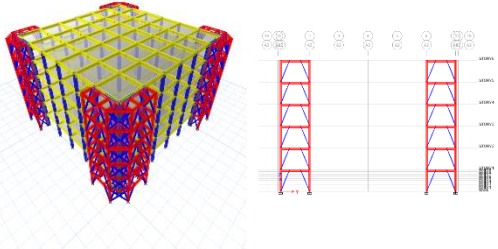
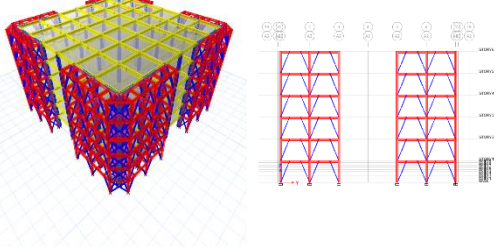
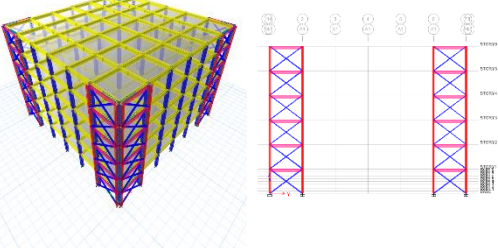
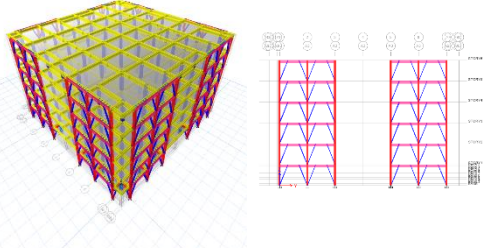
Çizelge 3.1. Güçlendirme uygulanmamış referans bina modelleri

3.2. Güçlendirilmiş Bina Modelleri

Güçlendirme aşamasında, seçilen 2 adet konut tipi (**RB1 ve RB2**) için farklı şekillerde çelik güçlendirme düzenlemeleri önerilmiş ve bu öneriler Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de sunulmuştur.

GÜÇLENDİRİLMİŞ BİNA ŞEKLİ	3D GÖRÜNÜŞ
<p style="text-align: center;">SSB1B-1L Tek Açıklık – Tek Katman Dışmerkezli Ters V Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p style="text-align: center;">SSB2B-1L İki Açıklık – Tek Katman Dışmerkezli Ters V Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p style="text-align: center;">SSB1B-2L Tek Açıklık – Çift Katman Dışmerkezli Ters V Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p style="text-align: center;">SSB2B-2L İki Açıklık – Çift Katman Dışmerkezli Ters V Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	

Çizelge 3.2. Çelik güçlendirme uygulanmış bina analiz modelleri – 1

<p>SSB1B-2L-C Tek Açıklık – Çift Katman Dışmerkezli Ters V Köşeden Bağlı Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p>SSB2B-2L-C İki Açıklık – Çift Katman Dışmerkezli Ters V Köşeden Bağlı Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p>SSB1B-1L-X Tek Açıklık – Tek Katman X Çapraz Dıştan Çelik Güçlendirme Konsolsuz Bina</p>	
<p>SSB2 İki Açıklık – Tek Katman Dışmerkezli Ters V Dıştan Çelik Güçlendirme Konsollu Bina</p>	

Çizelge 3.3. Çelik güçlendirme uygulanmış bina analiz modelleri – 2

3.3.Güçlendirilmiş Bina Görselleri

Çalışmanın amaçlarından birinin de mimari olarak estetik ve fonksiyon açısından ortaya güzel bir yapının çıkması olduğu için binaların dıştan çelik güçlendirme sonrası oluşacak durumlarının 3 boyutlu görünüşleri hazırlanmıştır. Konsol çıkmalı ve konsol çıkmasız olarak seçilen referans bina tipleri için hazırlanan bu görünüşlerde, önerilen güçlendirme yönteminin bina ile entegrasyonu farklı renk düzenlemeleri ile irdelenmiş, estetik ve görsel açıdan da çevre ile uyumlu bir yapının ortaya çıkması amaçlanmıştır.

3.3.1. Konsol çıkmasız bina (RB1)

Çalışmada ele alınan bir diğer bina tipi, konsol çıkma içermeyen binadır. Bu bina tipinde cepheden güçlendirme uygulamasının nispeten daha kolay olacağı değerlendirilmiştir. Kolon ve kiriş sistemlerinin dış cepheye olan yüzleri çelik sistemin binaya bağlanması için kullanılacaktır. Şekil 3.1’de tek açıklık tek katmanlı güçlendirme sisteminin konsollu bina görseline olan etkisi temsil edilmiştir. Şekil 3.2’de ise, çift açıklık tek katmanlı güçlendirme sisteminin uygulanması durumu gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Konsol çıkmasız bina (SSB1B-1L) görselleri



Şekil 3.2. Konsol çıkmasız bina (SSB2B-1L) görselleri

Binaya dış cepheden uygulanan güçlendirme çerçevesinin de iki paralel çerçeveden oluşması durumunda, düzlem dışı yatay yükleme altında kısa doğrultuda oluşan çelik çerçevenin de deprem dayanımına katkı sağlaması hedeflenmiştir. Bu amaçla, 4.00 m uzunluğundaki çelik güçlendirme çerçevesine paralel olarak, aynı uzunluktaki ikinci bir çerçeve 1.50 m mesafe ile paralel olarak yerleştirilmiş ve ortogonal kiriş ve çaprazlarla ilk çerçeveye bağlanmıştır. Bu iki katmanlı çerçevenin bina dış cephesine eklenmesi ile bina taşıyıcı alanında 1.50 m lik bir artış sözkonusu olacaktır. Bu ek kısmın, balkon ya da mekân olarak kullanılabilmesi sözkonusudur. Mekân olarak kullanılmayacak ise de, bina estetiğine ve cephesine katkı yapacaktır. Bu güçlendirme başlığında da, çelik çerçevenin sadece bir aksı (4.00 m uzunluğunda) veya iki aksı (8.00 m uzunluğunda) olması durumları ele alınmıştır. Şekil 3.3’de konsolsuz binada tek açıklık

çift katmanlı güçlendirme sisteminin yapı estetiğine ve görseline olan katkısı temsil edilmiştir.



Şekil 3.3. Konsol çıkmasız bina (SSB1B-2L) görselleri

Şekil 3.4’de ise yine konsolsuz binada çift açıklık çift katmanlı güçlendirme sisteminin yapı estetiğine ve görseline olan katkısı temsil edilmiştir.



Şekil 3.4. Konsol çıkmasız bina (SSB2B-2L) görselleri

3.3.2. Konsol çıkmalı bina (RB2)

İmar yönetmelikleri bina 1. katında konsol yapılarak bina kullanım alanının artırılmasına izin vermektedir. Bina arsasının durumuna göre bu konsol çıkmalar binanın 1 cephesinde olabileceği gibi, her 4 cephede de yapılabilmektedir. Bu çalışmada, binanın 4 cephesinde 1.5 m uzunluğunda konsol olma durumu ele alınmıştır. Konsollu bina modellerinde de binanın köşelerinde balkon olduğu ve olmadığı durumlarda uygulanacak güçlendirmenin bina görseline etkisi Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.5. Köşe balkonlu konsol çıkmalı bina (SSB2) görselleri



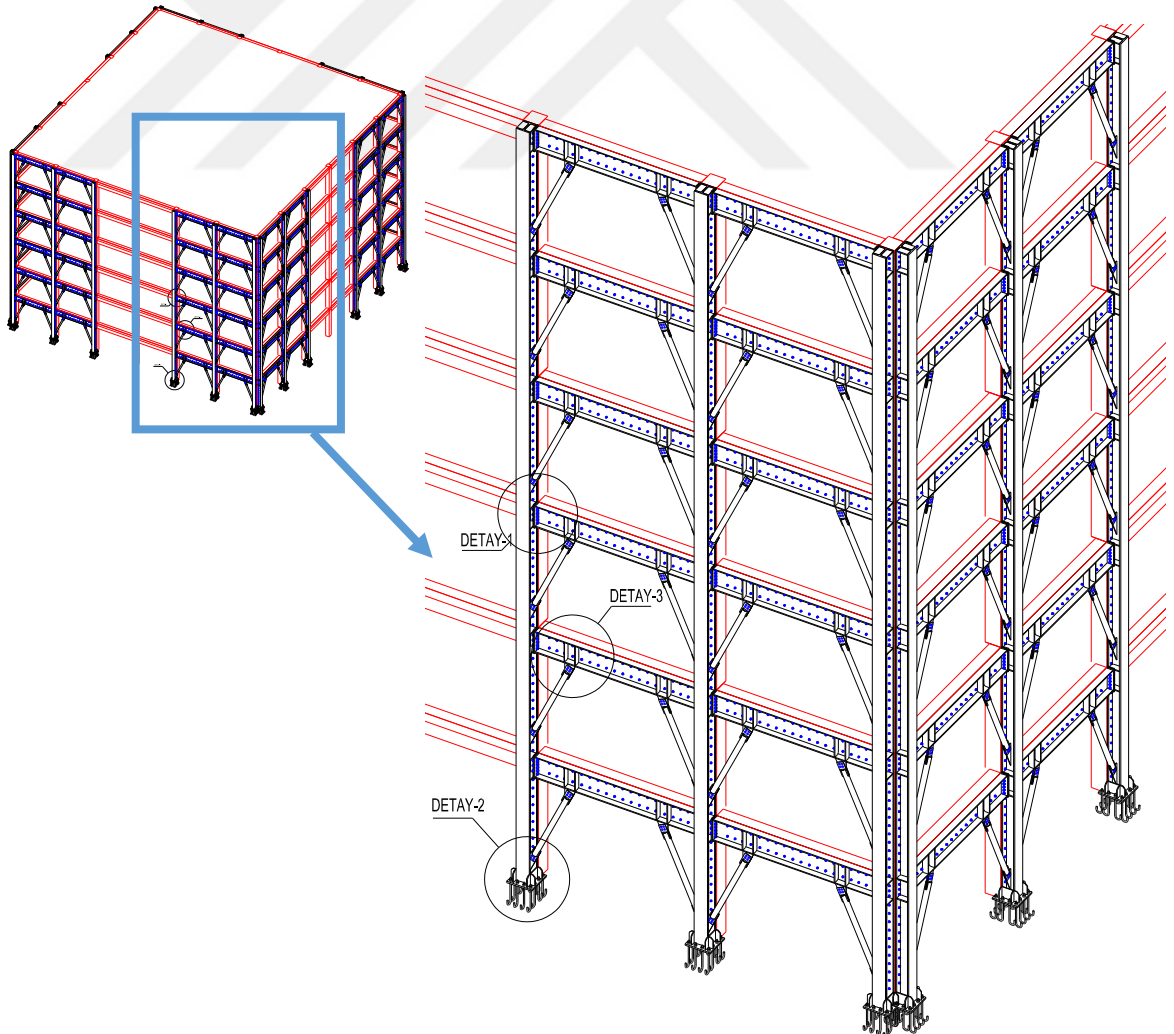
Şekil 3.6. Köşe balkonsuz konsol çıkmalı bina (SSB2) görselleri

3.4. Güçlendirilmiş Bina Birleşim Detayları

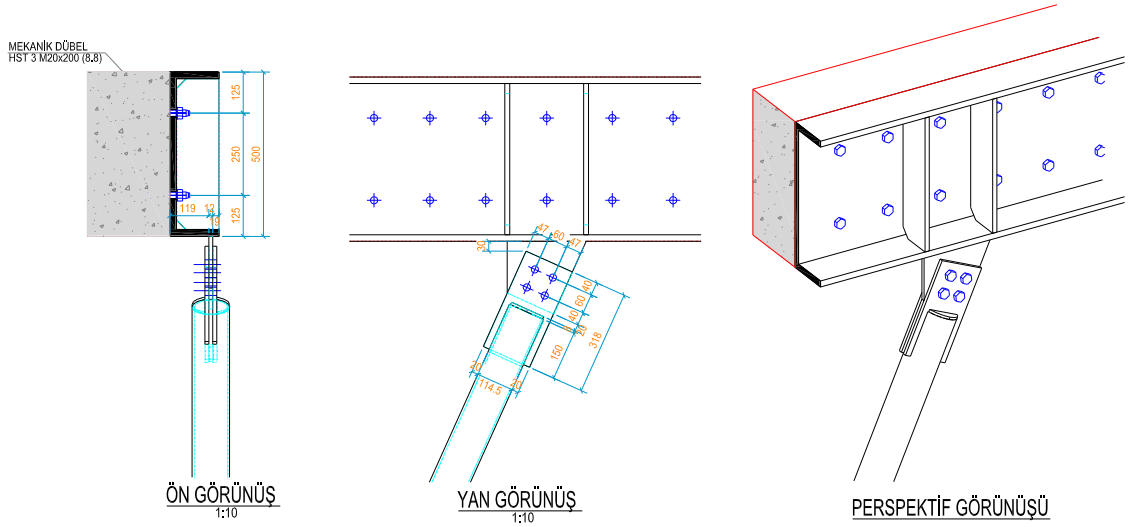
Tez kapsamında geliştirilen güçlendirme yönteminin etkin olabilmesi için gerekli en önemli ayrıntı, yeni eklenen çelik ve eski (mevcut) betonarme çerçevelerin birleşim detaylarıdır. Yatay deprem yükü betonarme binaya etkiyecek ve dış kolonlar vasıtasıyla yeni eklenen çelik sisteme aktarılacaktır. İki sistem arasında yapılacak olan ankrajlar yükün aktarılmasını sağlayacaktır. Planlanan ankraj uygulaması ve çelik sistemin bağlantı detayları örnek olarak bu bölümde verilmiştir.

3.4.1. Konsol çıkmasız bina

SSB2B-1L modeli için önerilen çelik görünüş ve detayları örnek olarak Şekil 3.7 – Şekil 3.12 arasında sunulmuştur. Burada verilen detaylar ve çelik eleman boyutları bina taşıyışı sistem özelliklerine ve analiz parametrelerine göre değişebilir.



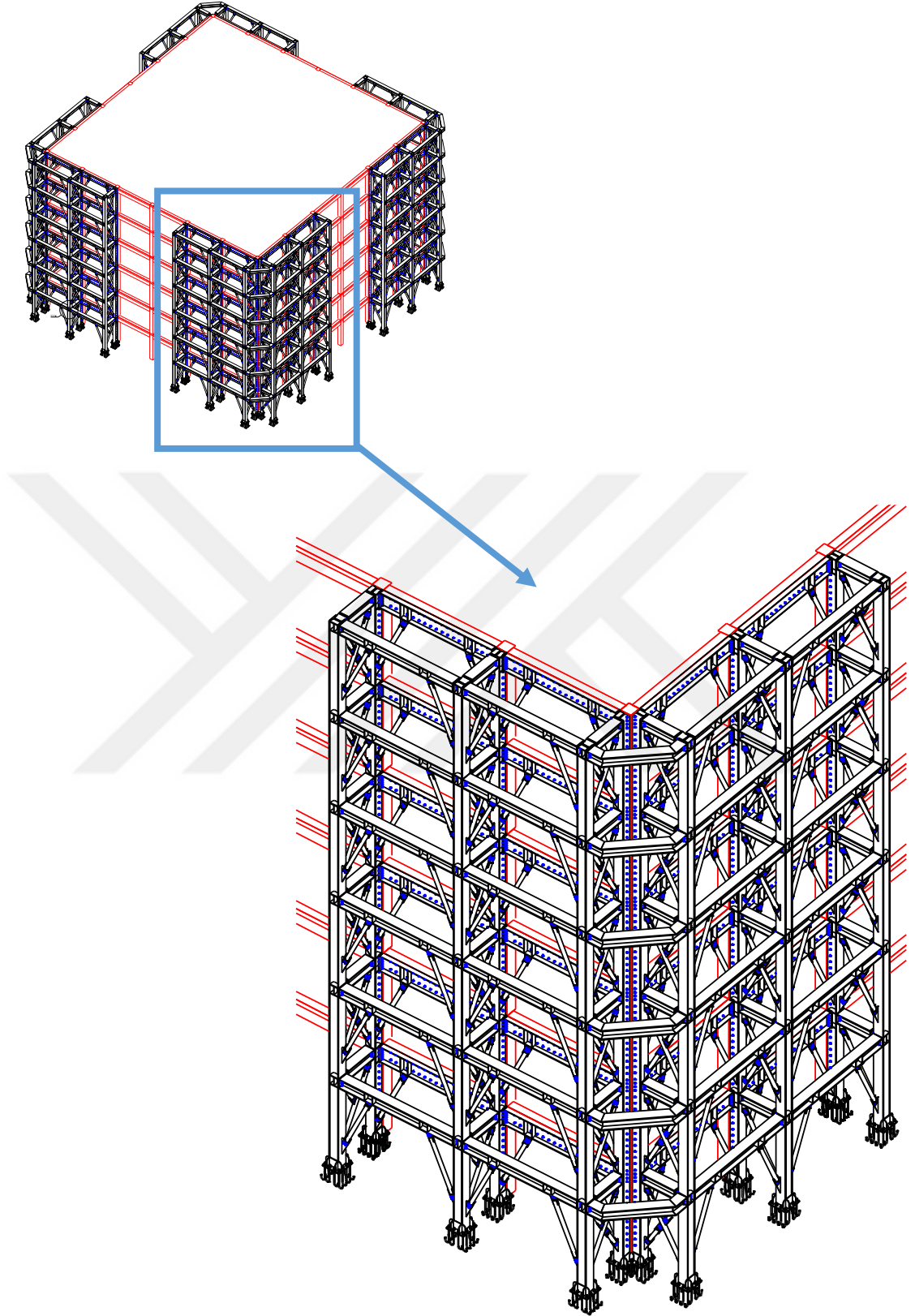
Şekil 3.7. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2B-1L)



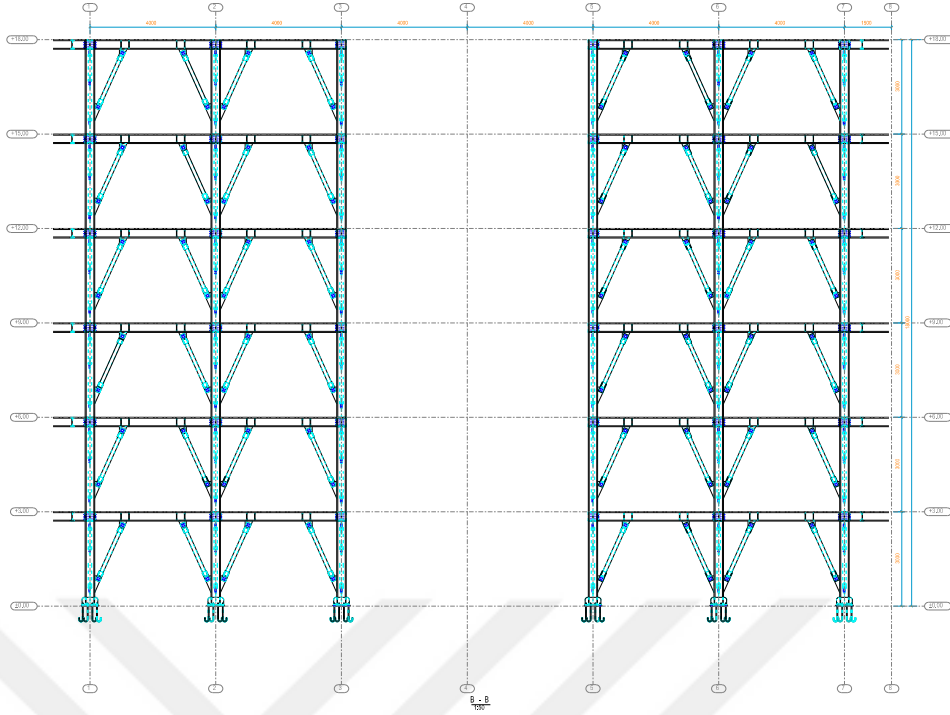
DETAY-3

Şekil 3.12. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 4 (SSB2B-1L)

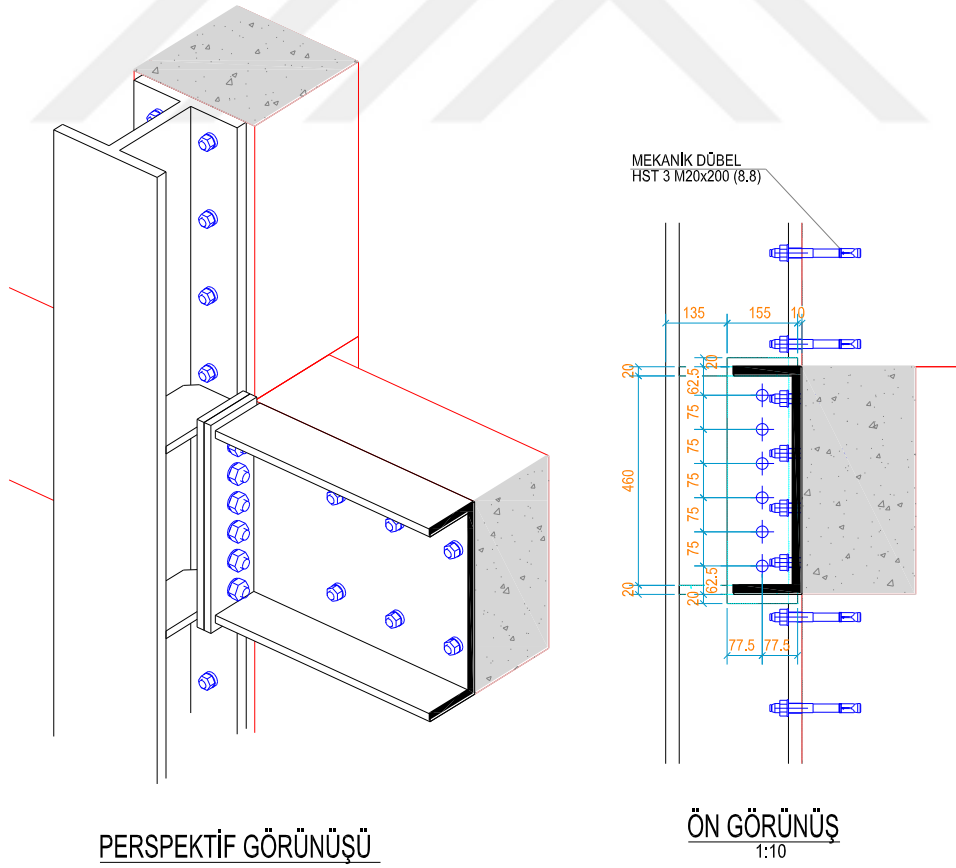
Şekil 3.13 – Şekil 3.21 arasında, **SSB2B-2L** modeline ait önerilen güçlendirme modeli için çelik sisteme ait 3B görünüş, plan, kesit, çelik çerçeve sisteminin bağlantı ve betonarme binaya sabitleme detayları verilmiştir. Burada verilen detaylar ve çelik eleman boyutları bina taşıyıcı sistem özelliklerine ve analiz parametrelerine göre değişebilir.



Şekil 3.13. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2B-2L-C)



Şekil 3.16. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları yan görünüşü (SSB2B-2L-C)



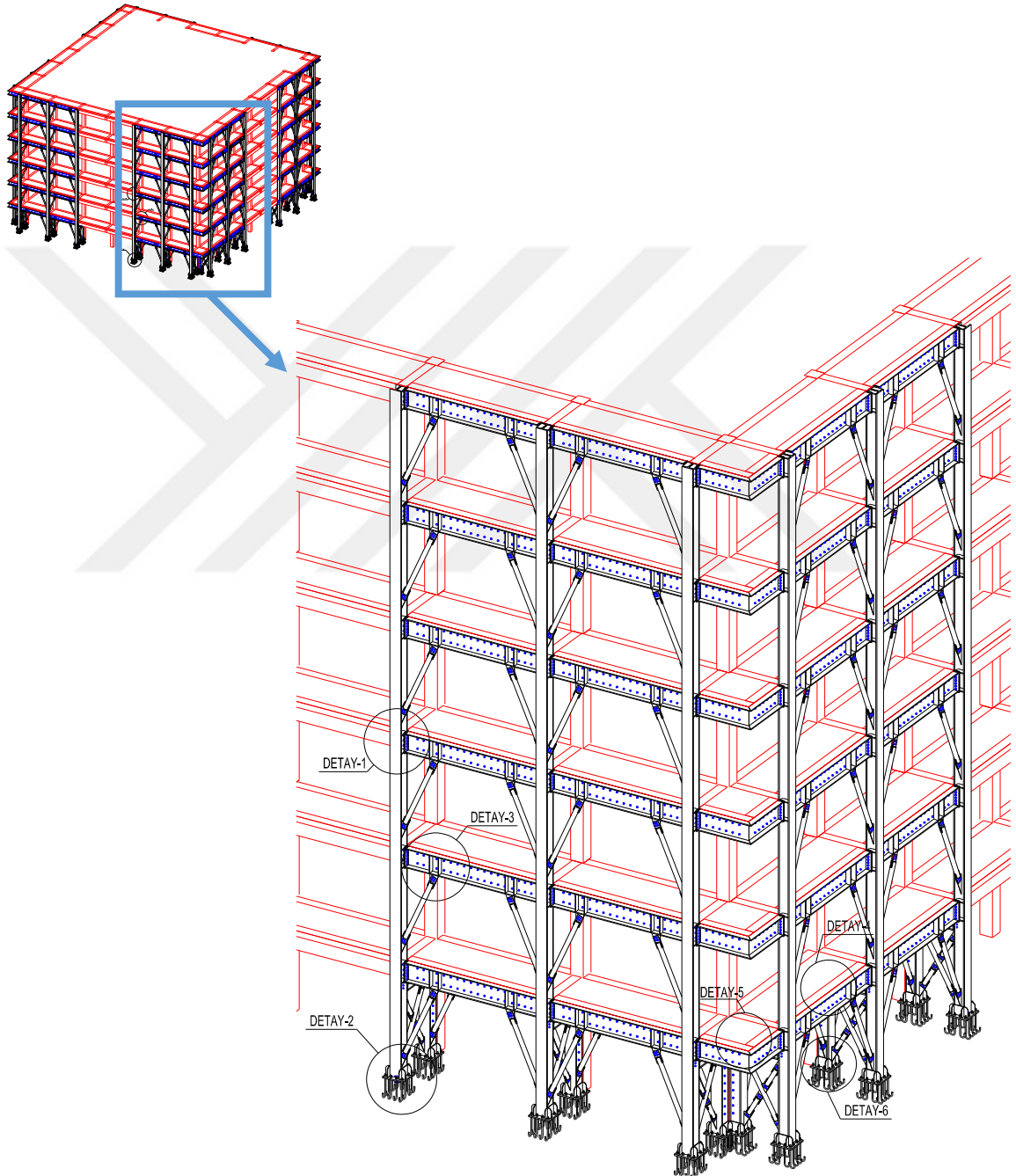
PERSPEKTİF GÖRÜNÜŞÜ

ÖN GÖRÜNÜŞ
1:10

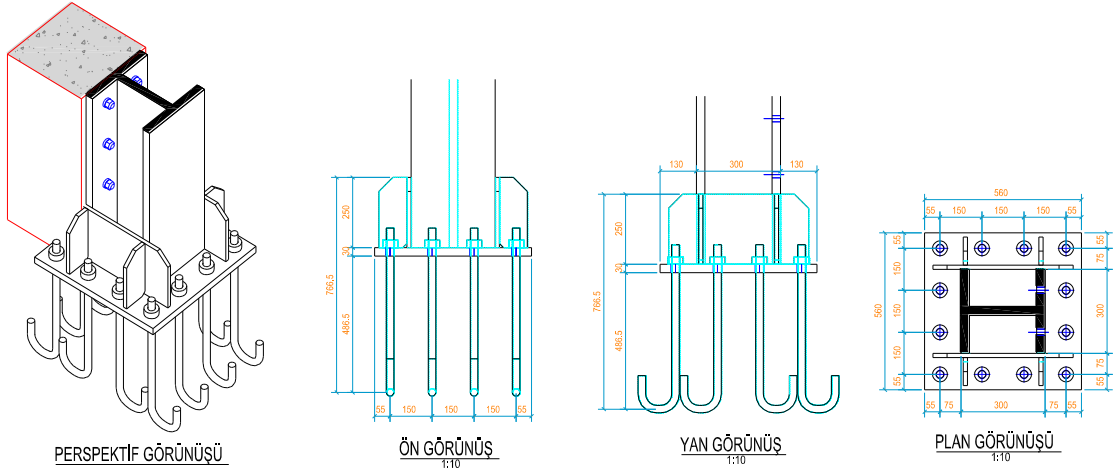
Şekil 3.17. Konsol çıkmasız bina çelik güçlendirme detayları – 1 (SSB2B-2L-C)

3.4.2. Konsol çıkmalı bina

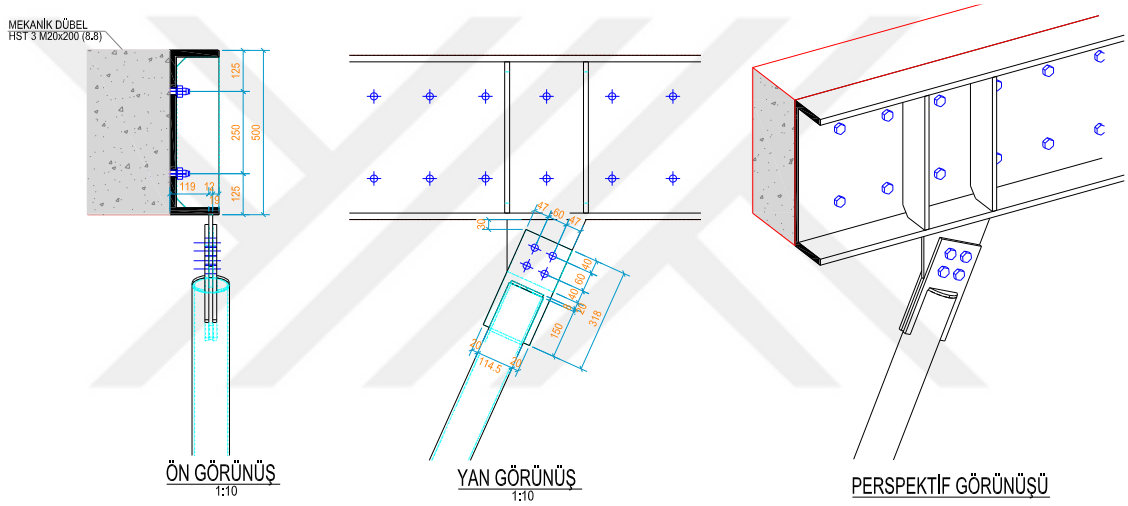
SSB2 modeli için önerilen çelik görünüş ve detayları örnek olarak Şekil 3.22 – Şekil 3.31 arasında sunulmuştur. Burada verilen detaylar ve çelik eleman boyutları bina taşıyışı sistem özelliklerine ve analiz parametrelerine göre değişebilir.



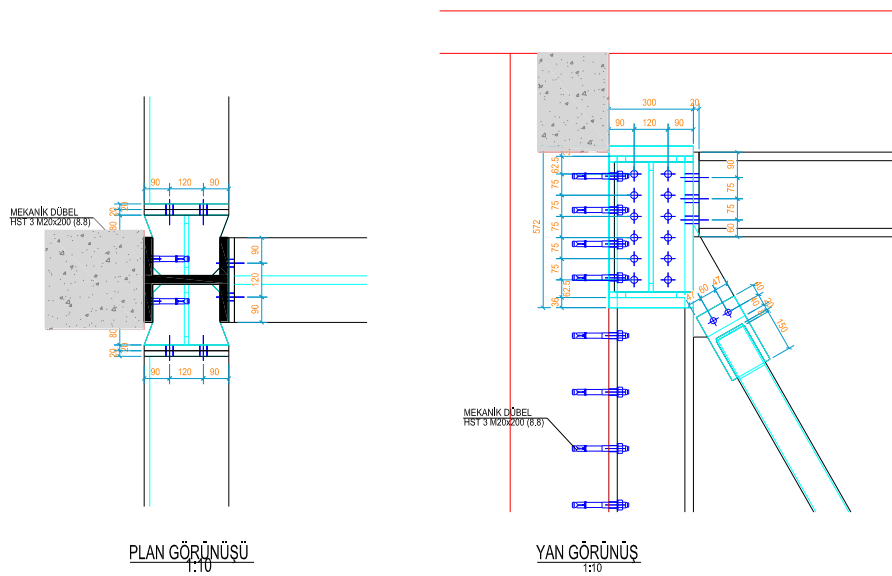
Şekil 3.22. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları 3B görünüşü (SSB2)



Şekil 3.25. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 2 (SSB2)



Şekil 3.26. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 3 (SSB2)



DETAY-4a

Şekil 3.27. Konsol çıkmalı bina çelik güçlendirme detayları – 4a (SSB2)

4. MATERYAL VE YÖNTEM

3. bölümde uygulama amacı ve tasarım detayları verilen önerilen güçlendirme yönteminin, bina taşıyıcı sistem kapasitesine, rijitliğine, dinamik özelliklerine ve deprem davranışına olan katkısı bu bölümde ele alınmıştır. Bu amaçla bilgisayar ortamında sonlu elemanlar metodu temelli üç aşamalı analitik çalışma yürütülmüştür.

Analitik çalışmanın ilk aşamasında, ikinci ve üçüncü aşamada kullanılacak olan beton ve çelik malzeme modelleri belirlenmiştir. Belirlenen malzeme modelleri ile yine ikinci ve üçüncü aşamada kullanılacak olan 350 x 350 mm boyutlarındaki kolona ait moment – eğrilik grafikleri çizilmiş, sonuçlar teorik sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

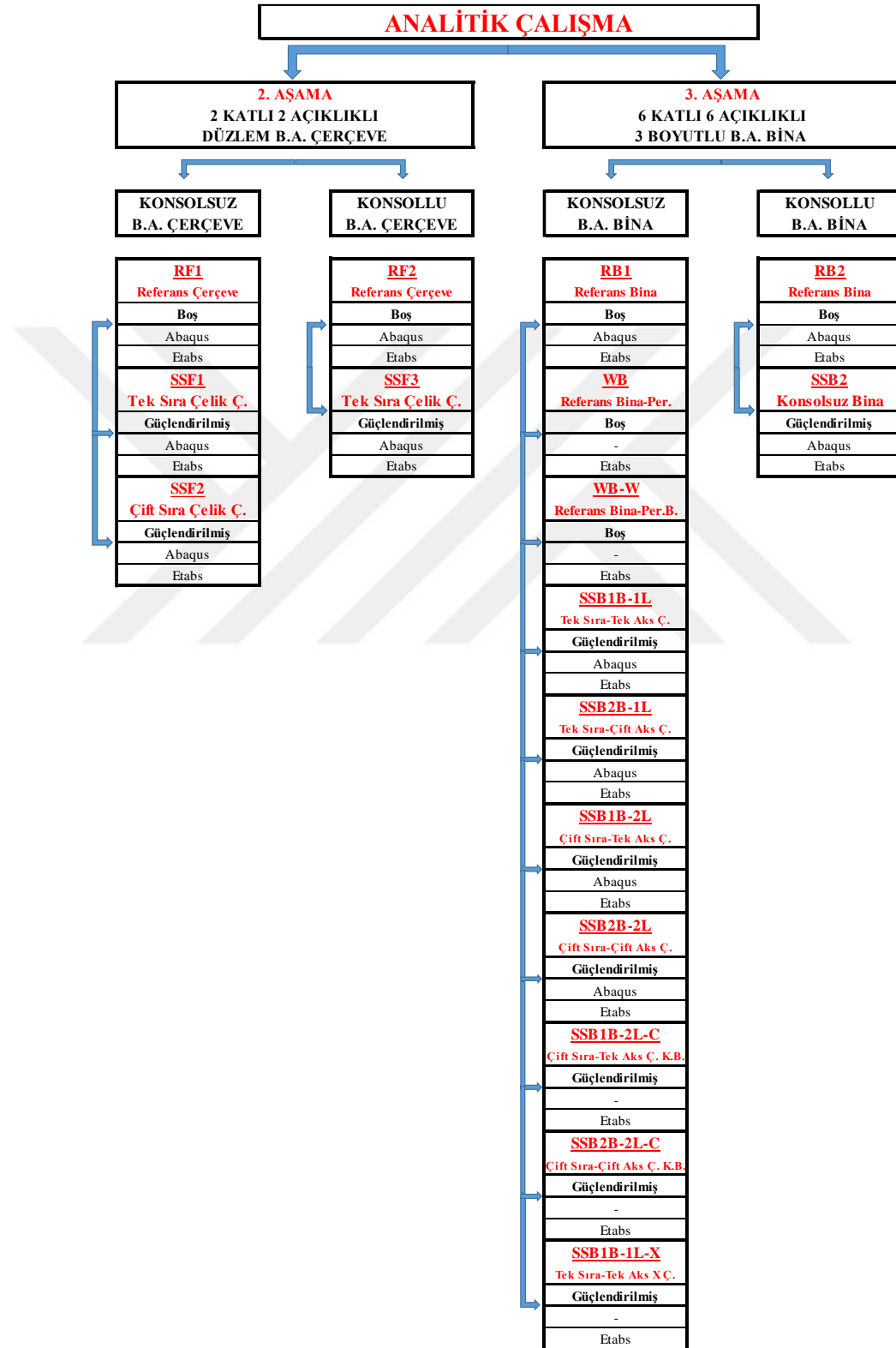
İkinci aşamada, çelik çerçevenin, betonarme sistemin yatay yük taşıma kapasitesine olan etkisini incelemek amacıyla, laboratuvar ortamında yapılan çerçeve deneylerine benzer şekilde bir düzlem çerçeve modellenmiştir. Söz konusu düzlem çerçeve, iki katlı ve iki açıklıklı, 1/1 ölçekli bir betonarme çerçeveden oluşmaktadır. Çerçeve kolonları 350 x 350 cm ve kirişleri 250 x 500 mm iken, çerçeve açıklığı 4.00 m ve kat yüksekliği 3.00 m dir. Düzlem çerçevede de konsol olması ve olmaması durumları ele alınmıştır. 2 farklı tipte tasarlanan bu çerçeve önce mevcut hali ile analiz edilmiş ve daha sonrasında da çelik elemanlar ile güçlendirilerek tekrar analiz edilmiştir. Güçlendirilmemiş (orijinal) ve güçlendirilmiş durumdaki analizler sonrasında elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Konsolsuz çerçevenin güçlendirme aşamasında iki farklı alternatif denenmiştir.

Üçüncü aşamada ise konut olarak kullanılan referans bir bina, üç boyutlu olarak modellenmiş, hem mevcut duruma hem de güçlendirilmiş duruma göre analizler yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Konsolsuz ve konsollu olmak üzere iki farklı tipte modellenen 3 boyutlu bina analizlerinde farklı güçlendirme alternatifleri, farklı düzenlemeler de denenerek yöntemin etkinliği irdelenmiştir.

İkinci ve üçüncü aşama analizlerinde doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Doğrusal kabul ile yapılan analizlerde Etabs 2016 programı, doğrusal olmayan kabul ile yapılan analizlerde ise Abaqus 6.14 programı tercih edilmiştir. Doğrusal analizin çalışmaya dâhil edilmesinin nedeni, Türkiye’de ve pek çok ülkede, proje tasarım sürecinde yapı analizinin lineer-doğrusal kabullere dayanmasıdır. Pratik mühendislik tasarımında doğrusal olmayan analizler karmaşık olması ve hesap zorlukları nedeniyle tercih edilmemektedir. Çalışmada önerilen güçlendirme yönteminin uygulamada da rağbet görmesi, piyasada projelendirme aşamasında çalışan mühendislerle

yol gösterici nitelikte bir modelleme yaklaşımı oluşturması için de doğrusal analiz ve modelleme benimsenmiştir.

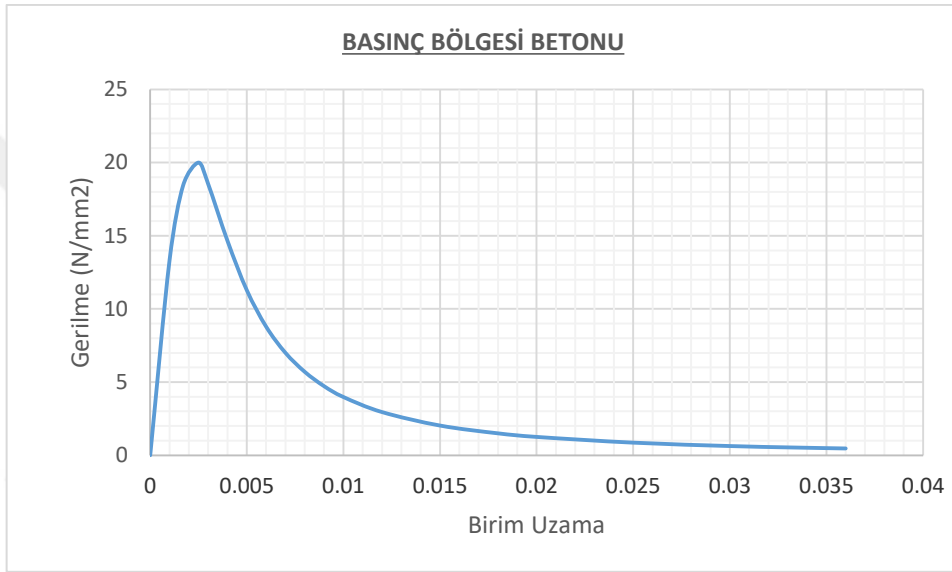
2. ve 3. aşamada yapılan çalışma Çizelge 4.1’de özet olarak sunulmuştur.



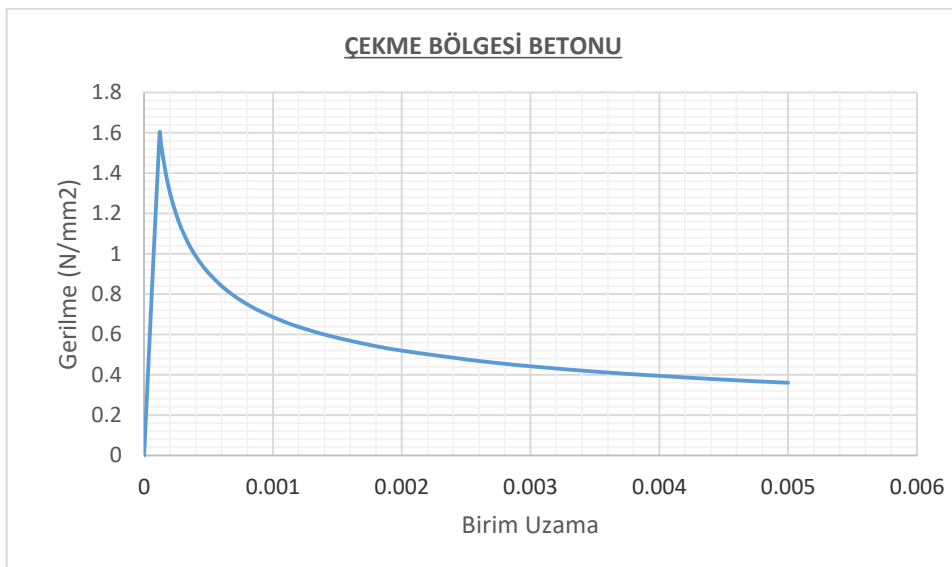
Çizelge 4.1. 2. ve 3. aşama analizleri akış diyagramı

4.1. Moment – Eğrilik İlişkisi

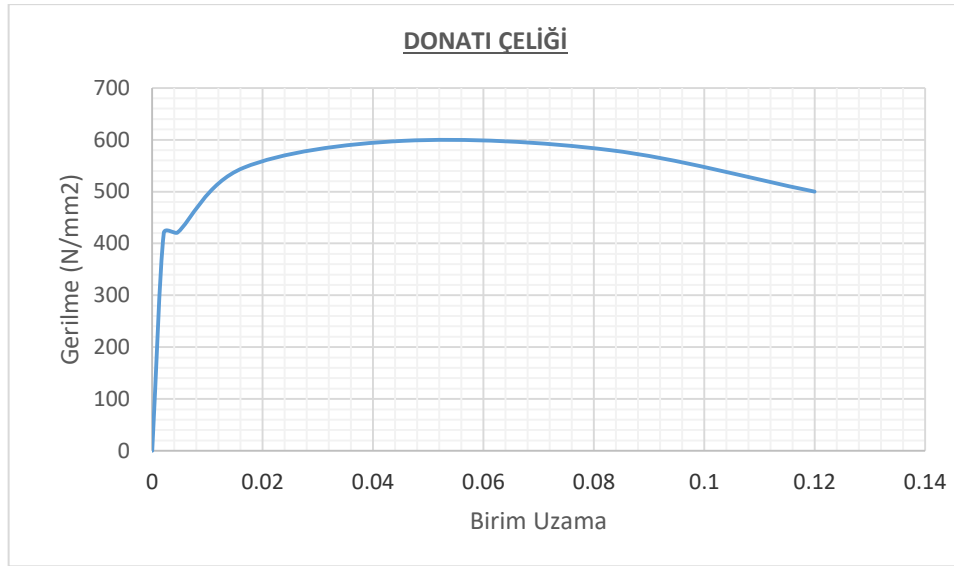
Bu bölümde, modelleme yaklaşımında kullanılan betonarme kolonların moment kapasitesinin ve moment eğrilik ilişkisinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Betonarme kolonlar 350 x 350 mm ebadında olup, boyuna donatı olarak 8 adet 16 mm çapında donatı bulunmaktadır. Kabuk ve göbek betonu için aynı beton gerilme-birim deformasyon ilişkisi kabul edilmiş, malzeme modelleri ise sırası ile Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. Çelik için tanımlanan malzeme modeli eğrisi ise Şekil 4.3.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Basınç bölgesindeki beton için gerilme-birim deformasyon bağıntısı

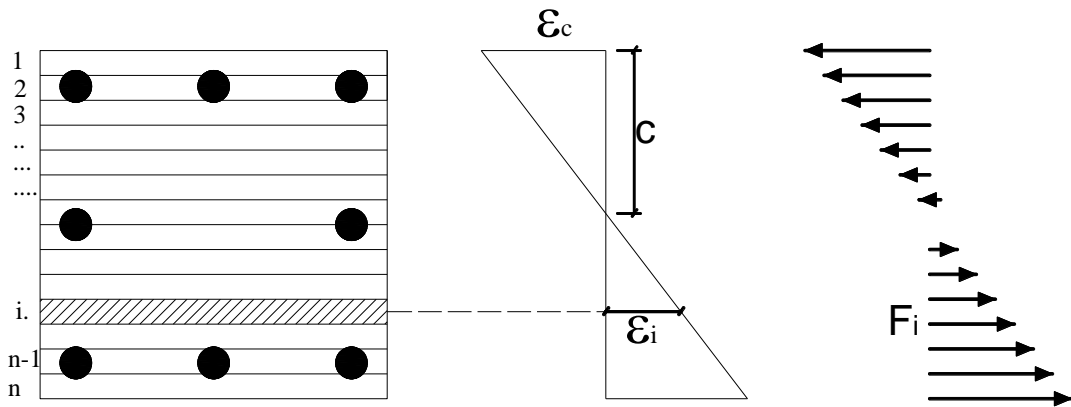


Şekil 4.2. Çekme bölgesindeki beton için gerilme-birim deformasyon bağıntısı



Şekil 4.3. Donatı çeliği için gerilme-birim deformasyon bağıntısı

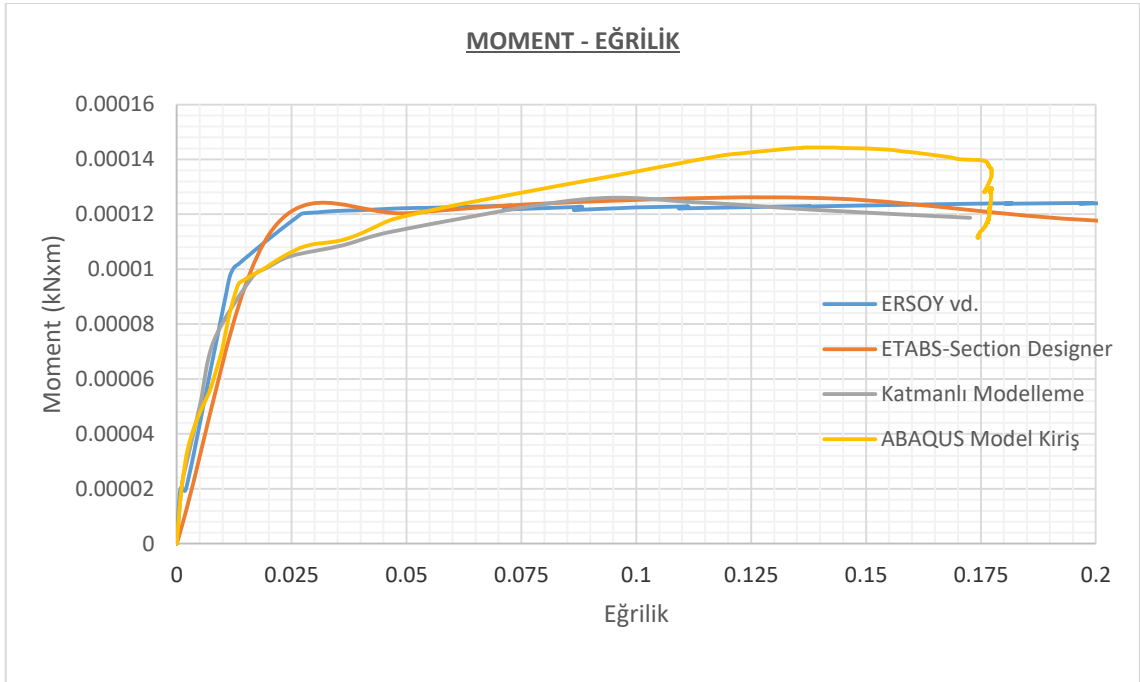
Kolon kesitinin moment eğrilik ilişkisinin bulunması için, “Katmanlı Modelleme Tekniğini” ne dayanan bir elektronik hesap tablosu oluşturulmuştur. Bu hesap yönteminde kesit dikdörtgen şeritler halinde katmanlara ayrılmaktadır. Kesitin moment eğrilik ilişkisinin tayini için kesit yüksekliği aynı olan yatay şeritlere ayrılmış ve numaralandırılan her şerit merkezinin, kesit tabanından uzaklığı hesaplanmıştır. Kesitte meydana gelen eğriliğin doğrusal olduğu kabul edilmiş ve betonun basınç bölgesinde en dış lifteki birim kısalması için (ϵ_c) bir değer kabul edilmiştir (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Betonarme kesit için katmanlı modelleme tekniği ile moment-eğrilik ilişkisinin saptanması

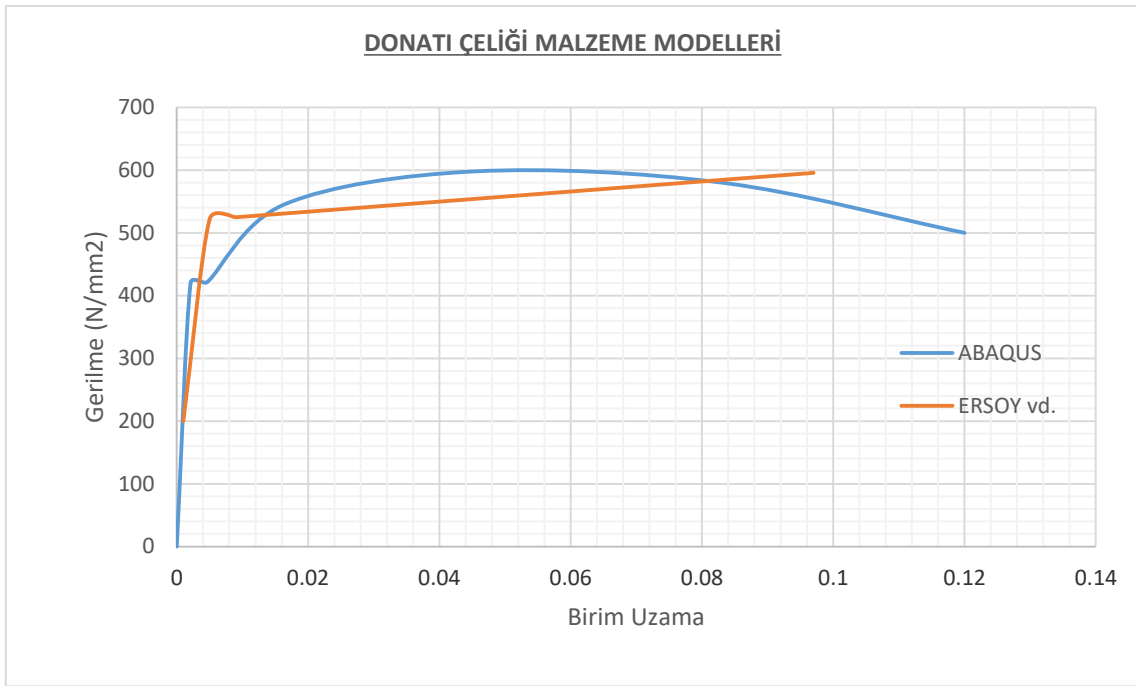
Birim deformasyon dağılımında tarafsız eksen yeri (c) için bir ilk değer kabul edilmiştir. En dış lif birim deformasyonu ve tarafsız eksenin konumunun bilinmesi ile her bir şeritin ortasında meydana gelen birim deformasyonlar benzerlikten bulunmuştur. Bulunan bu birim deformasyonlara karşılık gelen gerilmeler, beton malzemenin gerilme-birim deformasyon eğrilerinden tespit edilmiş ve şeritin alanı ile çarpılarak kuvvete

dönüştürülmüştür. Boyuna donatı katmanlarında meydana gelen birim deformasyonlar yine benzerlikten bulunarak, donatıların maruz kaldığı gerilme, çeliğin gerilme-birim deformasyon grafiğinden elde edilmiştir. Bu gerilme değerleri donatı alanı ile çarpılarak kuvvete dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm kuvvet değerleri toplanarak kesitteki aksinel normal kuvvet elde edilmiştir. Kesit sadece eğilme momentine maruz olduğu için, bu kuvvet değerinin sıfır olması gerekmektedir. Toplam kuvvetin işaretine göre tarafsız eksen için yapılan kabul (c değeri) değiştirilerek işlemler tekrarlanmış ve toplam kuvvet sıfır oluncaya kadar, deneme-yanılma yöntemi ile tarafsız eksenin yeri tespit edilmiştir. Denge denklemi sağlandıktan sonra, bulunan kuvvetlerin, tarafsız eksene göre momenti alınmış ve kesitte meydana gelen moment değeri tespit edilmiştir. Betonun basınç bölgesinde en dış lifte kabul edilen birim deformasyon ve bulunan tarafsız eksen konumu (c değeri) ile kesitin eğriliği de tespit edilmiştir. Bu işlem adımları, betonun en dış lifi için kabul edilen birim kısalma değeri artırılarak tekrar edilir. Bu işlem aşamaları ile elde edilen moment-eğrilik çiftleri birleştirilerek kesitin moment eğrilik grafiği elde edilmiş olur. Bu grafikte, maksimum moment değeri kesitin gerçek moment kapasitesidir. Yukarıda özetlendiği şekilde elde edilen moment eğrilik ilişkisi Şekil 4.5.'de "Katmanlı Modelleme" olarak gösterilen eğridir.



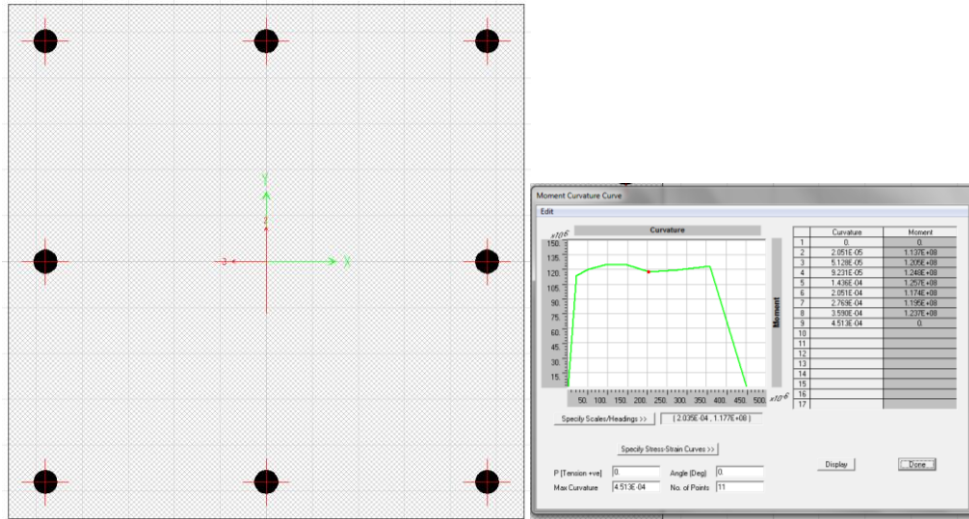
Şekil 4.5. Betonarme kolon kesitinin farklı hesap metodları ile hesaplanan moment-eğrilik ilişkileri

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen moment-eğrilik analizine ek olarak, kesitin moment-eğrilik ilişkisi Ersoy ve Özcebe tarafından geliştirilen ve ücretsiz olarak kullanımına ve dağıtımına izin verilen elektronik hesap tablosu (Excel) ile de hesaplanmıştır. Bu hesap tablosunun hesap metodu aynı olup, beton kabuk ve çekirdek betonu olarak ayrılmıştır. Çekirdek betonunda, etriyeden dolayı oluşan sargı etkisi ve dayanım-süneklik artışı göz önüne alınmıştır. Sonuç hesaplamada elde edilen, kolon kesite ait moment-eğrilik ilişkisi de Şekil 4.5’de Ersoy vd. olarak gösterilen eğridir.



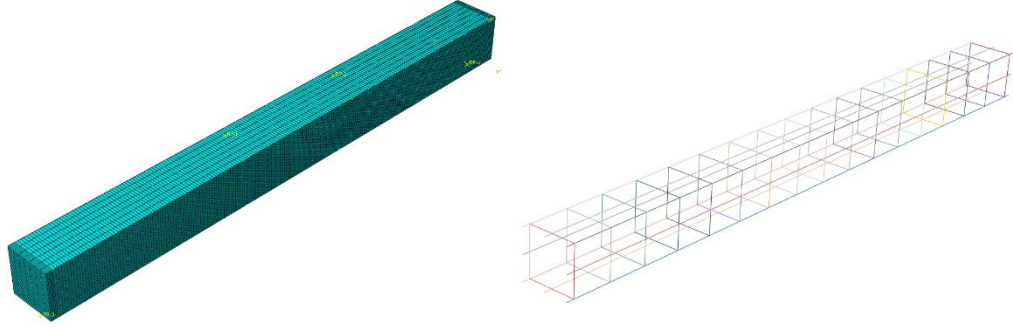
Şekil 4.6. Ersoy ve Abaqus tarafından kullanılan çelik malzeme modelleri

Kesitin moment eğrilik ilişkisi, tez kapsamında kullanılan Etabs programının kesit tanımlama menüsünde bulunan “Section Designer” alt programı ile de hesaplanmıştır. Etabs programında, beton malzeme basınç dayanımı için $f_c=20$ MPa, elastisite modulu değeri için $E_c=24800$ MPa değerleri girilmiştir. Donatı çeliği için akma dayanımı, $f_y=500$ MPa değerleri kullanılmıştır. Programda elde edilen kesit görünüşü Şekil 4.7’de verilmiştir. Etabs analizi neticesinde elde edilen moment-eğrilik ilişkisi Şekil 4.5’de “Etabs -Section Designer” olarak verilmiştir.

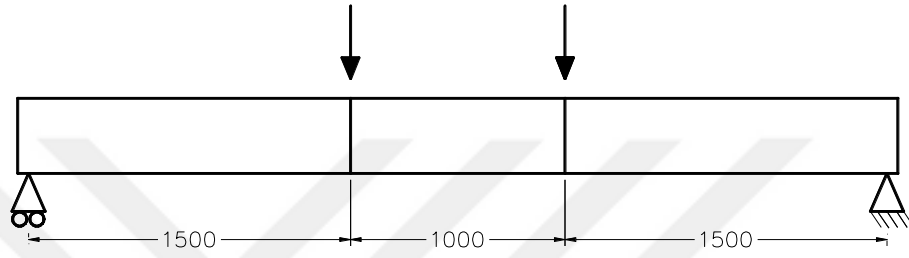


Şekil 4.7. Etabs Section Designer alt programında kullanılan kolon kesiti ve moment eğrilik grafiği

Kesitin moment eğrilik ilişkisinin tayininde son olarak Abaqus programında kolonun modellenerek moment uygulanması ve kesitte meydana gelen eğriliğin tayini hedeflenmiştir (Şekil 4.8.). Bu amaçla 350 x 350 mm kesitindeki kolon ve donatıları oluşturularak iki noktalı kiriş yükleme deneyine benzer şekilde modellenmiştir. 4.00 m uzunluğundaki kolon bir ucu sabit ve diğer ucu hareketli olarak mesnetlenmiş ve her iki mesnetten 1.50 m mesafelerde iki noktadan düşey yüklemeye maruz bırakılmıştır. Uygulanan yükleme esas olarak bu noktalara eşit deplasman uygulanmasıdır (Şekil 4.9.). Artan deplasman yüklemesi sonucunda mesnetlerde meydana gelen reaksiyonlar ve basit kirişin statik dengesinden, uygulama noktasındaki yükler elde edilerek kolonun moment grafikleri her bir çözüm adımında elde edilmiştir. İki yükleme noktası arasında moment değeri, kolon boyunca sabit olacağı için, kolon ortasında meydana gelen moment değerleri kullanılmıştır. Kolon orta kesit ve komşu kesitte meydana gelen deformasyonlar kullanılarak, kolon ortasının eğrilik değişimi hesaplanmıştır. Şekil 4.10'da betonarme eleman orta kesitinde sonlu elemanlar ağında meydana gelen deformasyon deplasman yapmış elemanda gösterilmiştir. Bu şekilde temsil edilen renklendirme elemanda meydana gelen çekme hasar dağılımıdır.



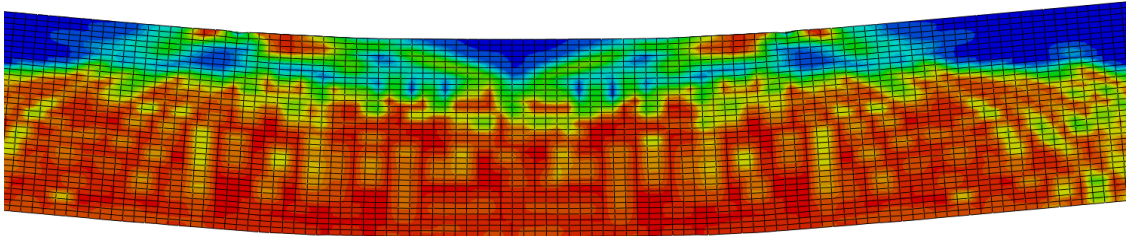
Şekil 4.8. Abaqus ortamında modellenen kolon elemanın sonlu elemanlar ağı ve donatı durumu



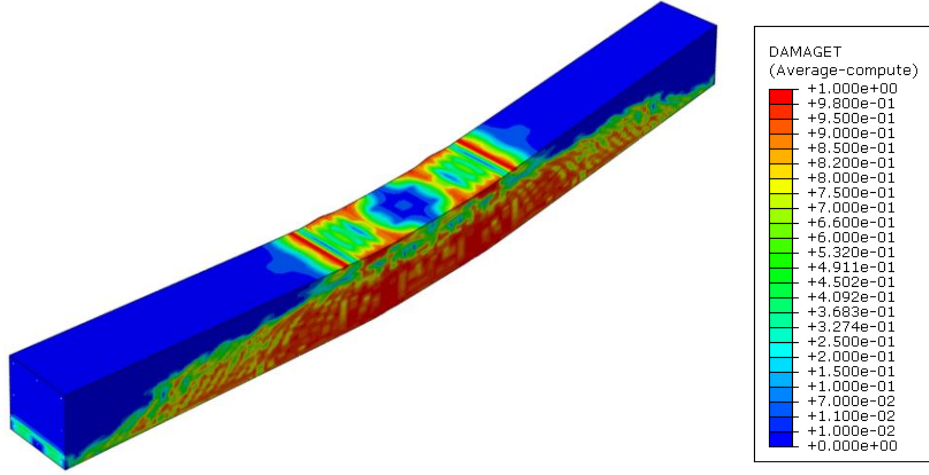
Şekil 4.9. Kolon elemanda uygulanan yükleme sistemi

Kolon kesitinde meydana gelen çekme hasar dağılımı, maksimum moment değerine erişildiği çözüm aşaması için Şekil 4.11’de ve basınc hasar dağılımı ise Şekil 4.12’de 3 boyutlu olarak verilmiştir.

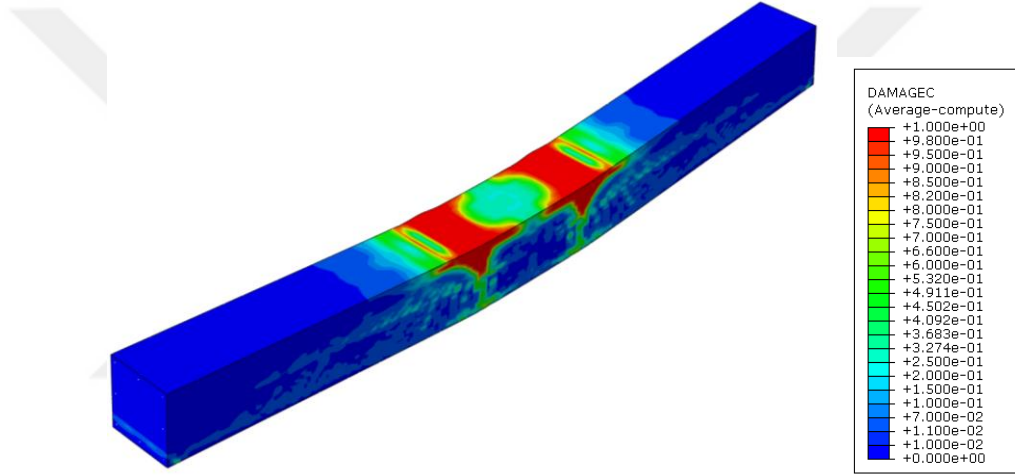
Bu şekilden kolonda meydana gelen deformasyon ve sehimlerde izlenebilmektedir. Abaqus analizinden elde edilen moment-eğrilik ilişkisi de Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.10. Betonarme eleman orta kesitinde meydana gelen deformasyonlar ve çekme hasar dağılımı



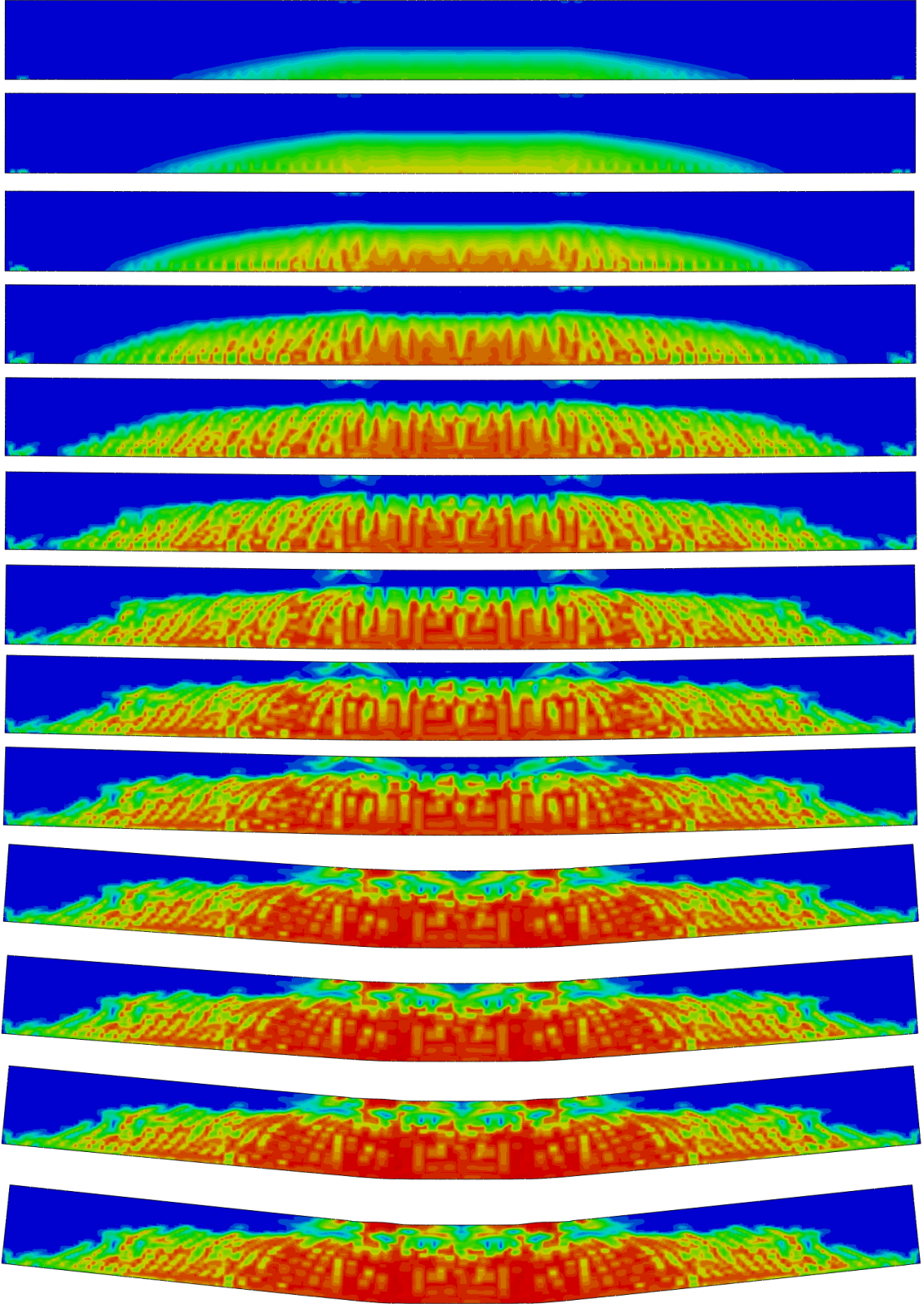
Şekil 4.11. Betonarme elemanda analizin son adımında meydana gelen çekme hasar dağılımı



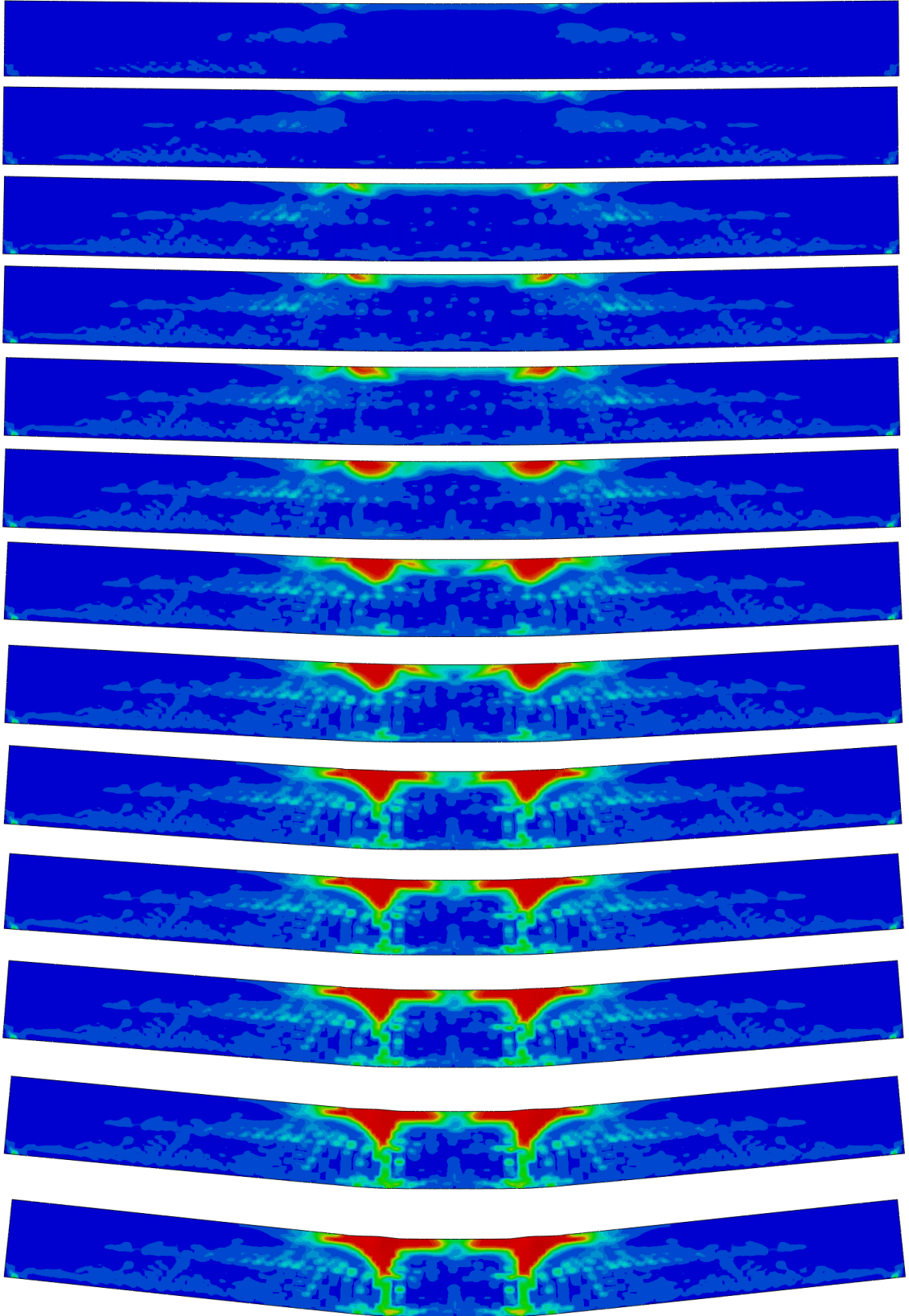
Şekil 4.12. Betonarme elemanda analizin son adımında meydana gelen basınç hasar dağılımı

Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'de ise analizin ilerleyen aşamalarında betonarme elemanda oluşan ve ilerleyen çekme ve basınç hasar dağılımları sıralı olarak verilmiştir.

Her 4 farklı hesap metodu ile elde edilen moment eğrilik ilişkilerinden, kesitin yaklaşık olarak 130 kNxm eğilme momenti değerine dayanabileceği tespit edilmiştir. Elde edilen grafikler arasındaki farklılıklar, hesap metodları ve malzeme dayanımlarında yapılan kabullerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu açıklama ışığında sonuçların birbirine yakın ve uyum içinde olduğu, Abaqus analizinin teorik moment eğrilik hesabına uygun olarak eğilme davranışı gösterdiği değerlendirilmiştir.



Şekil 4.13. Kolon elemanda eğilme momentinden dolayı oluşan çekme hasar dağılımı ve ilerlemesi



Şekil 4.14. Kolon elemanda eğilme momentinden dolayı oluşan basınç hasar dağılımı ve ilerlemesi

4.2. İkinci Aşama Analitik Çalışma – Düzlem Çerçeve Modeli

Bu aşamada, önerilen güçlendirme yönteminin analitik olarak incelenebilmesi için, konsollu ve konsolsuz olmak üzere iki farklı referans düzlem çerçeve modeli tasarlanarak sonlu elemanlar modelleri (Finite Element Model - FEM) oluşturulmuştur.

2 katlı 2 açıklıklı betonarme bir örnek çerçeve modeli üzerinde önerilen güçlendirme yönteminin etkinliğinin incelenmesi yapılmış ve farklı güçlendirme alternatifleri denenerek sonuçlar kıyaslanmıştır. 2 boyutlu boş çerçeve ve güçlendirilmiş çerçevelerin Etabs ve Abaqus modelleri oluşturularak doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

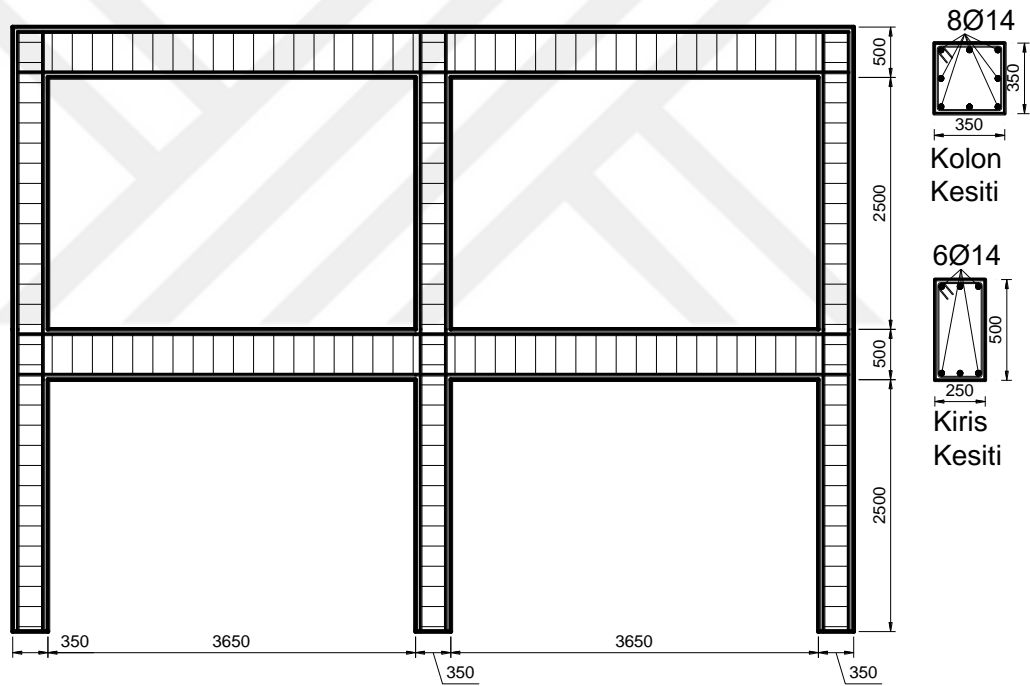
İkinci aşamadaki birinci model 2 katlı ve 2 açıklıklı konsolsuz betonarme çerçevedir. Güçlendirme içermeyen betonarme çerçeve “**RF1-Boş Çerçeve**” olarak adlandırılmıştır. Bu model (**RF1**) ve bu modele önerilen güçlendirme yansıtılarak oluşturulan **SSF1** ve **SSF2** modelleri Etabs ve Abaqus ortamında oluşturulmuş, doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. 2 boyutlu konsolsuz boş çerçeve ve güçlendirilmiş çerçevelerin her iki programdan elde edilen sonuçları karşılaştırılmış, Abaqus ve Etabs modellerinin uyumu incelenmiştir.

İkinci aşamadaki ikinci modelde 2 katlı ve 2 açıklıklı konsol çıkmaya sahip betonarme çerçeve ele alınmıştır. Güçlendirme içermeyen betonarme çerçeve “**RF2-Boş Çerçeve**” olarak adlandırılmıştır. Bu model (**RF2**) ve konsol çıkmalı olan bu modele uygulanabilecek dış cephe güçlendirme sistemi yansıtılarak oluşturulan **SSF3** modeli Etabs ve Abaqus ortamında oluşturulmuş, doğrusal ve doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. 2 boyutlu konsol çıkmalı boş çerçeve ve güçlendirilmiş çerçevelerin her iki programdan elde edilen sonuçları karşılaştırılmış, Abaqus ve Etabs modellerinin uyumu incelenmiştir.

Betonarme yapı elemanlarının Abaqus ortamında modellenmesi ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılması daha önce yayınlanan çalışmada (Dere, 2017), detaylı olarak verilmiştir. Dere tarafından hazırlanan bu çalışmada deneysel olarak incelenen 2 katlı ve tek açıklıklı 2 adet deney numunesinin Abaqus modelleri oluşturulmuş ve deneysel ve analitik zarf eğrilerinin uyumu değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ise (Dere, 2017) çalışmasında yapılan kabullere ve modelleme esaslarına paralel olarak 2 katlı ve 2 açıklıklı bir betonarme çerçeve Abaqus ortamında modellenmiştir. Malzeme ve analiz kabulleri burada tekrar edilmeyecek ve ilgili referansa başvurulması tavsiye edilecektir.

4.2.1. Referans çerçeve model – 1 (RF1) – Konsolsuz boş çerçeve

RF1 modelinde oluşturulan çerçevede kolonlar 350 mm x 350 mm ve kirişler 250 mm x 500 mm olarak ele alınmıştır. Kolonlar arası aks mesafesi 4.00 m ve kat yükseklikleri 3.00 m dir. Kolonlarda 8 adet ve kirişlerde 6 adet (3 adet alt ve 3 adet üst) 14 mm çapında boyuna donatı kullanılmıştır (Şekil 4.15.). Kolonlarda ve kirişlerde 10 mm çapında 150 mm aralıklarla etriyeler kabul edilmiştir. 1. aşamada analiz edilen betonarme çerçeve, yatay rijitlik düzeyi düşük betonarme bir yapının dış cephesinde bulunan bir kolon-kiriş çerçevesi temsil etmektedir. Çerçeve boşluğunun tuğla duvarla doldurulduğu ve pencere içerdiği de kabul edilmiştir. Tuğla duvarın taşıyıcı özelliği modele dâhil edilmemiş, sadece ölü yük olarak ele alınmıştır.



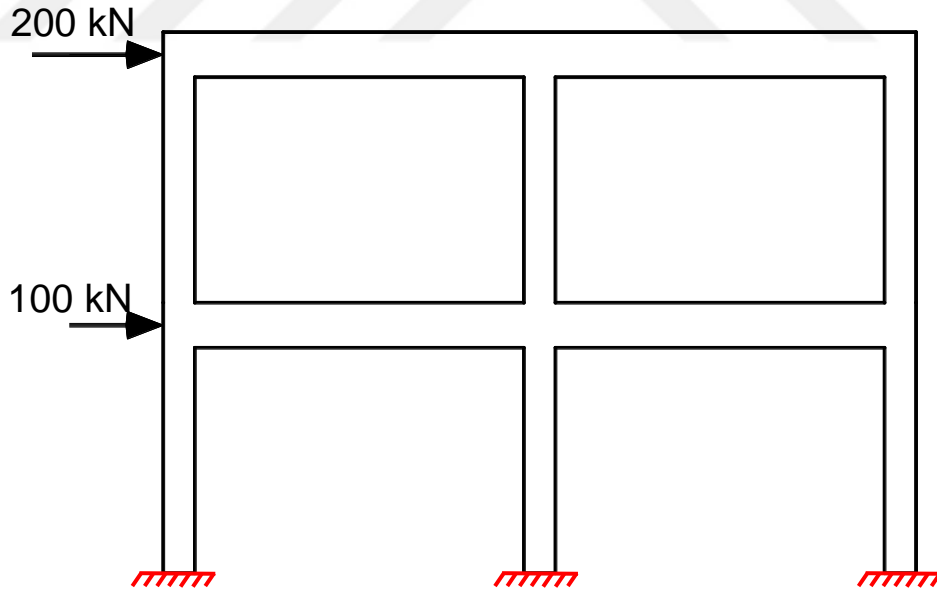
Birimler mm dir.

Şekil 4.15. 2. aşama analitik çalışmaya esas betonarme çerçeve özellikleri

Analiz modelinde beton ve çelik elemanlar 3 boyutlu **katı-prizma (solid-brick)** elemanları ile modellenmiş ve malzeme olarak Abaqus kütüphanesinde bulunan “concrete” malzeme modeli kullanılmıştır. Bu malzeme modelinde basınç ve çekme gerilmeleri için farklı gerilme–şekil değiştirme ilişkileri tanımlanabilmektedir. Betonarme çerçevenin basınç dayanımının yönetmelik minimum sınırı olan 20 MPa’dan düşük olduğu kabul edilmiş ve 14 MPa olarak ele alınmıştır.

Oluşturulan çerçevede doğrusal olmayan yatay itme analizi yapılmıştır. Yükleme, laboratuarda deneysel çalışmada uygulanabilecek statik itme analizine göre yapılmıştır. Sistem doğrusal olmayan davranış göstereceği için yatay yükleme yapılırsa, sadece yükün artan kısımları için analiz sonucu elde edilir. Elde edilmek istenen yatay yük-deplasman eğrisinde, tepe noktasından sonra eğrinin yük değerinin düştüğü bölgenin de elde edilmesi için sisteme yatay deplasman uygulamak gereklidir. Analiz çerçevesi iki katlı olduğu içinde, hangi kata ne kadar deplasman verileceği belirli değildir ve katlar arası deplasman oranı sabit değildir. Bu nedenlerden dolayı, sisteme deneysel çalışmada olduğu gibi yükleme yapılmıştır. Katlara 2/1 oranında yük verebilecek rijit bir yükleme çerçevesi modellenmiş ve yatay deplasman bu yükleme çerçevesine uygulanmıştır. Doğrusal olmayan analiz neticesinden, modelde meydana gelen toplam taban kesme kuvveti ve kat deplasmanları elde edilmiştir.

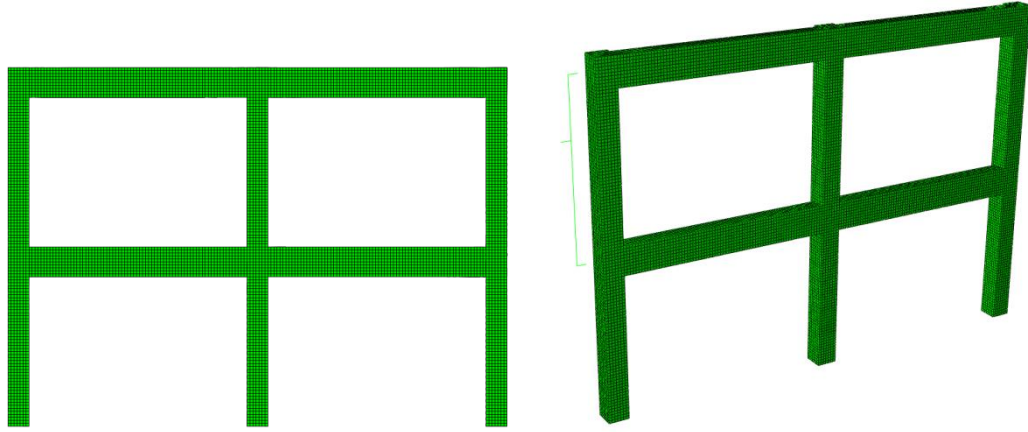
Betonarme çerçevenin Etabs modeli de oluşturularak doğrusal analiz yapılmıştır. Etabs modelinde kolon ve kirişler “Çerçeve-Frame” elemanlarla modellenmiştir. Etabs modellerinde katlara gelen yük dağılımı, çerçevenin 1. mod şekline göre katlara dağıtılmıştır (Şekil 4.16.).



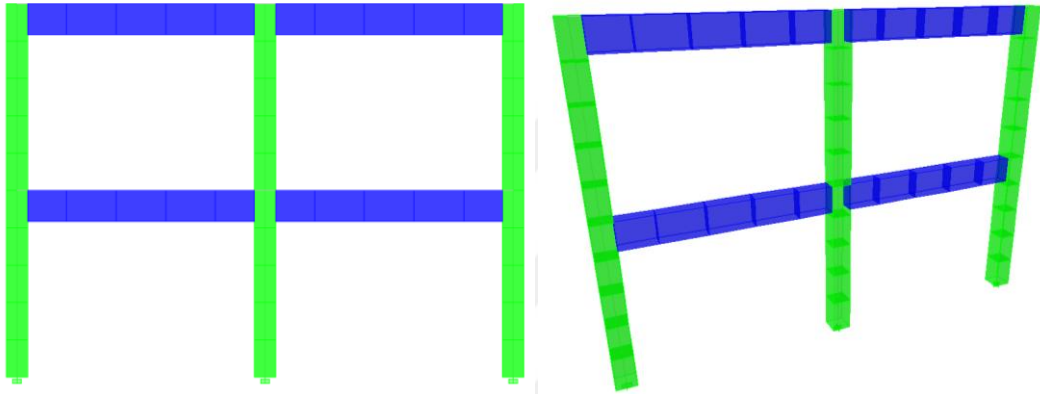
Şekil 4.16. 2 Boyutlu çerçeveye uygulanan yükleme oranları

İlk analiz edilen, güçlendirme içermeyen boş çerçeve olan (RF1) modeline ait Abaqus ve Etabs sonlu elemanlar modeli Şekil 4.17.’de verilmiştir.

RF1 modeli için toplam taban kesme kuvveti – tepe deplasman eğrileri Abaqus ve Etabs modelleri için verilmiştir.



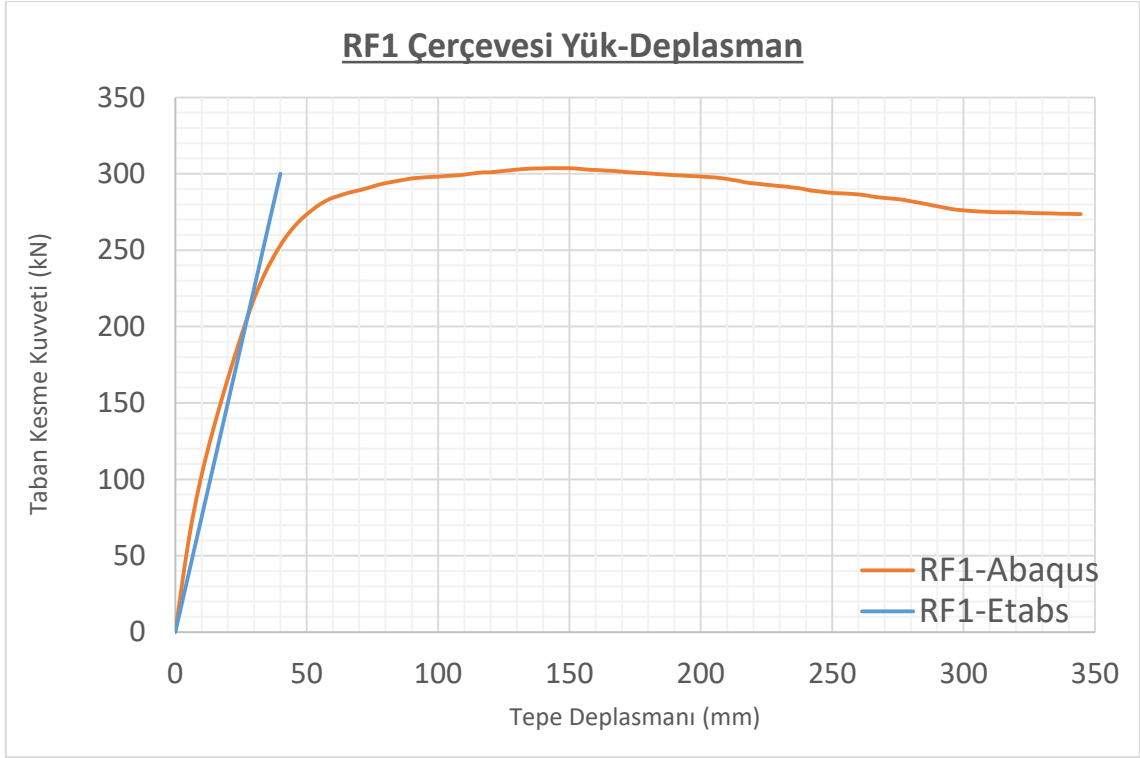
a) RF1 analiz çerçevesi için Abaqus katı modeli



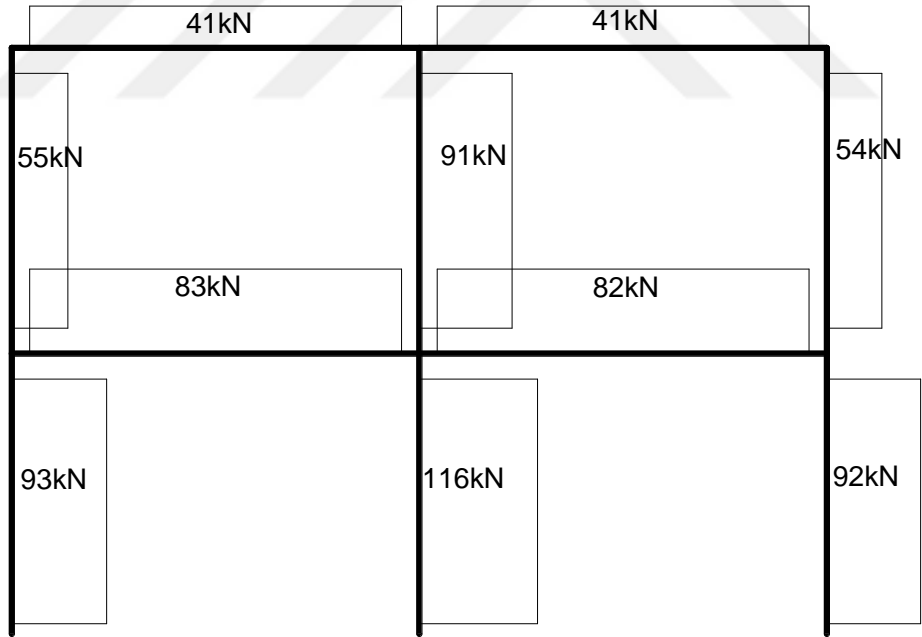
b) RF1 analiz çerçevesi için Etabs çerçeve modeli

Şekil 4.17. RF1 çerçevesi için Abaqus ve Etabs modelleri

RF1 çerçevesi için doğrusal olmayan ve doğrusal analizlerden elde edilen toplam yatay yük-tepe deplasmanı eğrileri Şekil 4.18.'de karşılaştırılmıştır. Şekil 4.19.'da ise, Etabs modelinde 200 kN tepe ve 100 kN orta kat yatay yüklemesi altında oluşan kesme (Shear 2-2) ve moment (Moment 3-3) iç kuvvet dağılımı verilmiştir. Şekil 4.20.-a ve Şekil 4.20.-b de ise Abaqus analizi sonucunda betonarme çerçevede oluşan çekme ve basınç hasar oranları verilmiştir. Bu şekillerde hiç çekme hasarı olmaması mavi (0) renk ve değeri ile, gerilme – birim deformasyon eğrisine göre tam çekme hasarı oluşması ise kırmızı (1) renk ve değeri ile temsil edilmektedir.

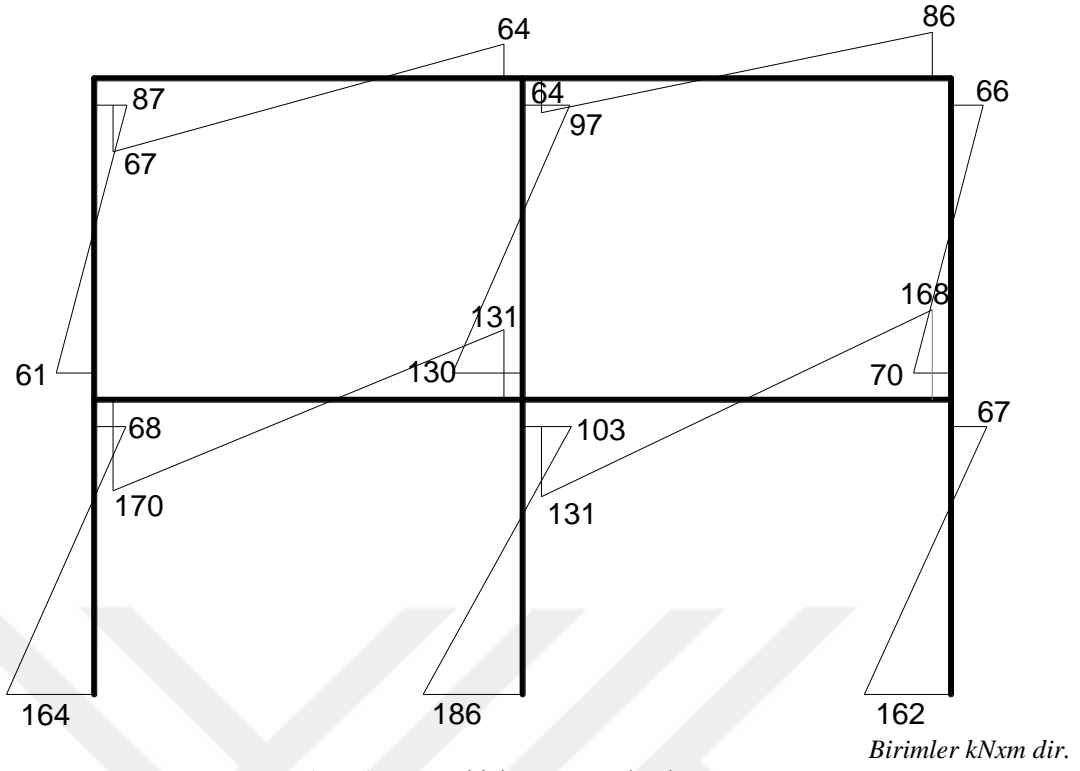


Şekil 4.18. RF1 çerçevesi için Abaqus ve Etabs yük – deplasman eğrileri karşılaştırılması



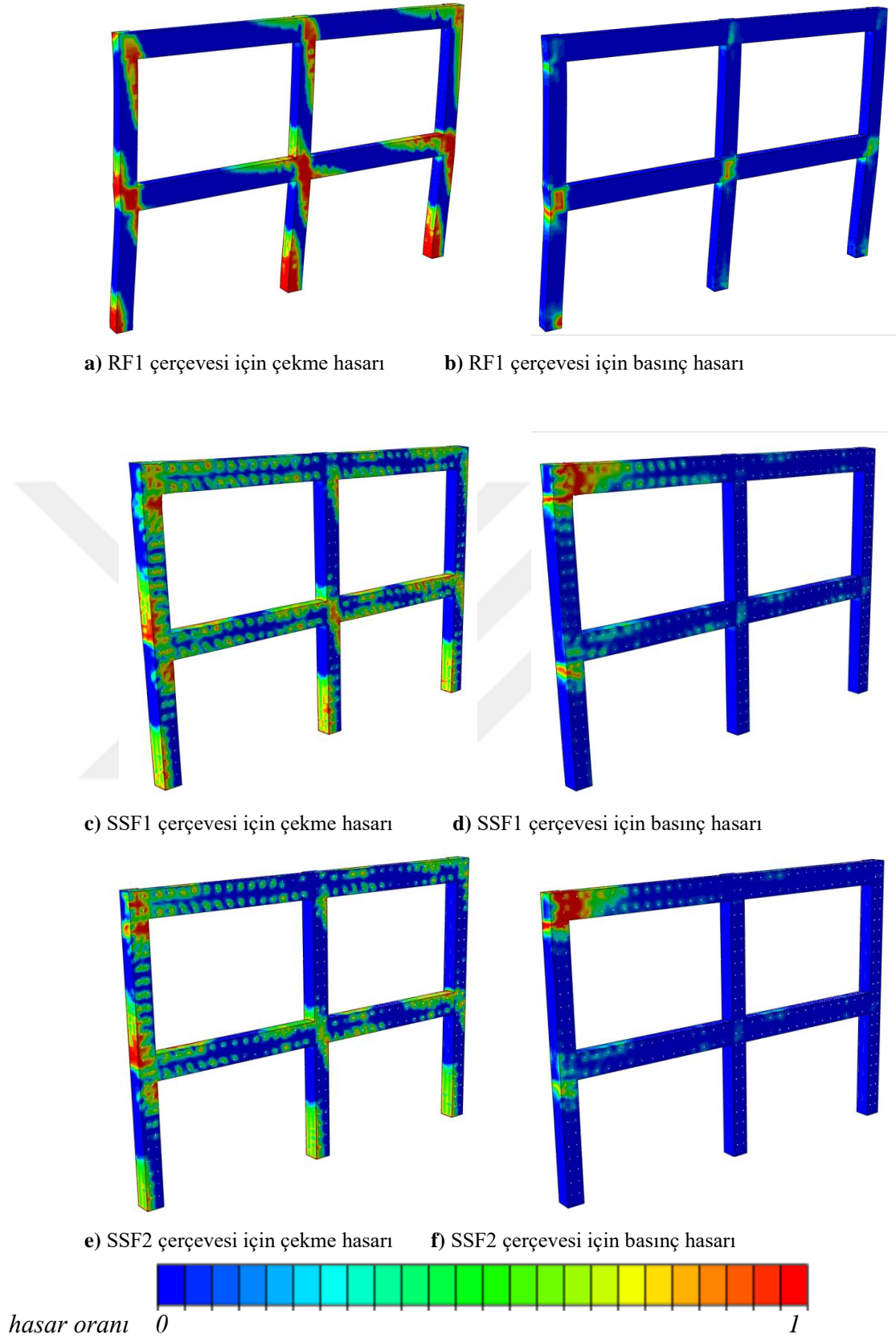
Birimler kN dur.

a) RF1 çerçevesi için kesme kuvveti dağılımı



b) RF1 çerçevesi için moment dağılımı

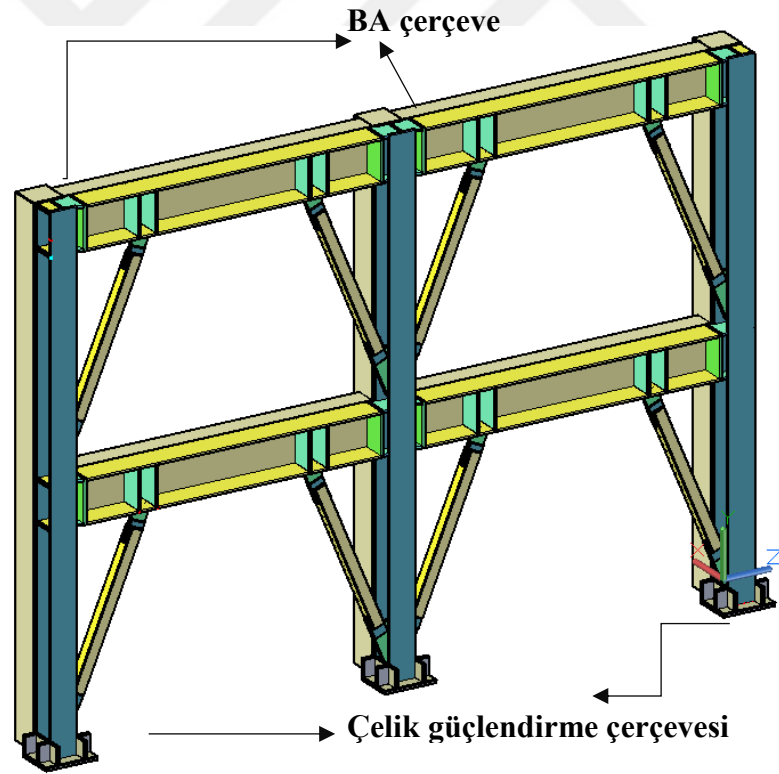
Şekil 4.19. Doğrusal analiz sonucunda RF1 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı



Şekil 4.20. Doğrusal olmayan analiz sonucunda betonarme çerçevede oluşan çekme ve basınç hasar oranları

4.2.2. Güçlendirilmiş çerçeve model 1 – SSF1

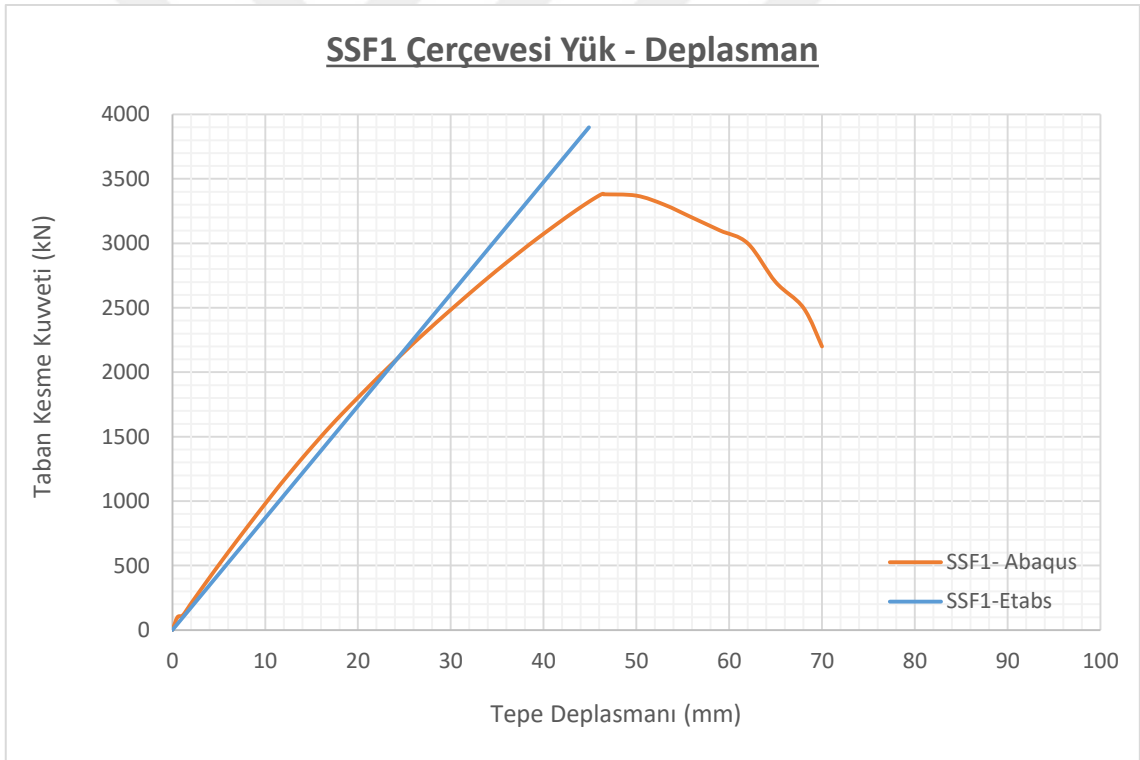
Birinci aşamada analitik modellemesi yapılan ikinci çerçeve, **SSF1** dir. Bu modelde betonarme çerçevenin yatay rijitliğini artırmak amacıyla, çerçeve dış cephesine paralel şekilde çelik bir güçlendirme çerçevesi eklenmiştir (Şekil 4.21.). Çelik çerçevede kolonlar 300 mm genişlik ve yüksekliğinde, başlık ve gövde kalınlığı 30 mm olan “H” kesit kullanılmıştır. Çelik kiriş olarak da 400 mm yüksekliğinde, 200 mm genişliğinde [kesit kullanılmıştır. Çelik kolon ve kirişler 150 mm aralıklarla delinen deliklerle betonarme kolon ve kirişlere ankraj edilmiştir. Betonarme çerçeve içine bulunan pencere boşluğunu kapatmayacak şekilde çelik çerçeveye çapraz elemanlar da yerleştirilmiştir. Çelik çaprazlar için 100 mm genişliğinde ve 10 mm kalınlığında kare kesit kullanılmıştır. Betonarme ve çelik çerçeveler arasında yük aktarımının sadece ankrajlar vasıtasıyla olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle iki çerçeve arasına 5 mm mesafe bırakılmıştır. Ankraj çubuklarının çapı $\phi=20$ mm, beton içinde ankraj derinliği ise 10ϕ olarak kabul edilmiştir.



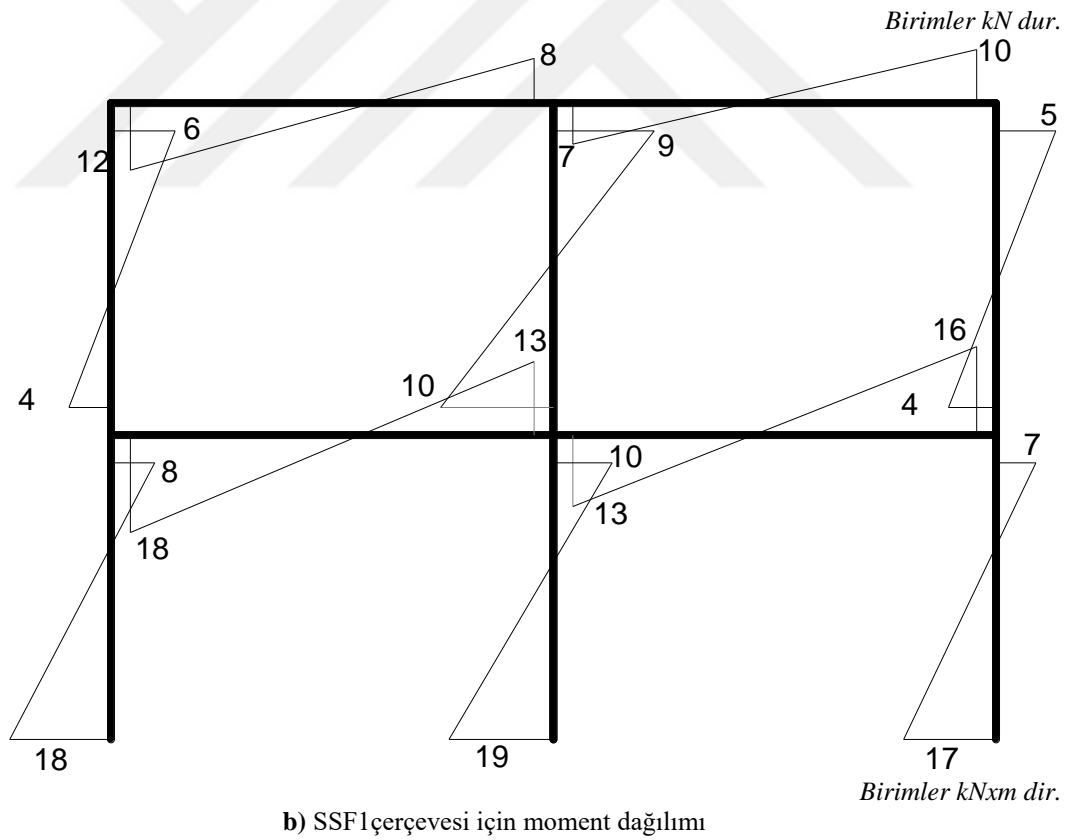
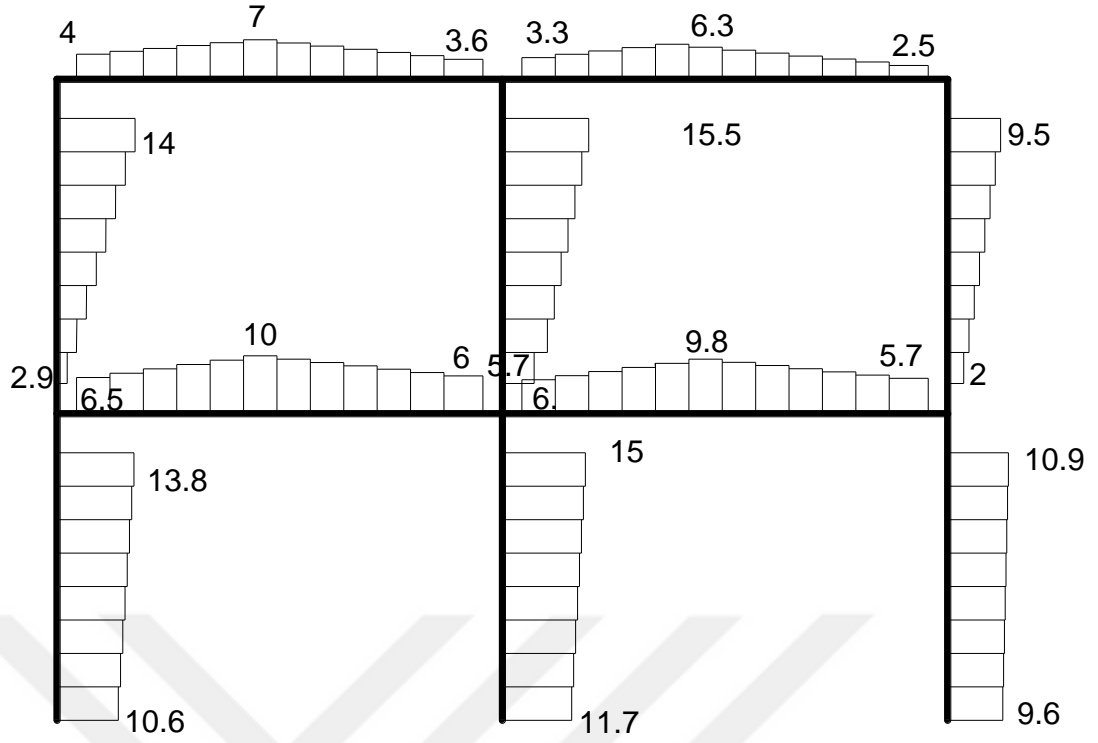
Şekil 4.21. Güçlendirilmiş çerçeve SSF1

Güçlendirilmiş çerçeve sisteminin (**SSF1**) Abaqus modeli boş çerçeveye aynı şekilde yatay kuvvete maruz bırakılmış ve toplam taban kesme kuvveti ile tepe deplasman eğrisi elde edilmiştir (Şekil 4.22.). **SSF1** numunesinin Etabs modeli de ayrıca oluşturulmuştur. Betonarme ve çelik kolon ve kiriş elemanlar **frame** elemanlar

kullanılarak modellenmiştir. Çelik ve betonarme elemanlar arasında yapılan ankraj uygulaması da Abaqus modeline sadık kalınarak modellenmiştir. Etabs modelinde ankraj noktalarında, eleman orta aksındaki düğümden, eleman yüzündeki sanal düğüme kadar rijit-fiktif elemanlar modellenmiştir. Betonarme ve çelik elemanlardan uzanan rijit elemanlar arasında kalan mesafe de, Abaqus modeline sadık kalınarak ankraj çubukları ile modellenmiştir (Şekil 4.41. ve Şekil 4.42.). Şekil 4.22’de doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için, **SSF1** çerçevesinde, toplam taban kesme kuvveti – tepe deplasmanı eğrileri verilmiştir. Şekil 4.23.’de ise, doğrusal analiz sonucunda betonarme çerçevede oluşan kesme kuvveti ve moment iç kuvvetleri verilmiştir. Bu kuvvetler 200 kN tepe ve 100 kN orta kat yatay yüklemesi için elde edilmiştir. Şekil 4.20 –c ve Şekil 4.20 –d’de ise, Abaqus analizi sonucunda betonarme çerçevede oluşan, çekme ve basınç hasar durumları karşılaştırılmıştır.

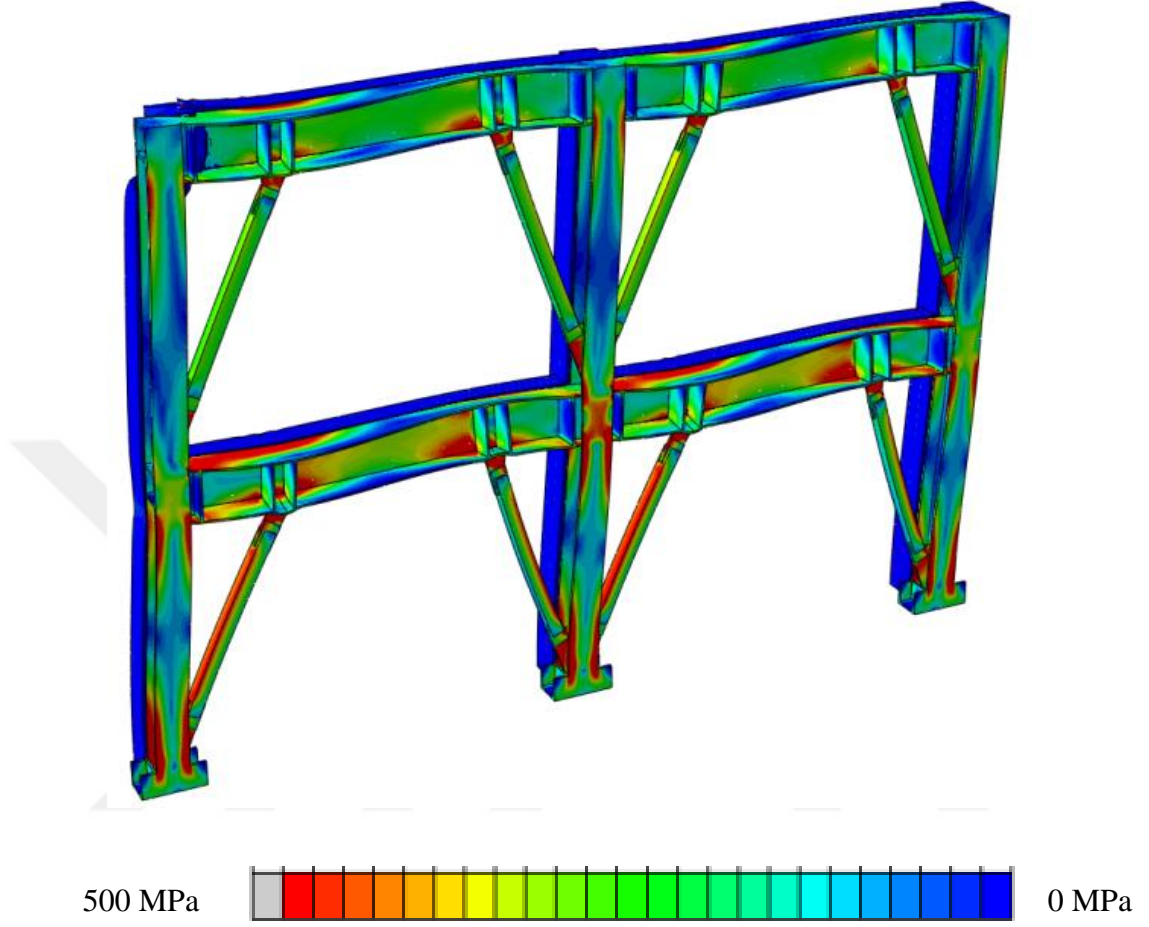


Şekil 4.22. SSF1 numunesinin analizinden elde edilen toplam taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı eğrileri



Şekil 4.23. Doğrusal analiz sonucunda SSF1 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı

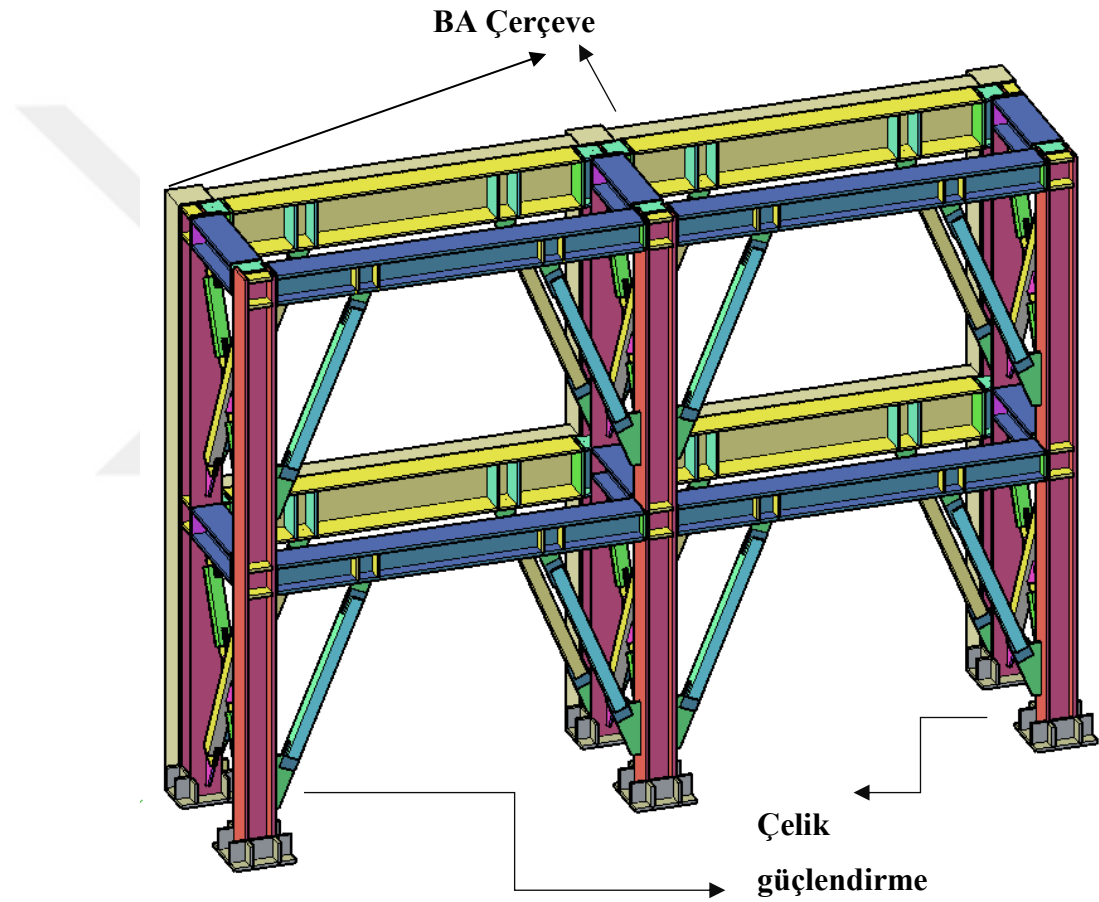
Şekil 4.24.'de **SSF1** numunesine eklenen çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı ve çerçevenin deplasman yapmış şekli verilmiştir.



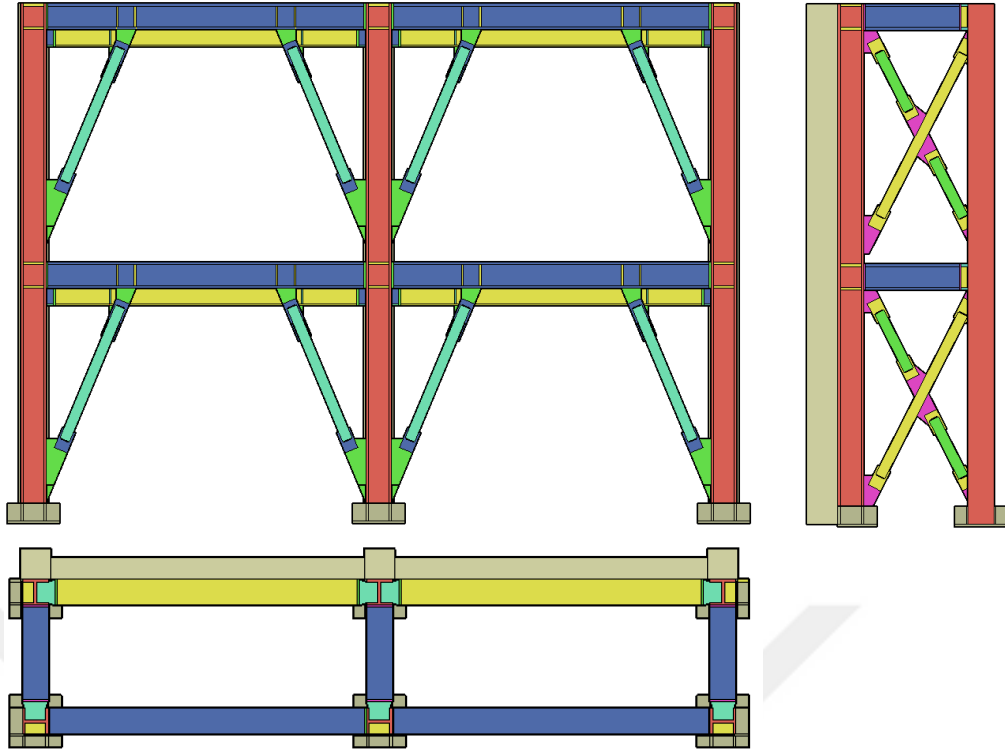
Şekil 4.24. SSF1 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı

4.2.3. Güçlendirilmiş çerçeve model 2 – SSF2

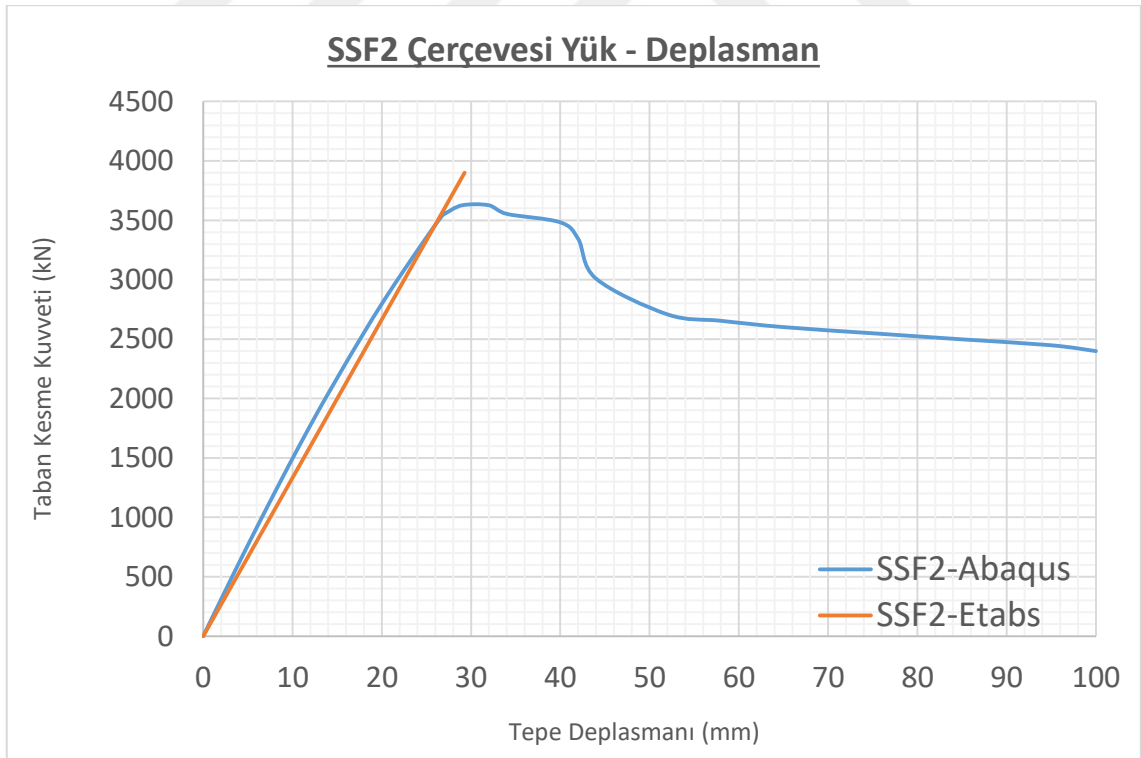
İkinci aşamada üçüncü Abaqus modelinde (SSF2), SSF1 numunesine eklenen çelik güçlendirme çerçevesi, 1.50 m sonra tekrar yerleştirilmiş ve paralel iki çelik çerçeve arasında da çelik çaprazlar tanımlanmıştır (Şekil 4.25. - Şekil 4.26.). Dış çerçevede kolonlar arasında, kolonlarla aynı boyutta kirişler kullanılmıştır. Abaqus modeline uygun olarak sistemin Etabs modeli de oluşturulmuştur. Doğrusal olmayan Abaqus analizinden elde edilen toplam taban kesme kuvveti ve tepe deplasman eğrisi, Etabs modelinin doğrusal analizinden elde edilen doğrusuyla beraber Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.25. Güçlendirilmiş çerçeve SSF2



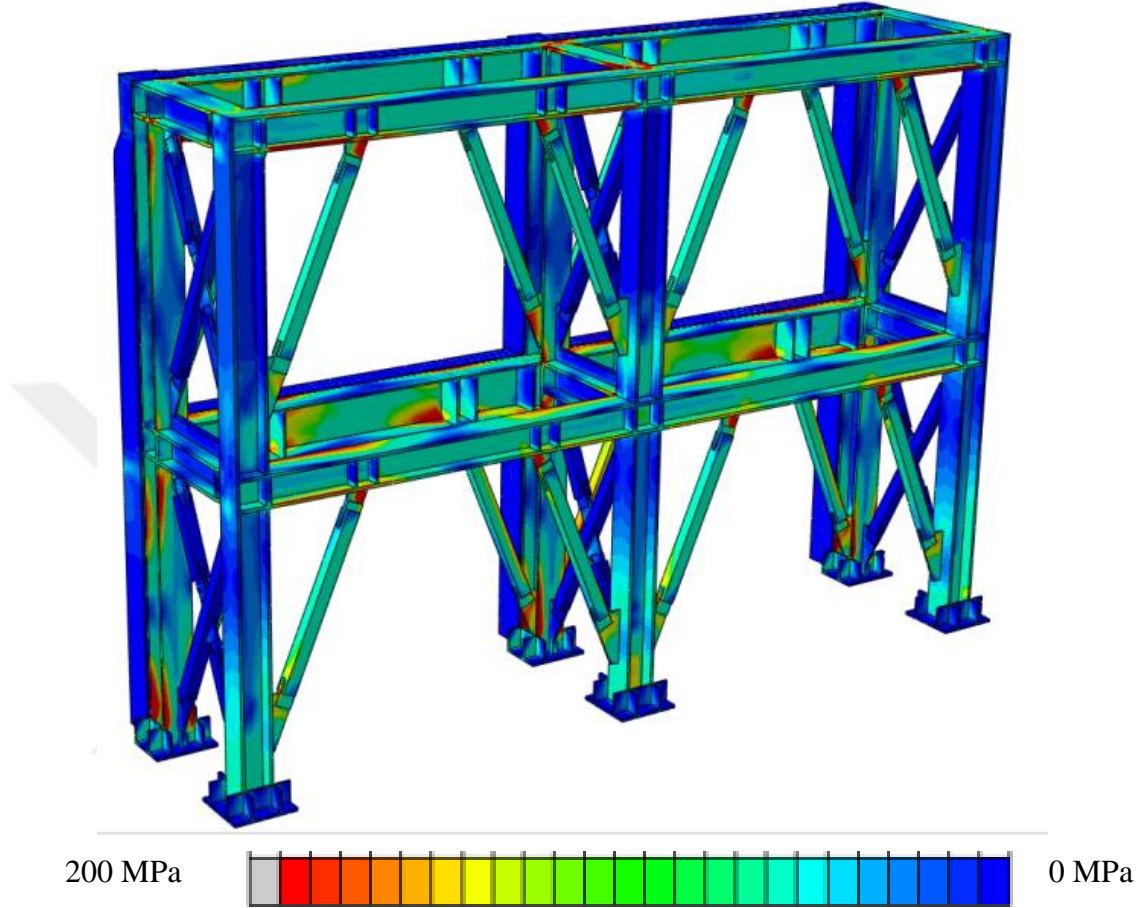
Şekil 4.26. SSF2 güçlendirme çerçevesi görünüşleri



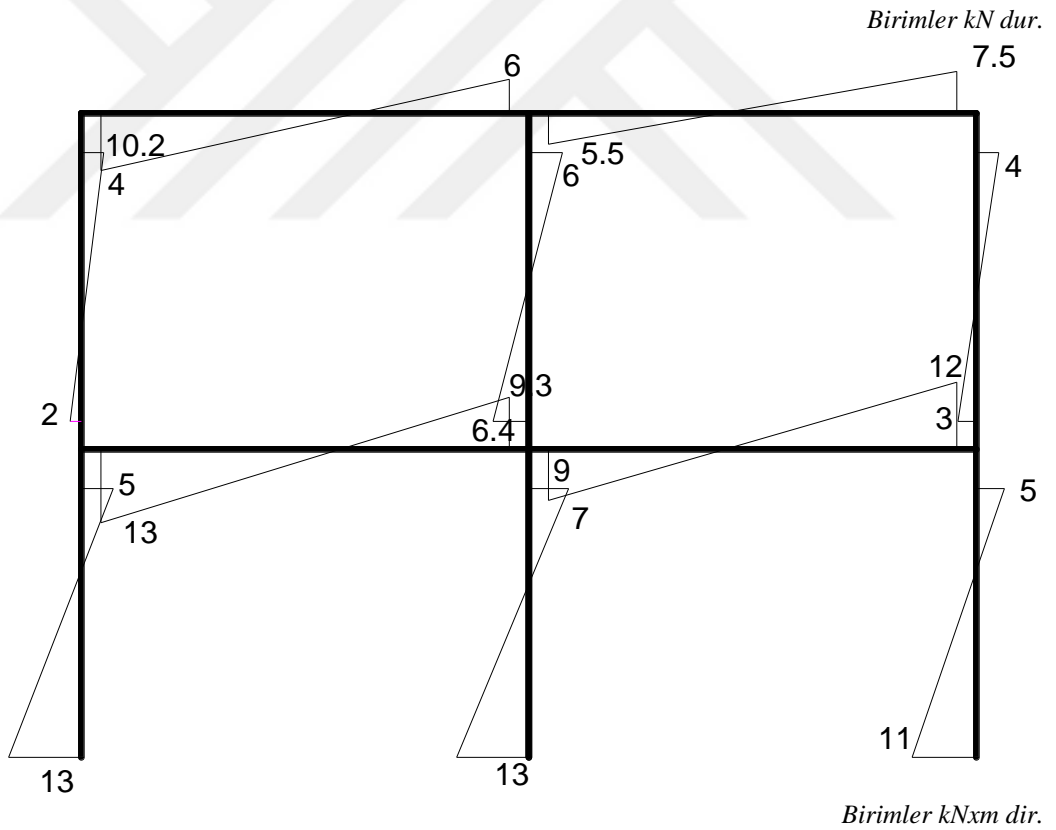
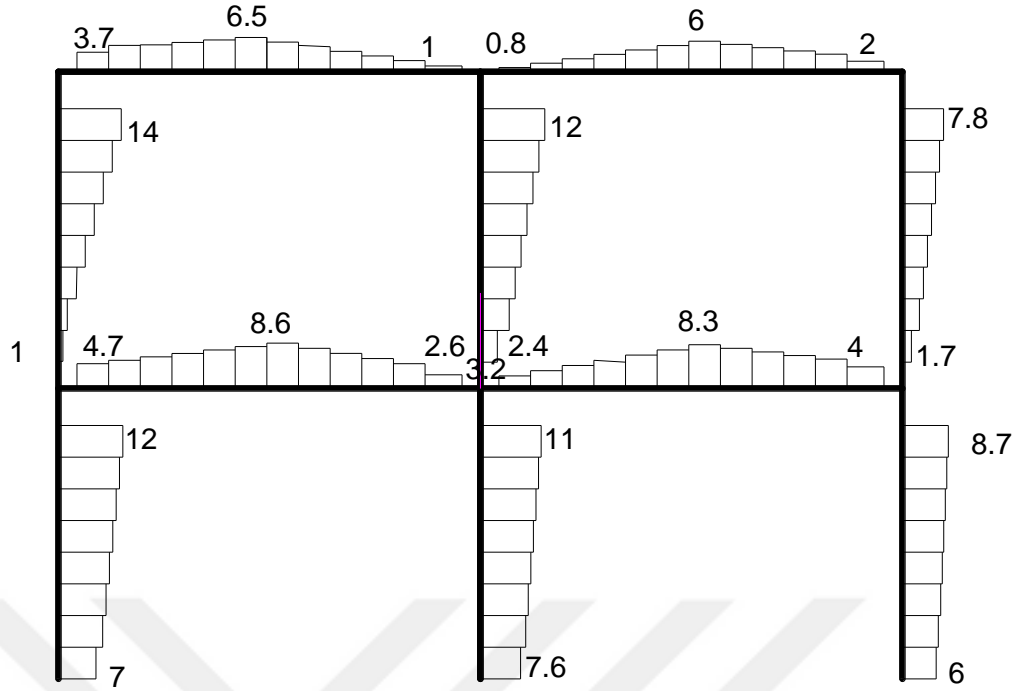
Şekil 4.27. SSF2 numunesinin analizinden elde edilen toplam taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı eğrileri

Abaqus modellemesi sonucunda betonarme çerçevede oluşan çekme ve basınç hasarları Şekil 4.20.'de, SSF2 numunesine eklenen çelik çerçevede oluşan Von-Misses

gerilme dağılımı ve çerçevenin deplasman yapmış şekli ise Şekil 4.28.'de verilmiştir. **SSF2** model çerçevesinin doğrusal analizi sonucunda betonarme çerçevede oluşan kesme kuvveti ve moment iç kuvvet tesir grafikleri Şekil 4.29.'da verilmiştir.

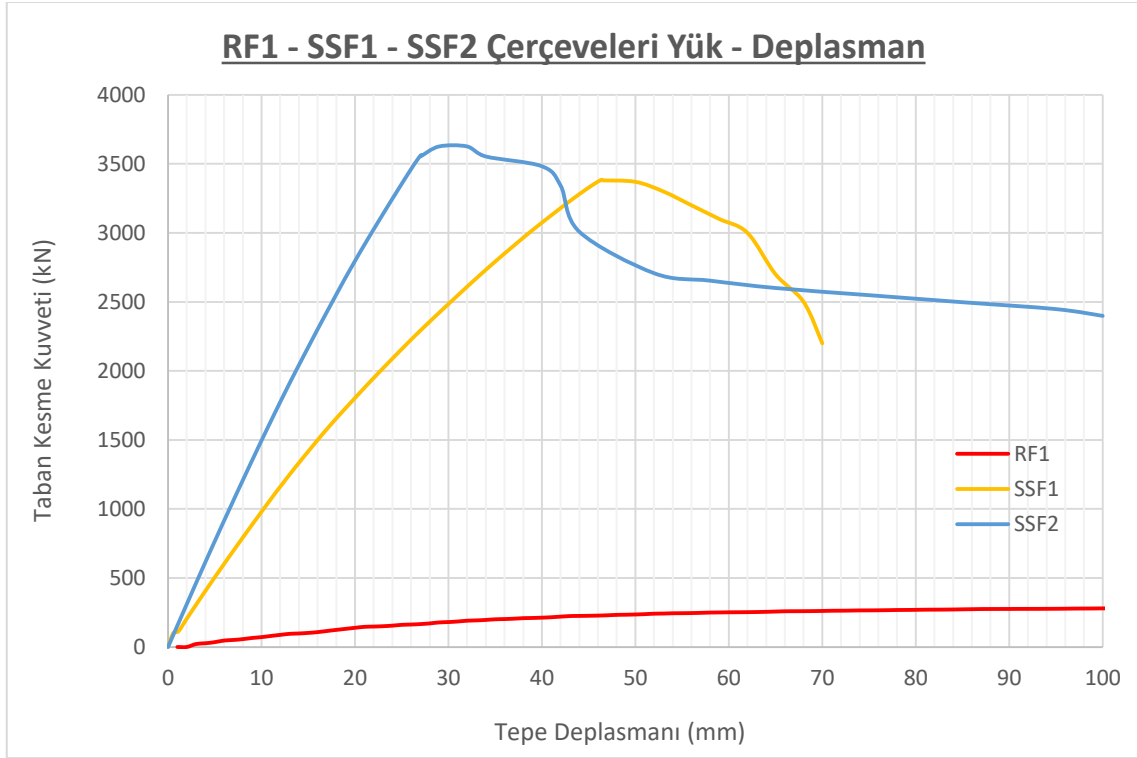


Şekil 4.28. SSF2 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı (MPa)



Şekil 4.29. Doğrusal analiz sonucunda SSF2 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı

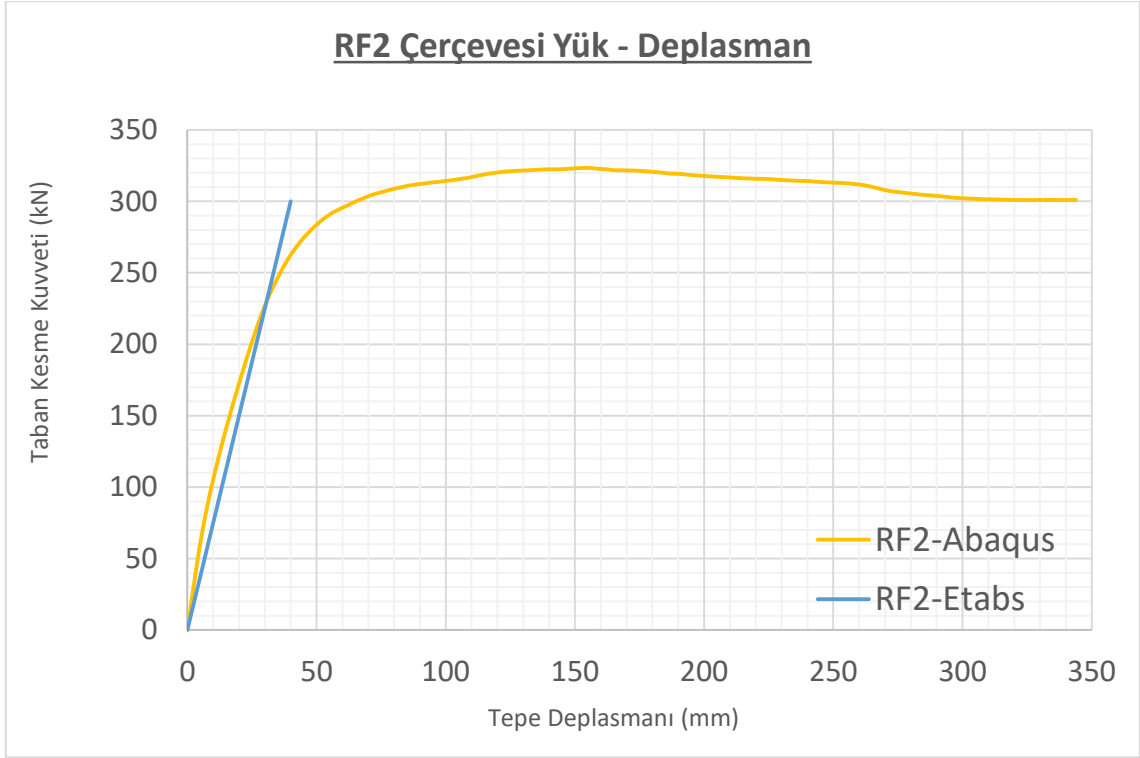
Referans boş çerçeve **RF1**, güçlendirilmiş numuneler **SSF1** ve **SSF2** nin analizleri sonucu elde edilen toplam taban kesme kuvveti – tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması Şekil 4.30.'da verilmiştir.



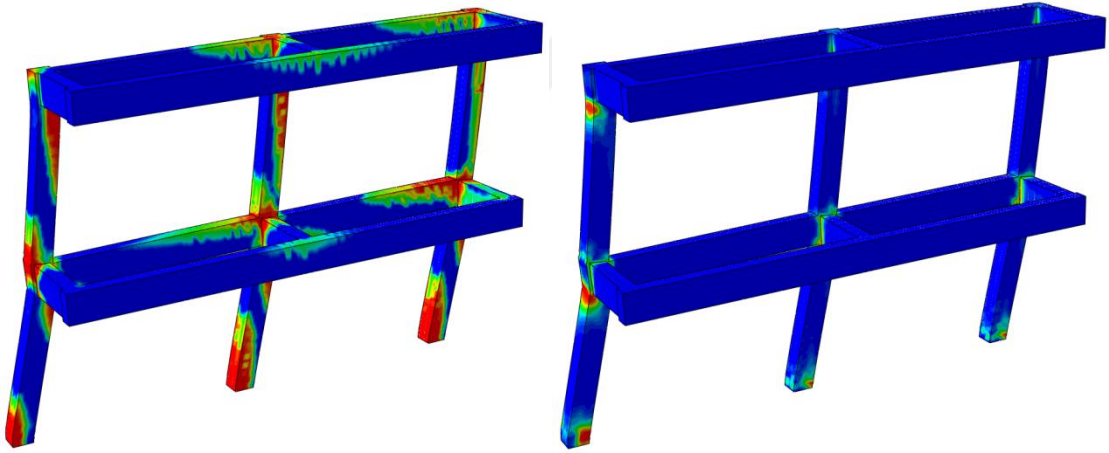
Şekil 4.30. RF1, SSF1 ve SSF2 çerçevesinin doğrusal olmayan çözüm toplam yatay yük-tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması

4.2.4. Referans model 2 – (RF2) – Konsollu boş çerçeve

Bu kısımda ilk analiz çerçevesi, **RF1** numunesi ile aynı geometrik ve detay özelliklerine sahip çerçeve **RF2** dir. Bu çerçevede ilave olarak 1.50 m konsol çıkmalar mevcuttur. **RF2** çerçeve modeli için elde edilen doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonucu kesme kuvveti – tepe deplasman eğrileri Şekil 4.31'da verilmiştir. Bu grafik **RF1** çerçevesinin analizinden elde edilen eğriyle çok yakın sonuç vermiştir. **RF2** çerçevesine ait çekme hasarı ve basınç ezilme hasarı grafikleri de Şekil 4.32.'de verilmiştir. Bu çerçeveye ait statik analiz sonuç kesit tesir grafikleri **RF1** çerçevesi ile çok yakın olduğu için burda tekrar verilmeyecektir.



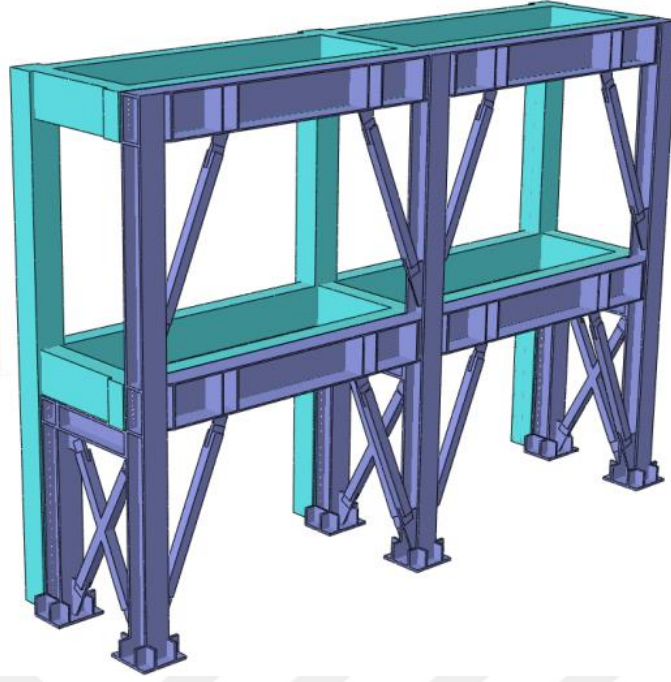
Şekil 4.31. RF2 çerçevesine ait toplam taban kesme kuvveti- tepe deplasman eğrileri



Şekil 4.32. RF2 çerçevesi beton çekme ve basınç hasar şekilleri

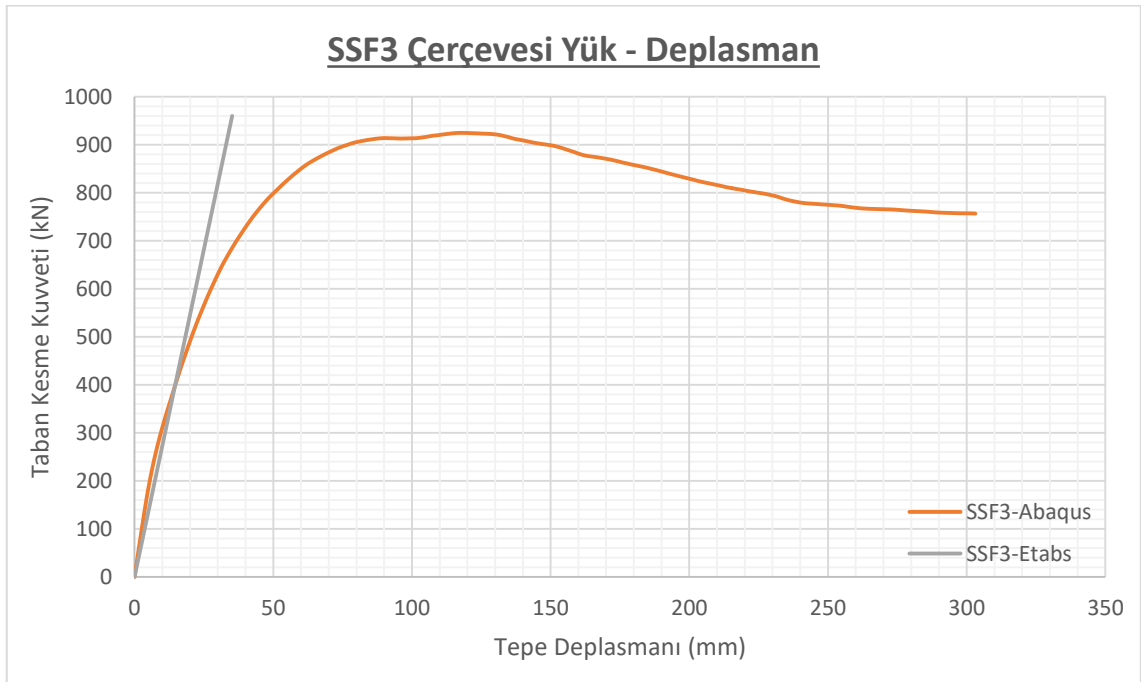
4.2.5. Güçlendirilmiş çerçeve model 3 – SSF3

SSF3 çerçevesinde ise, SSF1 ve SSF2'ye benzer şekilde güçlendirme çelik çerçevesi binanın dış cephesine yerleştirilmiştir. Konsol kısmın altında (1 katta) çelik güçlendirme çerçevesi iki akstan oluşurken, üst katta tek aksa düşmektedir. Böylelikle hem binanın yatay rijitliği artırılabilecek, hemde binada oluşan yumuşak kat düzensizliği giderilecektir (Şekil 4.33.). Çelik güçlendirme çerçevesinin kesit detayları SSF1 ve SSF2 ile aynıdır.

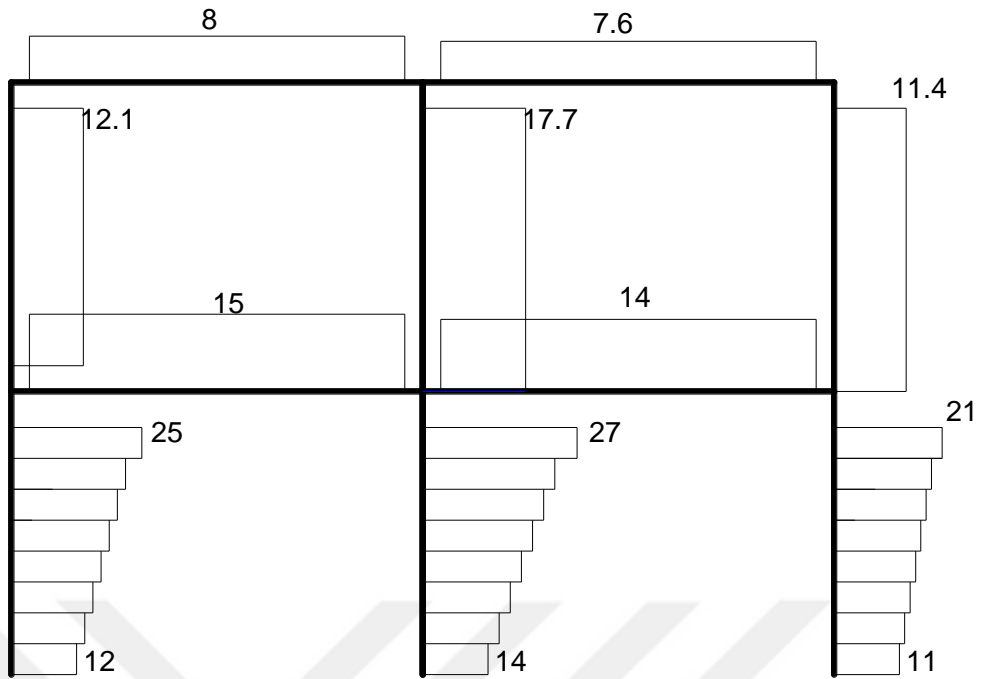


Şekil 4.33. SSF3 çerçevesinde uygulanan güçlendirme görünümü

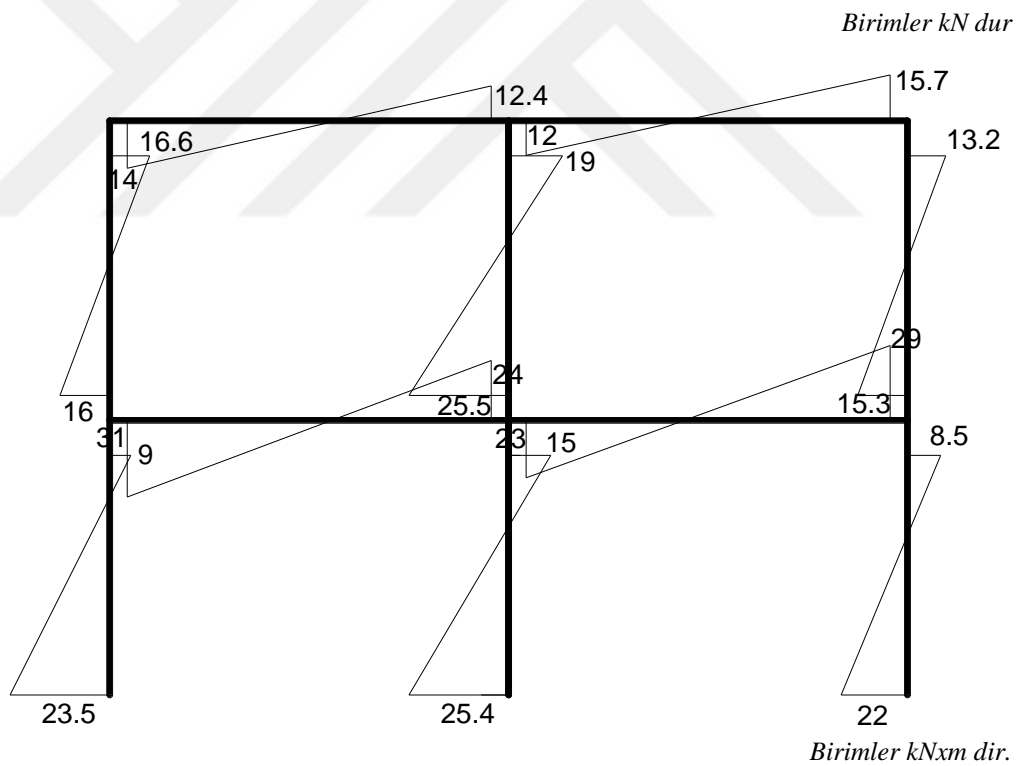
SSF3 çerçevesinde toplam taban kesme kuvveti, tepe deplasmanı eğrisi doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için Şekil 4.34.'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.35.'de Etabs analiz sonucunda betonarme çerçevede oluşan kesit tesirleri grafikleri de verilmiştir. Şekil 4.36.'da ise Abaqus analiz modelinde, SSF3 çerçevesinin betonarme çerçeve kısmında oluşan çekme ve basınç hasar şekilleri sunulmuştur.



Şekil 4.34. SSF3 çerçevesinin doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarının karşılaştırılması

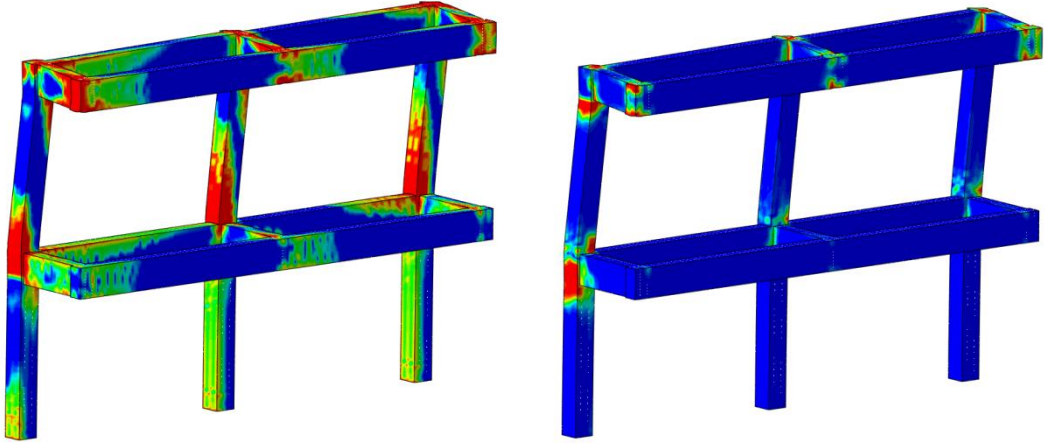


a) SSF3 çerçevesi için kesme kuvveti dağılımı

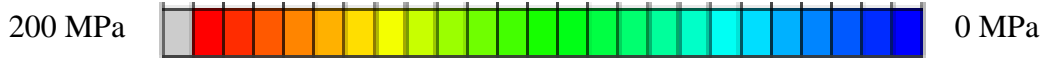
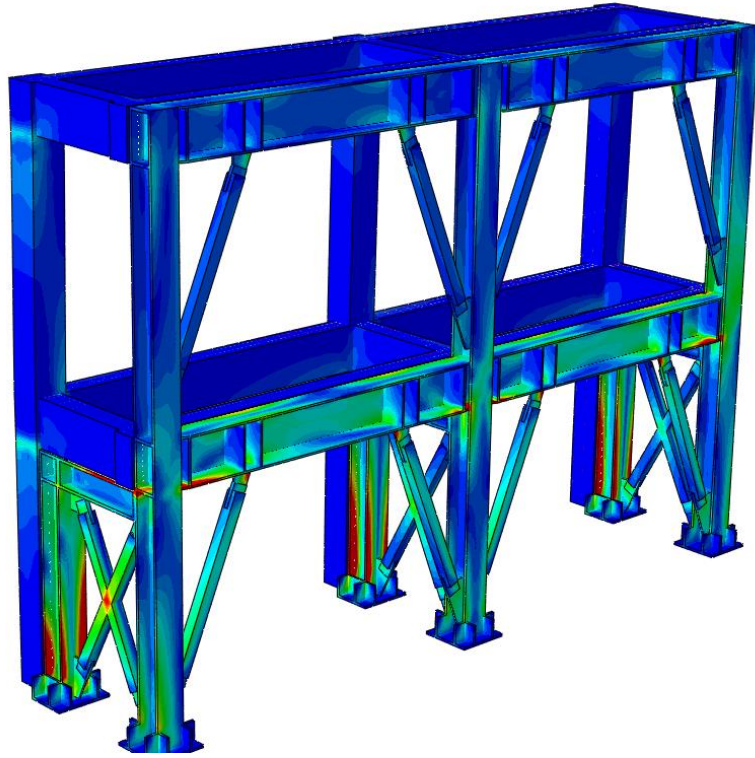


b) SSF3 çerçevesi için moment dağılımı

Şekil 4.35. Doğrusal analiz sonucunda SSF3 çerçevesinde oluşan iç kuvvet dağılımı

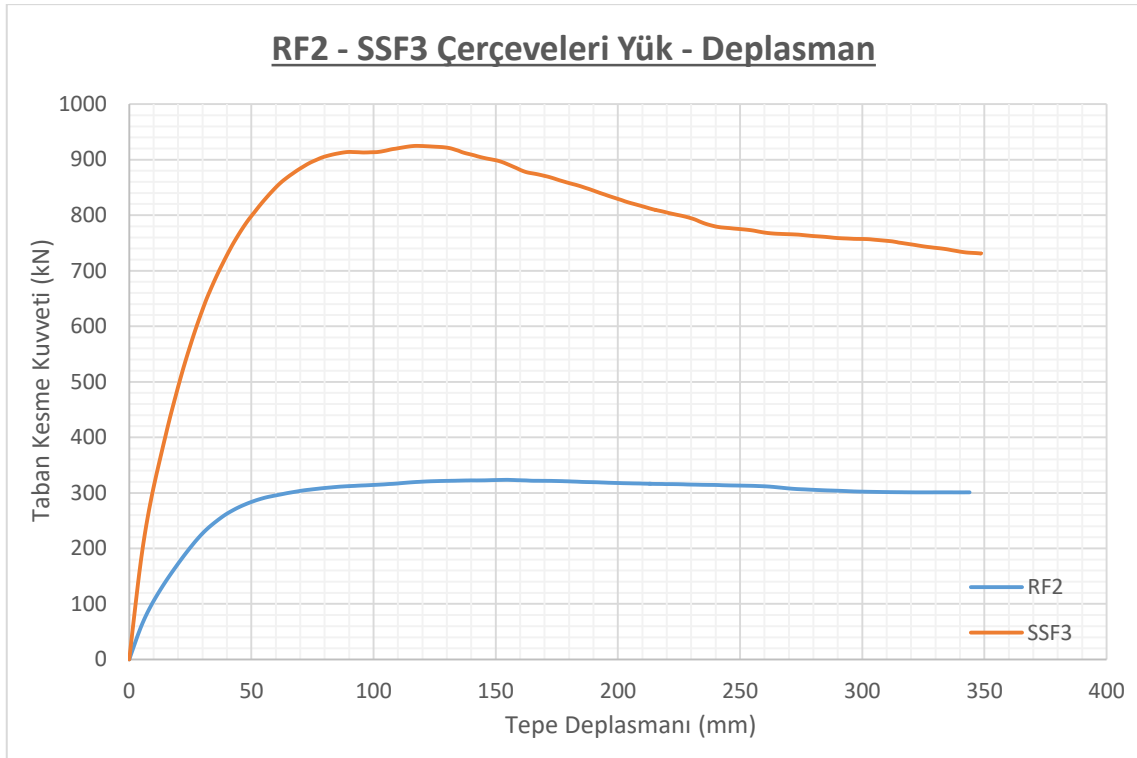


Şekil 4.36. SSF3 modelinin betonarme çerçevesinde oluşan çekme ve basınç hasar dağılımı



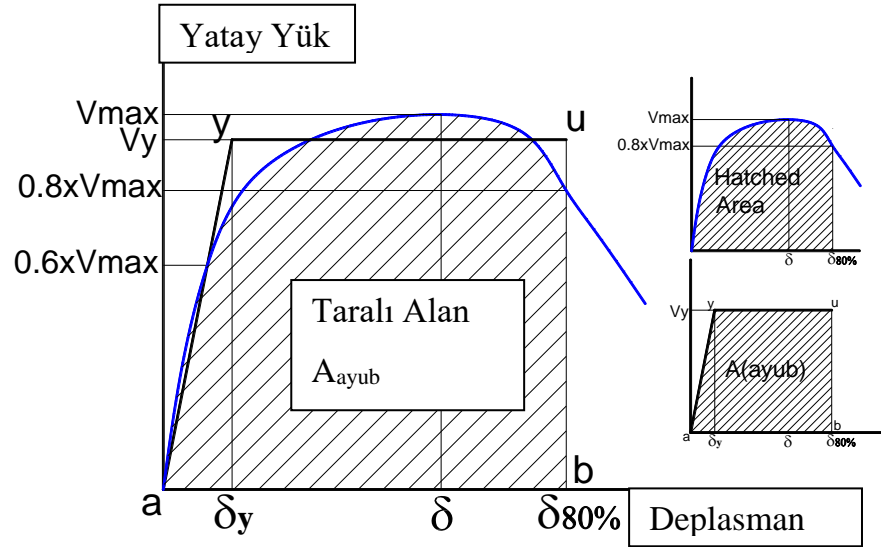
Şekil 4.37. SSF3 numunesine çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı

SSF3 numunesine eklenen çelik çerçevede oluşan Von-Misses gerilme dağılımı ve çerçevenin deplasman yapmış şekli Şekil 4.37.'de, **RF2** ve **SSF3** çerçevelerinin toplam yatay yük-tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması ise Şekil 4.38.'de sunulmuştur.

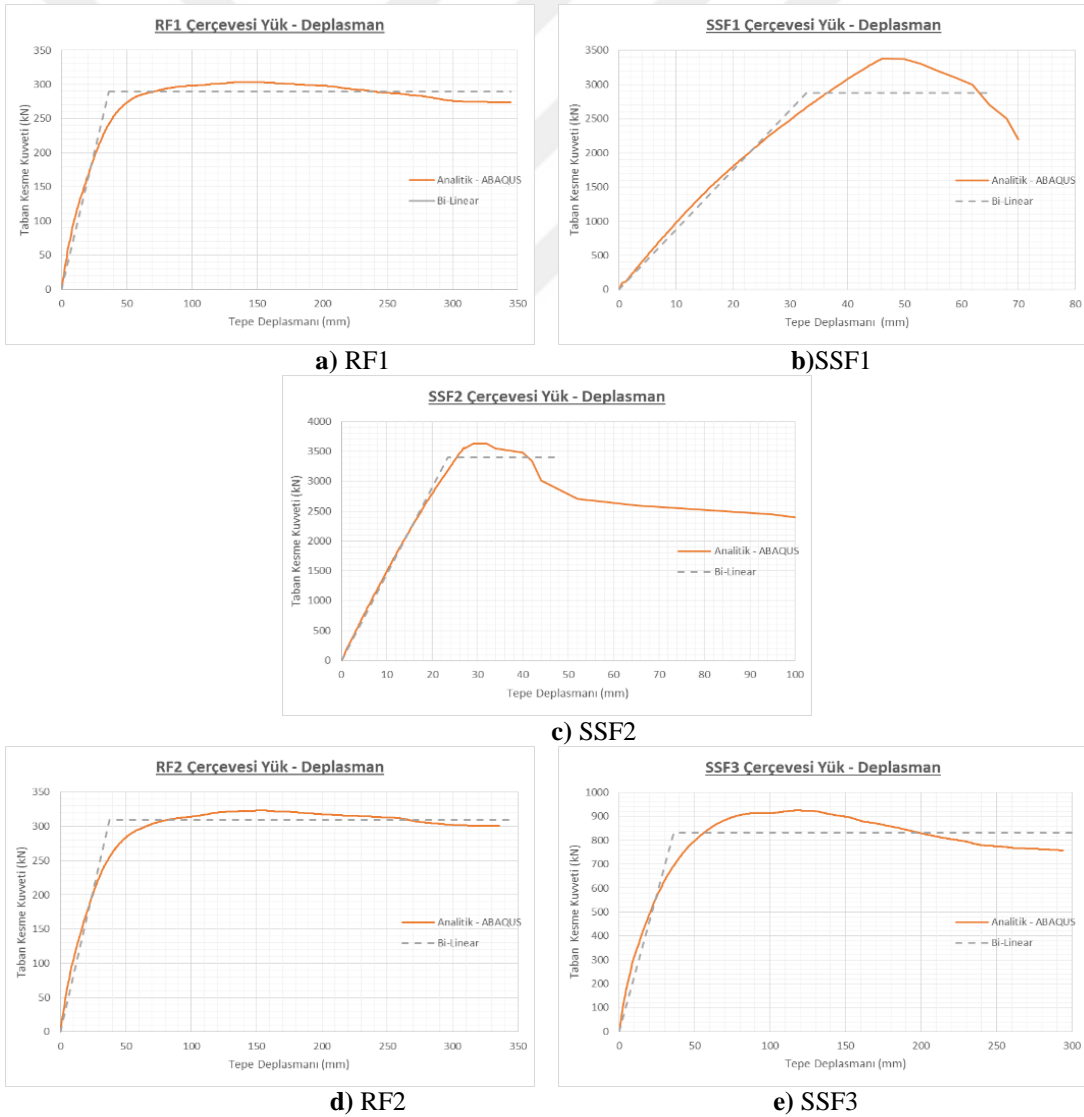


Şekil 4.38. RF2 ve SSF3 çerçevelerinin doğrusal olmayan çözüm toplam yatay yük-tepe deplasman eğrilerinin karşılaştırılması

Elde edilen doğrusal olmayan eğriler üzerinde sistemin akma yükü ve akma deplasmanlarının tespiti için, iki doğrudan oluşan “bi-linear” benzeşim kullanılmıştır. Şekil 4.39.’da verilen eğriye göre deneme ve yanılma metoduna dayanan bir işlem aşaması takip edilerek akma dayanımları ve deplasmanları bulunmuştur. İlk olarak sistem tarafından taşınana maksimum yatay yük (V_{max}) tespit edilmiştir. Sistemin tepe noktasından sonra güç tükenme noktasının $0.8 V_{max}$ değerinde olduğu kabul edilmiş ve buna karşılık gelen $\delta_{80\%}$ deplasman değeri işaretlenmiştir. Bu noktadan sonraki eğri hesaplara dahil edilmemiştir. İki doğrusal benzeşim eğrisinin ilk başlangıç noktası (0,0) noktasıdır. Bu ilk doğrunun daha sonra doğrusal olmayan eğrinin $0.6 x V_{max}$ değerinden geçtiği kabul edilmiştir. İlk doğrusal kısım $0.6 x V_{max}$ değerinden geçtikten sonra, F_y değerine kadar devam etmekte ve F_y değerinden sonra δ_{80} deplasman değerine kadar yatay bir şekilde uzanmaktadır. Bi-linear yaklaşımla elde edilen eğrinin altında kalan alan ile, doğrusal olmayan eğrinin altında kalan alan eşit olacak şekilde F_y değeri ve karşılık gelen δ_y akma deplasman değerleri tespit edilmiş ve Çizelge 4.2.’de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.40.’da tüm analiz çerçevelerinde elde edilen Bi-Linear eğri ile doğrusal olmayan eğrilerin karşılaştırması verilmiştir.



Şekil 4.39. Analiz grafiklerinde yapılan akma dayanım tespit yaklaşımı



Şekil 4.40. Analiz modellerinde yapılan Bi-Linear yaklaşım

<i>Model Adı</i>	<i>V_{max}</i>	<i>δ@V_{max}</i>	<i>f_y</i>	<i>δ_y</i>	<i>δ_u</i>	<i>(f_y/δ_y) (Rijitlik)</i>
	<i>kN</i>	<i>mm</i>	<i>kN</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>kN/mm</i>
RF1	303.7	144.1	289.8	36.5	344.6	8.0
SSF1	3384.6	46.4	2875.4	32.8	65.0	87.7
SSF2	3626.1	29.0	3404.8	23.5	46.9	144.8
RF2	323.4	154.4	309.3	37.7	343.9	8.2
SSF3	924.8	117.7	831.8	36.3	333.6	22.9

Çizelge 4.2. 2. Aşama analizlerinde elde edilen eğrilerden tespit edilen bazı parametreler



4.3. Üçüncü Aşama Analitik Çalışma

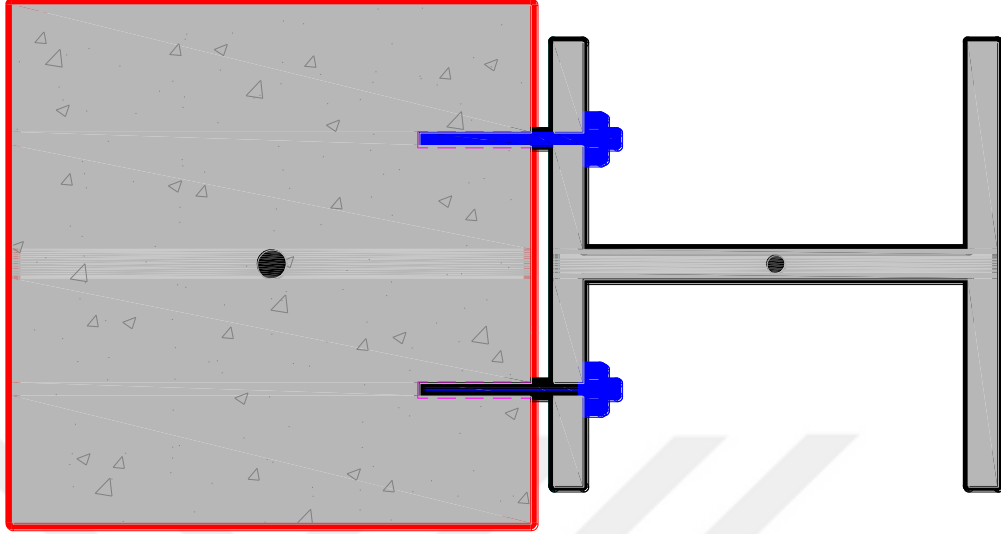
Üçüncü aşama analitik çalışmada deprem dayanımı yetersiz betonarme yapıların dış cephesine çelik çerçeve sistemi eklenerek güçlendirilmesinin analitik olarak incelenebilmesi için, iki farklı referans bina modeli tasarlanarak sonlu elemanlar modelleri (Finite Element Model - FEM) oluşturulmuştur.

Üçüncü aşama FEM analizinde, 6 katlı, konsollu ve konsolsuz olmak üzere 2 farklı tipte 3 boyutlu betonarme örnek bina modeli üzerinde önerilen güçlendirme yönteminin etkinliğinin incelenmesi yapılmış ve farklı düzenlemelerde bina dışından çelik çapraz uygulaması ile güçlendirme alternatifleri denenerek kıyaslanmıştır. 3 boyutlu boş çerçeve ve güçlendirilmiş çerçevelerin Etabs ve Abaqus modelleri oluşturularak, doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yapılmış, Abaqus ve Etabs modellerinin uyumu incelenmiştir.

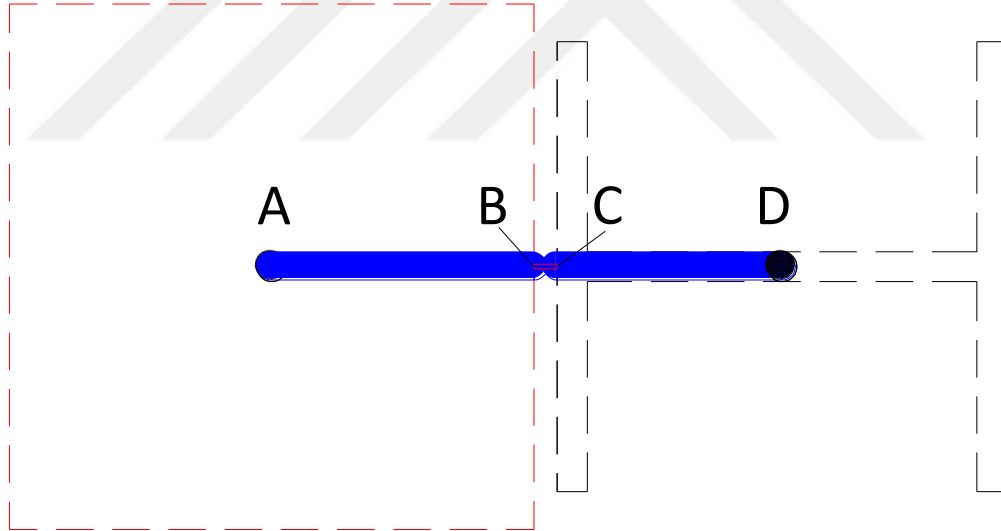
4.3.1. Etabs modelleme yöntemi

Etabs ortamında modelleme aşamasında, betonarme ve çelik elemanlar için, **çerçeve (frame)** elemanlar kullanılmıştır. Bu elemanlar modellemede sadece orta aksından (yerel 1 eksen) geçen bir çubukla temsil edilmektedir. Yani kolonların ve kirişlerin planda boyutu yoktur. Bu nedenle gerçek uygulamada yapılması düşünülen güçlendirmenin modellenmesinde bazı kabuller ve basitleştirmeler yapılması gereklidir. Gerçek uygulamada çelik kolon ve kirişler, betonarme kolon ve kirişlere Şekil 4.41.'de verilen şekilde sabitlenecektir. Ancak betonarme kolon/kiriş ve çelik kolon/kiriş Etabs ortamında kesit ağırlık ekseninden geçen doğrusal birer çerçeve elemanı şeklindedir. Eski betonarme çerçeve ile yeni çelik çerçeve arasında yük aktarımını Etabs ortamında modelleyebilmek için çerçeve elemanların ağırlık merkezlerinden, kesit yüzey sınırına kadar uzanan rijit hayali (fiktif) bağlantı çubukları çizilmiştir. Betonarme kolonda bu hayali rijit çubuk AB, çelik kolonda ise CD noktaları arasındadır. Rijit çubukların elastisite modülü çok yüksek tanımlanmıştır. B ve C noktaları arasında ise malzeme dayanımı olarak gerçek ankraj çubuğunun özelliklerine sahip ve kesit alanı olarak da gerçek ankraj çubuğunun kesit alanına sahip elastik elemanlar tanımlanmıştır (Şekil 4.42.). Bu elemanları çizilebilmek için, çelik kolonun betonarme kolon yüzünden 25 mm mesafe ile yerleştirildiği kabul edilmiştir. Betonarme kolonun yüzeyindeki eğrilik ve pürüzlerden dolayı, gerçek uygulamada çelik kolon betonarme kolon yüzeyine tam oturmayacak ve bu açıklık miktarı gerçek uygulamada da büyük bir ihtimalle kalacaktır.

Şekil 4.41.'de gösterilen iki ankraj çubuğu, gerçek uygulamada aynı seviyede yapılmayacak ve düşeyde şaşırtmalı olarak uygulanacaktır.



Şekil 4.41. Gerçek uygulamada betonarme kolon ve çelik kolonun birbirine sabitlenmesi

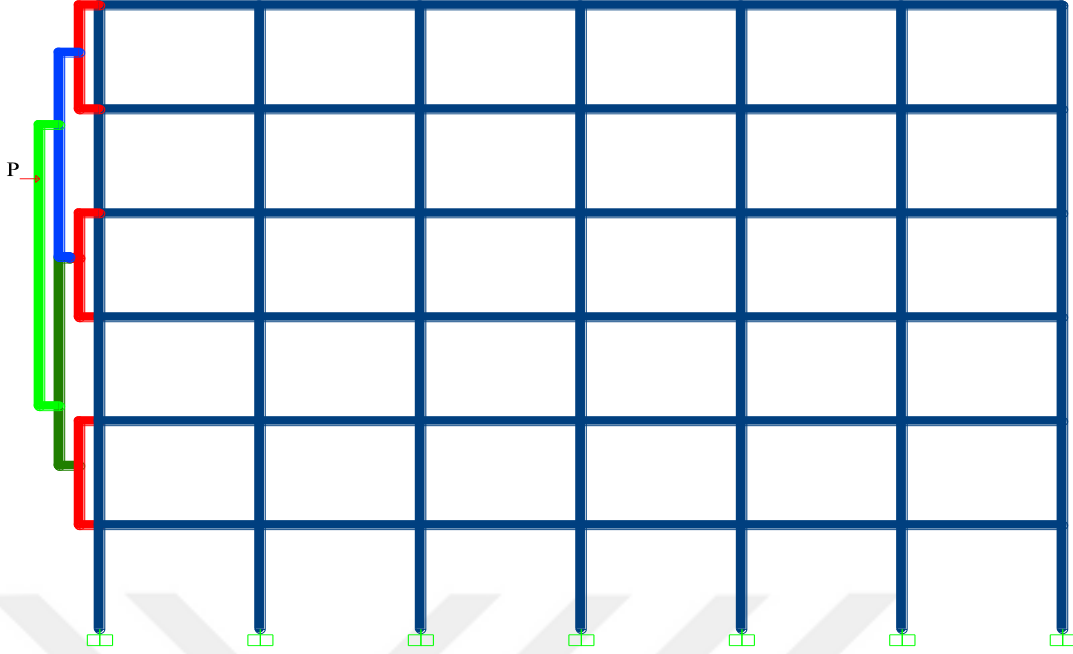


Şekil 4.42. Etabs modelinde çerçeve elemanlar arasında ankraj işleminin modellenmesi

4.3.2. Abaqus modelleme yöntemi

Doğrusal olmayan analiz bölümünde, model binanın Abaqus paket programında 3 boyutlu olarak modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Modelleme esasları birinci aşama

analitik çalışmada gerçekleştirilen Abaqus modeli ile aynıdır. Abaqus modellemesinde, **tuğla (solid)** elemanlar kullanılmıştır. Malzeme modeli olarak beton için maksimum 20 N/mm² (C20) gerilme değerine ulaşabilen beton malzeme kabul edilmiştir. Çelik malzeme modelinde ise akma dayanımı 420 N/mm² (S420a) olan çelik modeli kabul edilmiştir. Betonun çekme dayanımı da analizlerde dikkate alınmıştır. Donatılar **çerçeve (frame)** elemanlar olarak modellenmiş ve betonla tam aderans yaptığı kabul edilerek gömülü sınır şartı (**embedded constraint**) olarak programda tanımlanmıştır. Boyuna donatılar ve etriyeler gerçek duruma uygun olarak pas payları da dikkate alınarak titizlikle ve incelikle modelde yer almıştır. Döşemelerde donatı modellenmemiş ve beton olarak tam elastik bir malzeme tanımlanmıştır. Binanın temeli modellenmemiş ve kolonlar tabandan tam ankastre kabul edilmiştir. Donatılar ve beton arasında tam aderans kabul edildiği için, boyuna donatıların bindirme ekleri ele alınmamış ve sürekli donatı kabul edilmiştir. Bina simetrik olduğu için sadece yarısı modellenmiş, simetri düzlemindeki çerçevenin yanal deplasmanı engellenmiştir. Bina modeline yatay itki kuvvet uygulaması şeklinde değil, deplasman uygulaması biçiminde yapılmıştır. Doğrusal olmayan analizi gerçekleştirebilmek için itkinin deplasman olarak uygulanması gerekmektedir. Analizlerde sadece monotonik artan deplasman uygulanmış, çevrimsel yükleme gerçekleştirilmemiştir. Yatay yüklemenin katlara dağılımını geçekçi bir şekilde gerçekleştirebilmek için, deneysel çalışmada çok katlı sistemlere yatay deplasman uygulanmasında kullanılan rijit bir yükleme aparatı modellenmiştir. Yükleme aparatında elemanlar tam rijit kabul edilmiş ve birbirine olan bağlantılar mafsallı teşkil edilmiştir. Böylelikle aparat, artan deplasmanlar altında rahatça dönerek, sisteme uyum sağlayacaktır. Yükleme aparatının şematik gösterimi Şekil 4.43.'de verilmiştir.



Şekil 4.43. Doğrusal olmayan analiz modelinde kullanılan yükleme aparatı

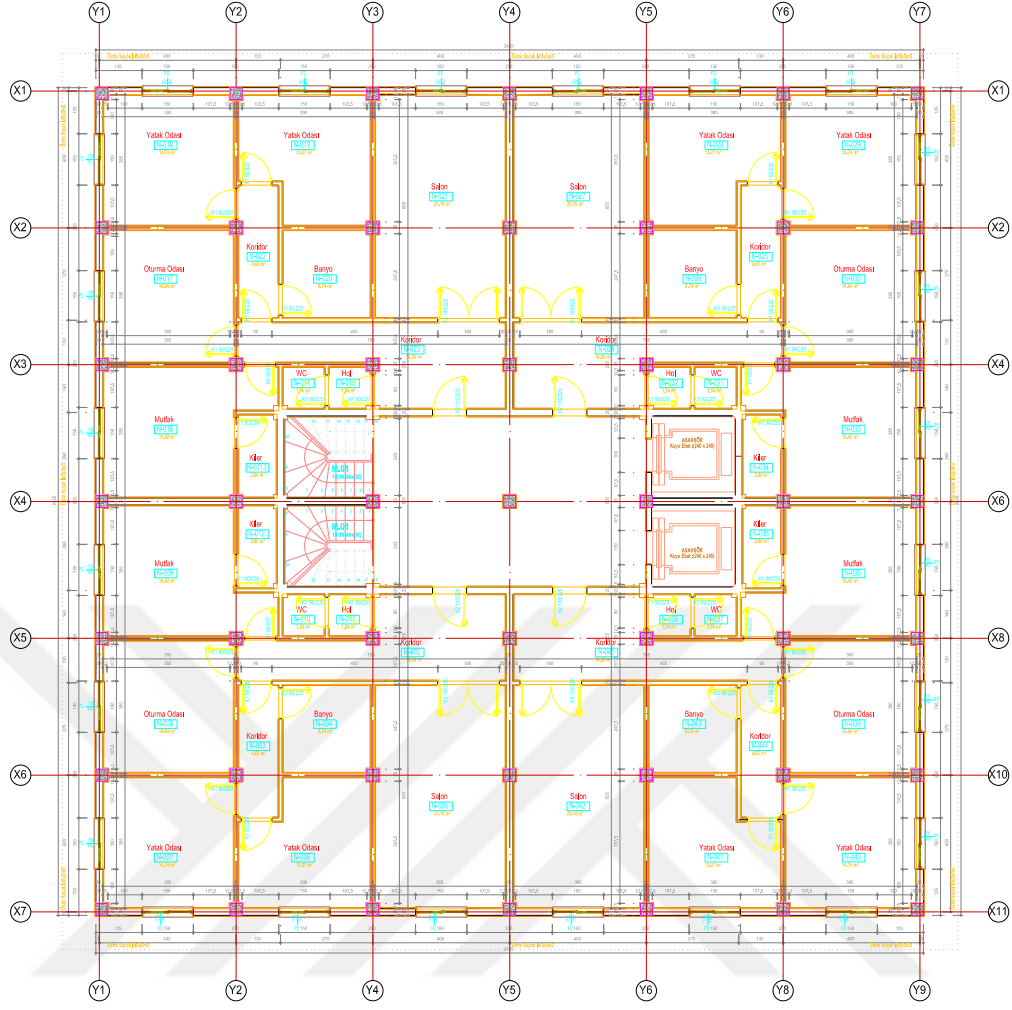
4.3.3. Referans model – RB1

Üçüncü aşama birinci modelde analiz referans bina modeli olarak ülkemizde çok kullanıma sahip, deprem sonrasında en fazla hasar gören yapılardan olan konut tipi bina seçilmiştir. Taşıyıcı sistemi her iki yönde de simetrik olan binaya ait özellikler, 3B görünüş ve tip kat mimari plan Şekil 4.44., Şekil 4.45. ve Şekil 4.46.’de verilmiştir. Bina özellikleri;

- Kat Sayısı : 6
- Kat Yüksekliği : 3.00 m
- Aks Mesafeleri : 4.00 m

şeklindedir. Katta 4 daire olarak tasarlanmıştır.

Bu bölümde belirtilen taşıyıcı sistem, malzeme özellikleri, eleman boyutları, deprem parametreleri, yükler üçüncü bölümde kullanılan tüm analiz modellerinde aynıdır. Bu sebeple diğer analiz modellerinin tanıtımında tekrar değinilmeyecektir.



Şekil 4.44. Referans bina 1 – mimari tip kat planı



Şekil 4.45. Referans bina 1 – 3B görsel – 1



Şekil 4.46. Referans Bina 1 – 3B görsel – 2

4.3.3.1. Taşıyıcı sistem ve malzeme özellikleri

Taşıyıcı sistem yatayda plak döşeme ve kirişten, düşeyde ise kolonlardan oluşmaktadır. Binada düşey taşıyıcı olarak perde bulunmadığı için yatay rijitlik yetersizdir.

Taşıyıcı sistem birinci ve ikinci aşamada yapılan kabullere paralel olarak oluşturulmuştur. Buna göre malzeme özellikleri ve taşıyıcı sistem eleman boyutları

Beton Sınıfı	:	C20 ($f_{ck} = 20 \text{ MPa}, f_{ctk} = 1.60 \text{ MPa}$)
Çelik Sınıfı	:	S420a ($f_{yk} = 420 \text{ MPa}$)
Döşeme Kalınlığı	:	15 cm
Kiriş Boyutları	:	25 / 50 cm
Kolon Boyutları	:	35 / 35 cm

olarak seçilmiştir.

4.3.3.2. Donatılar

Doğrusal olmayan analiz için kolon ve kiriş elemanlar için seçilen donatılar Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

KOLON		KİRİŞ	
Boyuna Donatı	Kesme Donatısı	Boyuna Donatı	Kesme Donatısı
8φ16	φ8/25	2 x 3φ16	φ8/25

Çizelge 4.3. Doğrusal olmayan analiz için kiriş ve kolon donatıları

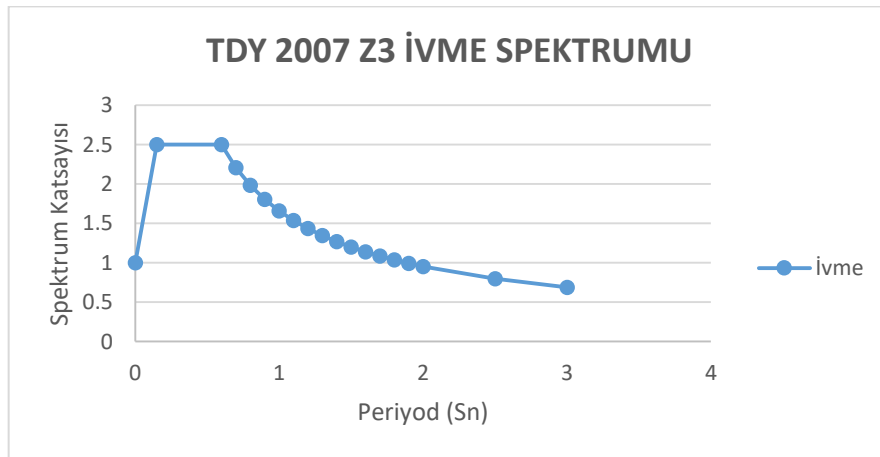
Referans bina modeli olarak düşey yükler altında yeterli, yatay yükler altında ise yetersiz bir bina seçildiği için kolon ve kirişlerde etriye sıklaştırmasının yapılmadığı kabul edilmiştir. Çizelge 4.3.'de belirtilen kesme donatılarının (etriye) tüm kolon ve kiriş açıklıkları boyunca aynı aralıkta kullanıldığı kabul edilmiştir.

4.3.3.3. Deprem analiz parametreleri

Analizler için seçilen deprem parametreleri Çizelge 4.4.'de, zemin sınıfına ait ivme spektrumu ise Şekil 4.47.'de verilmiştir.

Deprem Bölgesi	1. Derece
Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0)	0.40
Taşıyıcı Sistem Davrışı Katsayısı (R)	4.00
Yapı Önem Katsayısı (I)	1.00
Zemin Sınıfı	Z3 ($T_a : 0.15$ $T_b : 0.60$)

Çizelge 4.4. Deprem parametreleri



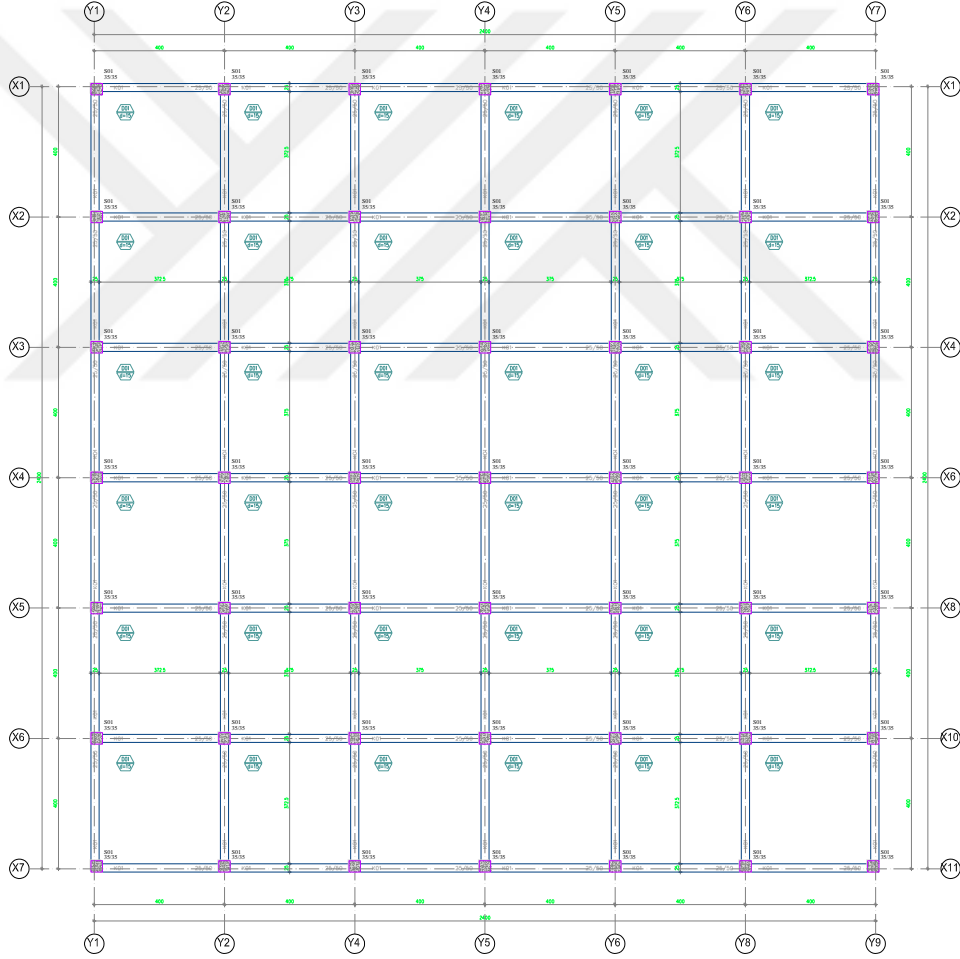
Şekil 4.47. DBYBHY 2007 – Z3 ivme spektrum grafiği

4.3.3.4. Yükler

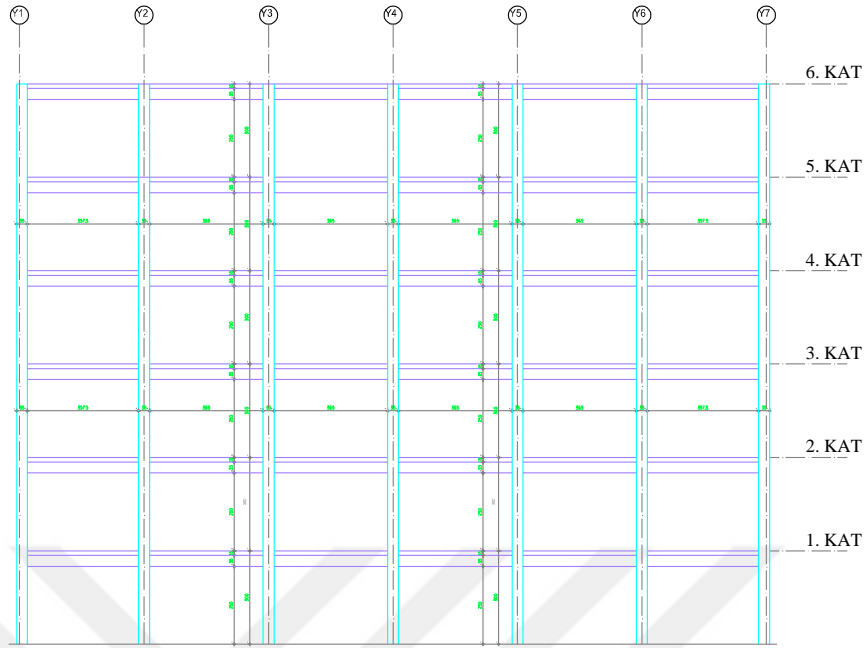
<u>Ölü Yük</u>	:	$g = 2.50 \text{ kN/m}^2$ (Tip katlarda)
	:	$g = 2.00 \text{ kN/m}^2$ (Çatı katında)
<u>Hareketli Yük</u>	:	$q = 3.00 \text{ kN/m}^2$ (Tip katlarda)
	:	$q = 1.85 \text{ kN/m}^2$ (Çatı katında)

4.3.3.5. Kalıp planı ve görünüşler

RB1 modeline ait tip kat kalıp planı Şekil 4.48.'de, taşıyıcı sistem kesiti ise Şekil 4.49.'de verilmiştir.



Şekil 4.48. Referans bina 1 – tip kat kalıp planı

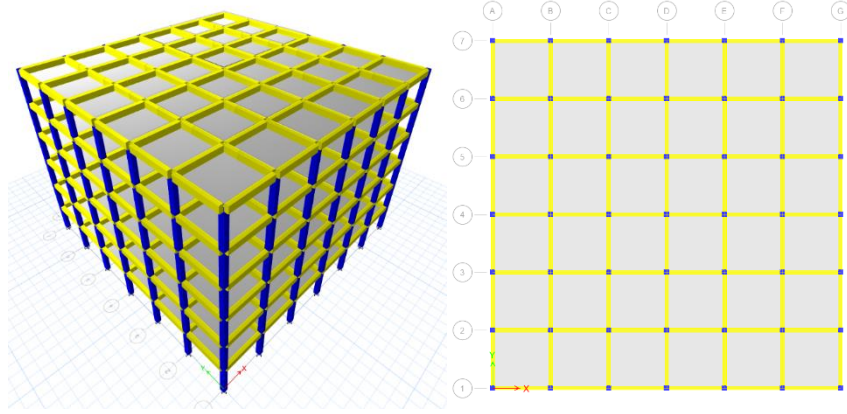


Şekil 4.49. Referans bina 1 – taşıyıcı sistem kesiti

4.3.3.6. Doğrusal analiz FEM modellemesi

Birinci ve ikinci aşamada yapılan kabullere ve modelleme esaslarına paralel olarak oluşturulan 3 boyutlu bina Etabs ortamında modellenmiştir.

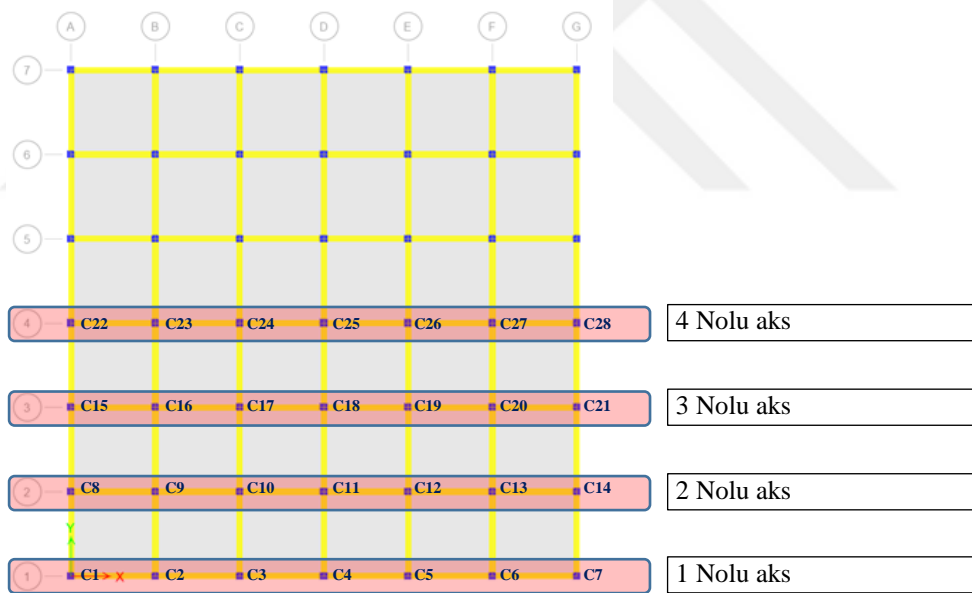
Modelde kolon ve kirişler **frame** eleman, döşeme ise **shell – membrane** eleman olarak tanımlanmıştır. Mod birleştirme yöntemi ile analiz yapılarak deprem kuvvetleri bulunmuş, aynı deprem kuvveti katta tanımlanan diyaframlara yatay yük olarak etki ettirilmiştir. Bu çalışmada amaç yatay performansı zayıf bir binanın değerlendirilmesi ve dıştan çelik elemanlar eklenerek farklı güçlendirme önerileri sonrasında sistemde meydana gelen ötelenme ve iç kuvvet gibi değişikliklerinin incelenmesidir. Bu nedenle, deprem yönetmeliği “Madde 2.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Altsınır Değerleri” başlığında verilen Eşdeğer Deprem Yüğü – Mod Birleştirme Yöntemi deprem kuvveti kıyaslanması dikkate alınmamış, mod birleştirme yönteminde bulunan deprem yükü kat diyaframlarına direk etki ettirilmiştir. Ayrıca yine yönetmelikte belirtilen ± 0.05 minimum eksantrisite de dikkate alınmamıştır. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.50.’da sunulmuştur.



Şekil 4.50. RB1 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.3.7. Doğrusal analiz analiz sonuçları

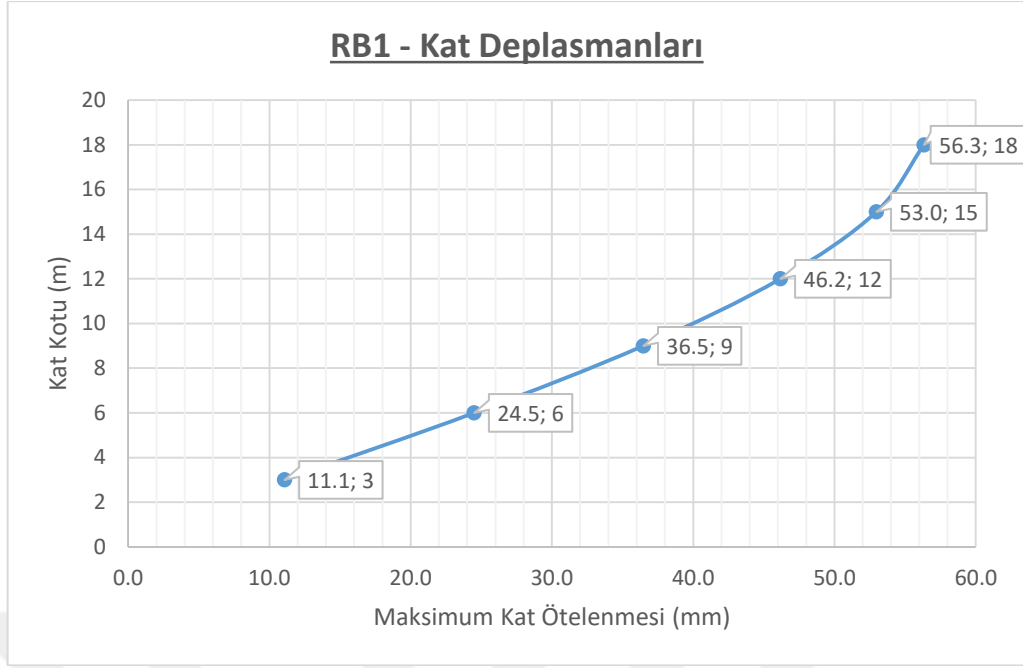
Analiz sonuçları Ex deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve kolon isimleri Şekil 4.51.’de gösterilmiştir



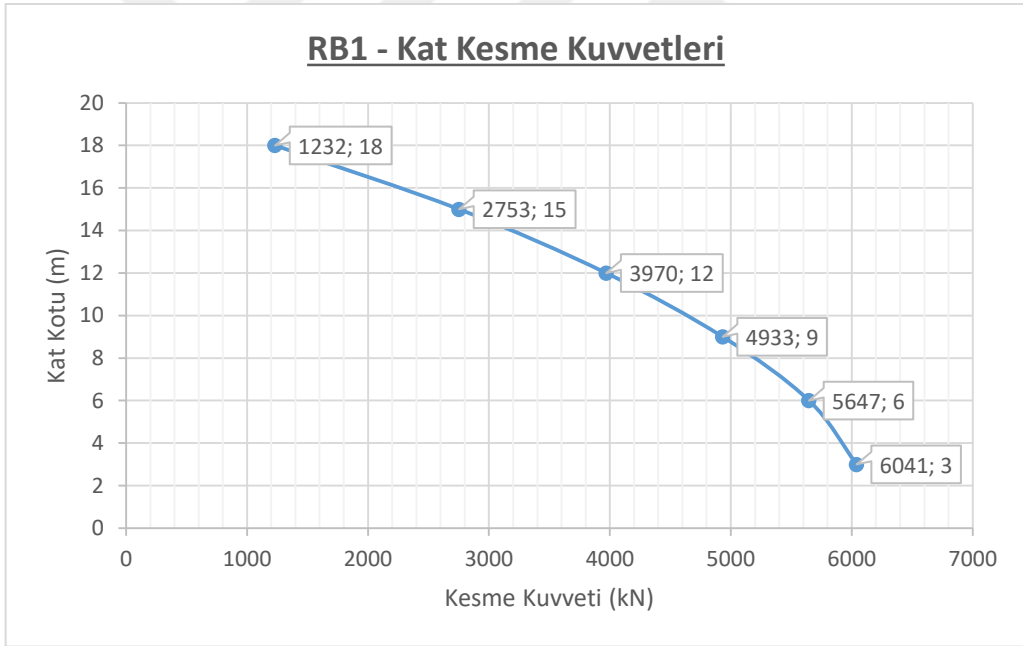
Şekil 4.51. RB1 modeli kolon ve aks isimleri

Şekil 4.52.’de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.53.’de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.54.’de, periyod değerleri ise Çizelge 4.5.’de verilmiştir.

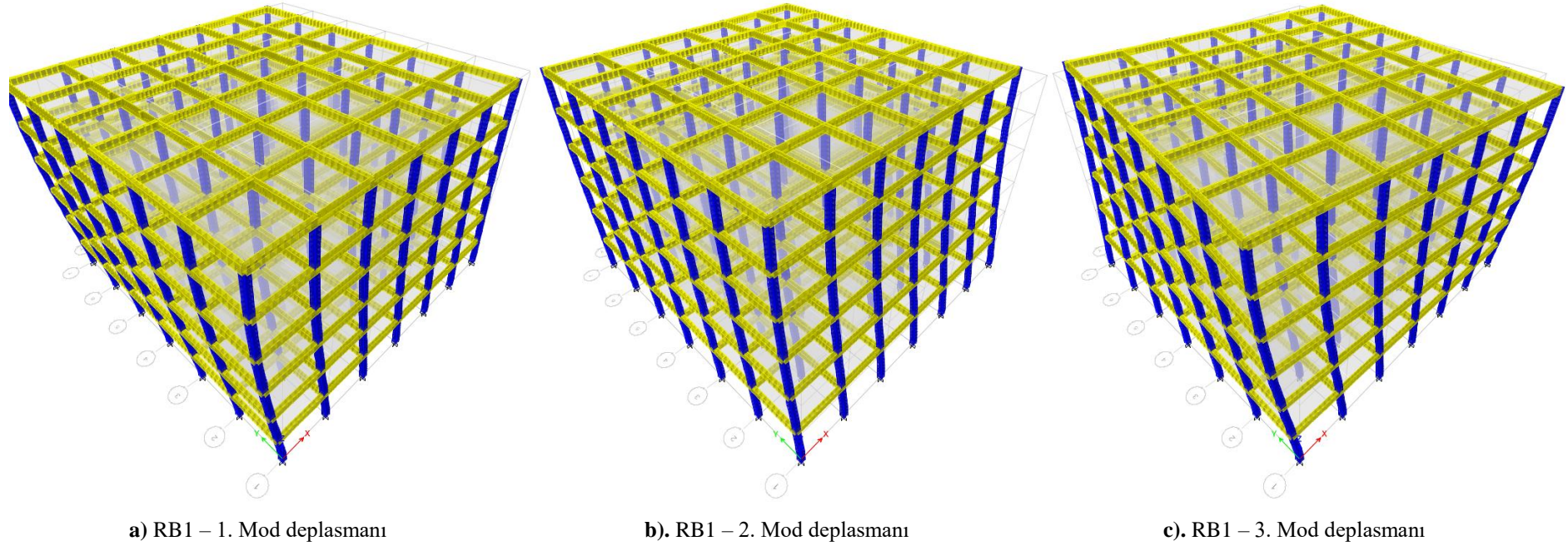


Şekil 4.52. RB1 modeli kat deplasmanları



Şekil 4.53. RB1 modeli kat kesme kuvvetleri

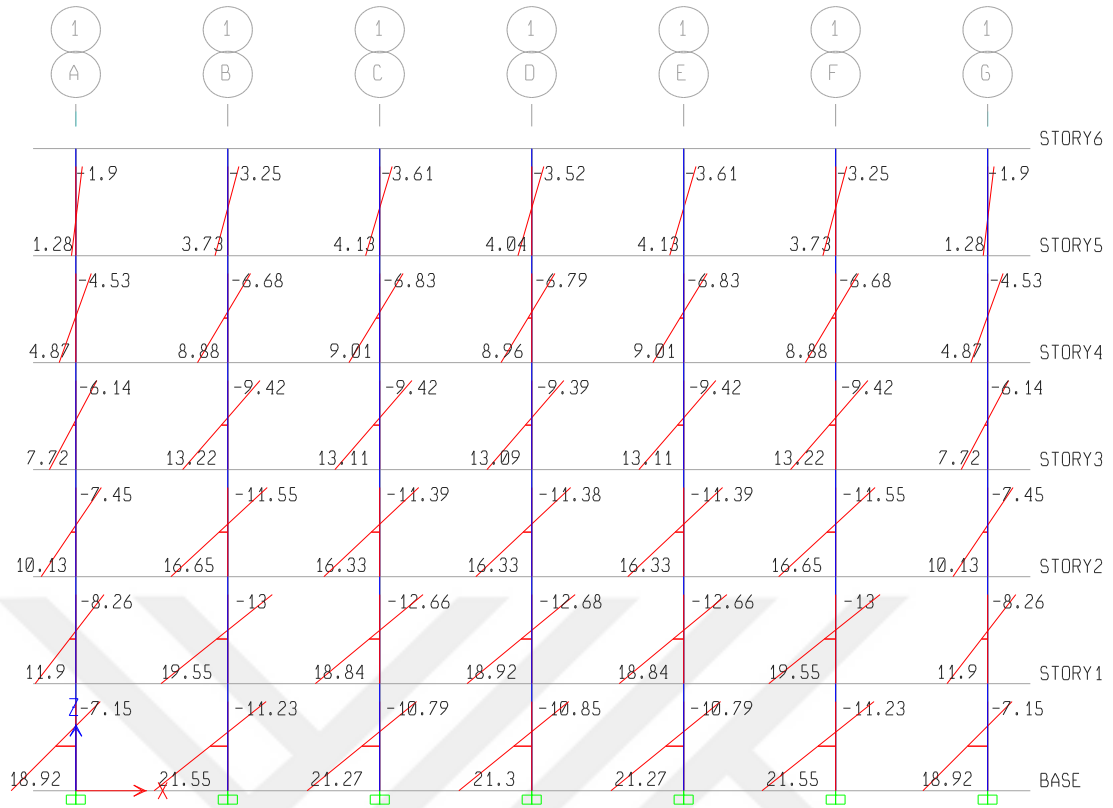
Şekil 4.55. - Şekil 4.58.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.59. - Şekil 4.62.'de sunulmuştur.



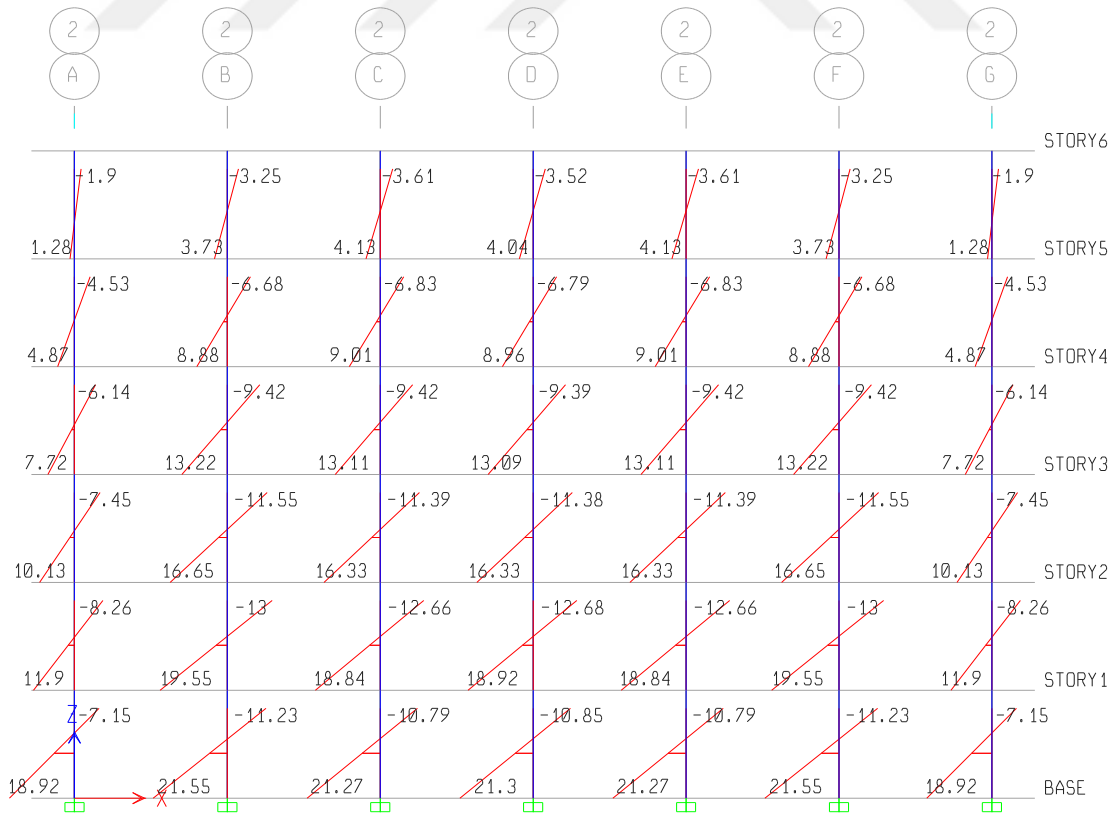
Şekil 4.54. RB1 modeli ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	1.013	-	-
Modal	2. Mod	-	1.013	-
Modal	3. Mod	-	-	0.923

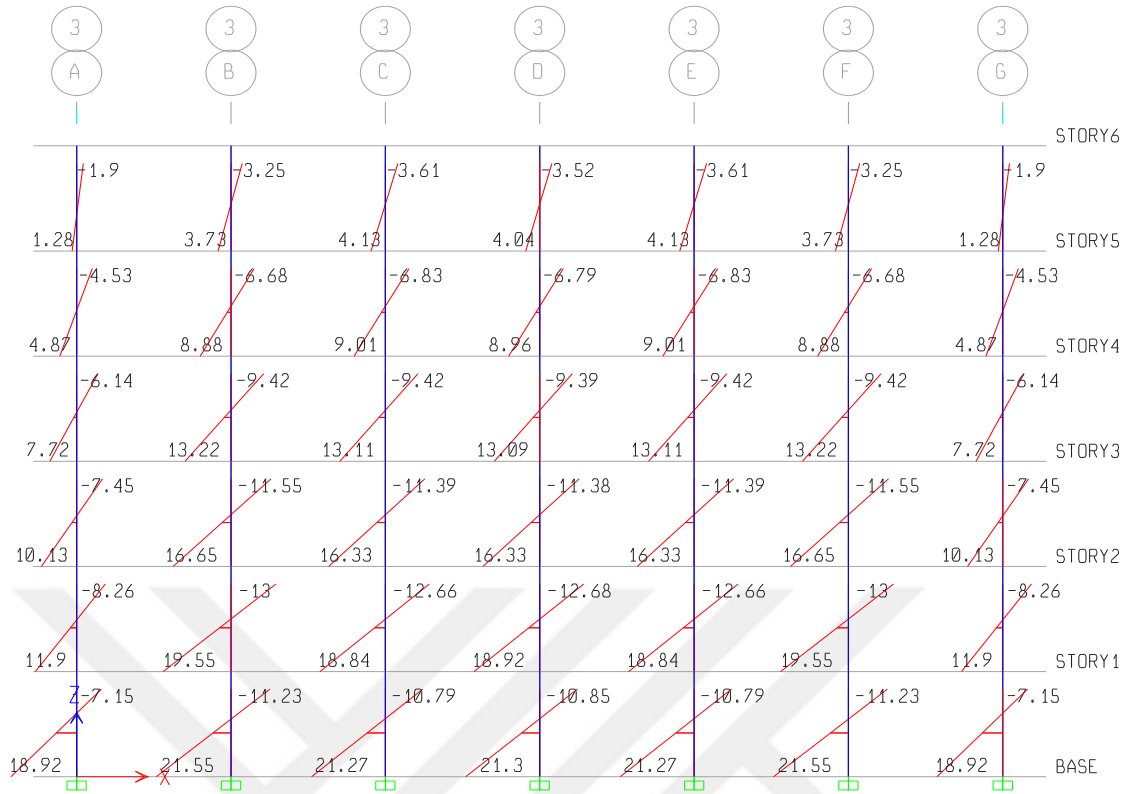
Çizelge 4.5. RB1 modeli ilk 3 moda ait periyodlar



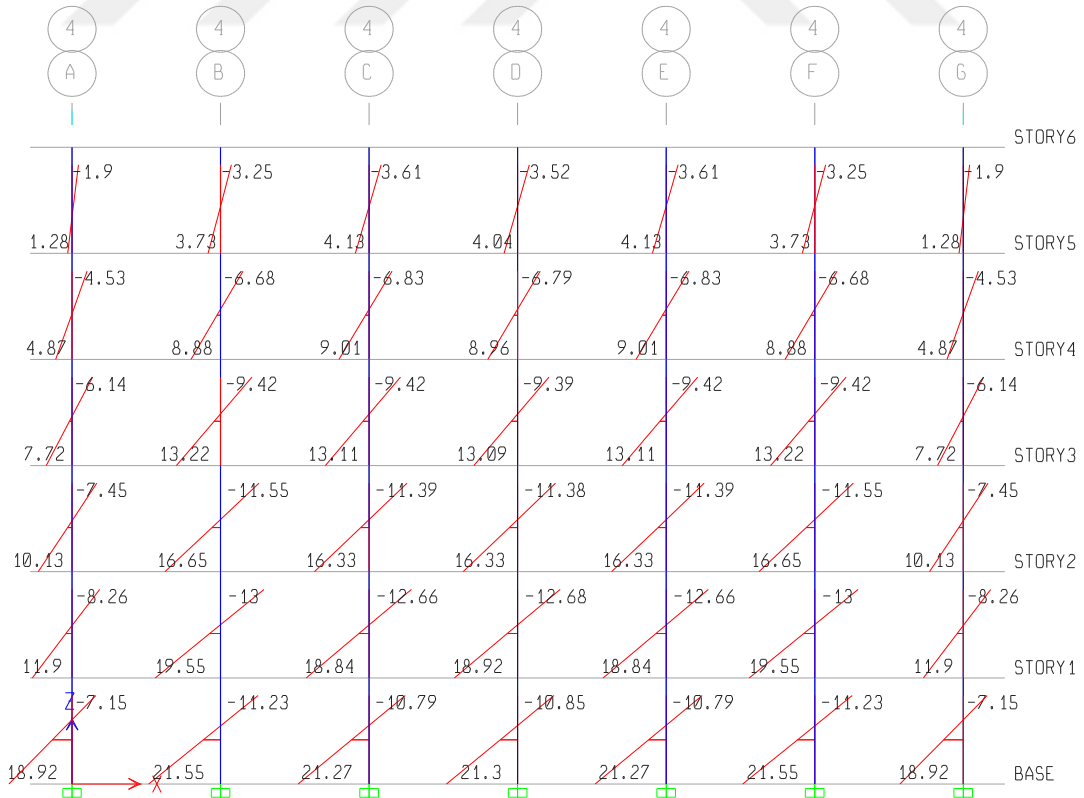
Şekil 4.55. RB1 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.56. RB1 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



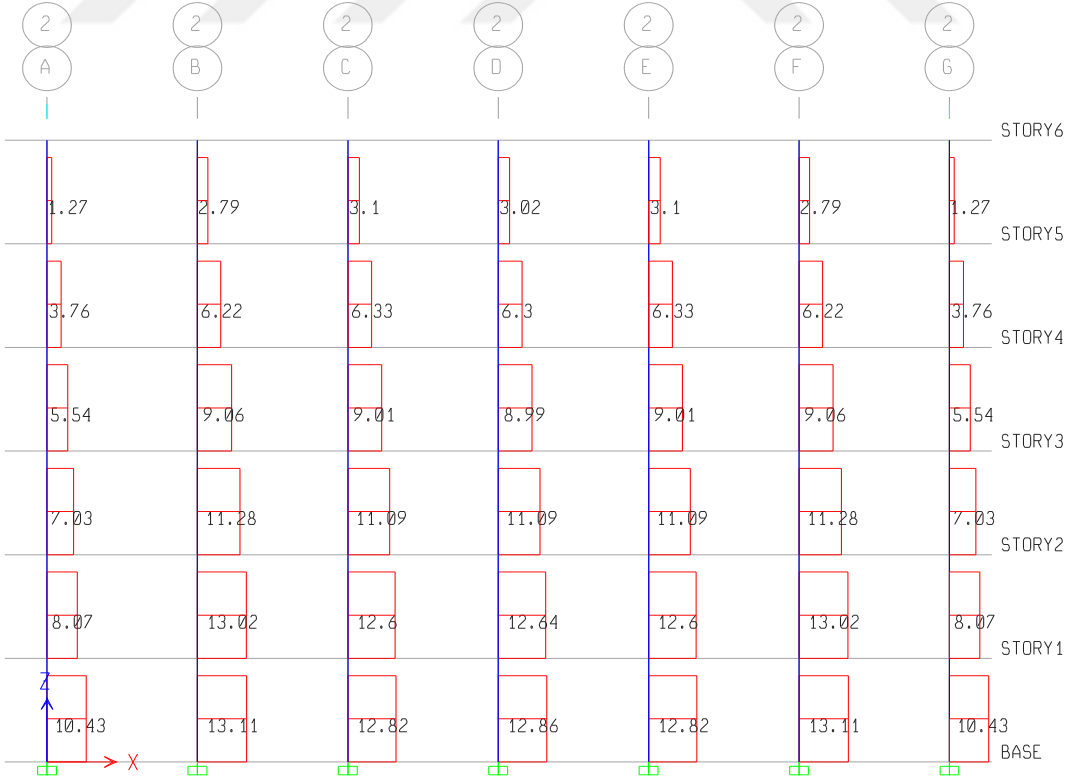
Şekil 4.57. RB1 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.58. RB1 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



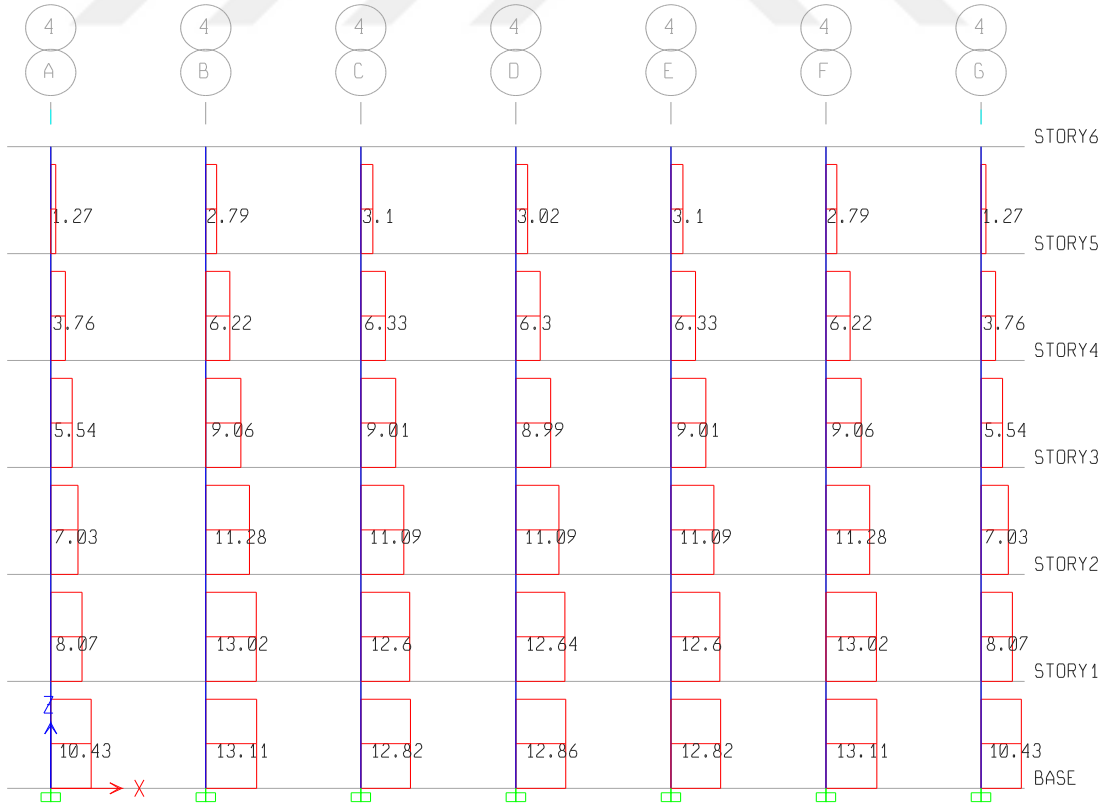
Şekil 4.59. RB1 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.60. RB1 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



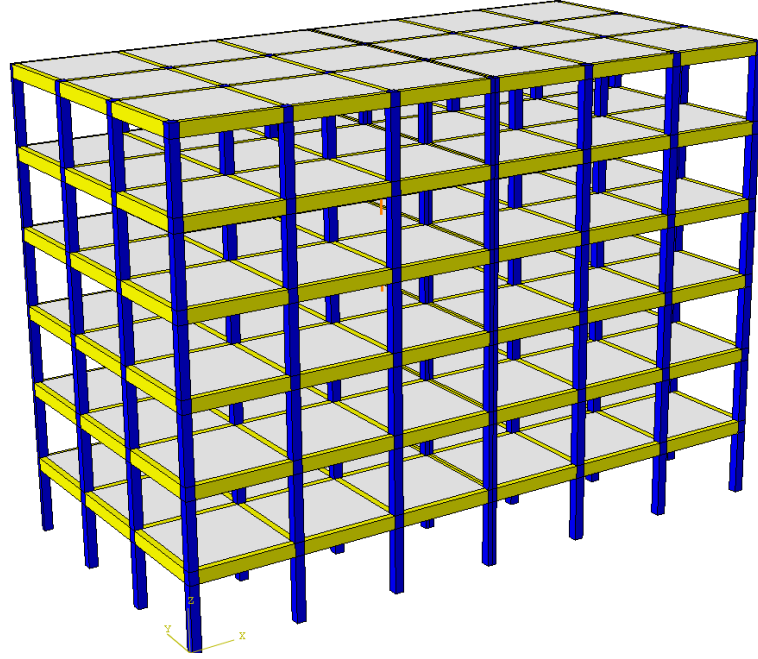
Şekil 4.61. RB1 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



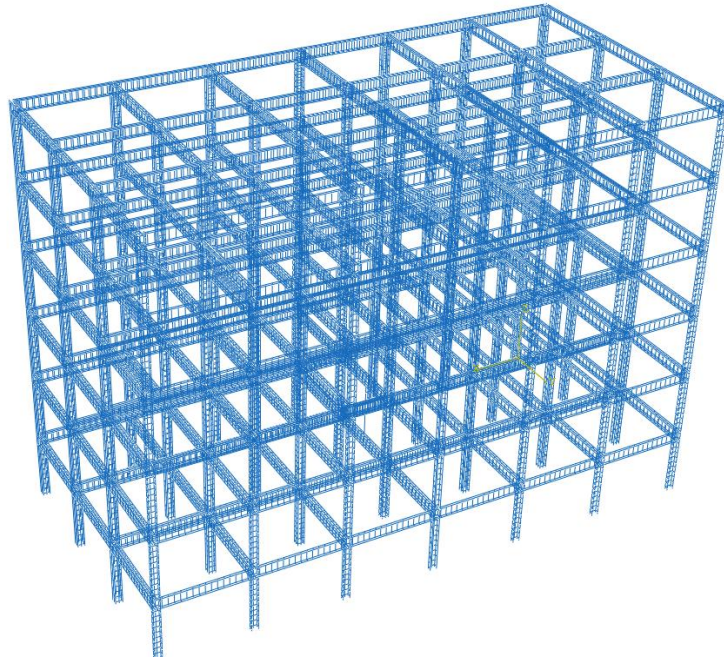
Şekil 4.62. RB1 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.3.8. Doğrusal olmayan analiz analiz sonuçları

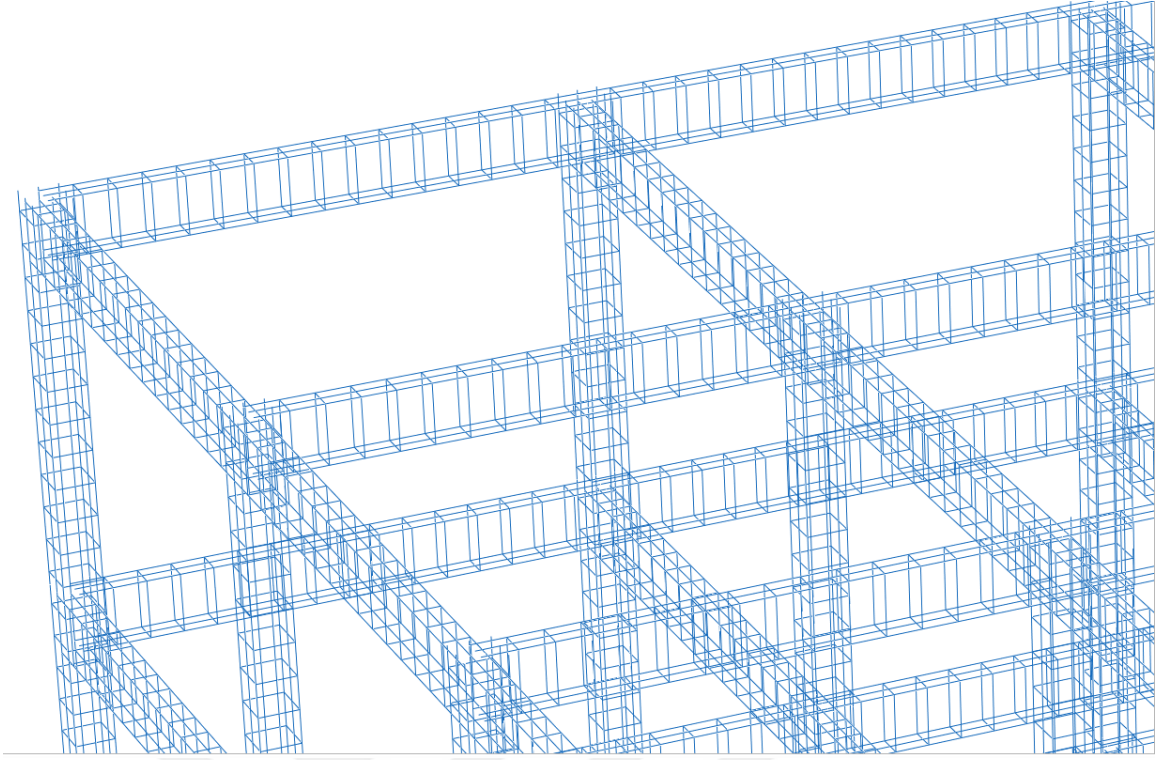
Referans model **RB1**'de herhangi bir güçlendirme uygulanmamış, sadece betonarme çerçeve modellenmiş ve yatay itme analizine tabi tutulmuştur. Referans binanın üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.63.'de, binanın donatılarında oluşan çerçeve modeli ise Şekil 4.64., Şekil 4.65. ve Şekil 4.66.'da verilmiştir.



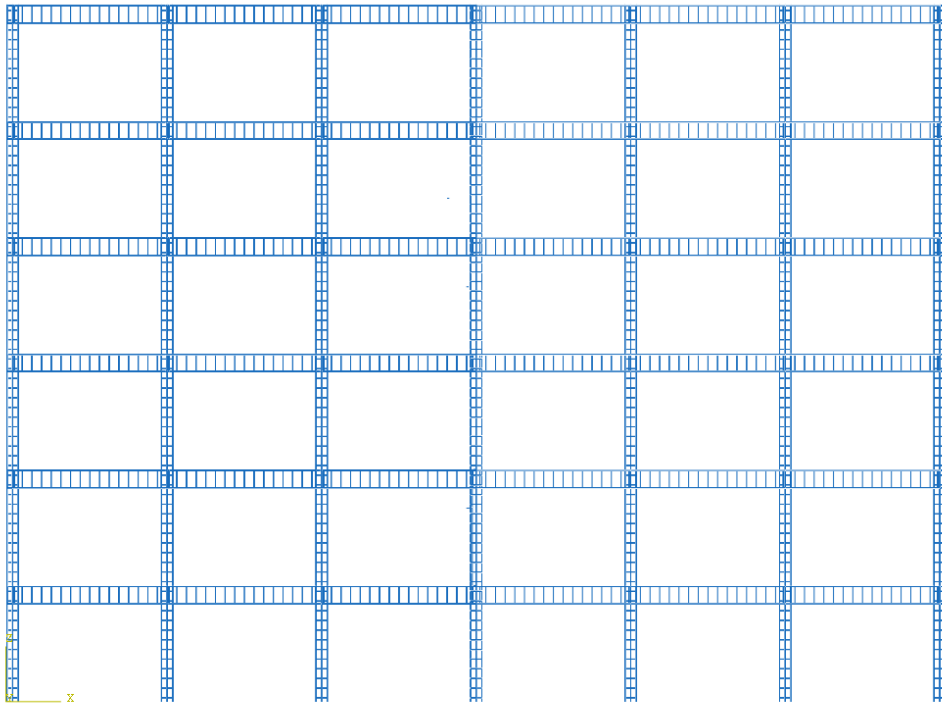
Şekil 4.63. RB1 modeli – 3B Abaqus modeli



Şekil 4.64. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-1



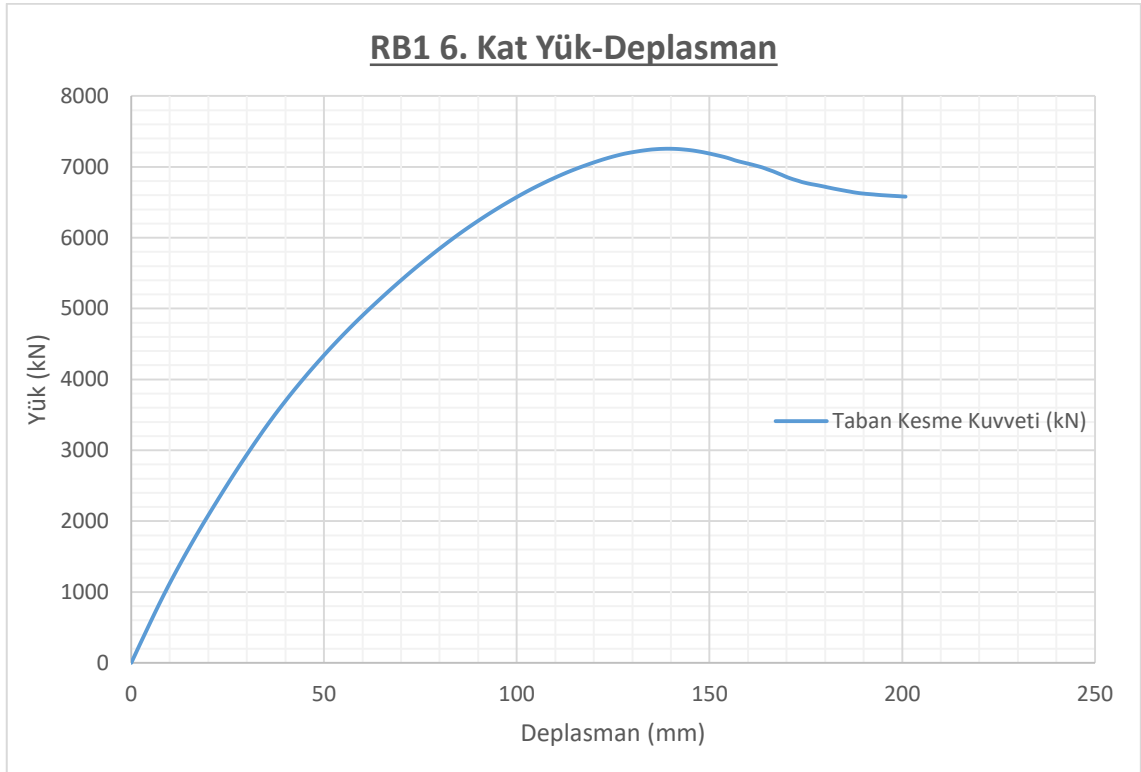
Şekil 4.65. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-2



Şekil 4.66. RB1 – 3B Abaqus modeli donatıları-3

RB1 referans bina modelinde binada yatay itme analizi sonucunda elde edilen, toplam taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği Şekil 4.67.'de

verilmiştir. Grafikde gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (**convergence**) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.

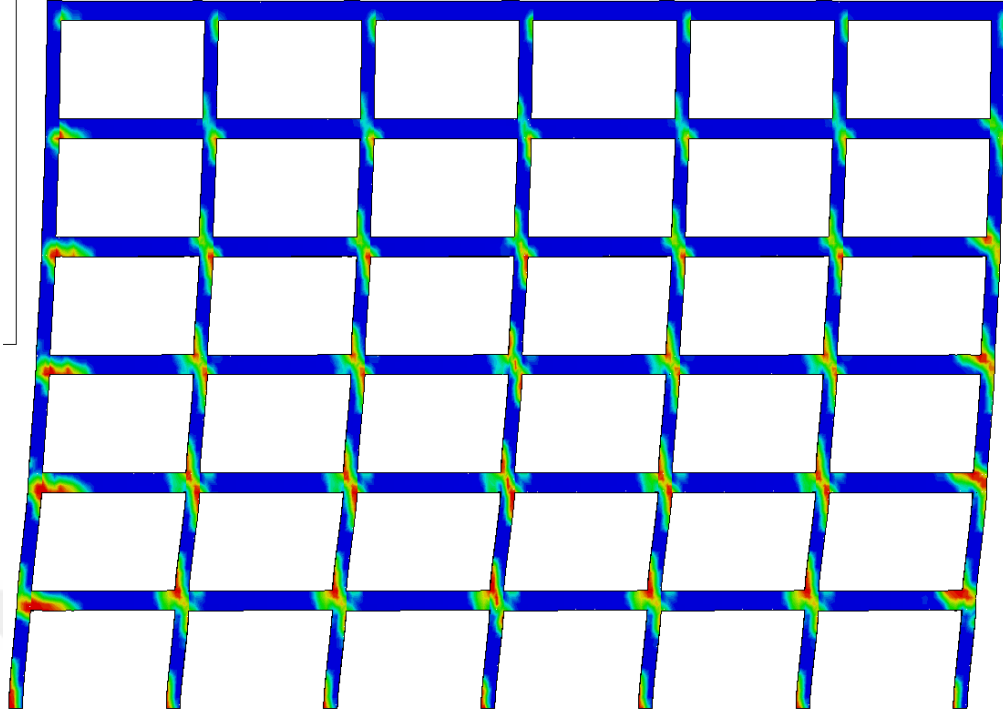


Şekil 4.67. RB1 modeli yük – deplasman grafiği

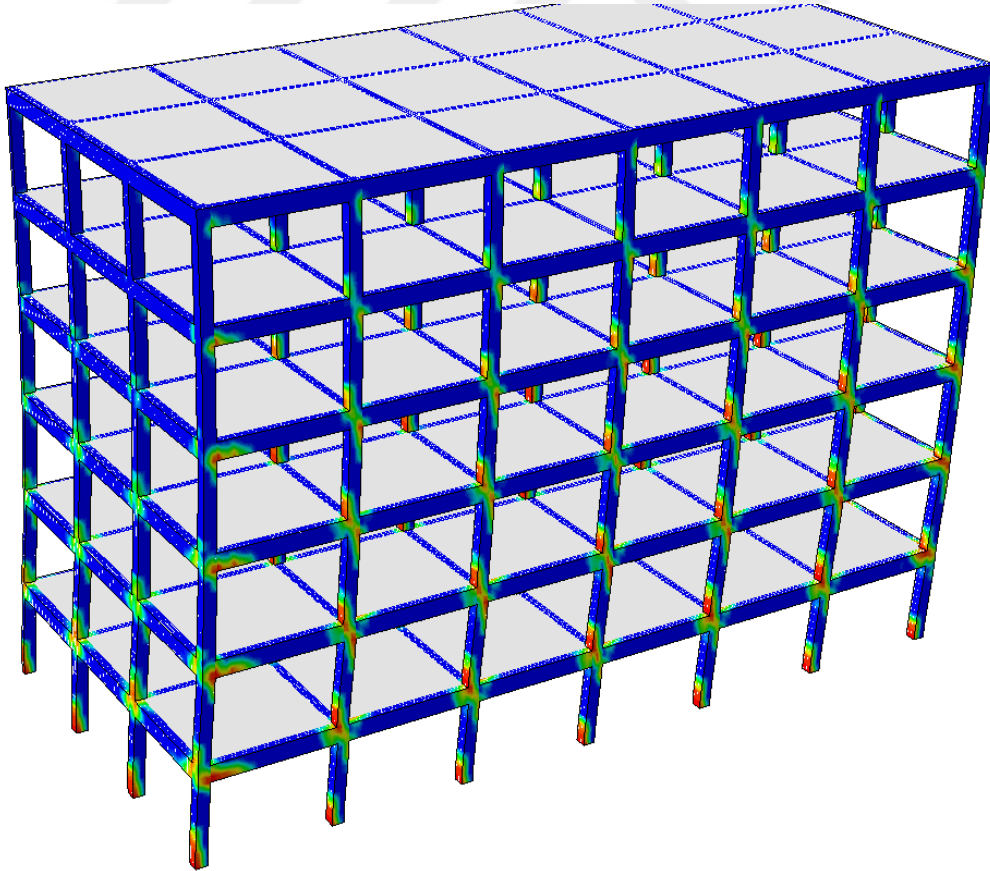
Referans model **RB1**'de yatay itme analizinde maksimum 7255.8 kN yatay yüke dayanmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 139.35 mm deplasmana maruz kalmıştır. Binada maksimum yükleme altında, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.68. ve Şekil 4.69.'da verilmiştir. Şekil 4.68.'daki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Şekil 4.70. ve Şekil 4.71.'de ise, binanın %1 tepe deplasmanına ($\Delta^{%1}_{Tepe}$) geldiği analiz adımı elde edilen ve betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları verilmiştir.

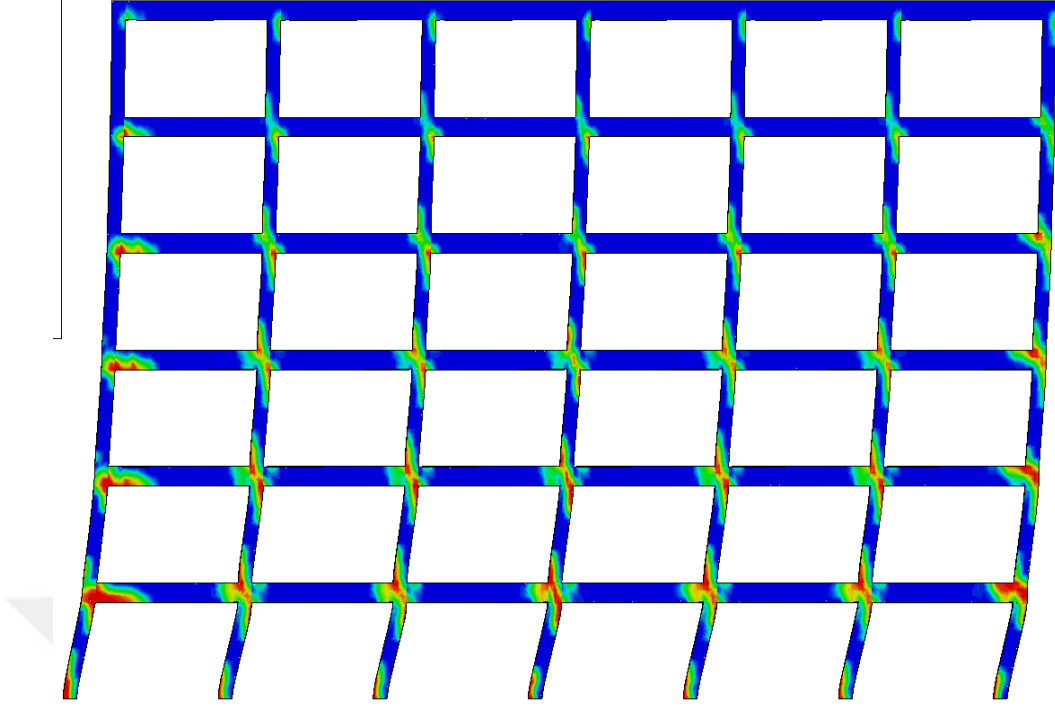
Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.72. - Şekil 4.85. arasında verilmiştir.



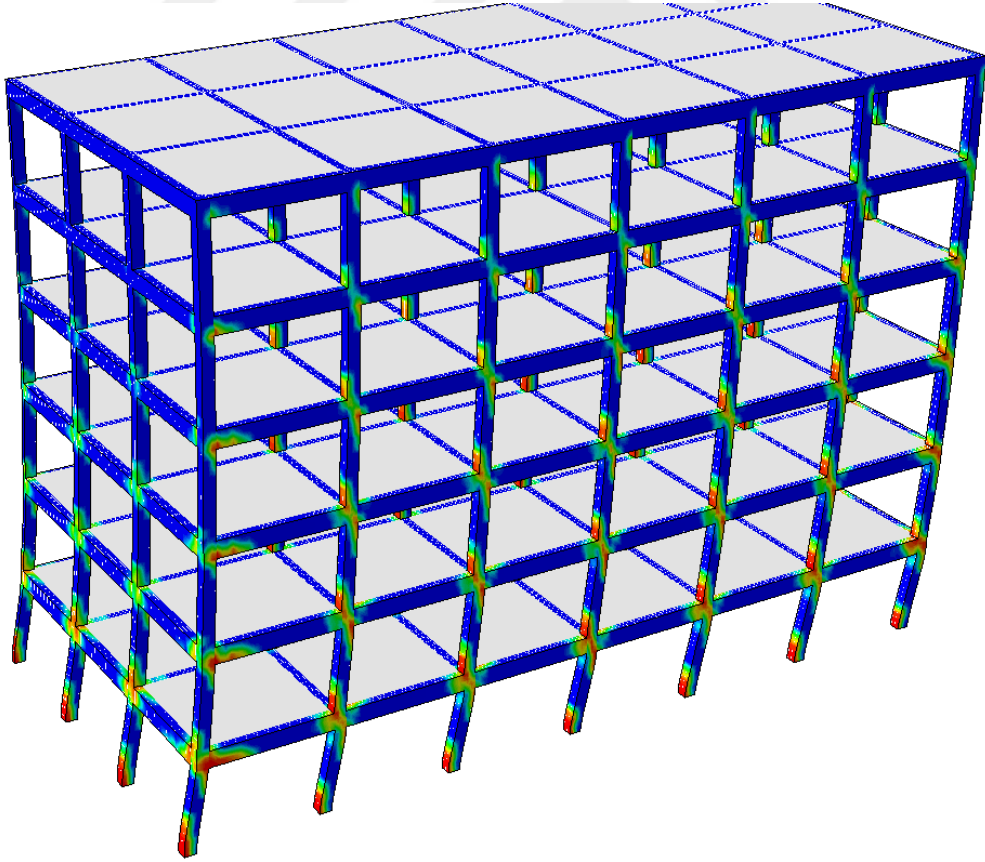
Şekil 4.68. F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) yatay yük adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı



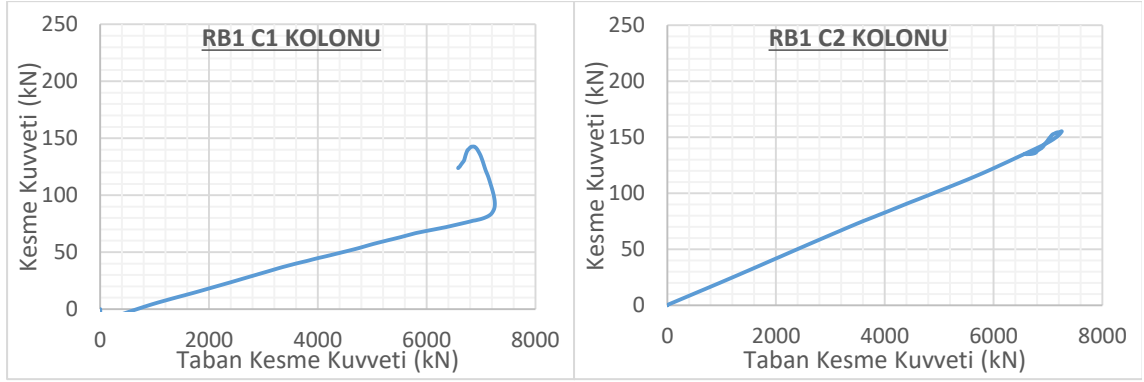
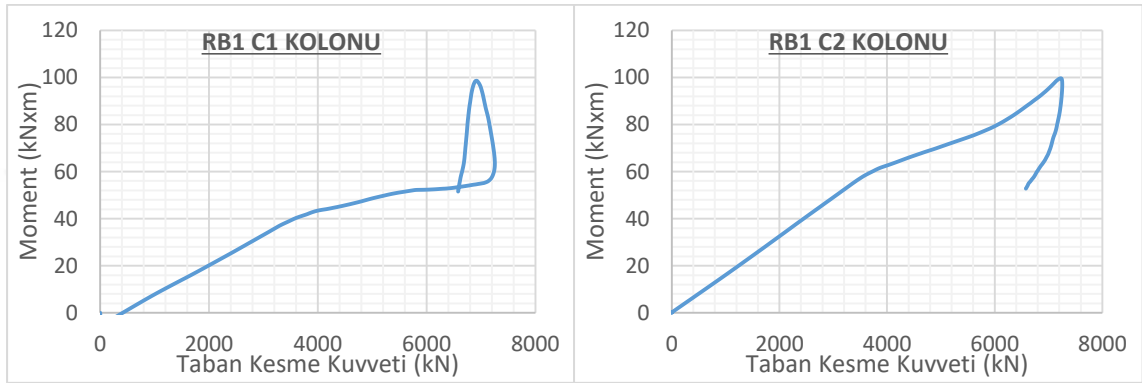
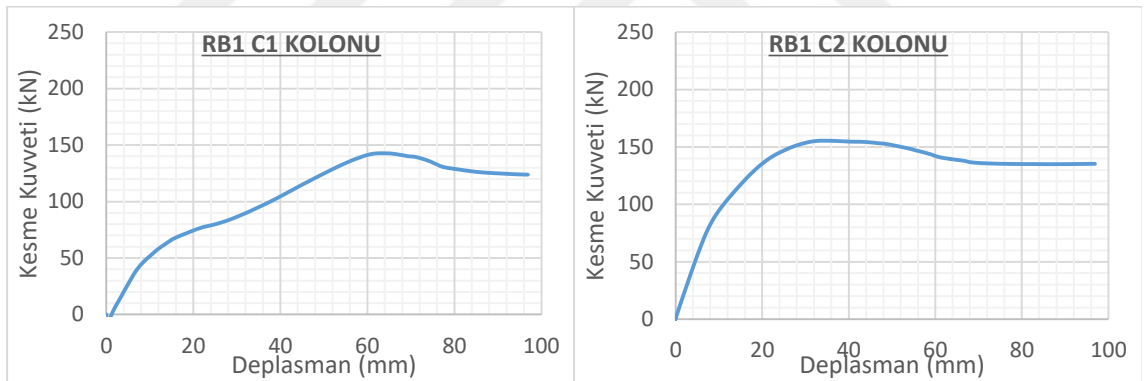
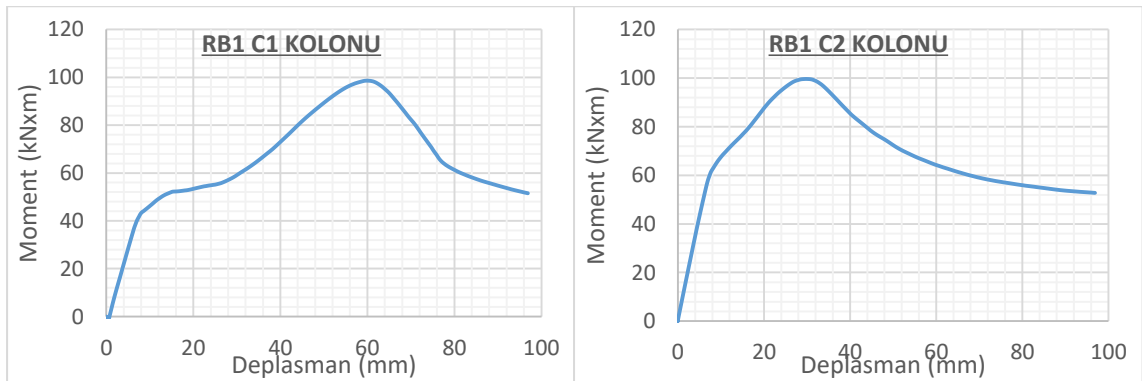
Şekil 4.69. F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) yatay yük adımımda, oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü



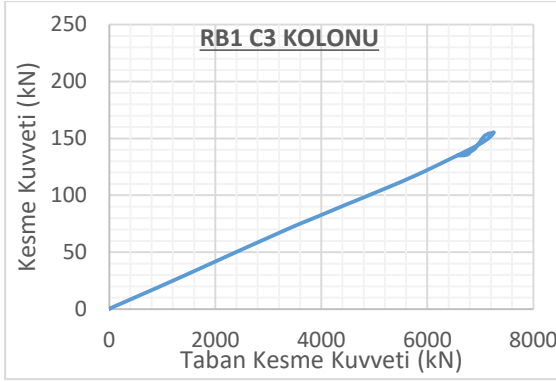
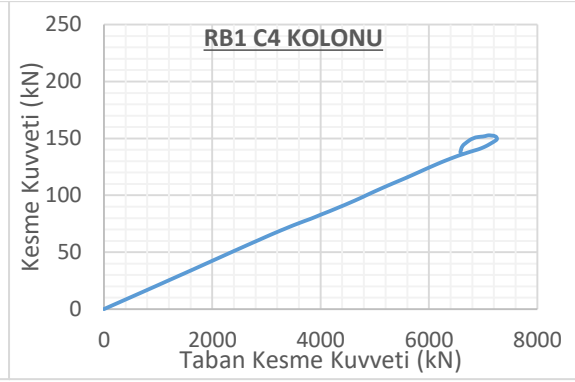
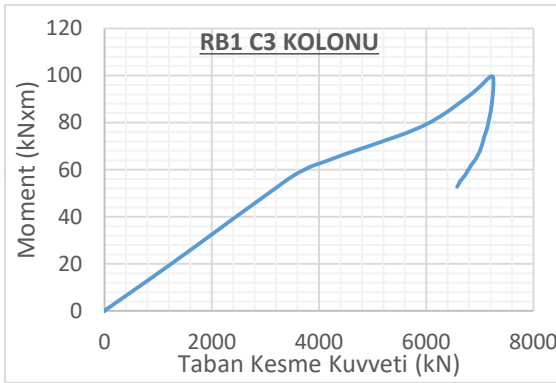
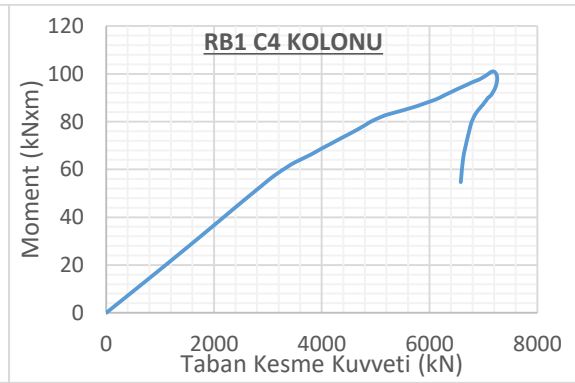
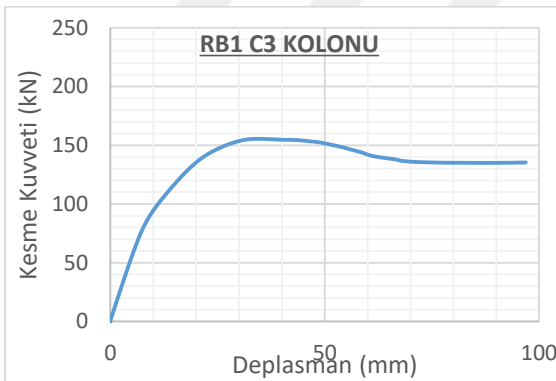
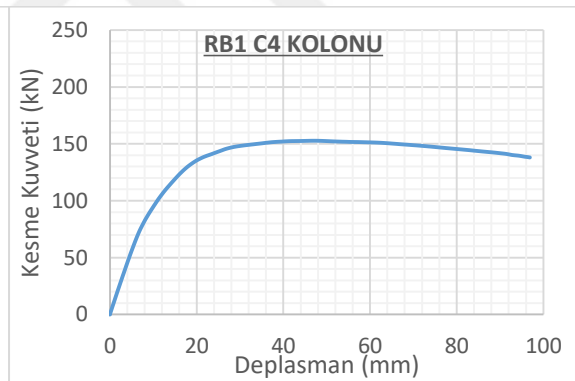
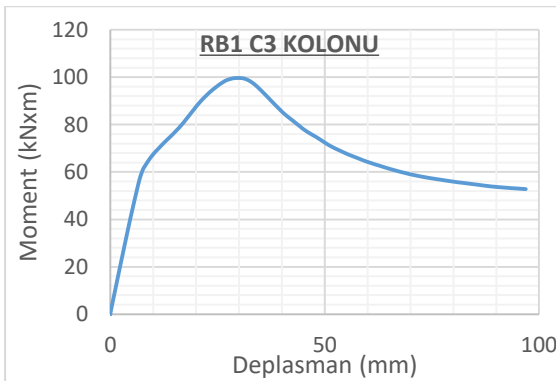
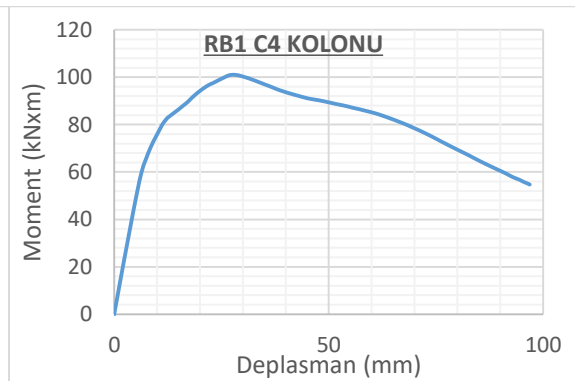
Şekil 4.70. $\Delta^{%1}_{Tep e}$ deplasman yükü adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı



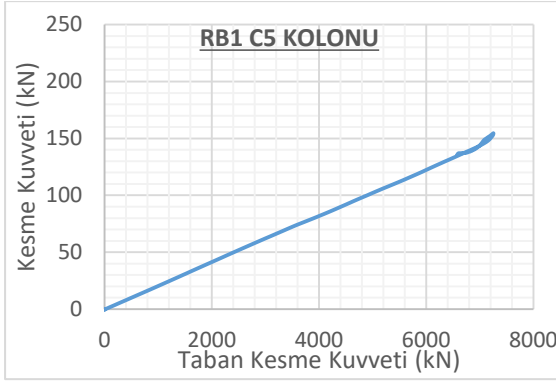
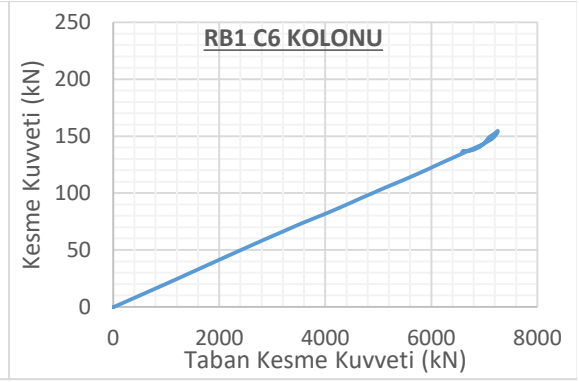
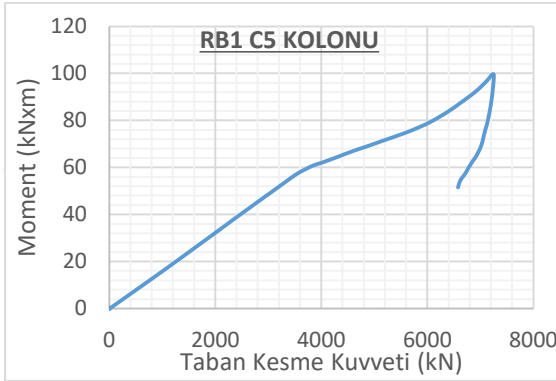
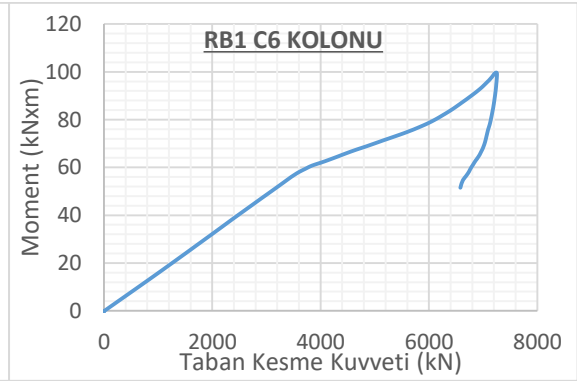
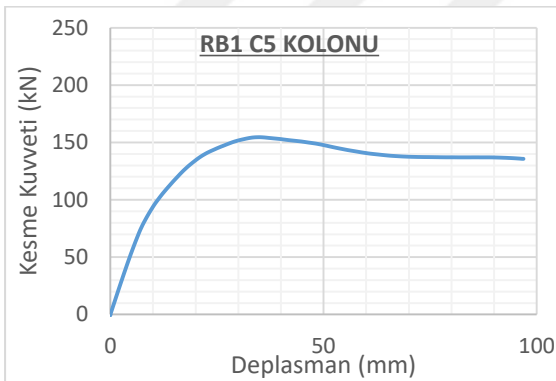
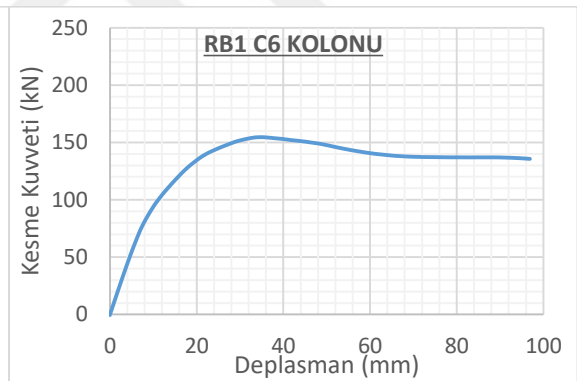
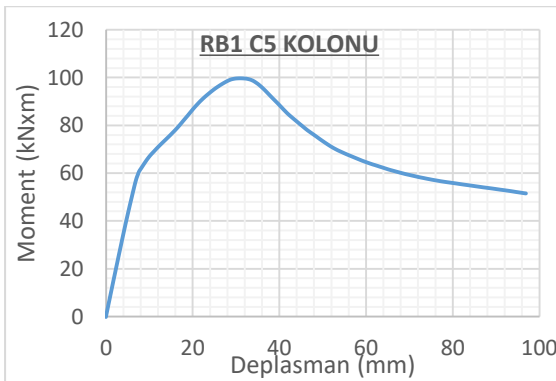
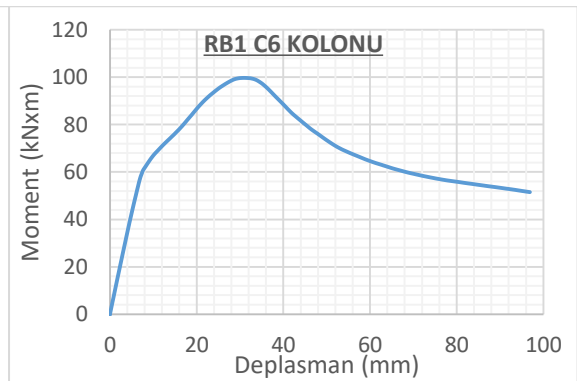
Şekil 4.71. $\Delta^{%1}_{Tep e}$ deplasman seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

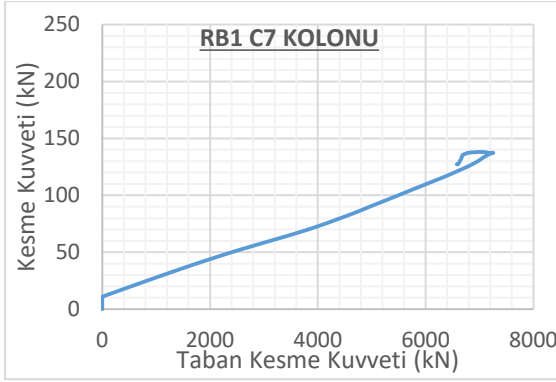
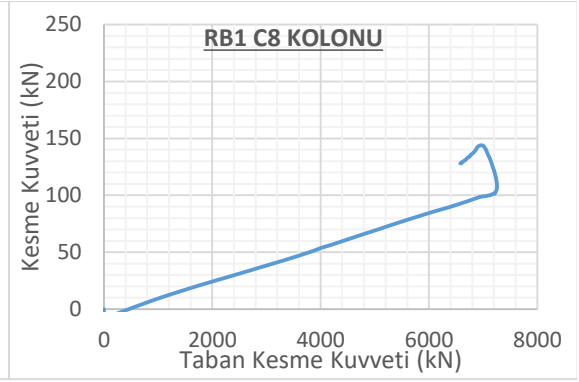
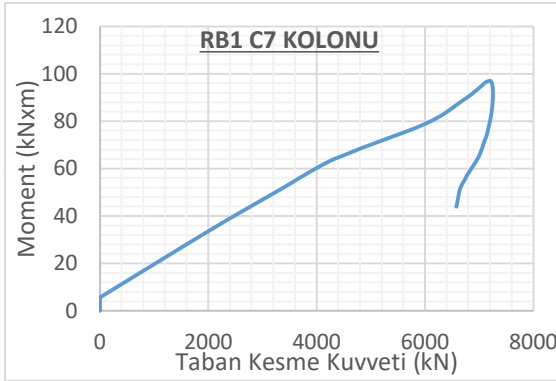
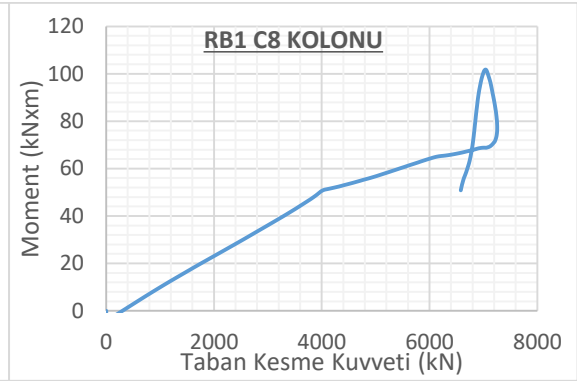
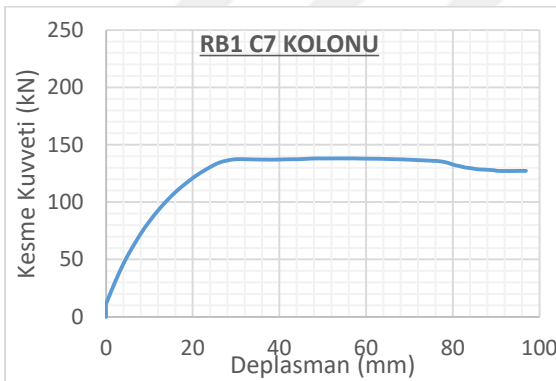
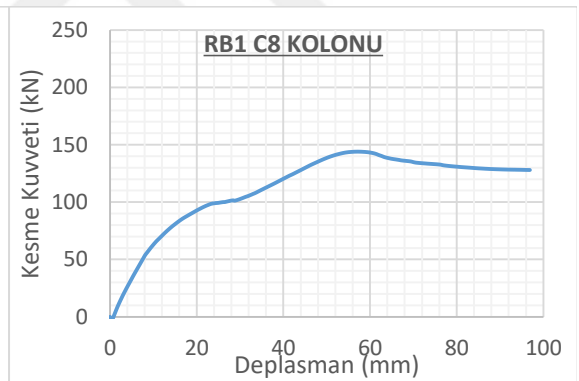
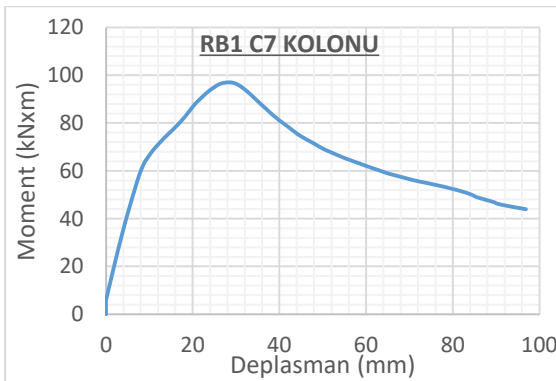
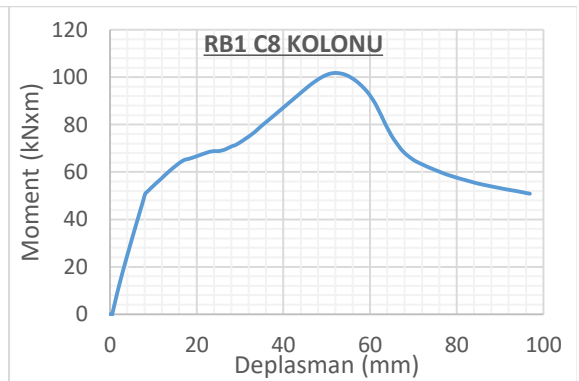
Şekil 4.72. RB1 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

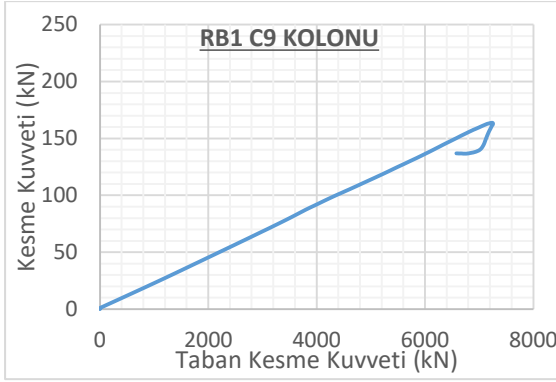
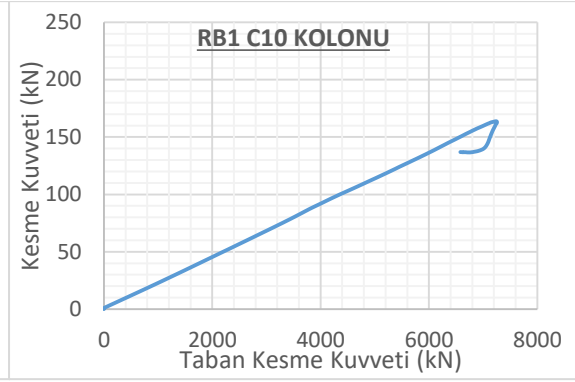
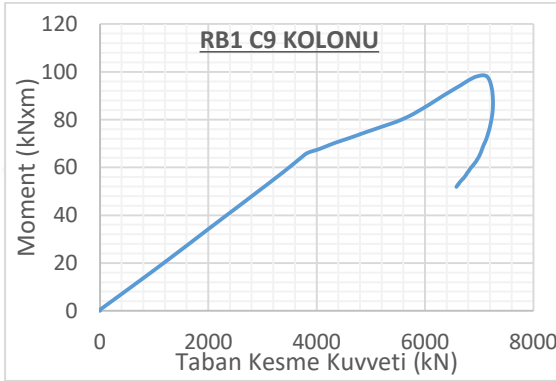
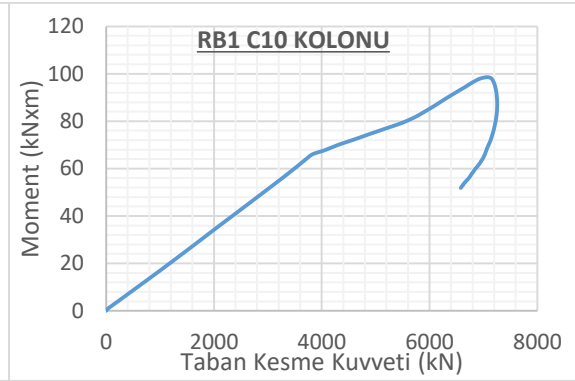
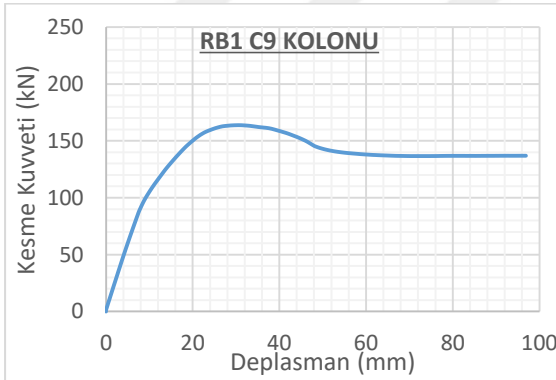
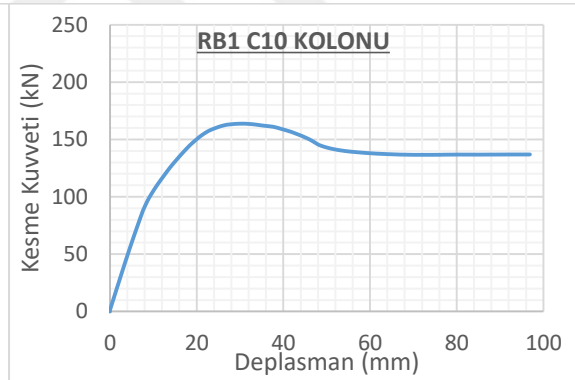
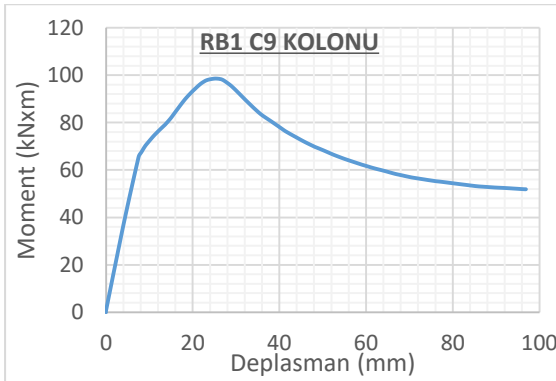
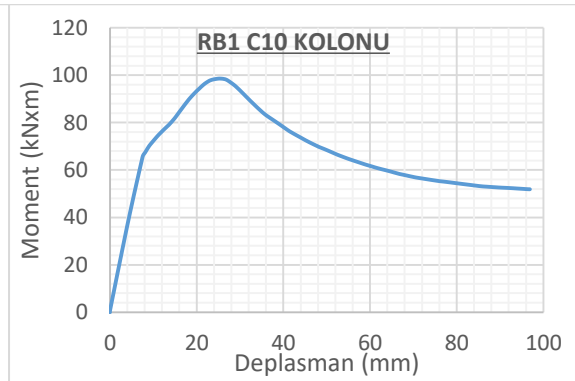
Şekil 4.73. RB1 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

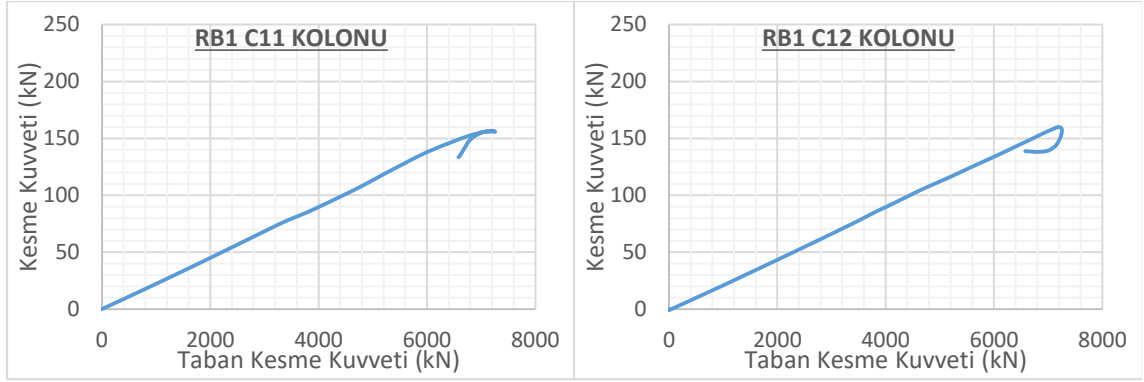
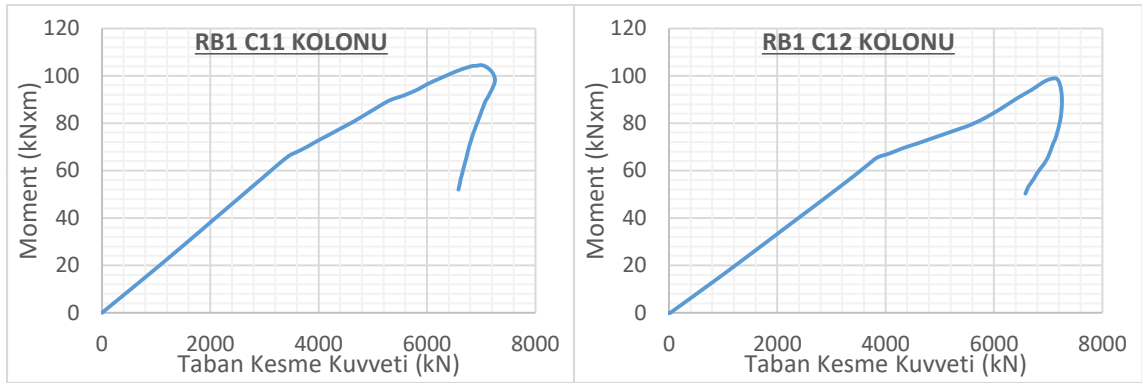
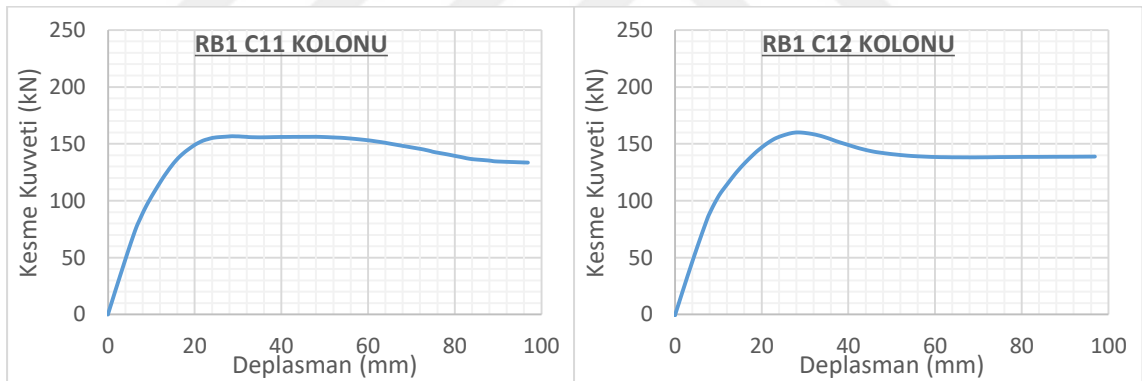
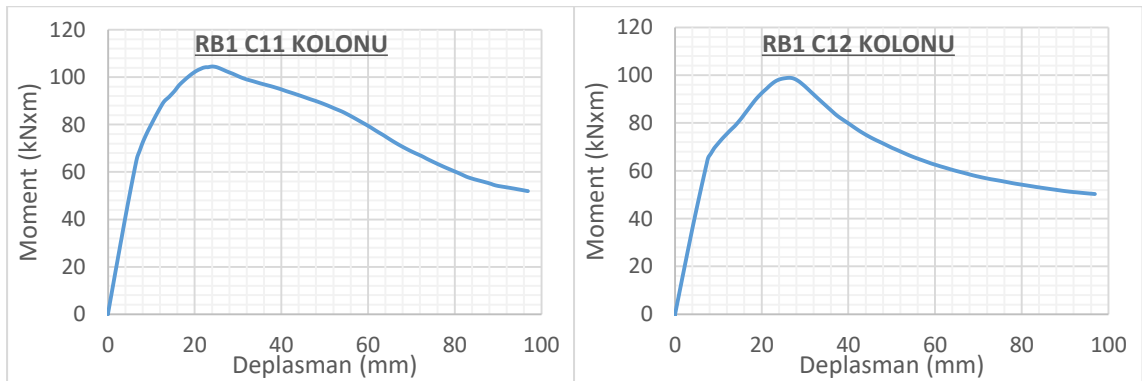
Şekil 4.74. RB1 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

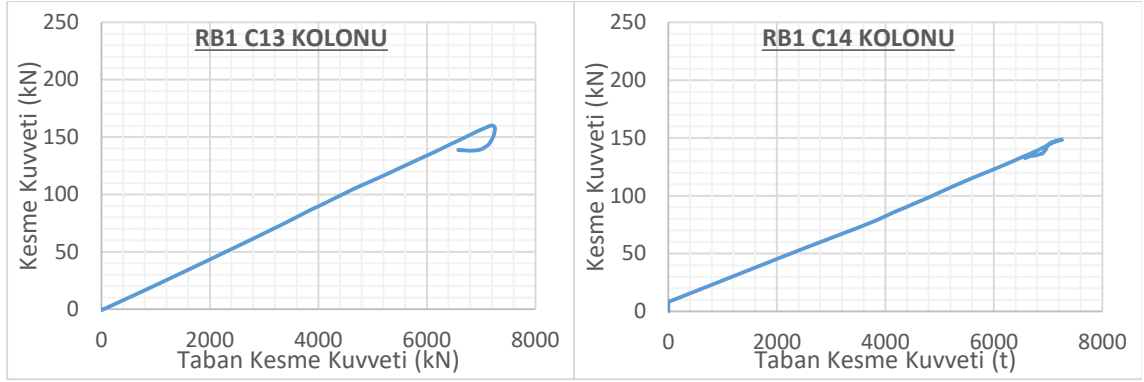
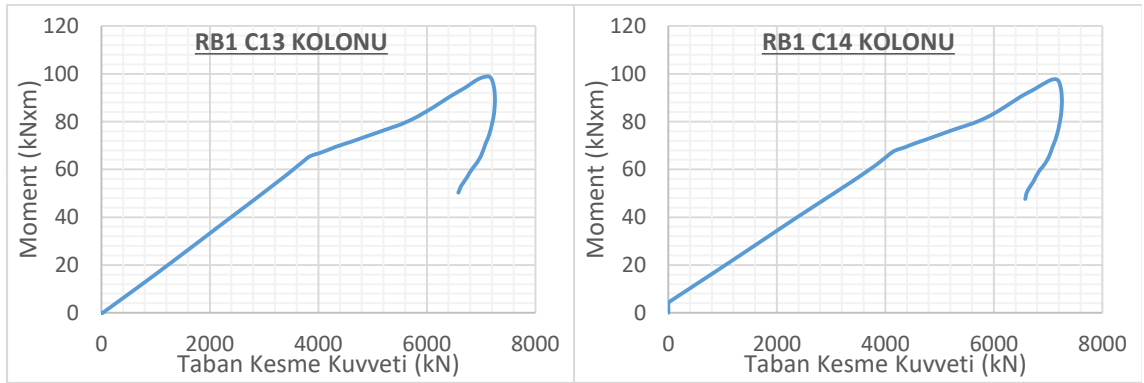
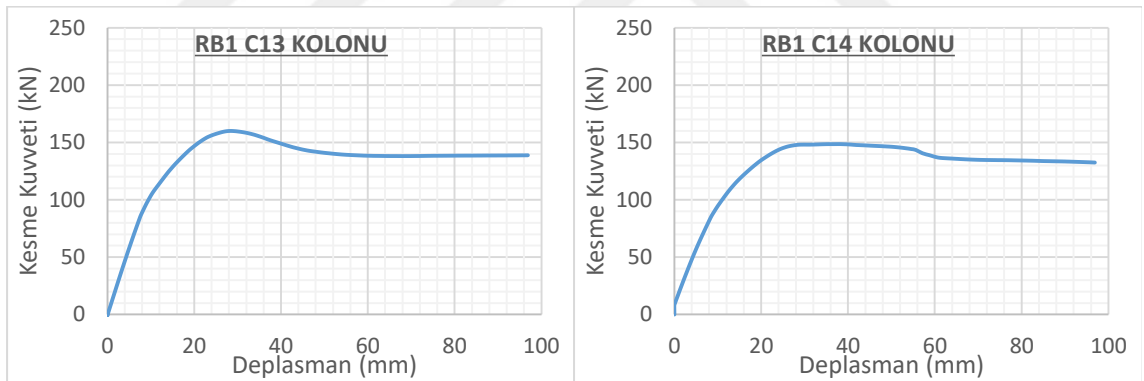
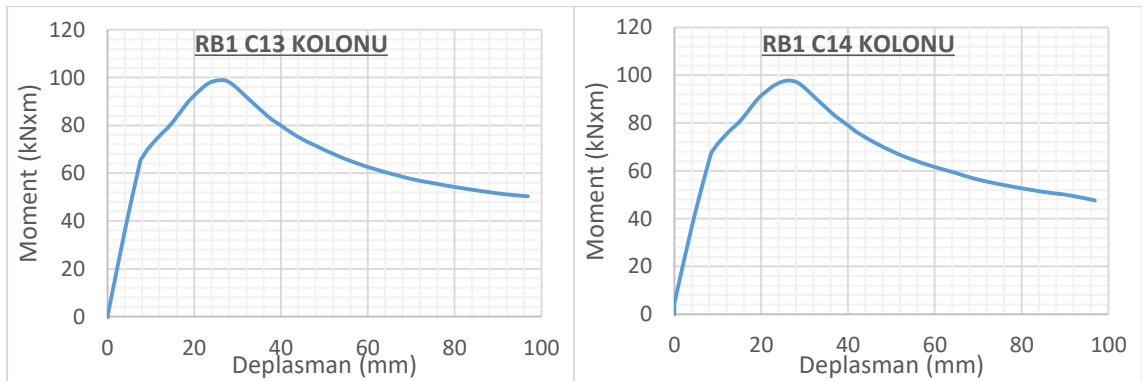
Şekil 4.75. RB1 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

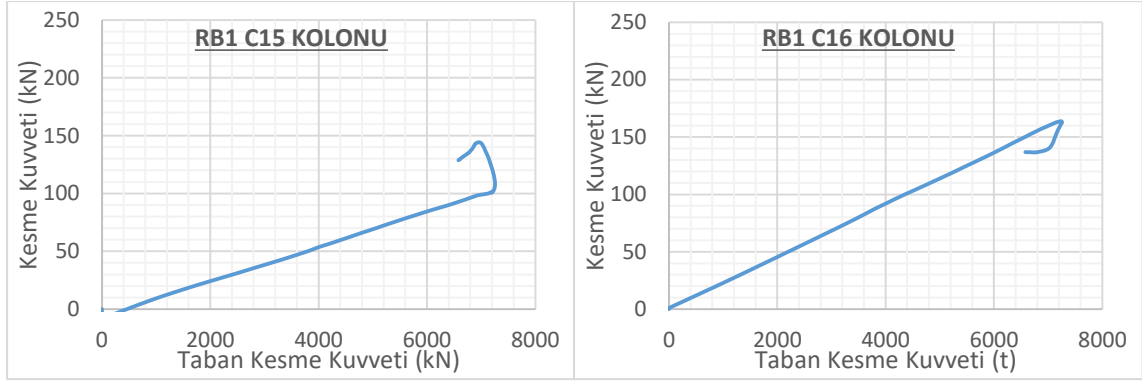
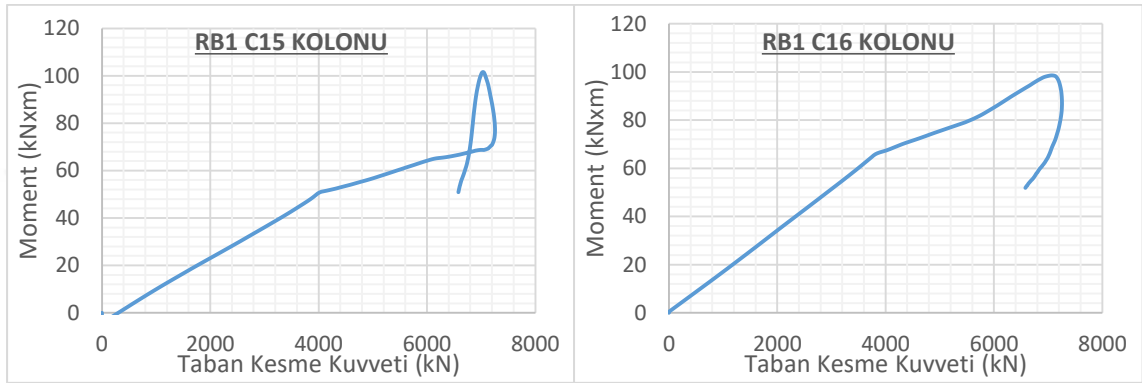
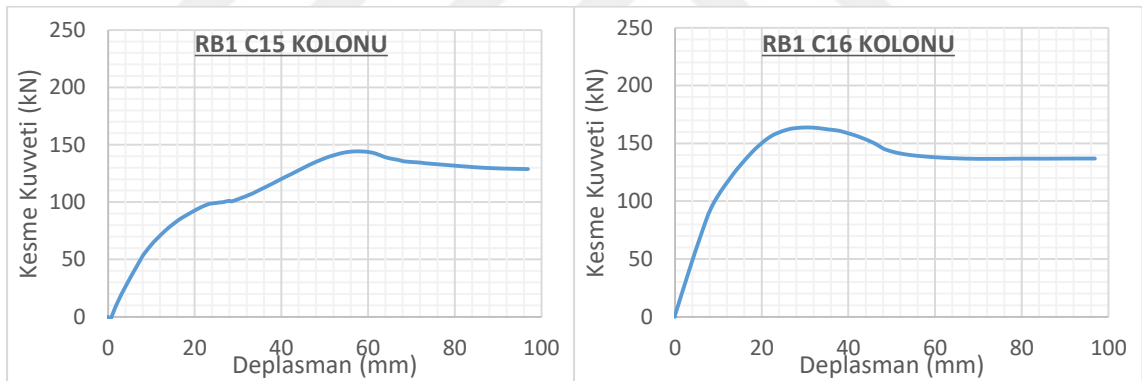
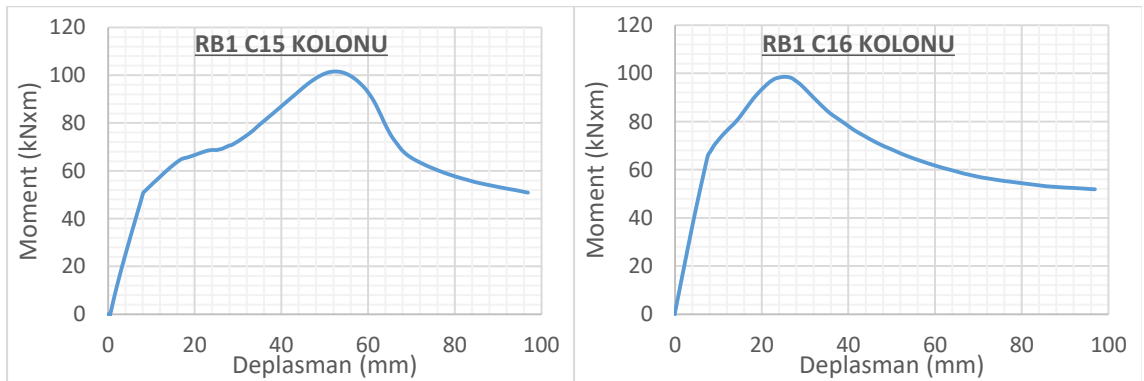
Şekil 4.76. RB1 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

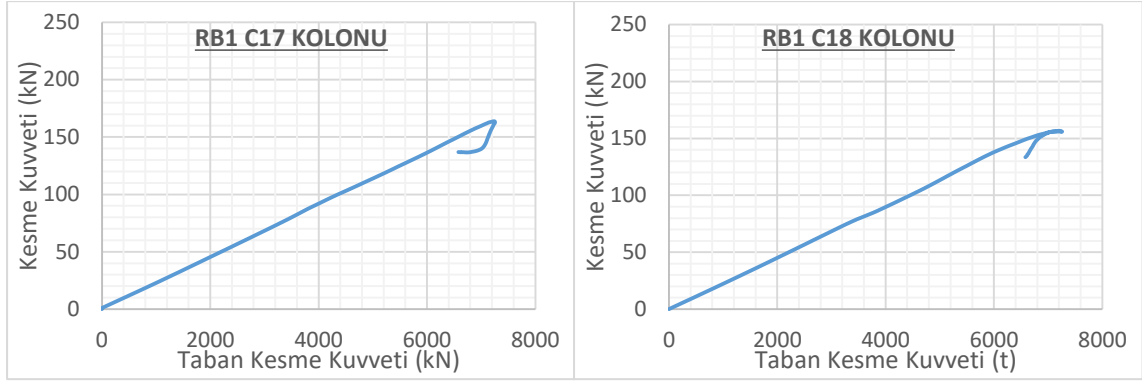
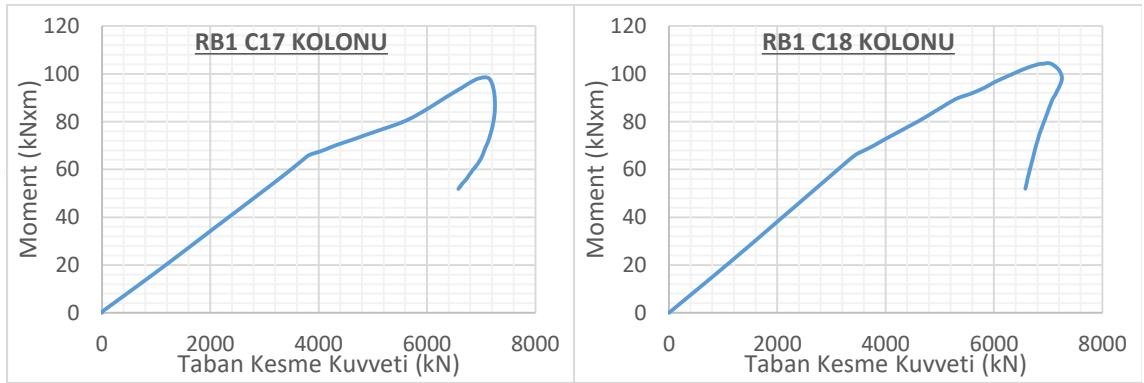
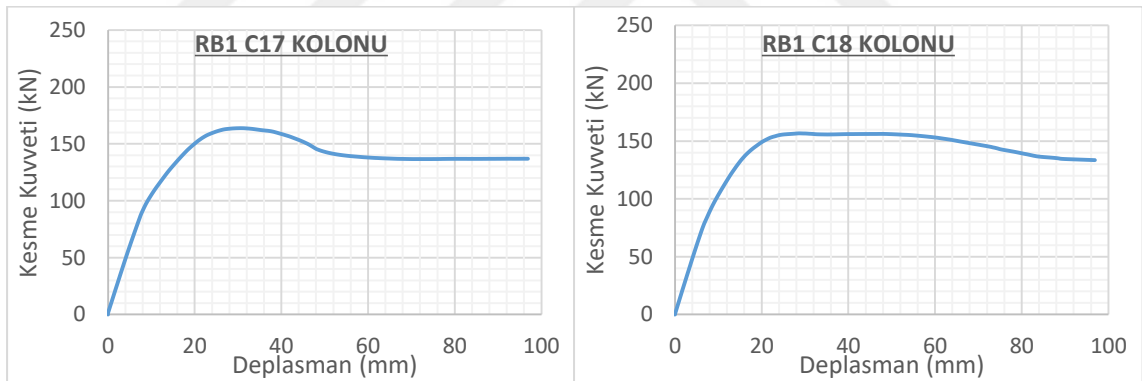
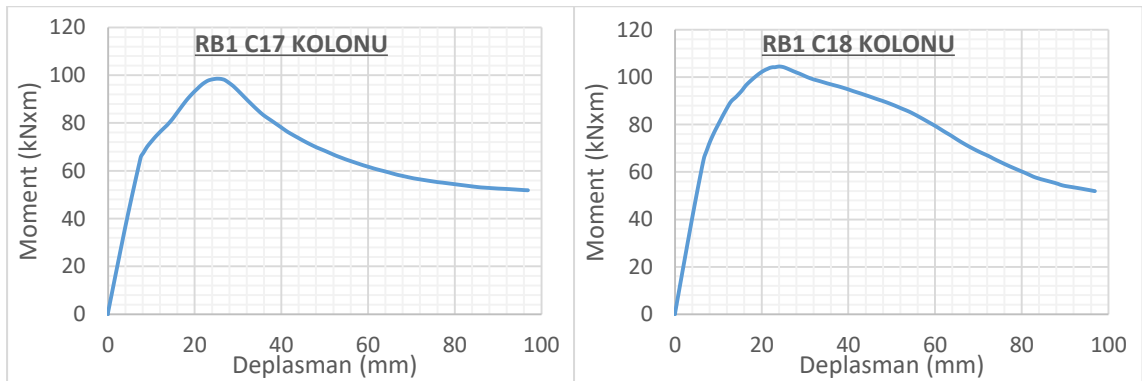
Şekil 4.77. RB1 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

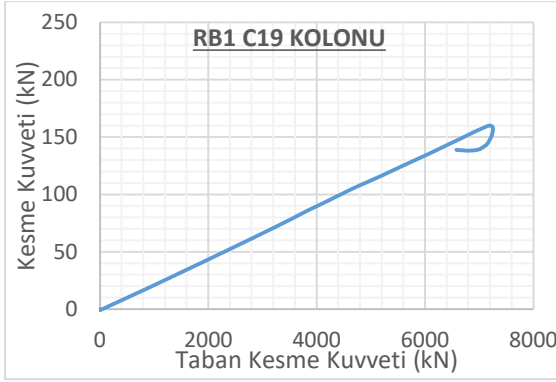
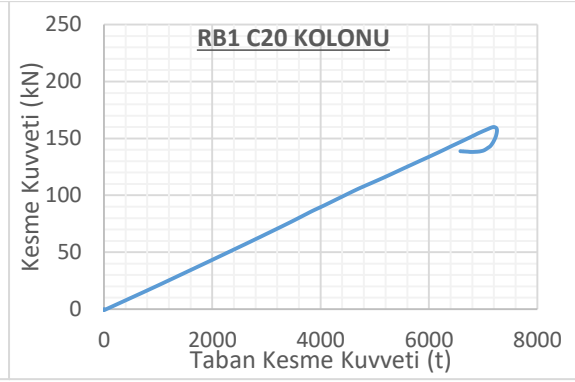
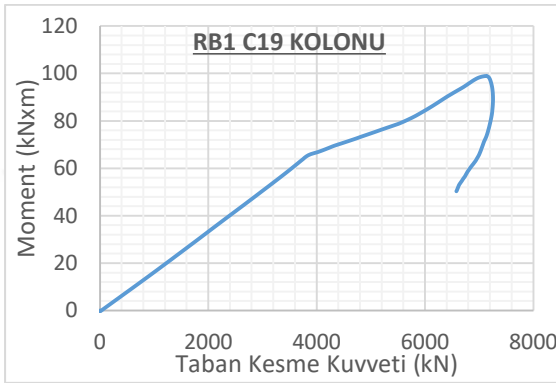
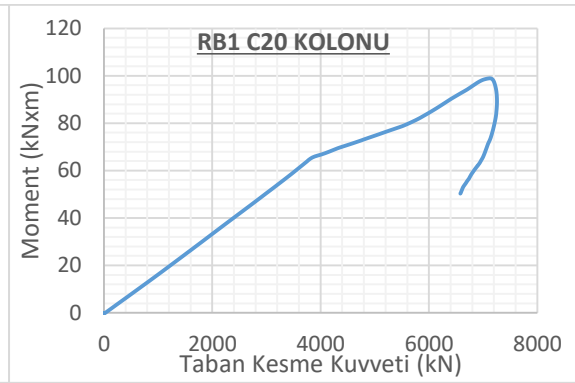
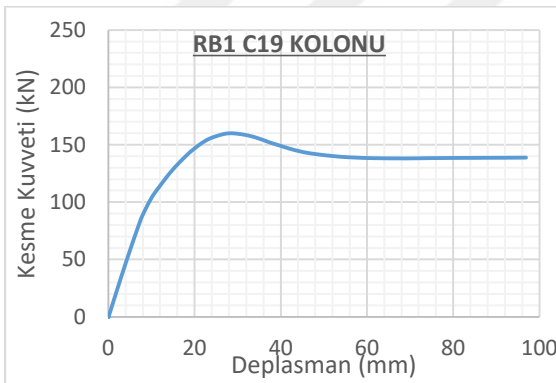
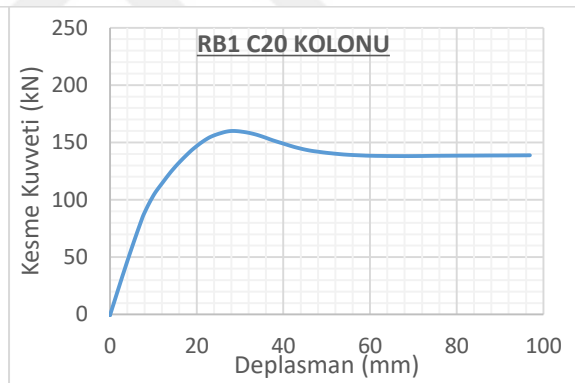
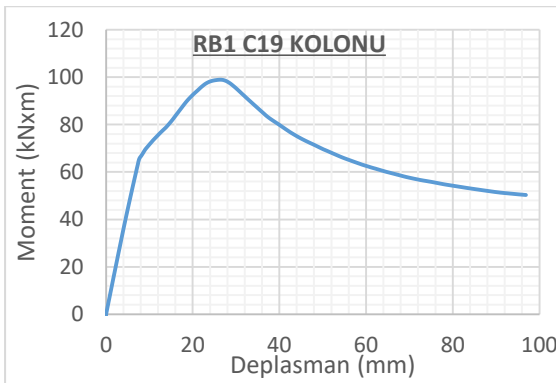
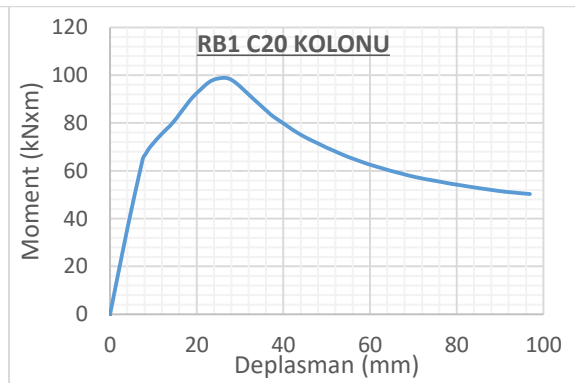
Şekil 4.78. RB1 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

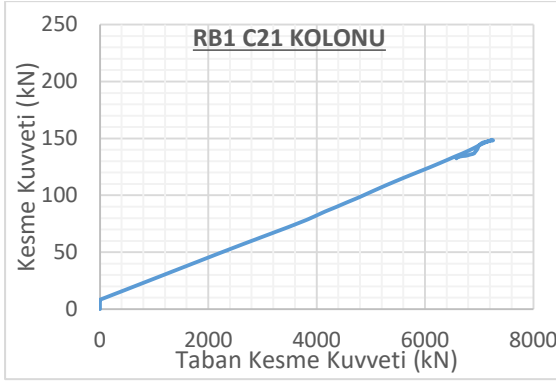
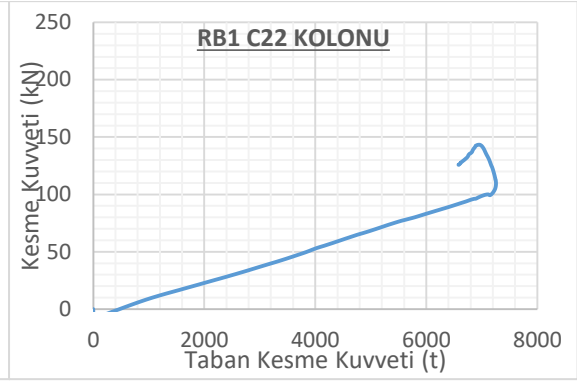
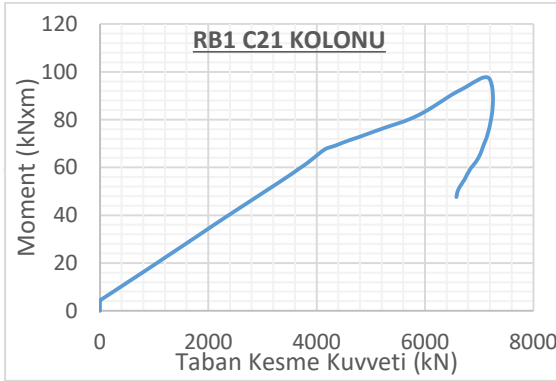
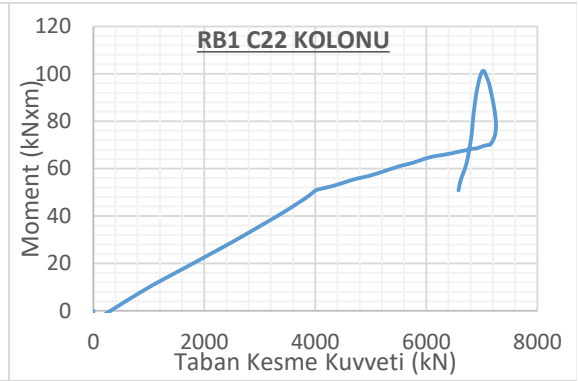
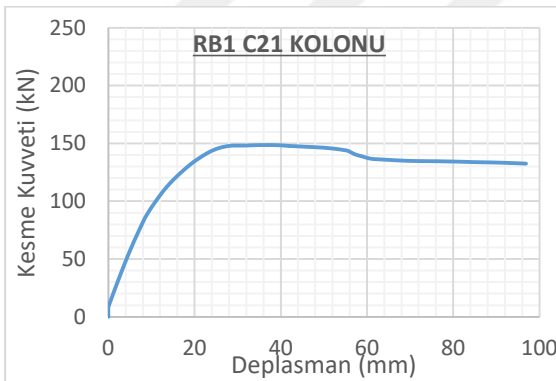
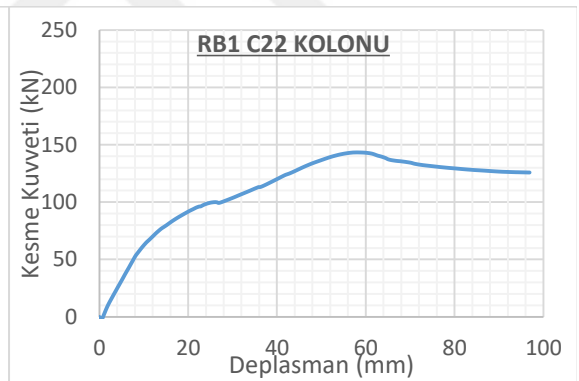
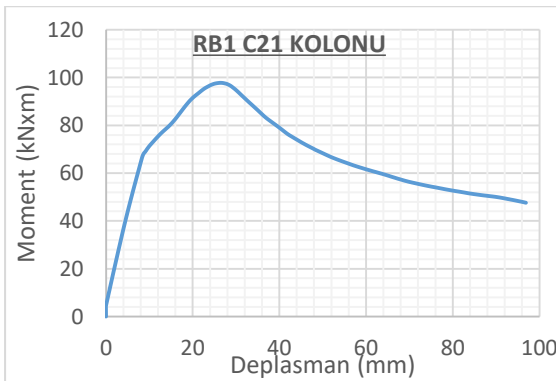
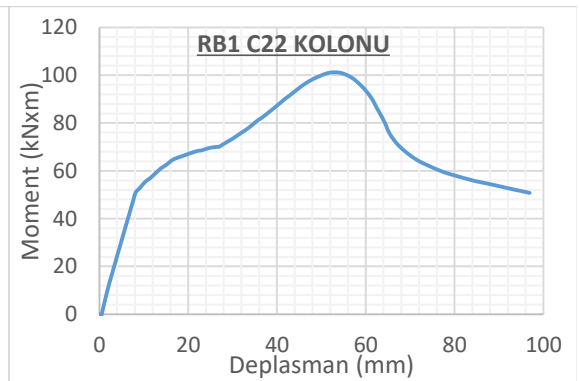
Şekil 4.79. RB1 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

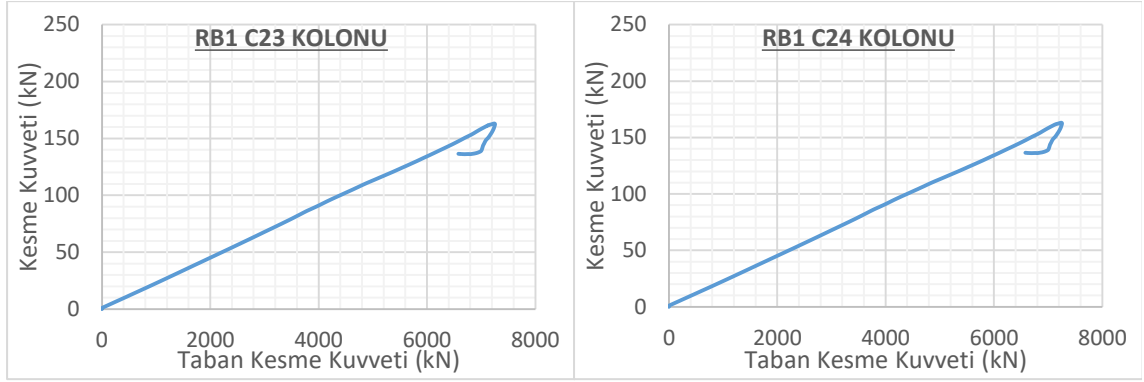
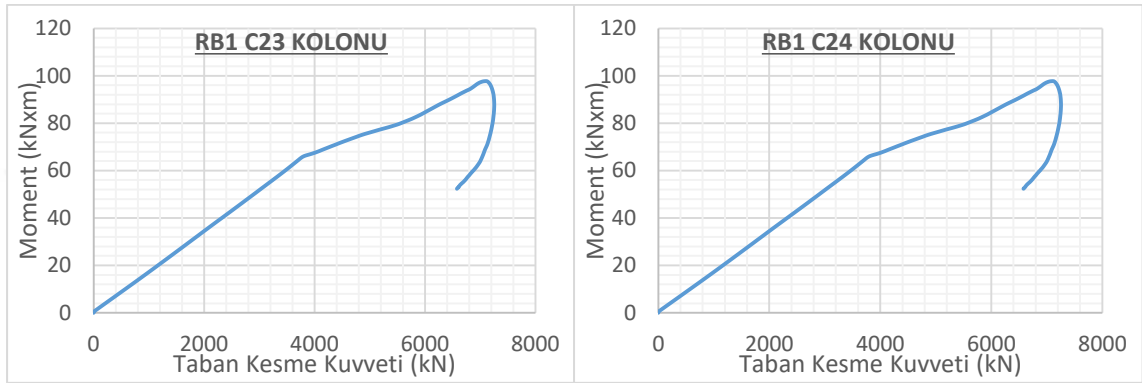
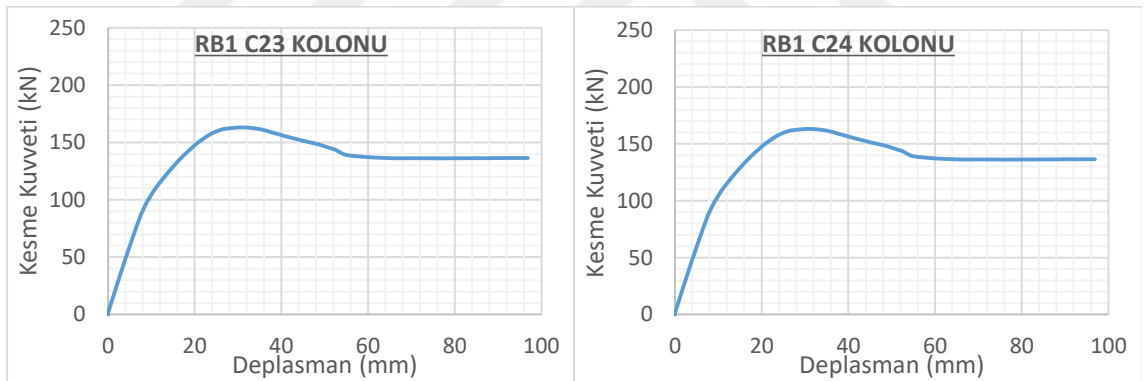
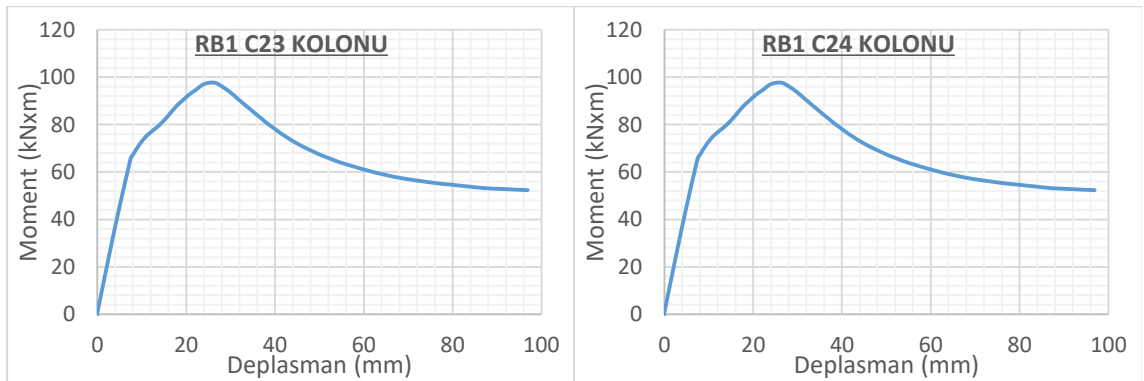
Şekil 4.80. RB1 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

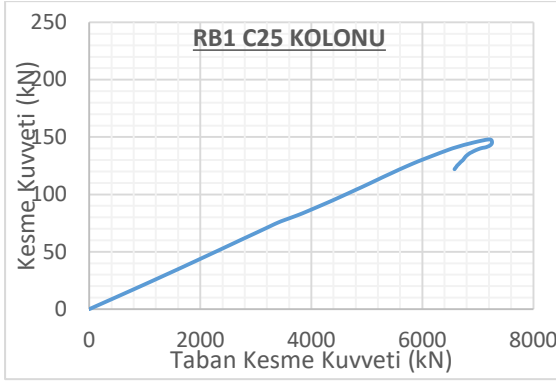
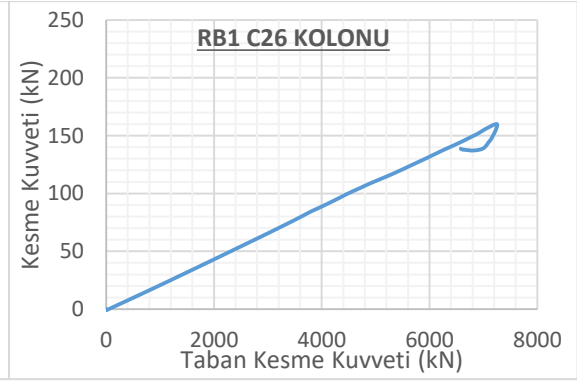
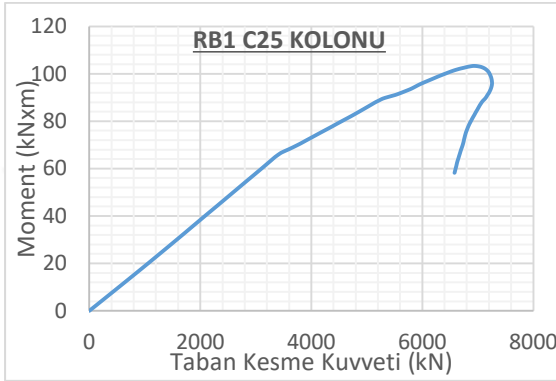
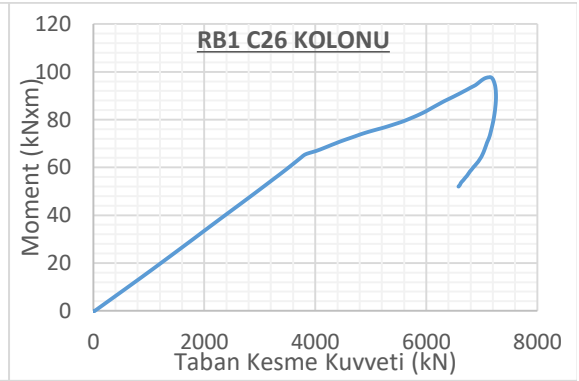
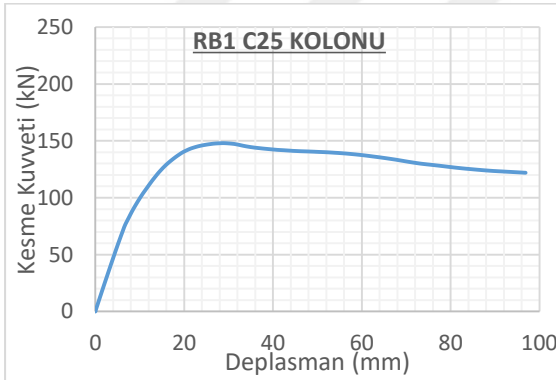
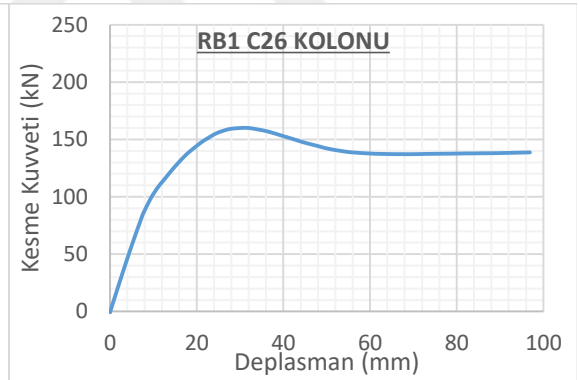
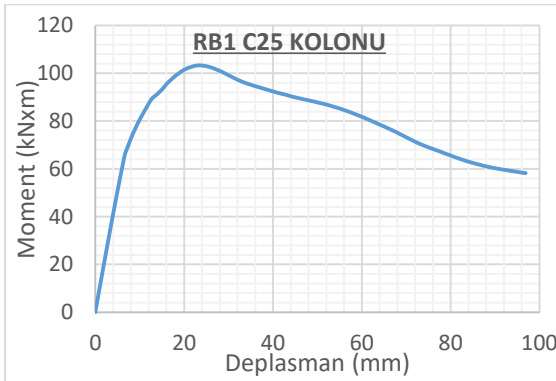
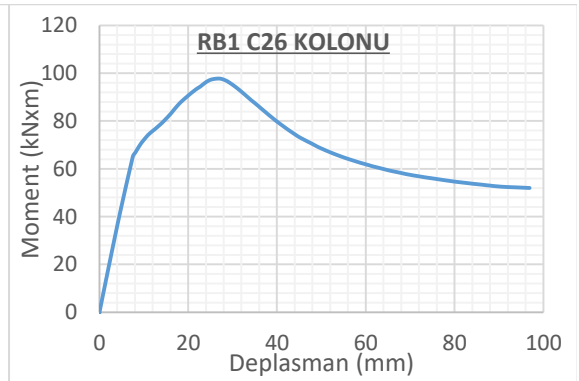
Şekil 4.81. RB1 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

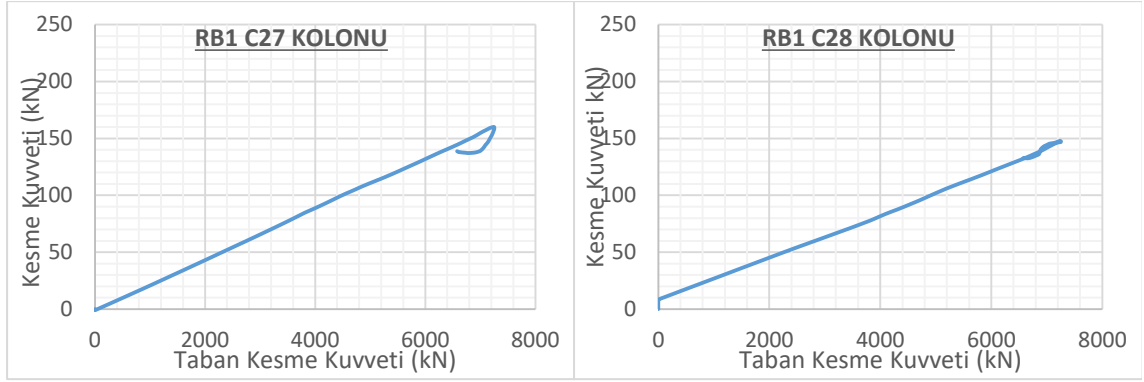
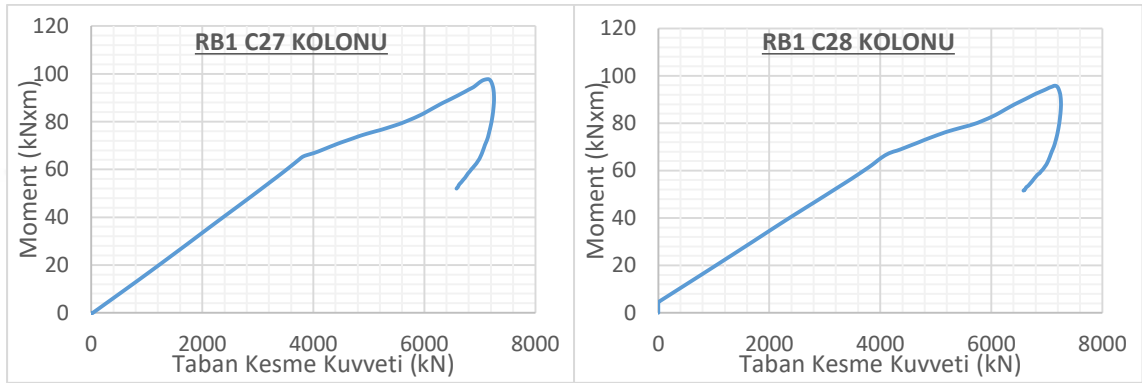
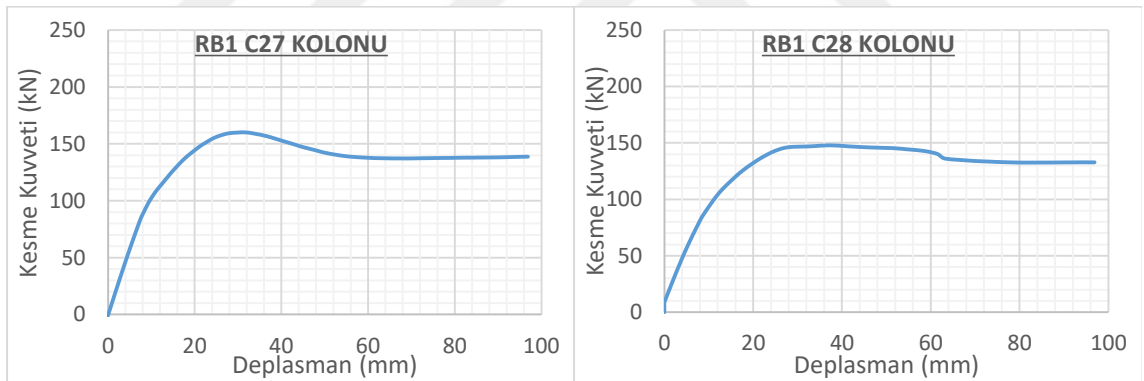
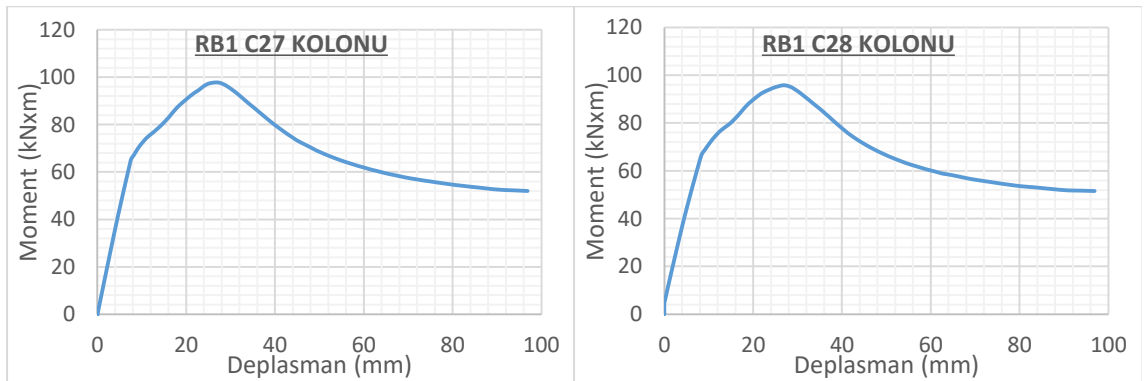
Şekil 4.82. RB1 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.83. RB1 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

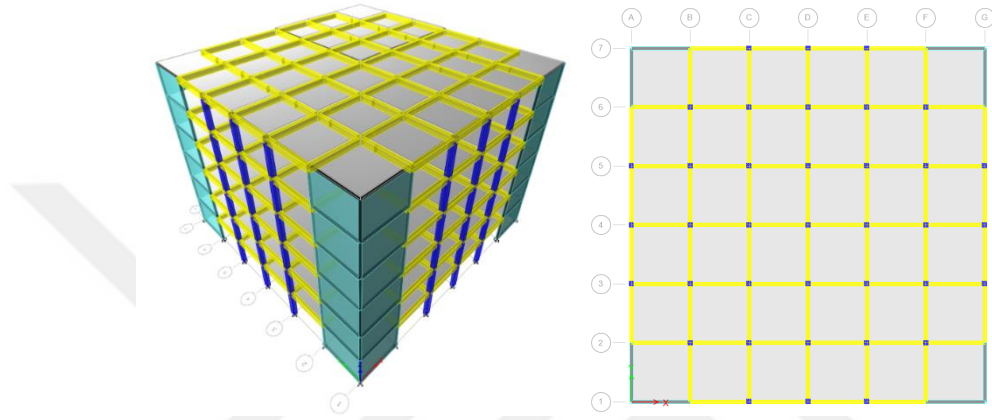
Şekil 4.84. RB1 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.85. RB1 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.4. WB – Perdeli bina modeli

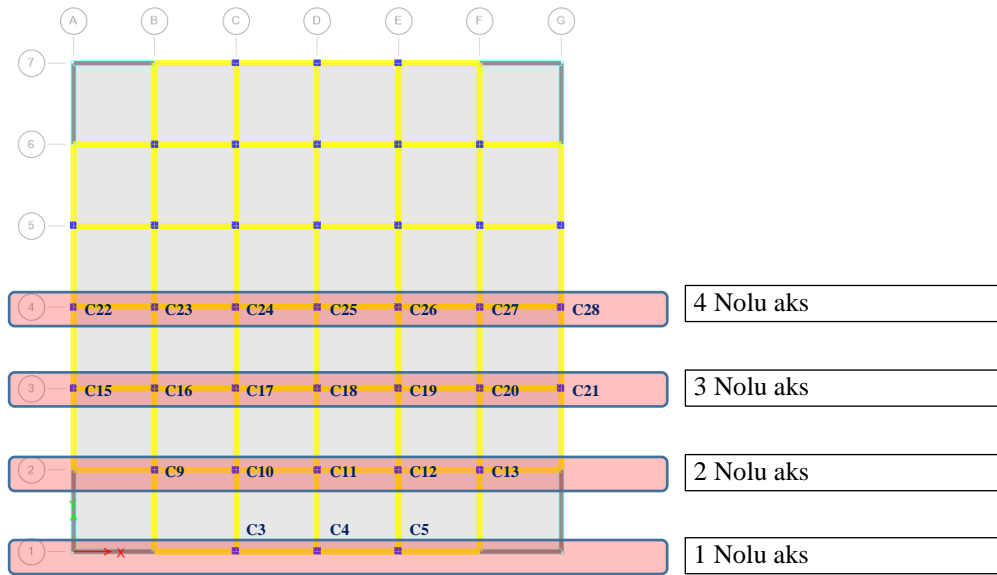
Perdeli bina modelinde (WB), RB1 bina modeli aynen kullanılmış, değişiklik olarak sadece taşıyıcı sistemde 4 köşeye de bir aks boyunca “L” perde eklenmiştir. Burada dıştan çelik çapraz uygulaması ile yapılacak olan güçlendirilmenin, inşaat aşamasında monolitik olarak yapılan perdeli bina ile karşılaştırılması hedeflenmiştir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.86.’da sunulmuştur.



Şekil 4.86. WB Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.4.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

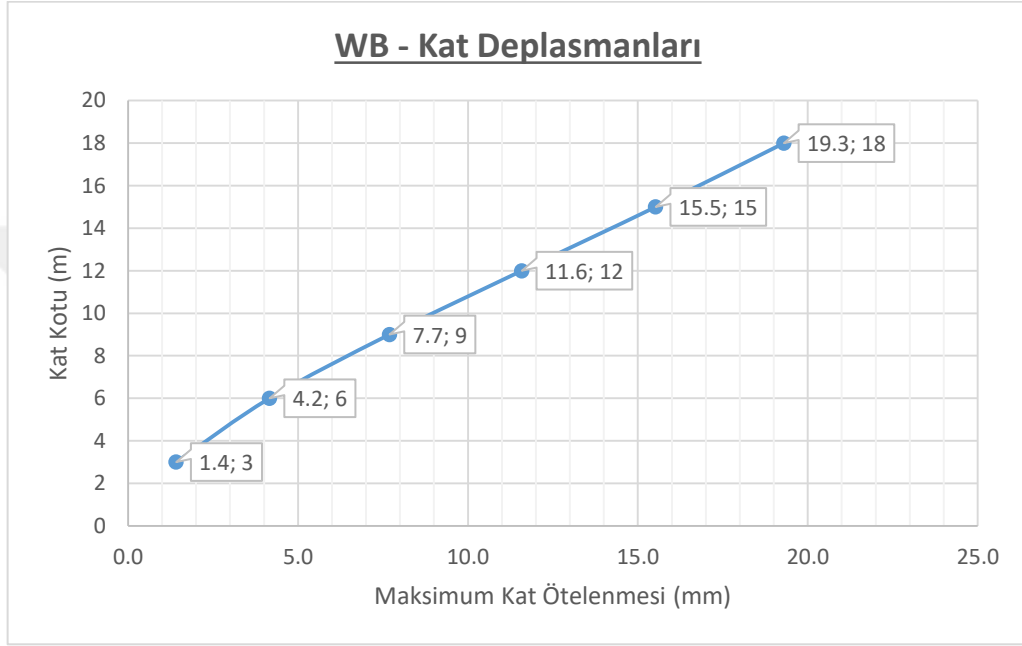
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve kolon isimleri Şekil 4.87.’de gösterilmiştir.



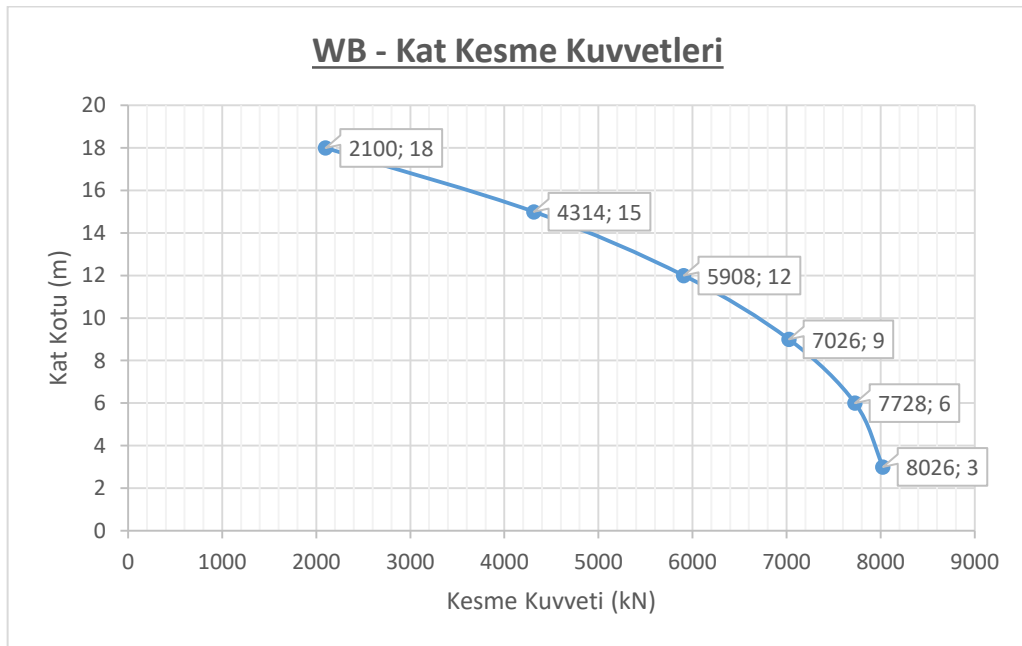
Şekil 4.87. WB modeli kolon ve aks isimleri

Şekil 4.88.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.89.'da ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.90.'da, periyod değerleri ise Çizelge 4.6.'de verilmiştir.



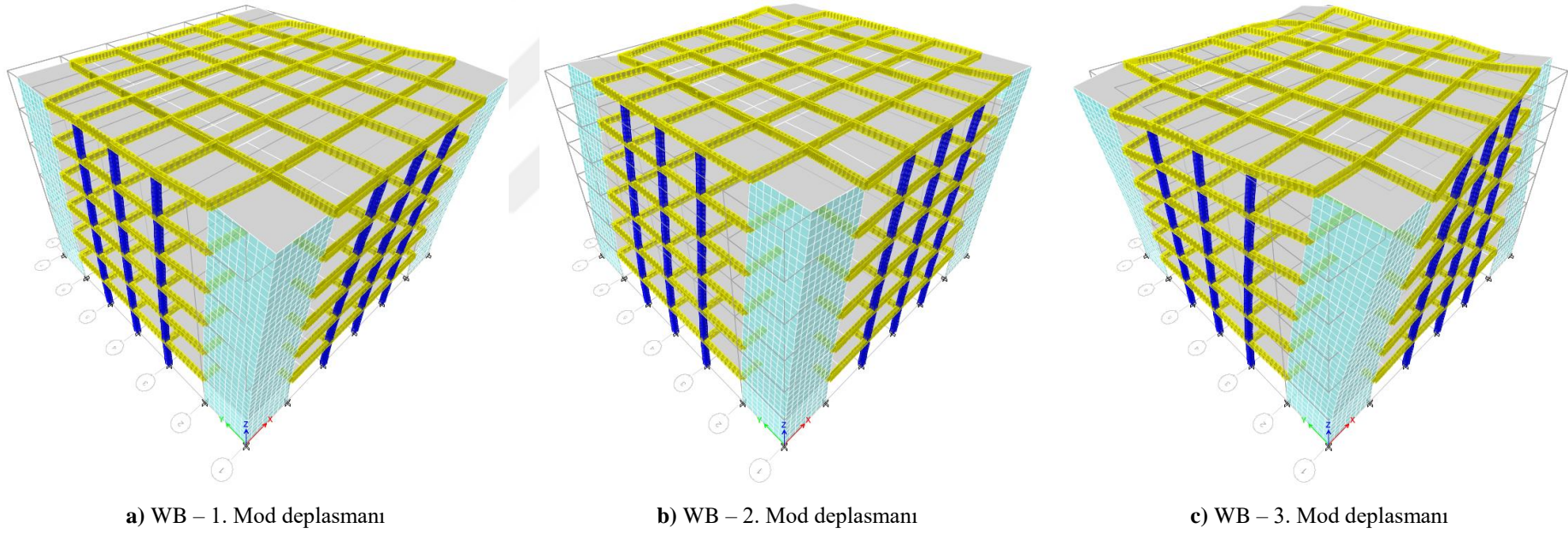
Şekil 4.88. WB modeli kat deplasmanları



Şekil 4.89. WB modeli kat kesme kuvvetleri

Şekil 4.91. - Şekil 4.94.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.95. - Şekil 4.98.'de sunulmuştur.

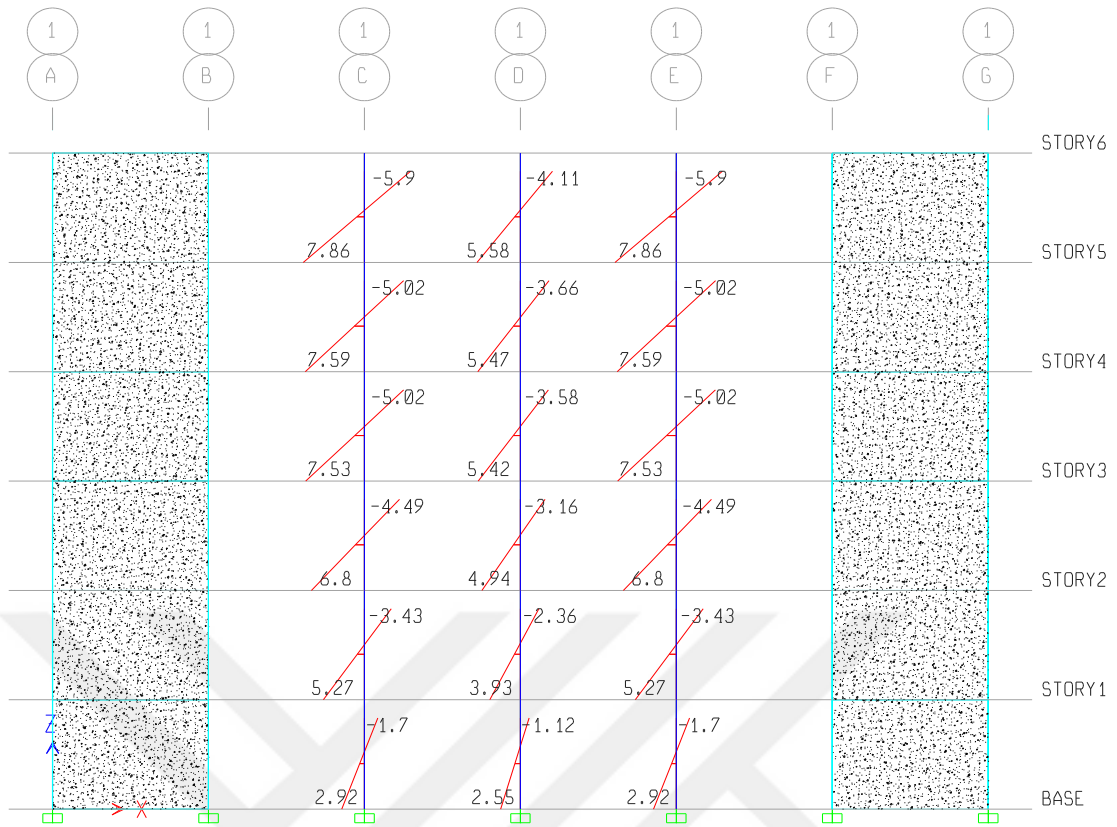




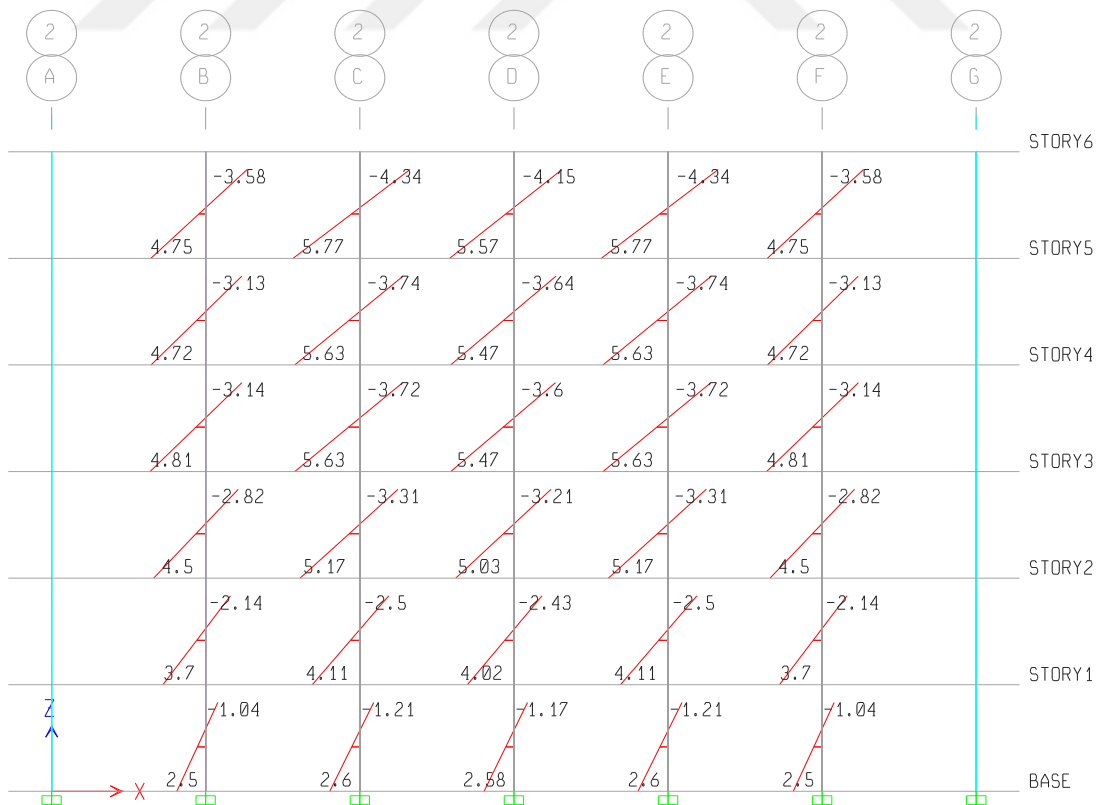
Şekil 4.90. WB modeli ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.450	-
Modal	2. Mod	0.450	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.251

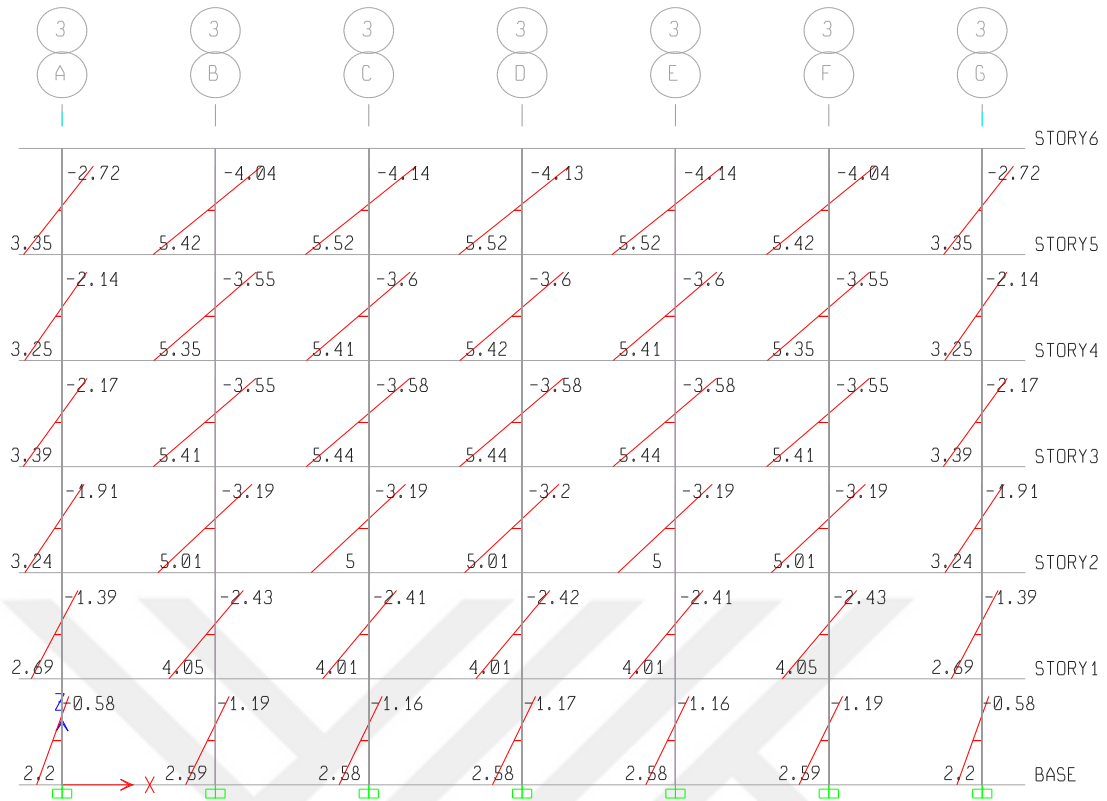
Çizelge 4.6. WB modeli ilk 3 moda ait periyodlar



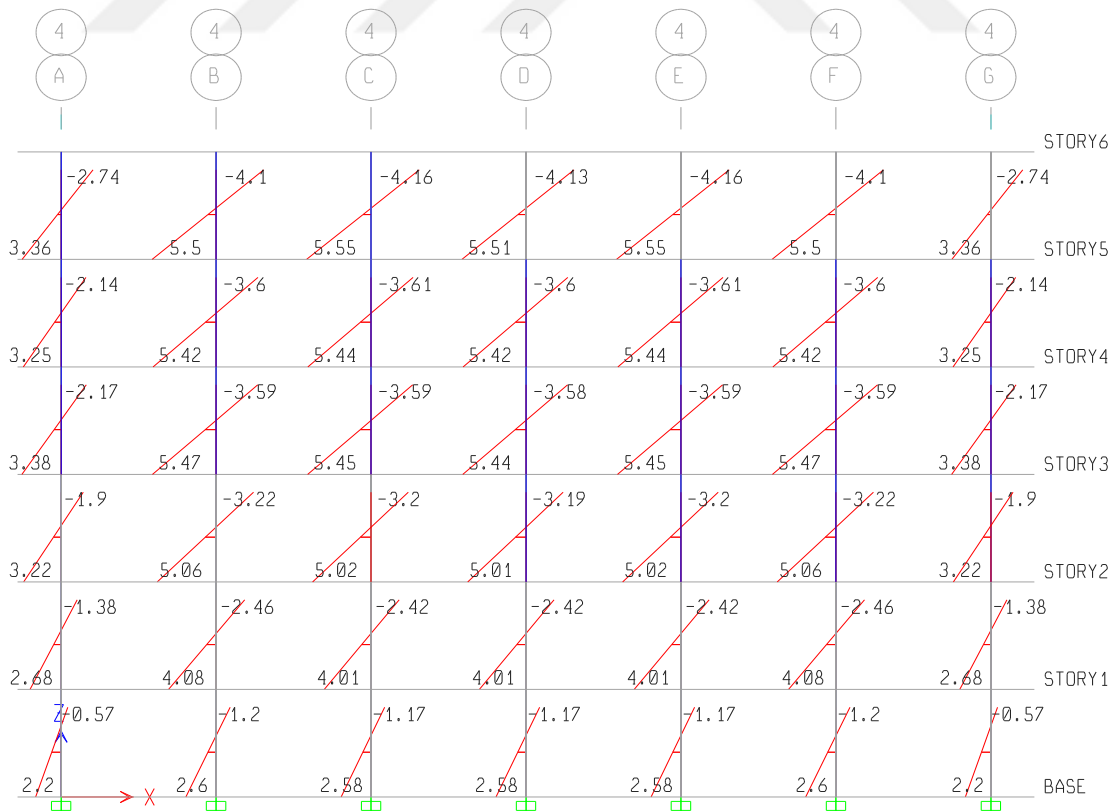
Şekil 4.91. WB modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



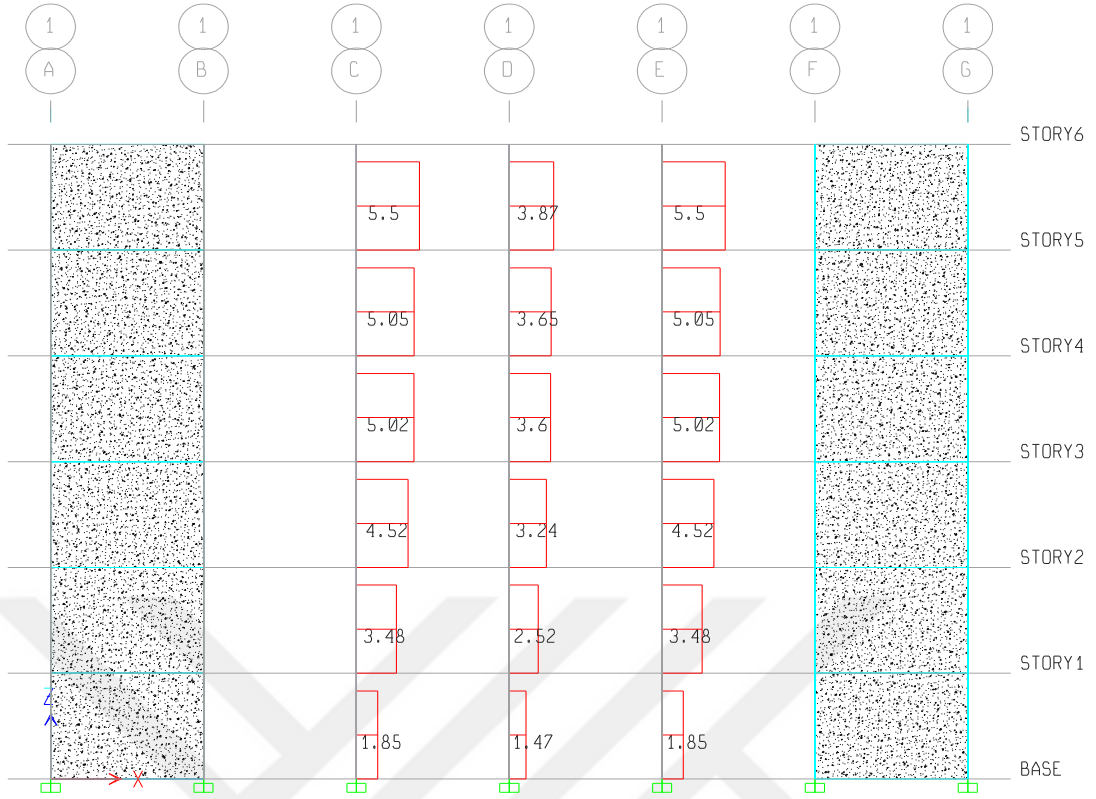
Şekil 4.92. WB modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



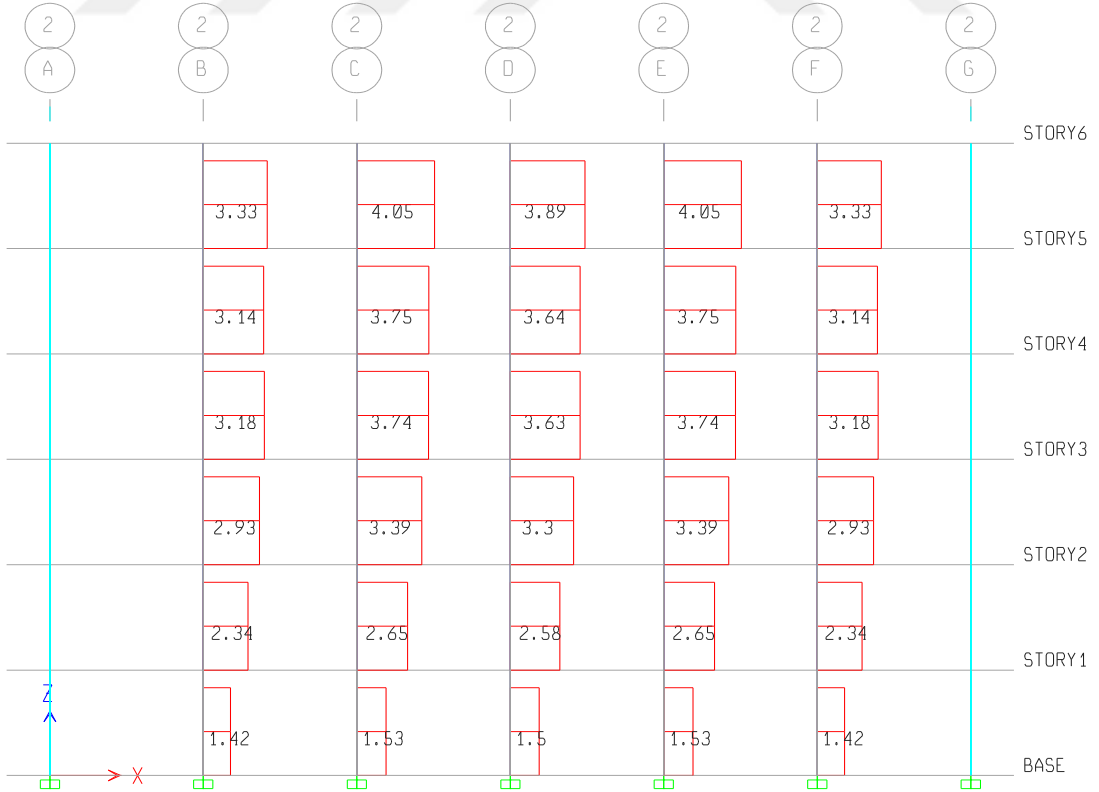
Şekil 4.93. WB modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



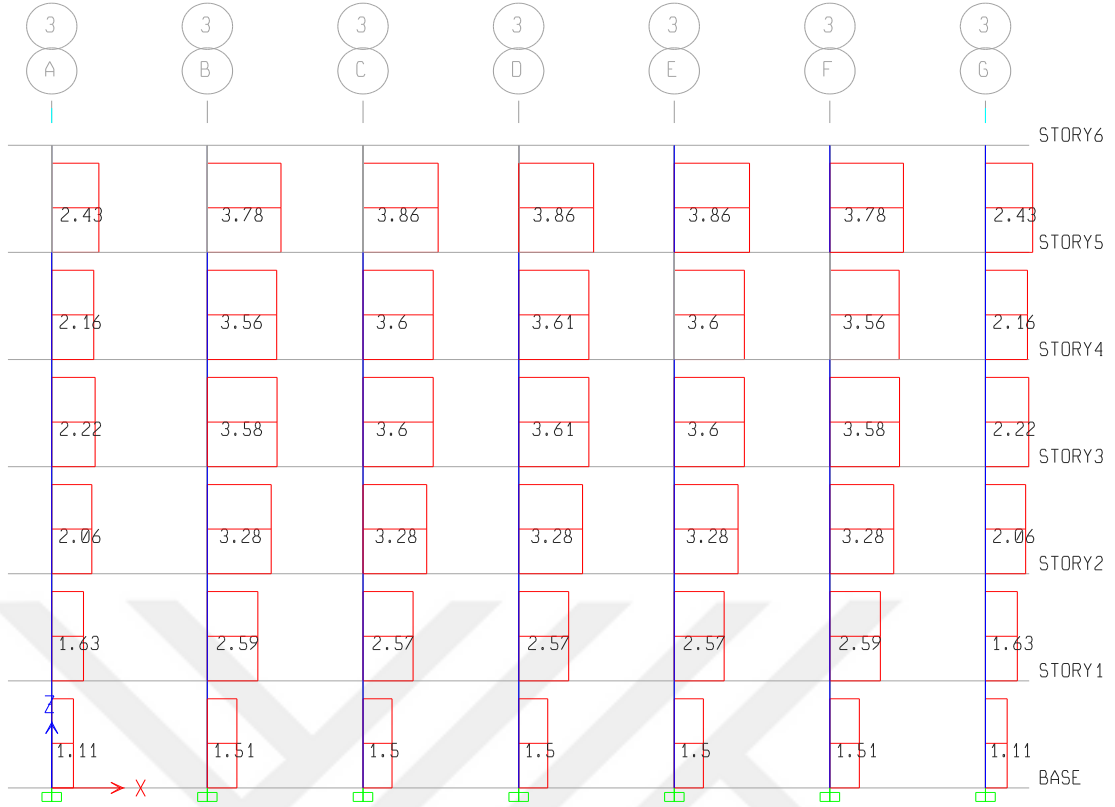
Şekil 4.94. WB modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



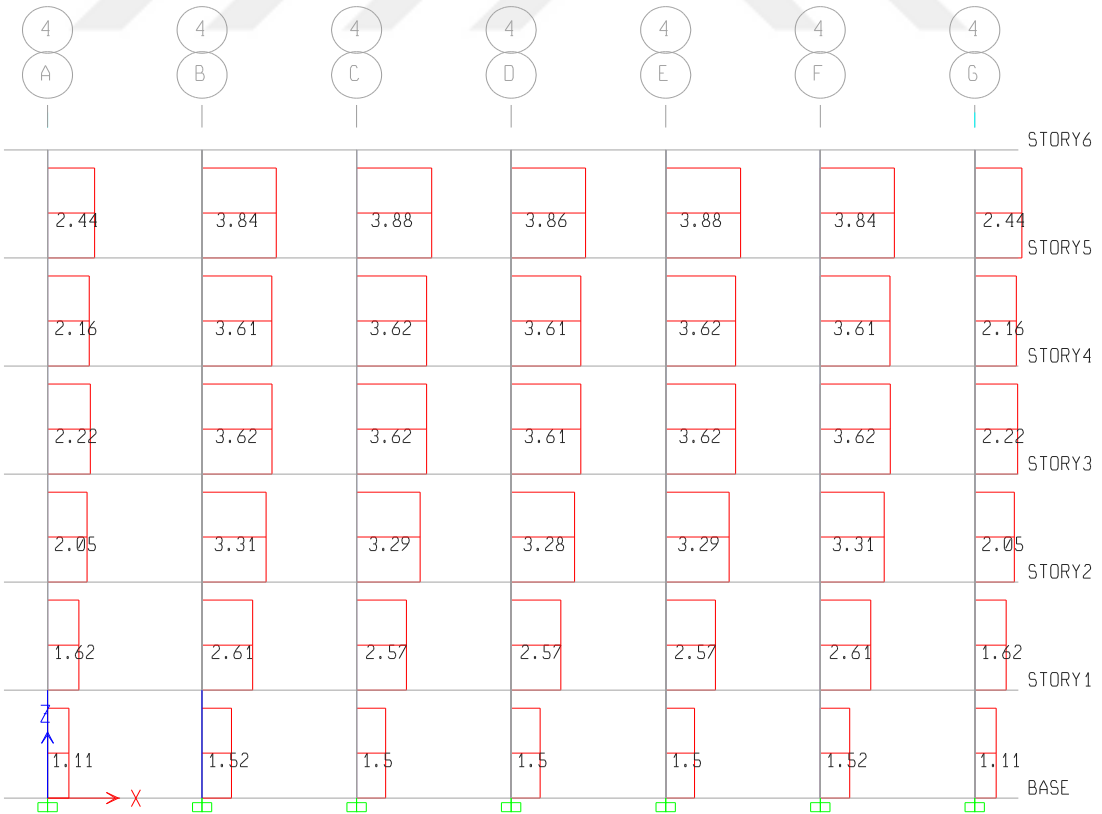
Şekil 4.95. WB modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.96. WB modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



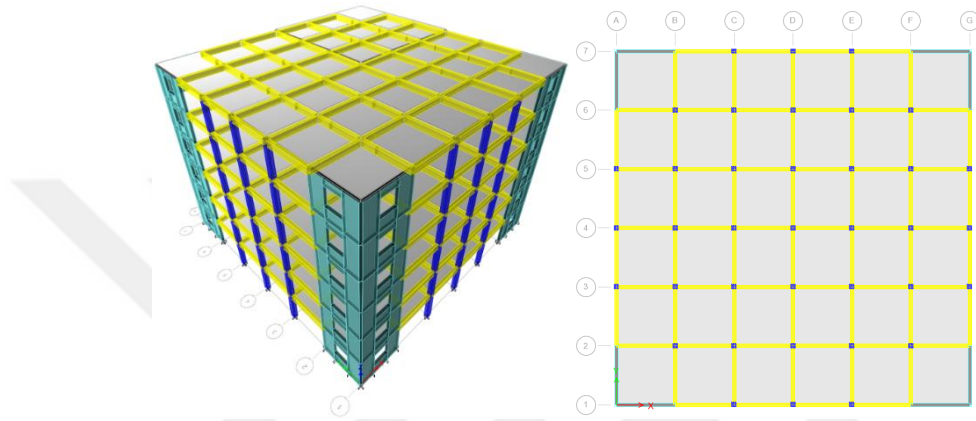
Şekil 4.97. WB modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.98. WB modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.5. WB-W – Boşluklu perdeli bina modeli

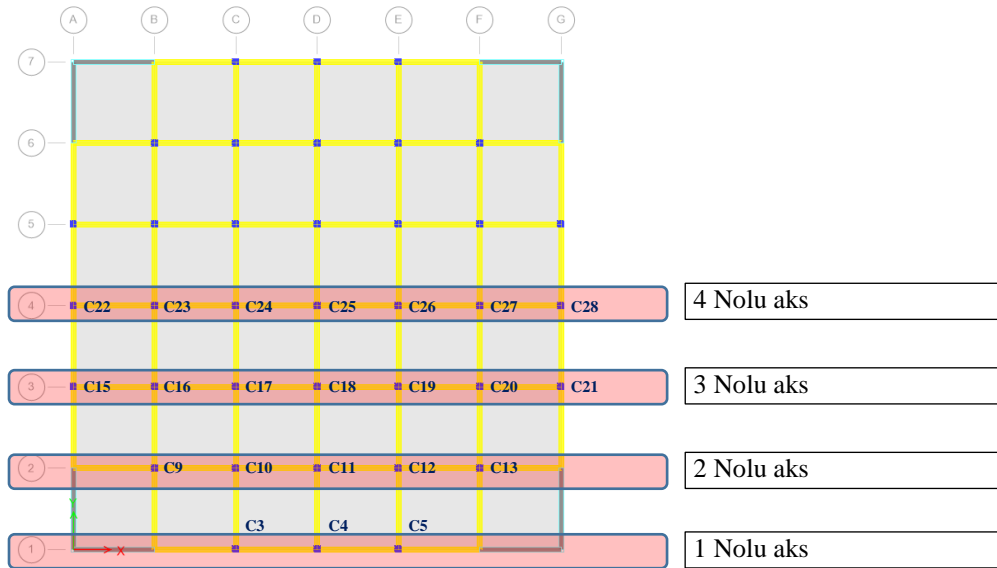
Boşluklu perdeli bina modelinde (**WB -W**), **RB1** bina modeli aynen kullanılmış, değişiklik olarak sadece taşıyıcı sistemde 4 köşeye de bir aks boyunca “**Pencere Boşluklu L**” perde eklenmiştir. Burada dıştan çelik çapraz uygulaması ile yapılacak olan güçlendirilmenin, inşaat aşamasında monolitik olarak yapılan perdeli ve boşluklu perdeli bina ile kıyaslanması hedeflenmiştir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.99.’da sunulmuştur.



Şekil 4.99. WB-W Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.5.1. Doğrusal analiz sonuçları

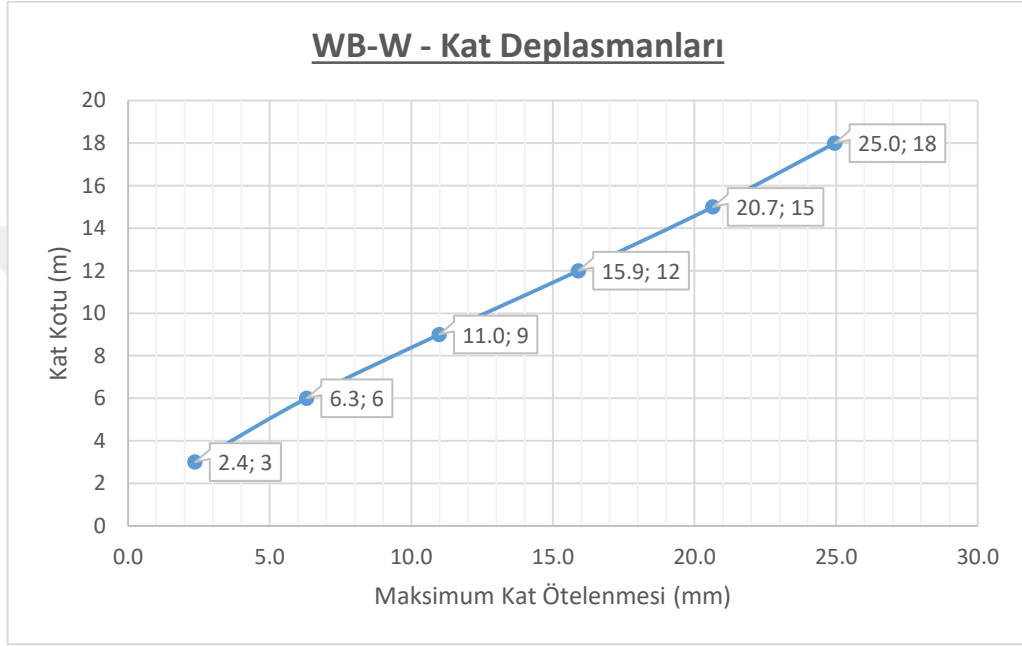
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve kolon isimleri Şekil 4.100.’da gösterilmiştir.



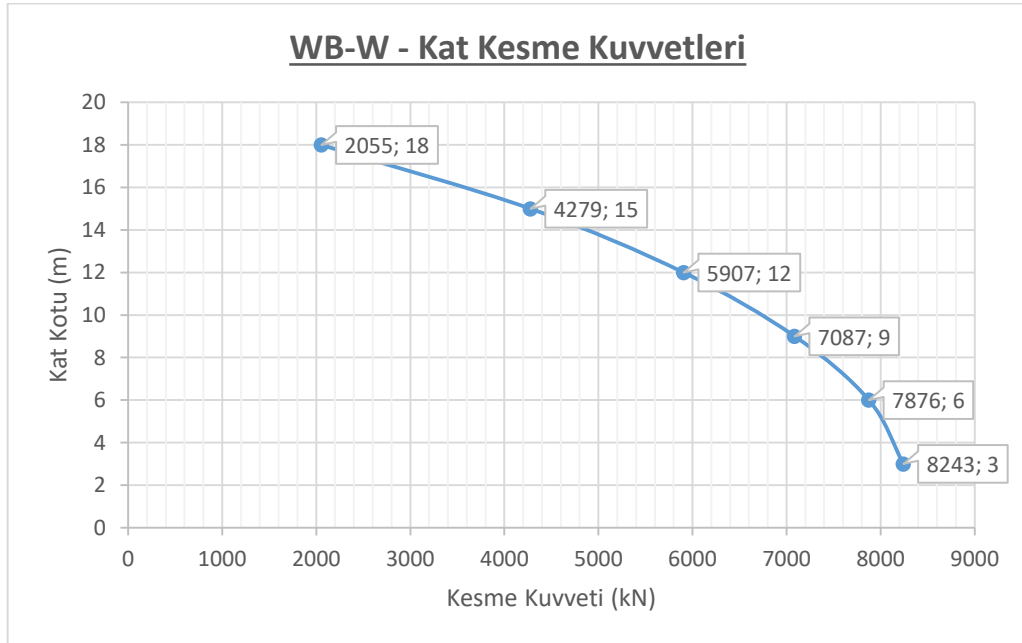
Şekil 4.100. WB-W modeli kolon ve aks isimleri

Şekil 4.101.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.102.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.103.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.6.'de verilmiştir.



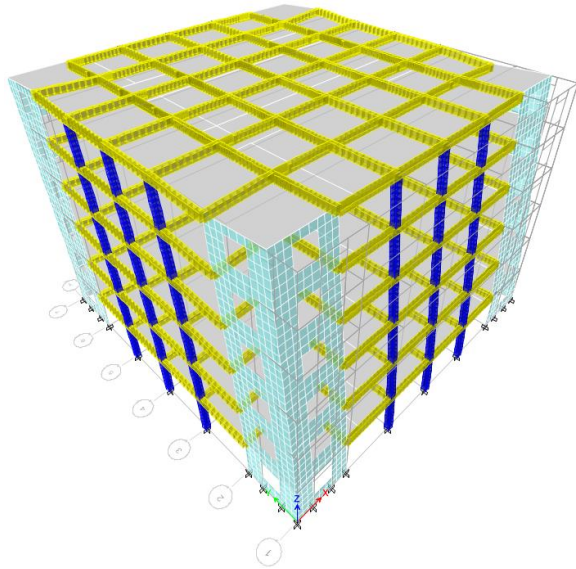
Şekil 4.101. WB-W modeli kat deplasmanları



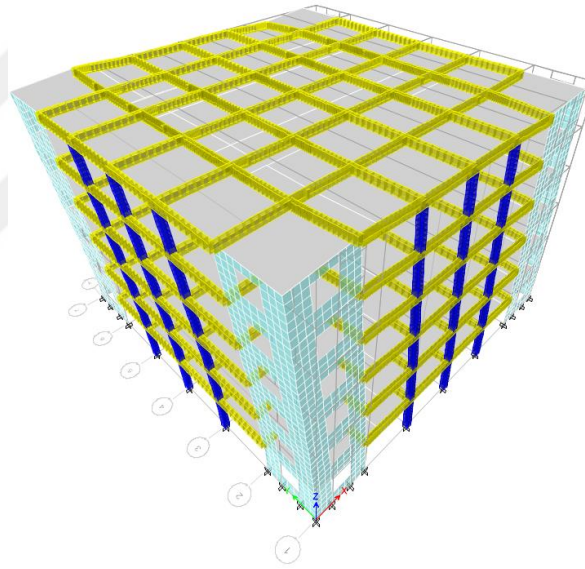
Şekil 4.102. WB-W modeli kat kesme kuvveti

Şekil 4.104. - Şekil 4.107.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.108. - Şekil 4.111.'de sunulmuştur.

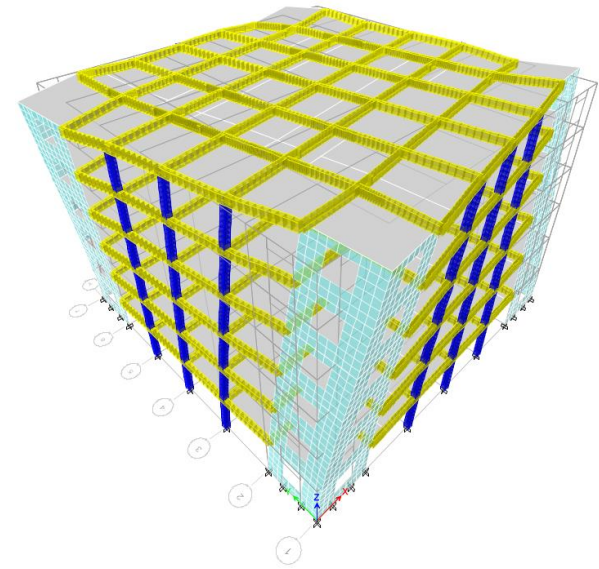




a) WB-W – 1. Mod deplasmanı



b) WB-W – 2. Mod deplasmanı

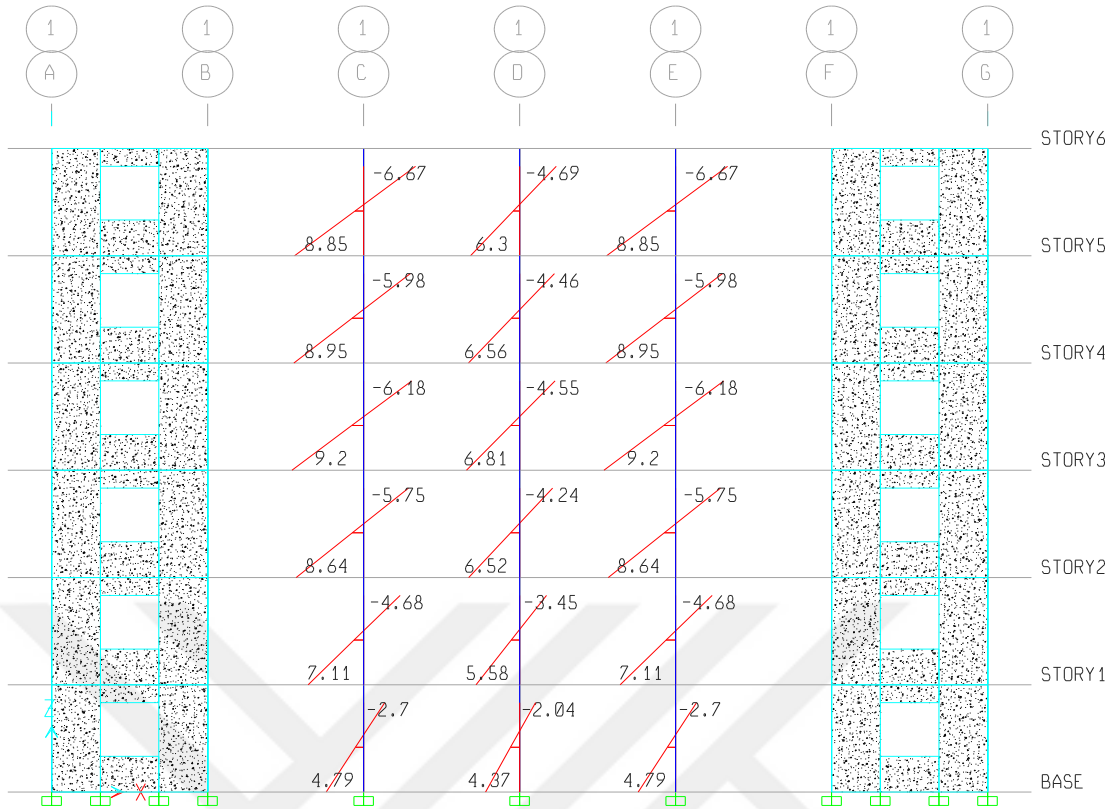


c) WB-W – 3. Mod deplasmanı

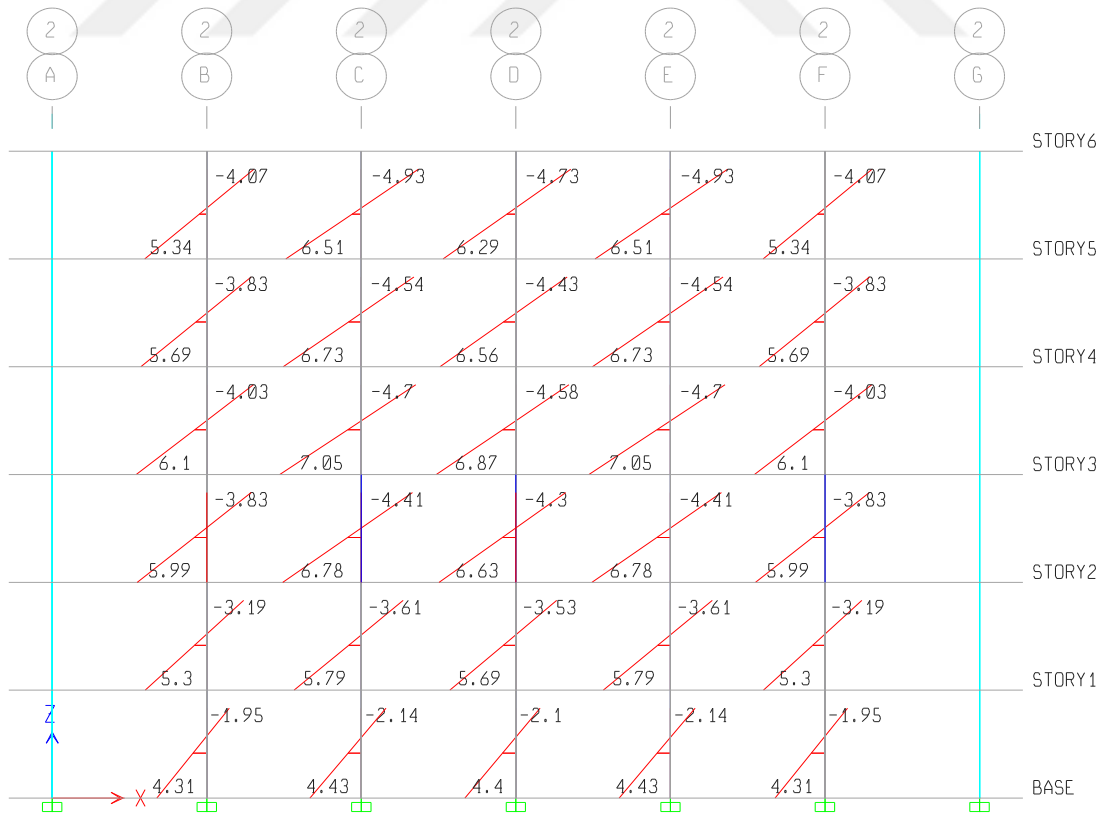
Şekil 4.103. WB-W modeli ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.516	-
Modal	2. Mod	0.516	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.301

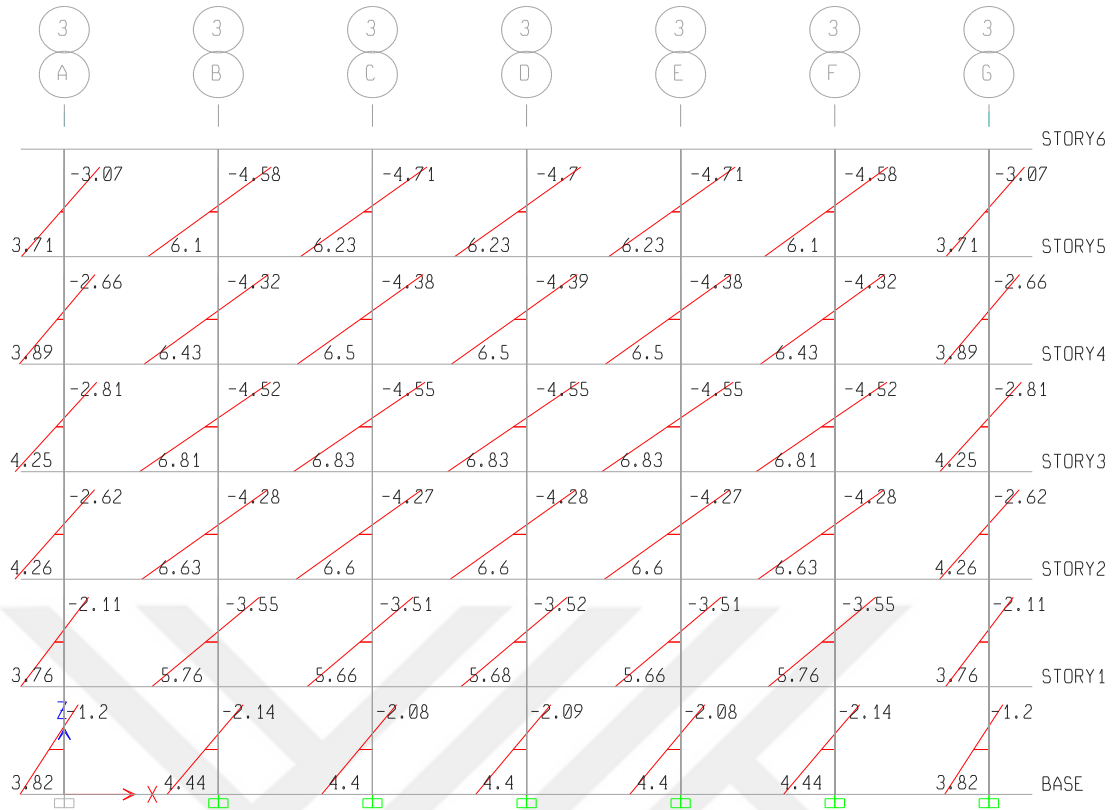
Çizelge 4.7. WB-W modeli ilk 3 moda ait periyodlar



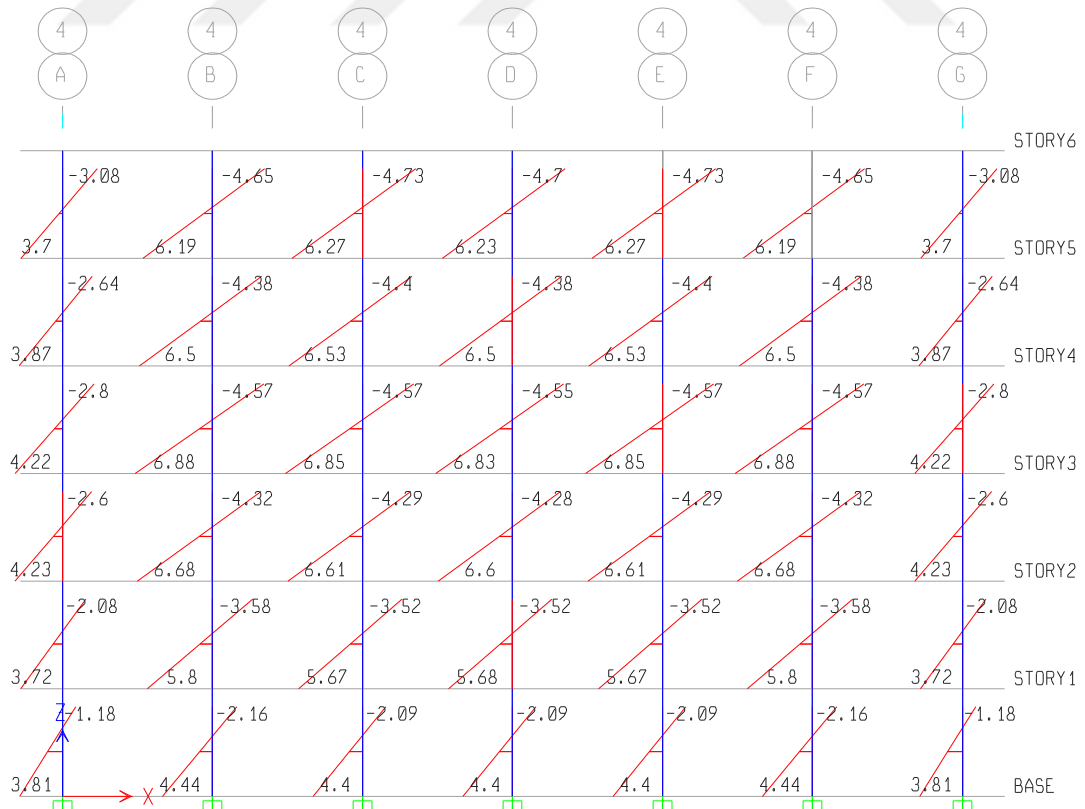
Şekil 4.104. WB-W modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



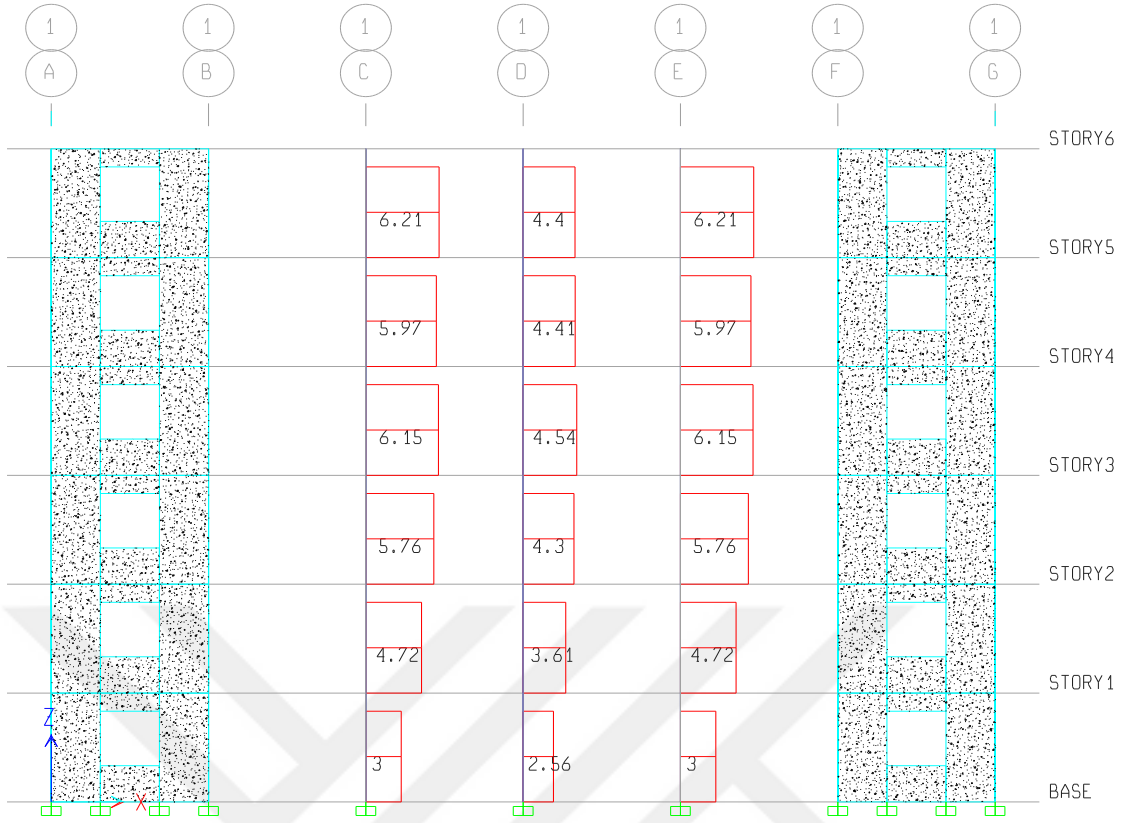
Şekil 4.105. WB-W modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



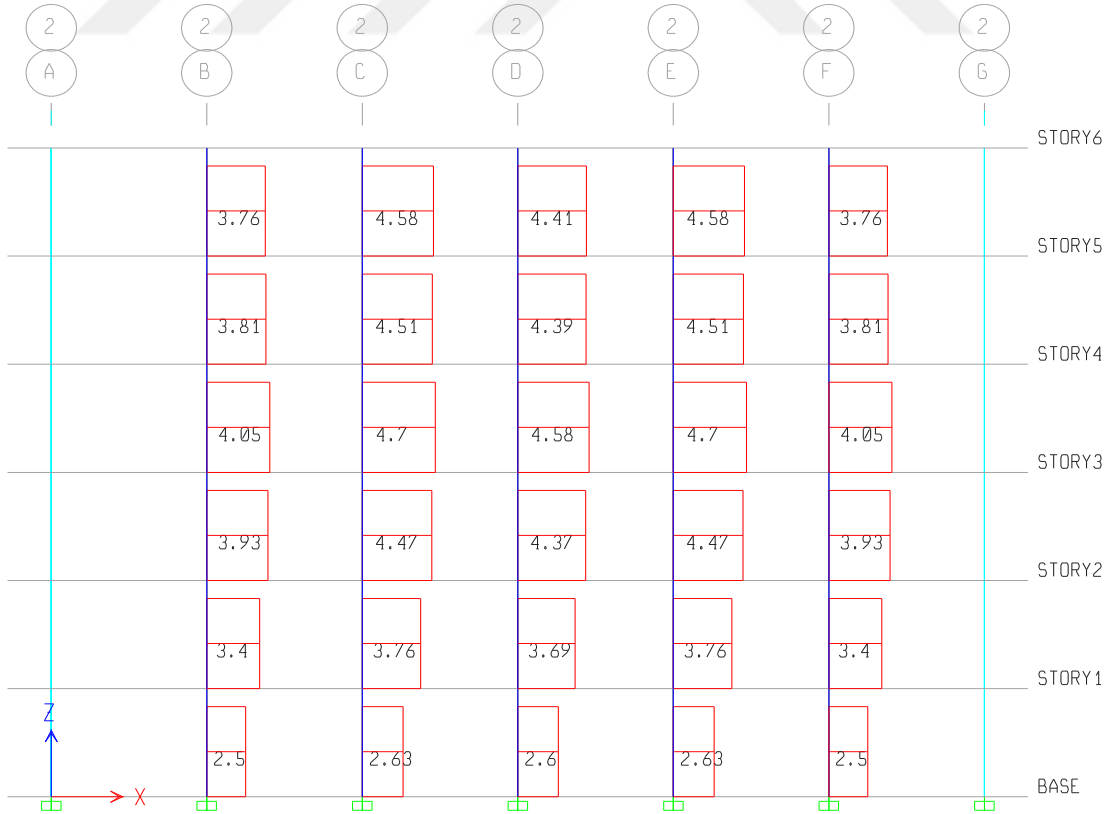
Şekil 4.106. WB-W modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.107. WB-W modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



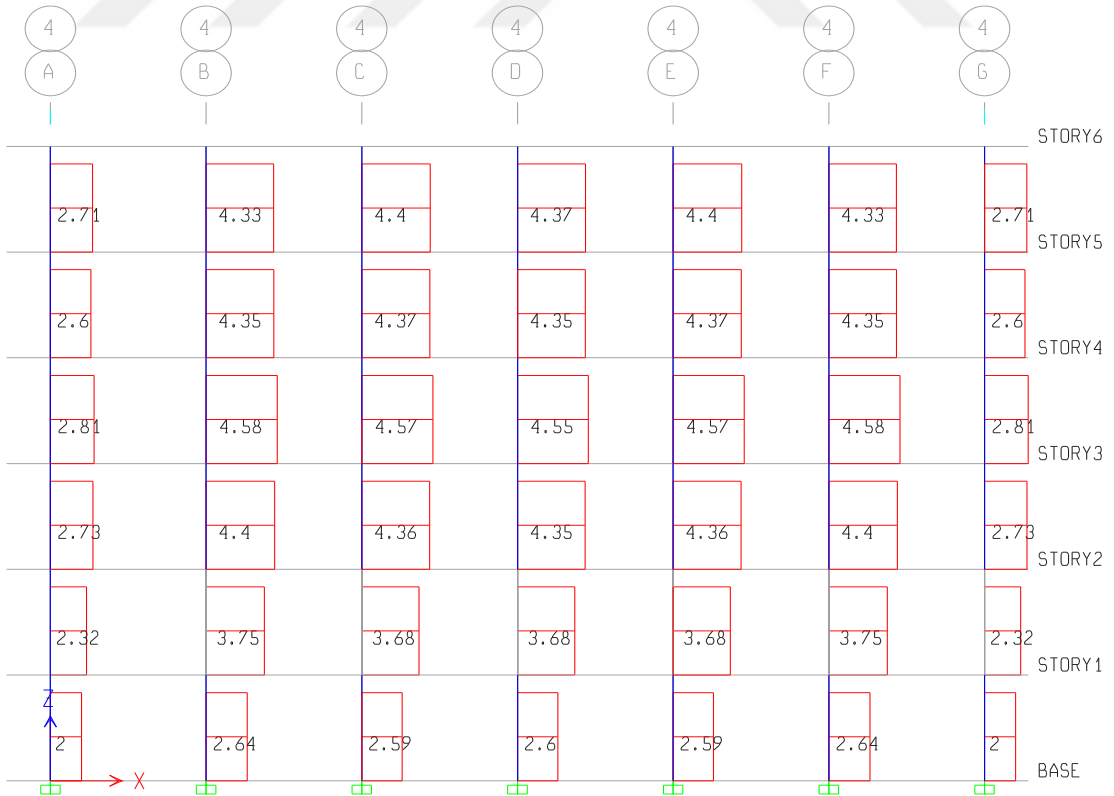
Şekil 4.108. WB-W modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.109. WB-W modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



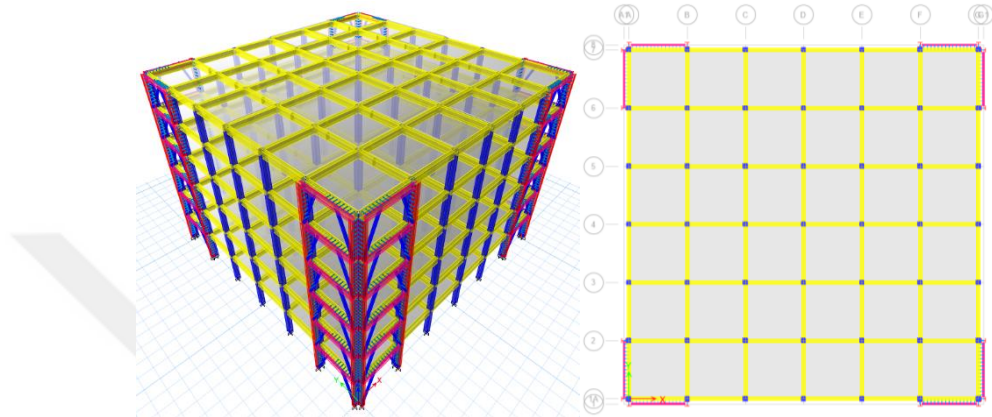
Şekil 4.110. WB-W modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.111. WB-W modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.6. SSB1B-1L güçlendirilmiş model

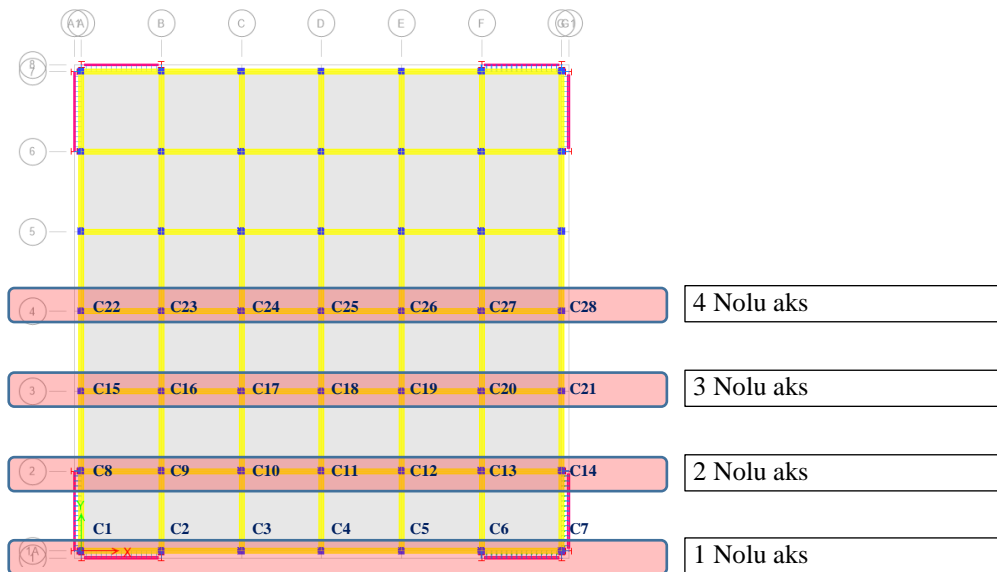
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB1B-1L) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde tek açıklıkta tek katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dış Merkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.112.’de sunulmuştur.



Şekil 4.112. SSB1B-1L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.6.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

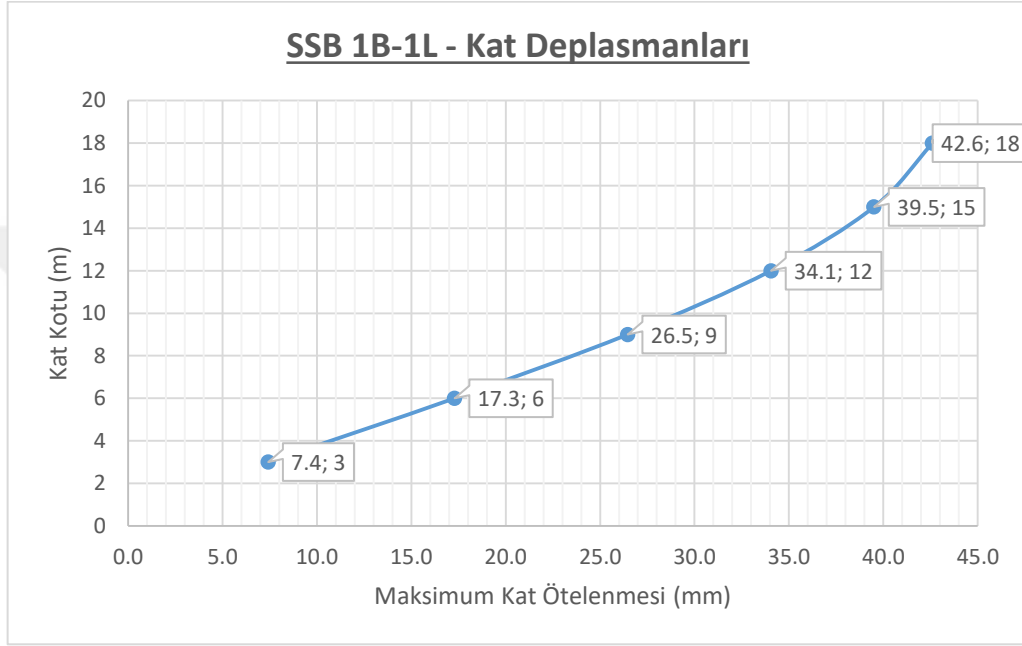
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.112.’de verilmiştir.



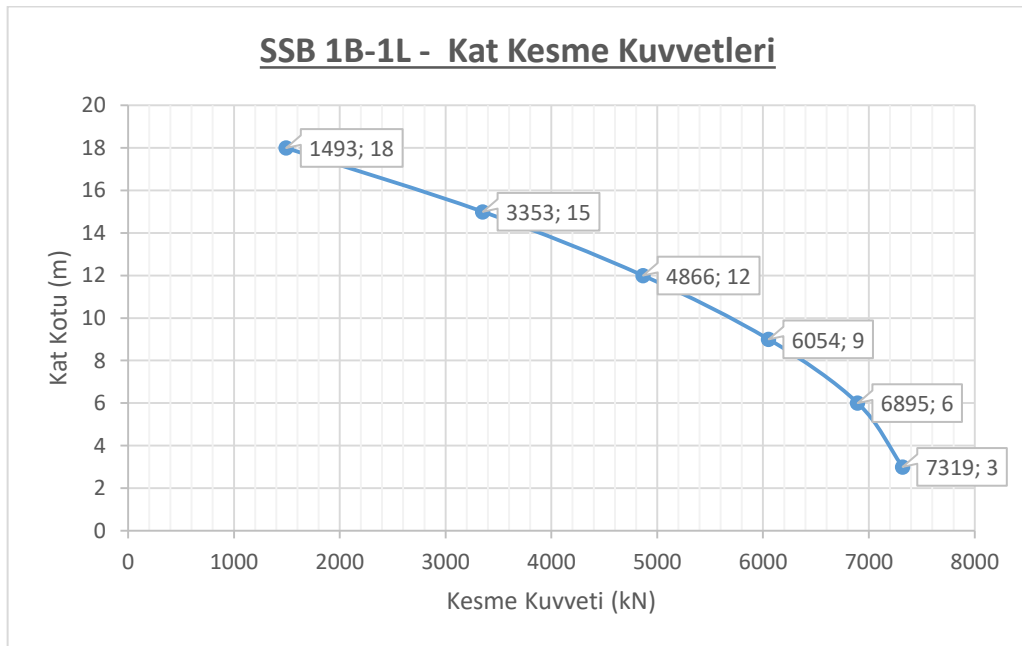
Şekil 4.113. SSB1B-1L kolon ve aks isimleri

Şekil 4.114.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.115.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.116.'da, periyod değerleri ise Çizelge 4.8.'da verilmiştir.



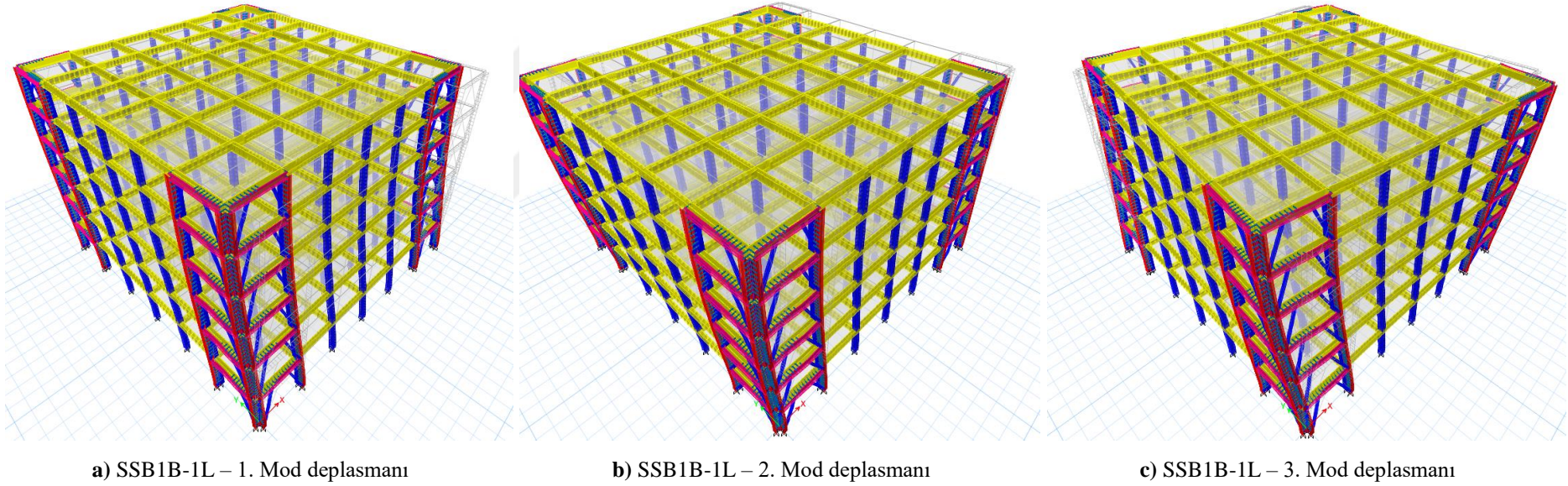
Şekil 4.114. SSB1B-1L kat deplasmanları



Şekil 4.115. SSB1B-1L kat kesme kuvveti

Şekil 4.117. – Şekil 4.120.’de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.121. – Şekil 4.124.’de sunulmuştur.

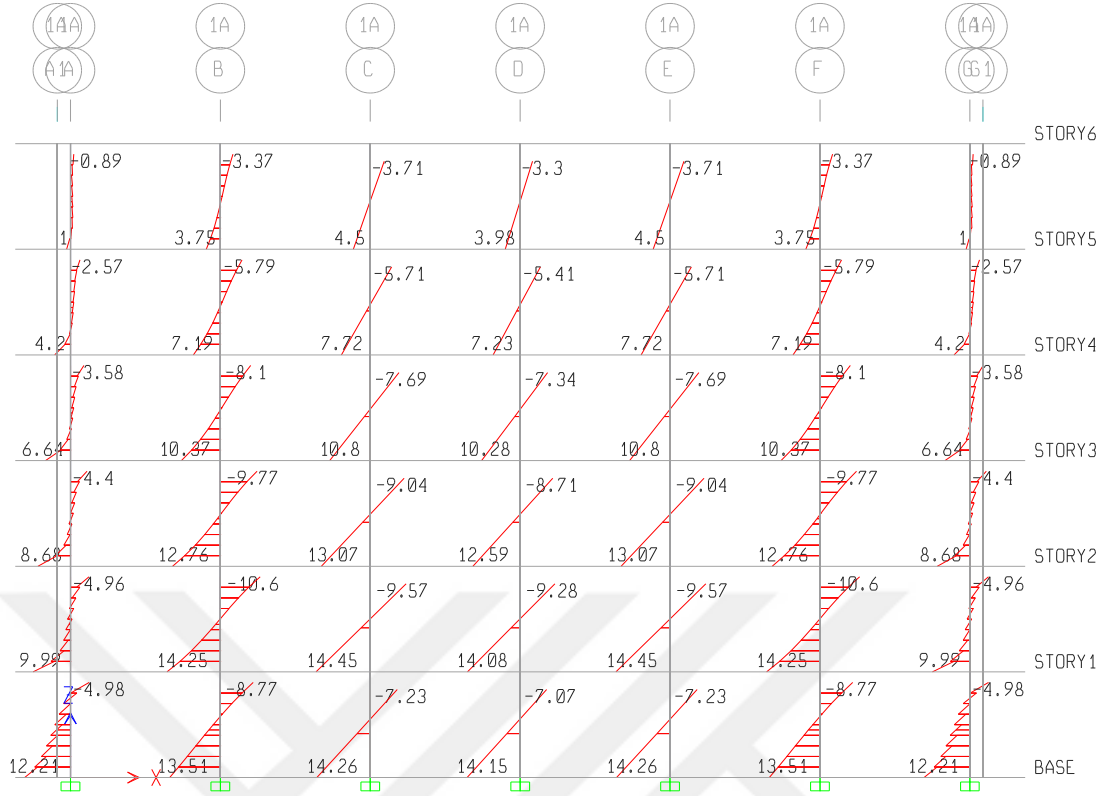




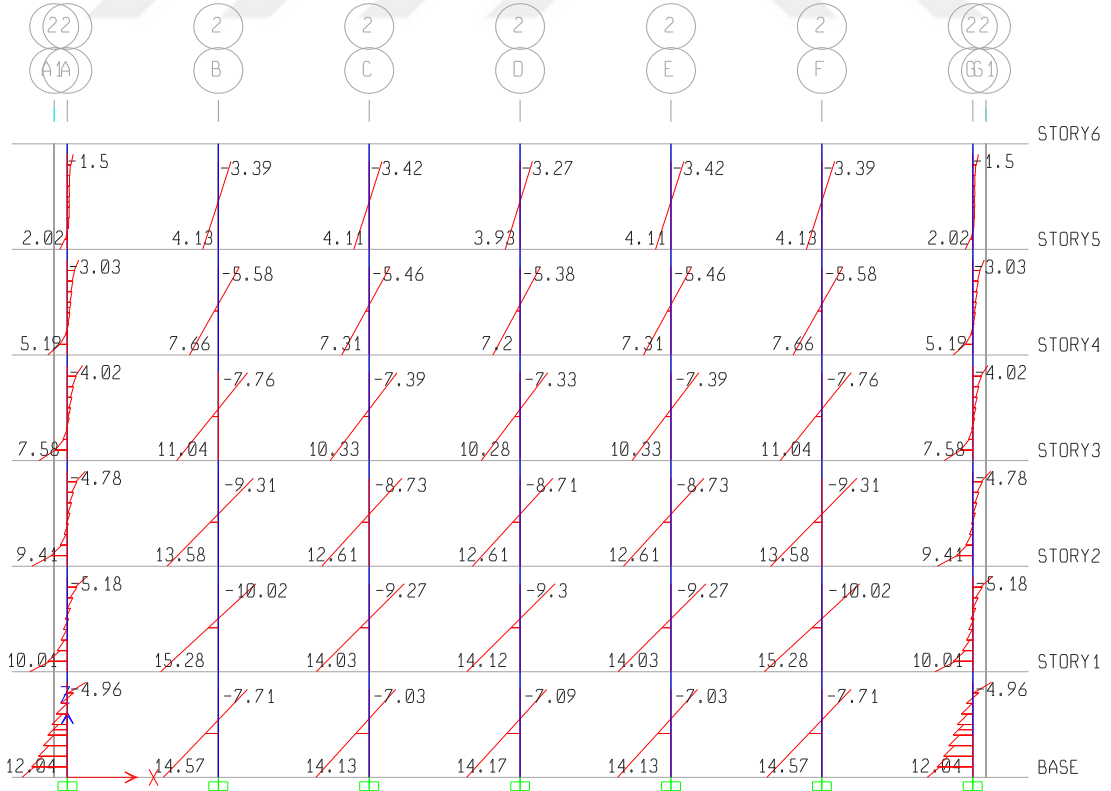
Şekil 4.116. SSB1B-1L modeli ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.797	-
Modal	2. Mod	0.797	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.597

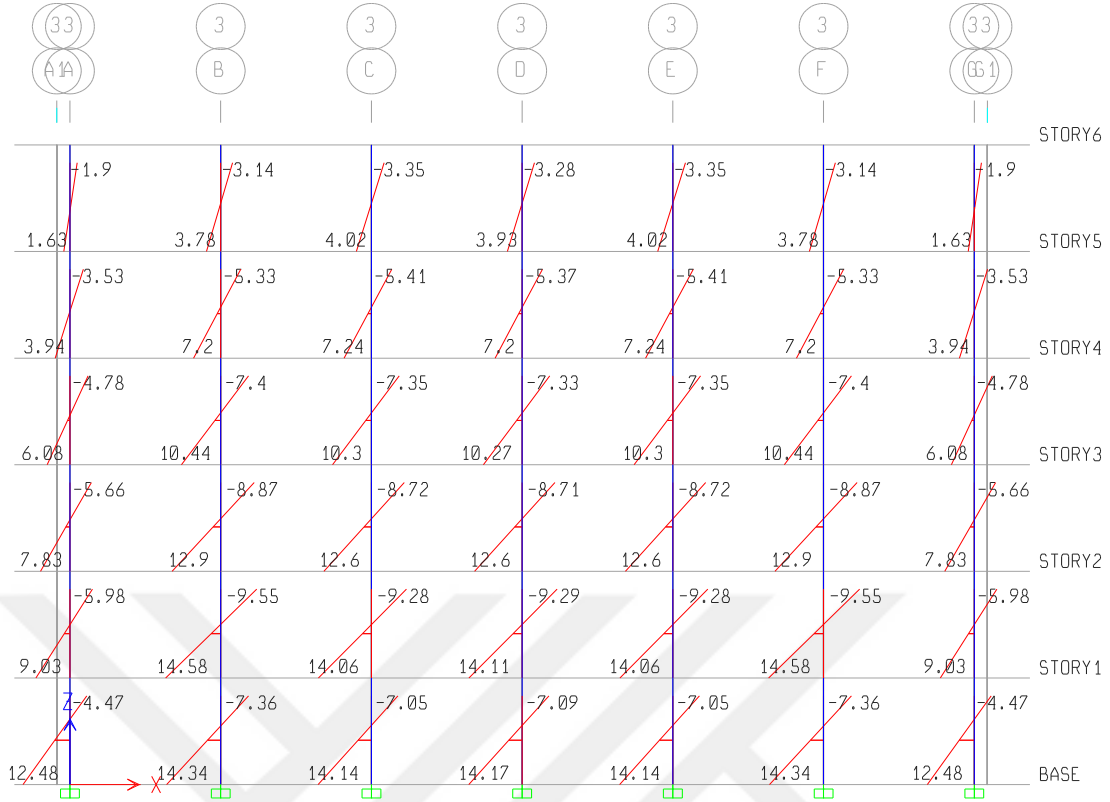
Çizelge 4.8. SSB1B-1L modeli ilk 3 moda ait periyodlar



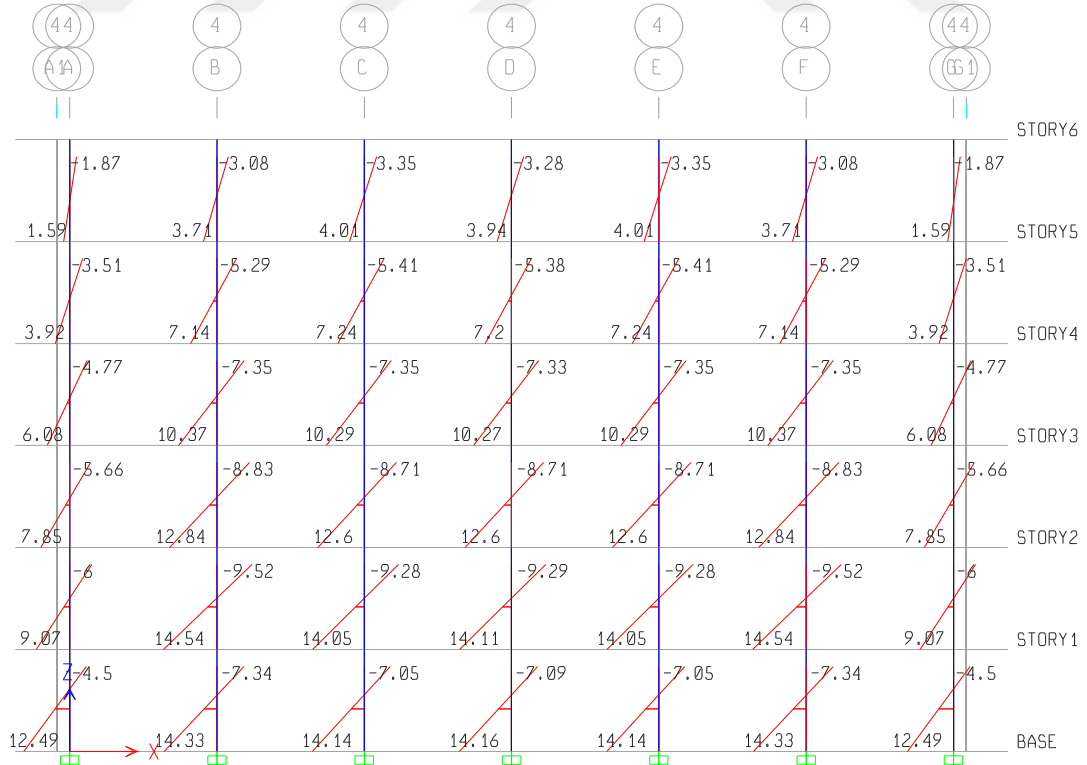
Şekil 4.117. SSB1B-1L modeli 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



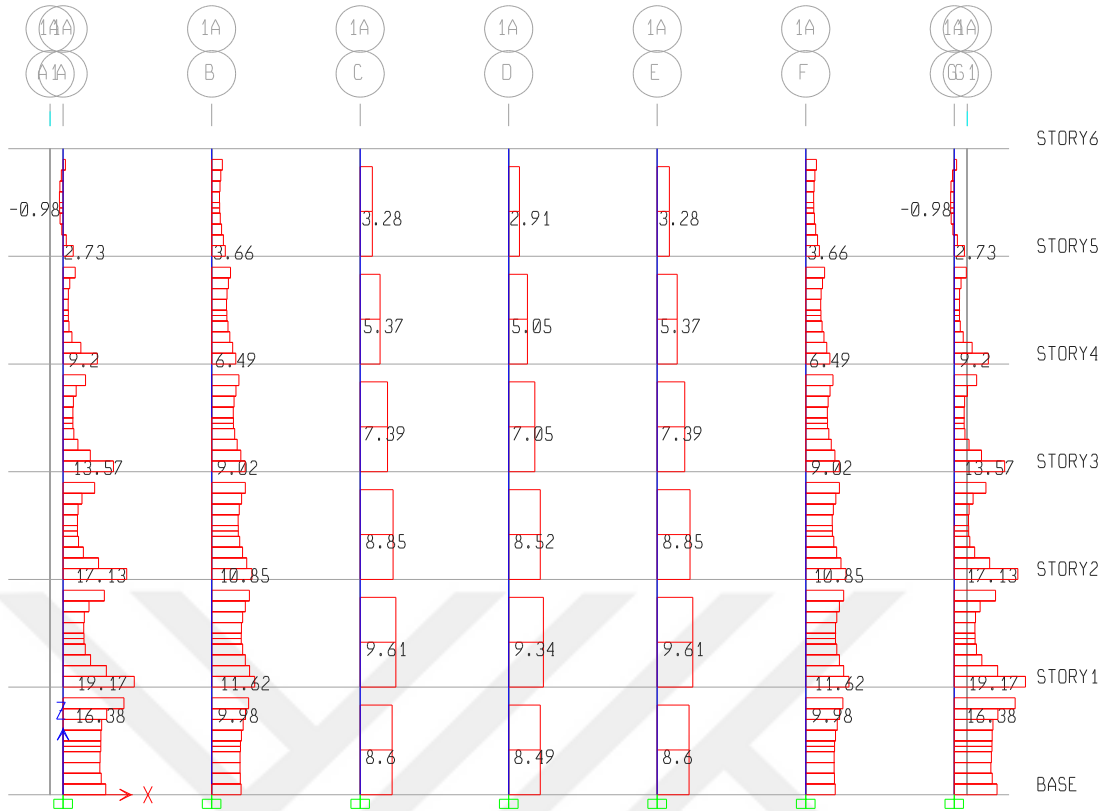
Şekil 4.118. SSB1B-1L modeli 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



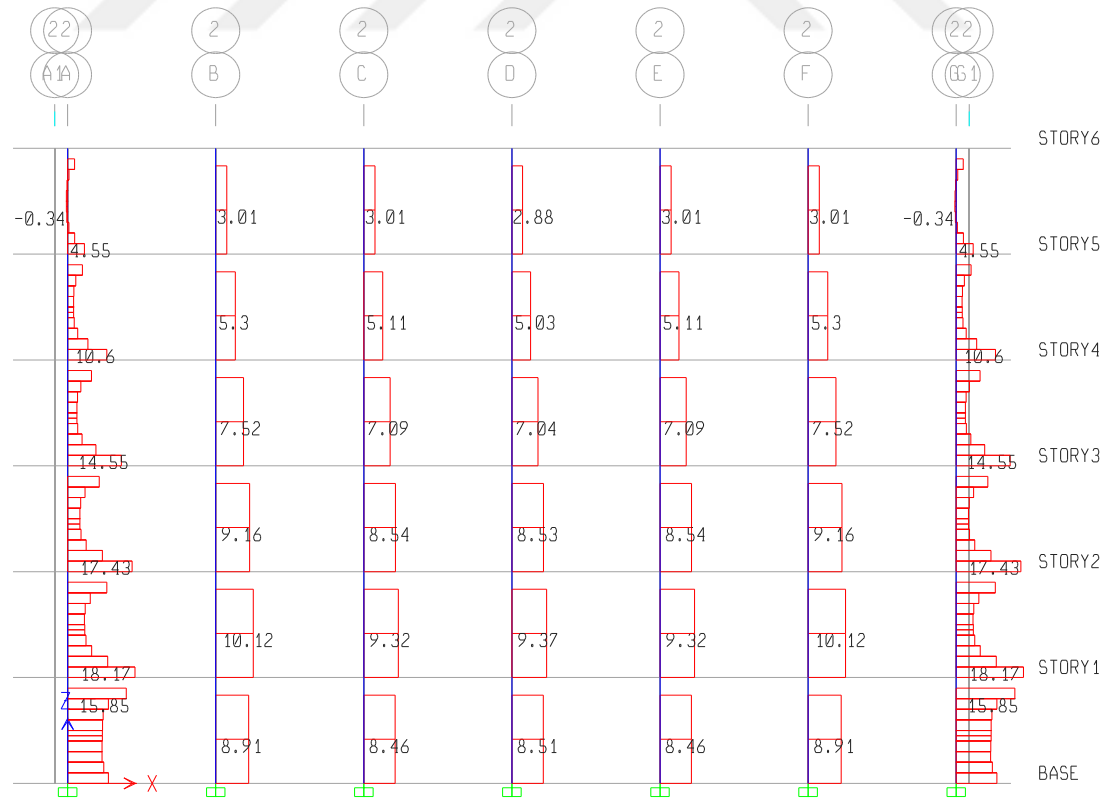
Şekil 4.119. SSB1B-1L modeli 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



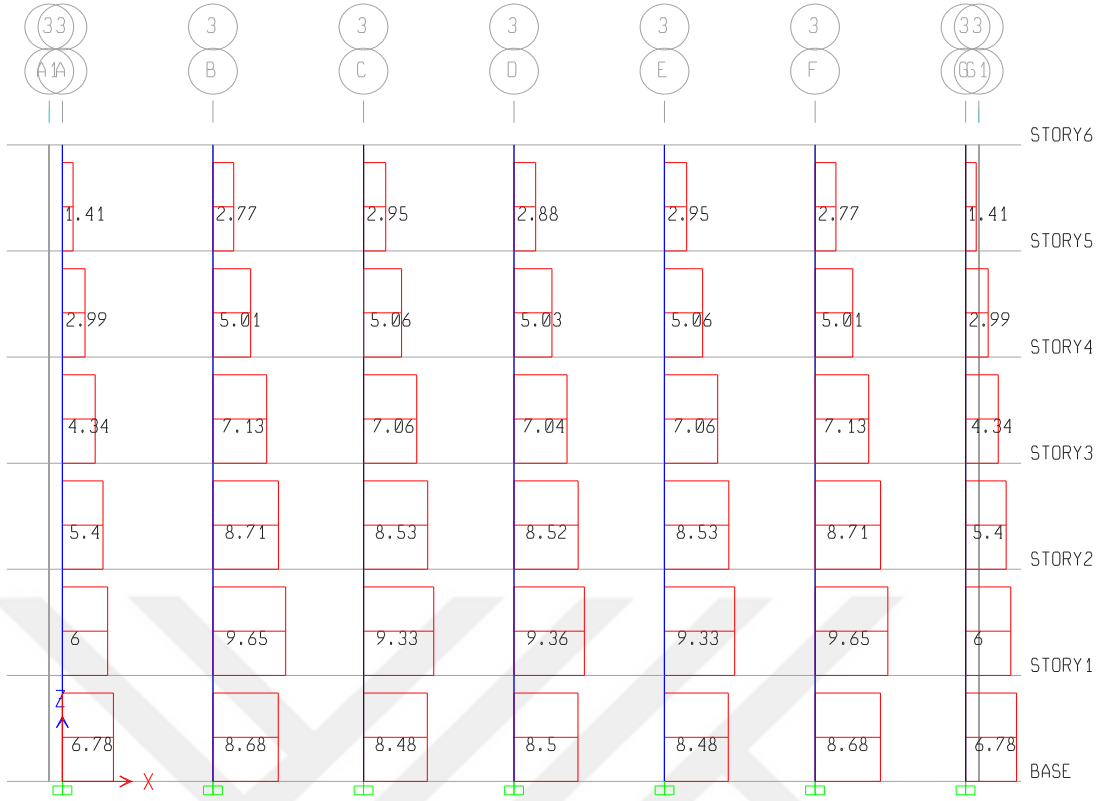
Şekil 4.120. SSB1B-1L modeli 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



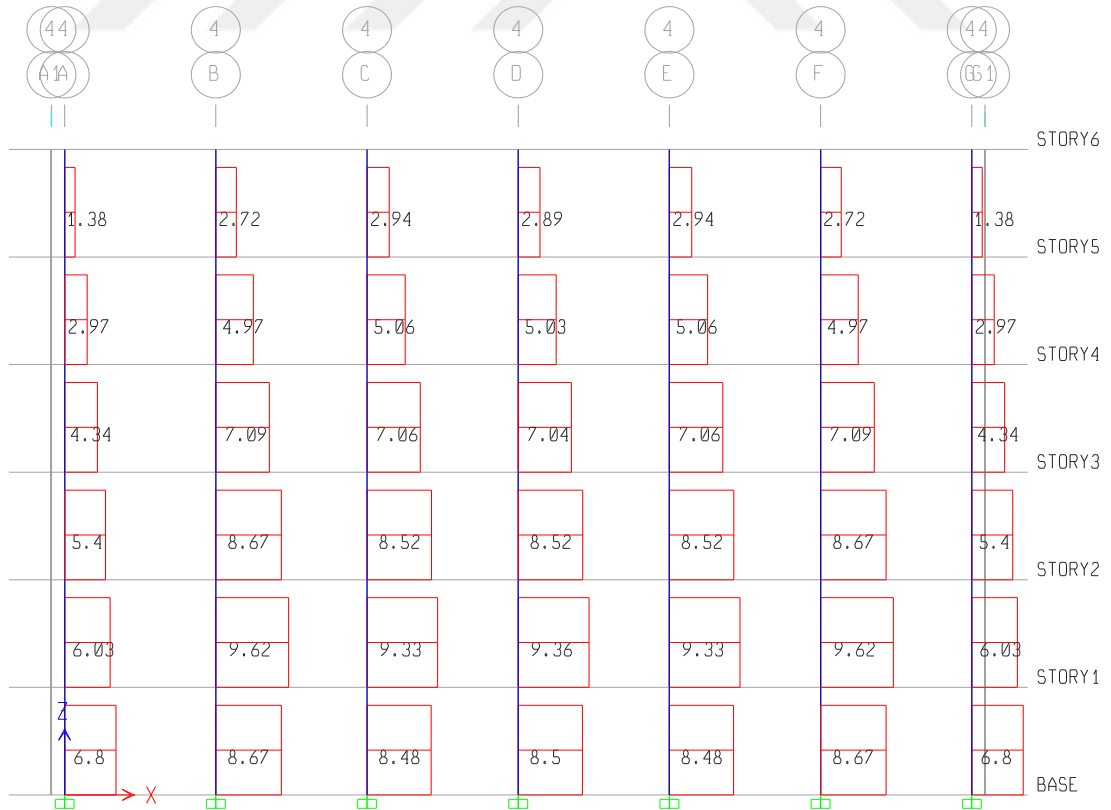
Şekil 4.121. SSB1B-1L modeli 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.122. SSB1B-1L modeli 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



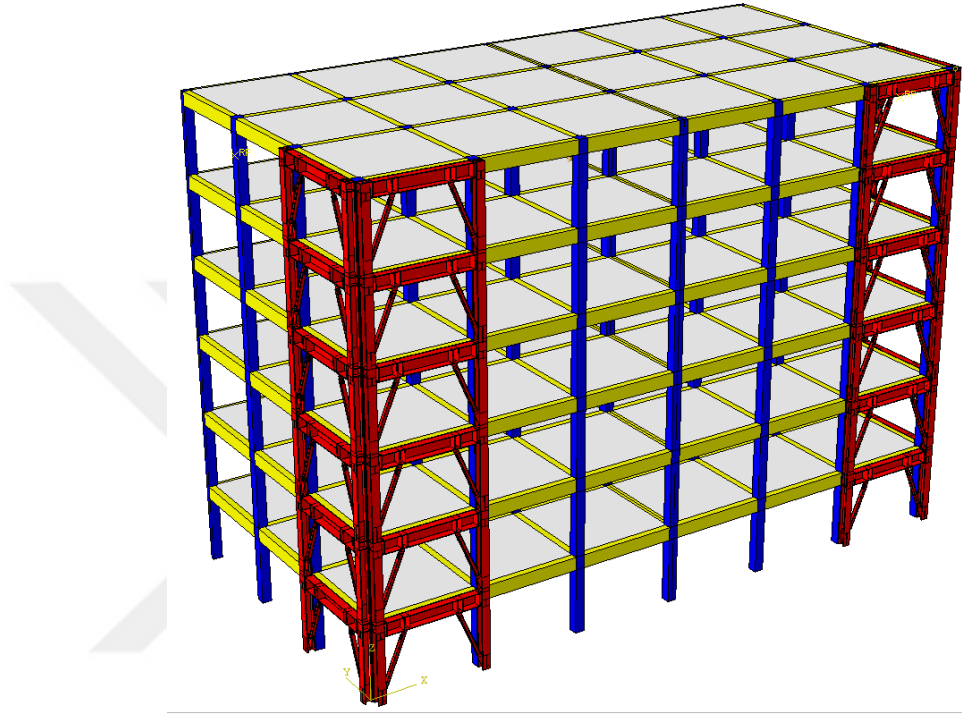
Şekil 4.123. SSB1B-1L modeli 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.124. SSB1B-1L modeli 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

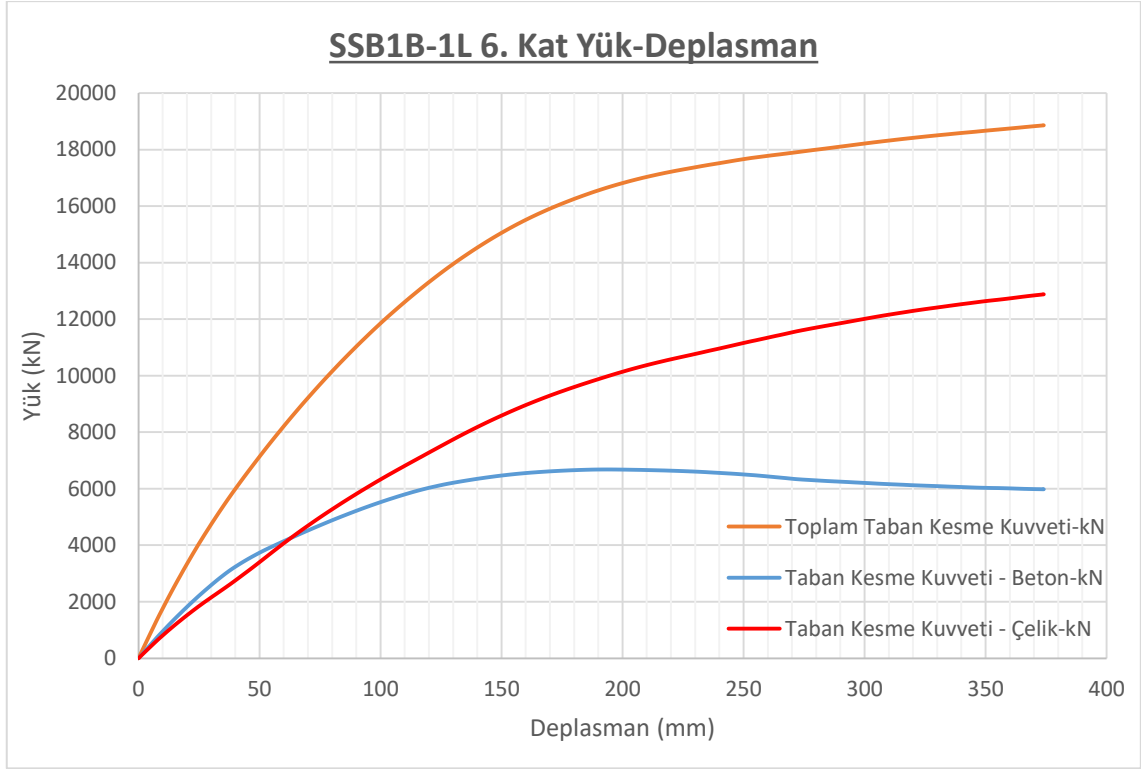
4.3.6.2. Doğrusal olmayan analiz sonuçları

Referans binanın dıştan tek açıklıkta tek katman çelik çerçeve eklenerek güçlendirilmesi ile oluşan yapının üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.125.'de verilmiştir.



Şekil 4.125. SSB1B-1L modeli 3B görünüşü

Şekil 4.126.'da **SSB1B-1L** modelinde yatay itme analizi sonucunda elde edilen tüm sonuçlar betonarme sistem, çelik sistem ve toplam olmak üzere taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği olarak ayrı ayrı tek grafikte gösterilmiştir. Grafikte gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (convergence) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.



Şekil 4.126. SSB1B-1L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı

SSB1B-L modelinde yatay itme analizinde maksimum 18860 kN yatay yüke kadar analiz yapılmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 374.05 mm deplasmana maruz kalmıştır.

Analiz sonucu meydana gelen değişimi incelemek amacı ile iki adet referans adım belirlenmiştir. Bunlar sırası ile referans model **RB1**'in maksimum yüke ulaştığı an (F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) ve $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına ulaşıldığı (180 mm) andır.

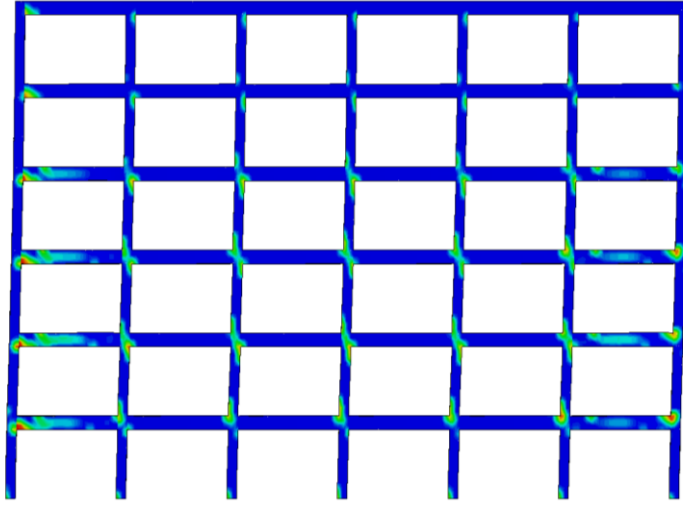
SSB1B-1L modelinde F^{RBI}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.127. ve Şekil 4.128.'de verilmiştir. Şekil 4.127.'daki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Modelde F^{RBI}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri Şekil 4.129. - Şekil 4.131.'de verilmiştir.

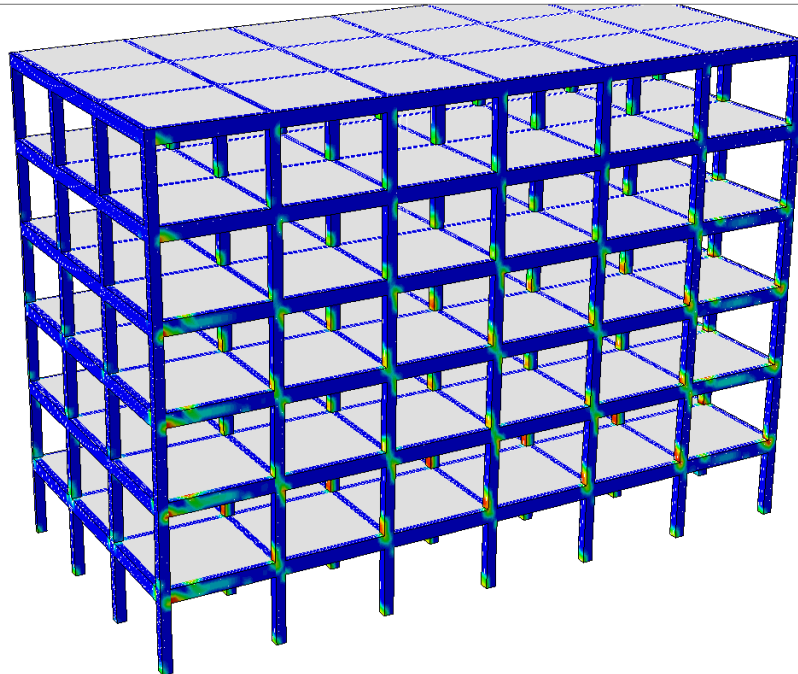
Şekil 4.132. ve Şekil 4.133.'de, $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına geldiği analiz adımında betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları, Şekil 4.134. - Şekil

4.136.'da ise yine aynı $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanında dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri verilmiştir.

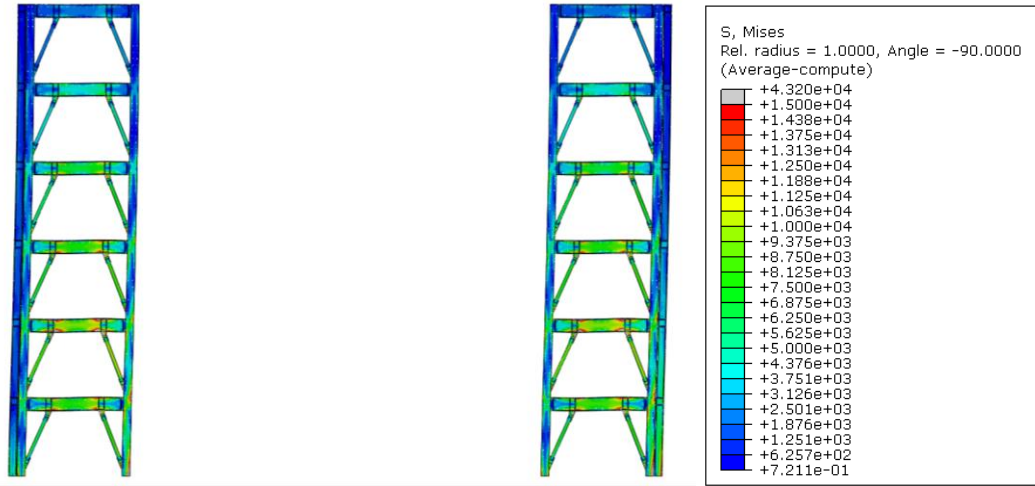
Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.137. - Şekil 4.150. arasında verilmiştir.



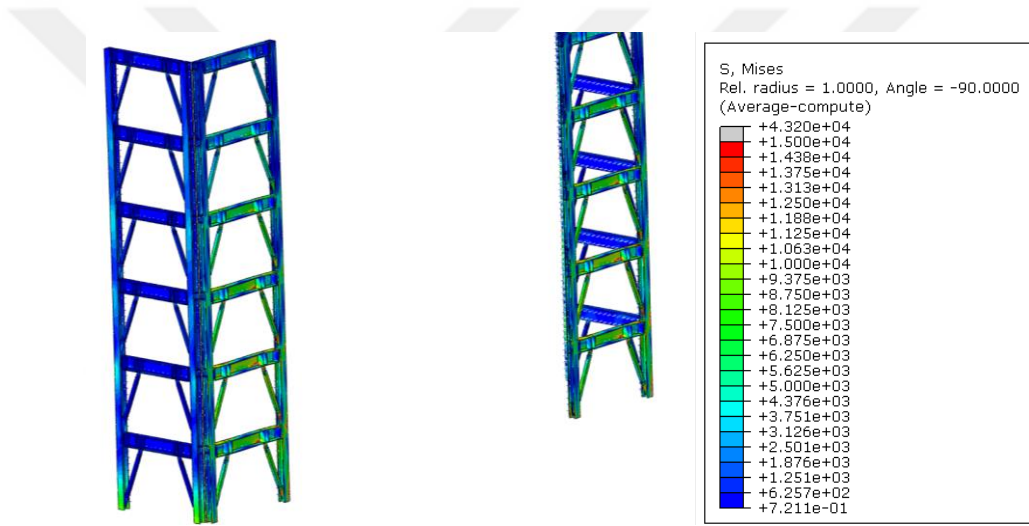
Şekil 4.127. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



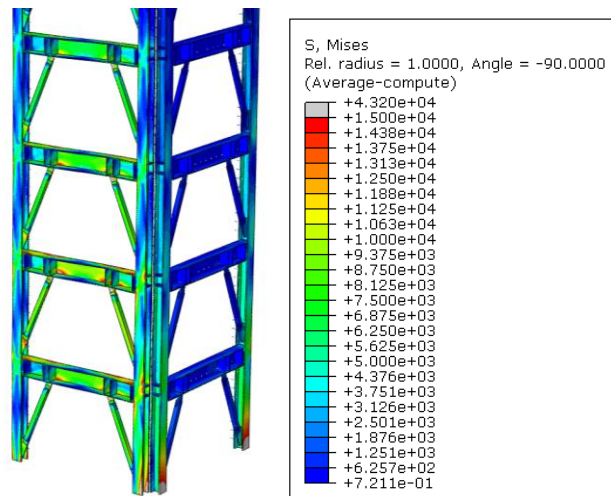
Şekil 4.128. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş



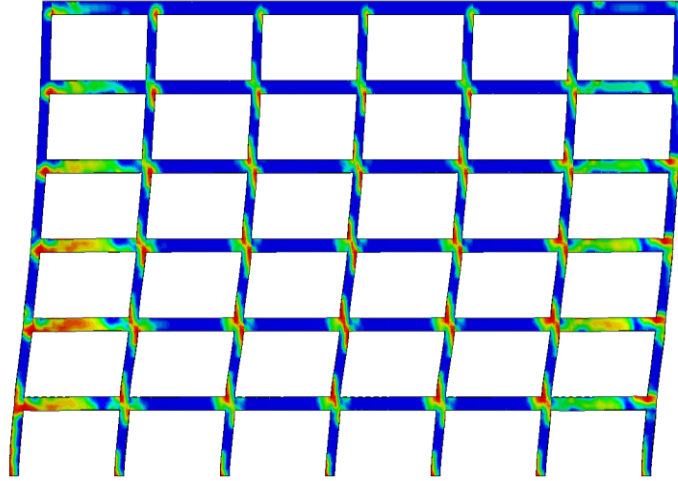
Şekil 4.129. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri



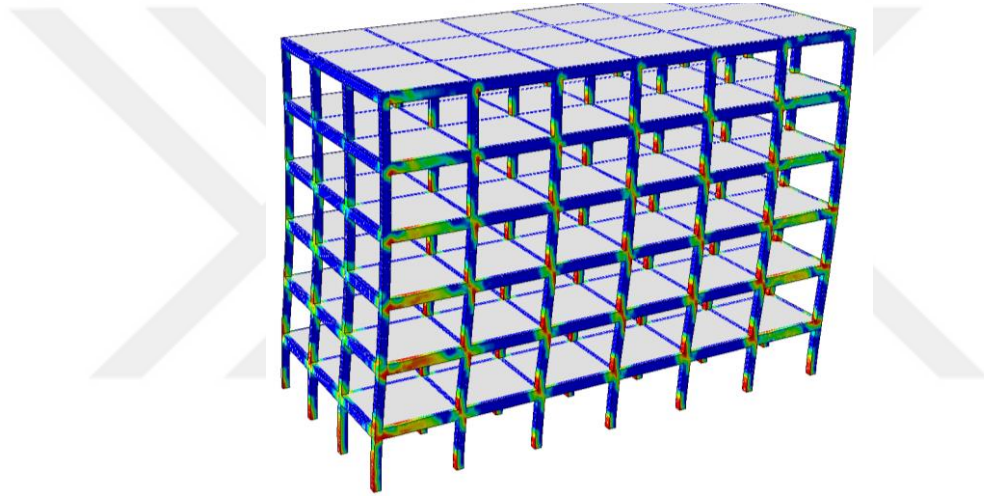
Şekil 4.130. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 1



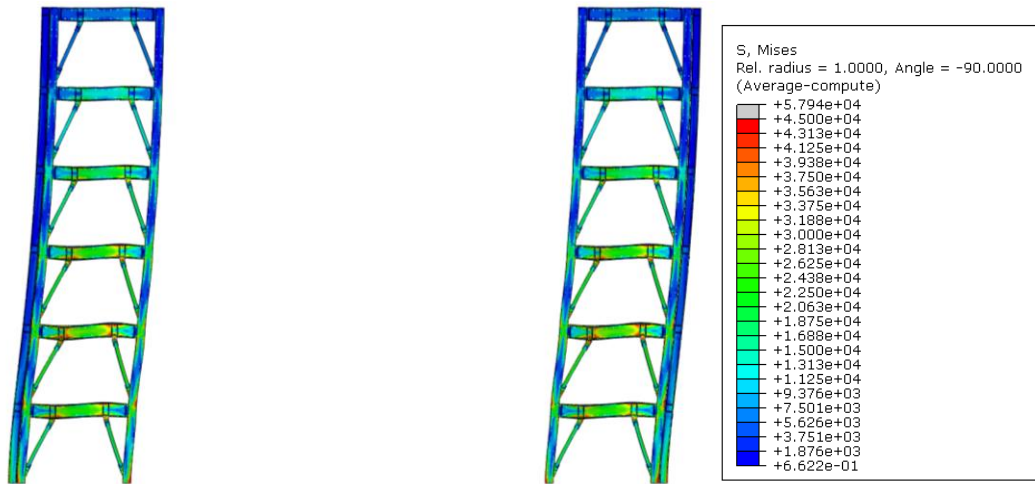
Şekil 4.131. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 2



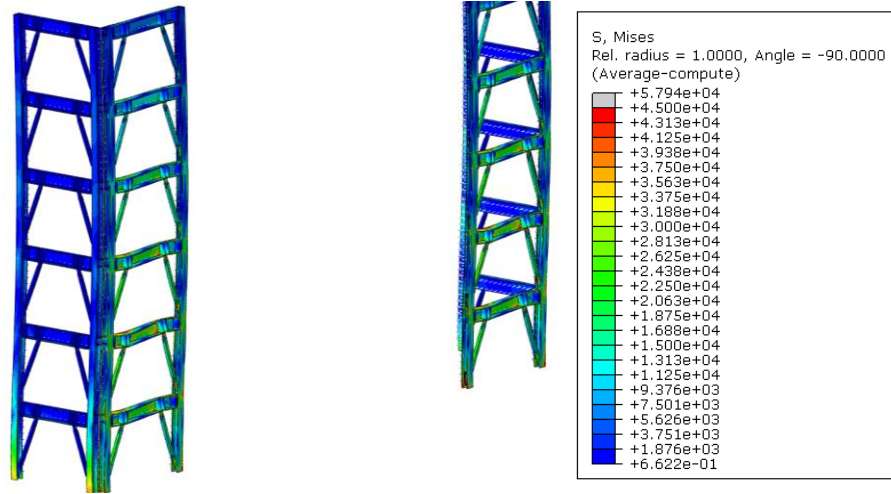
Şekil 4.132. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



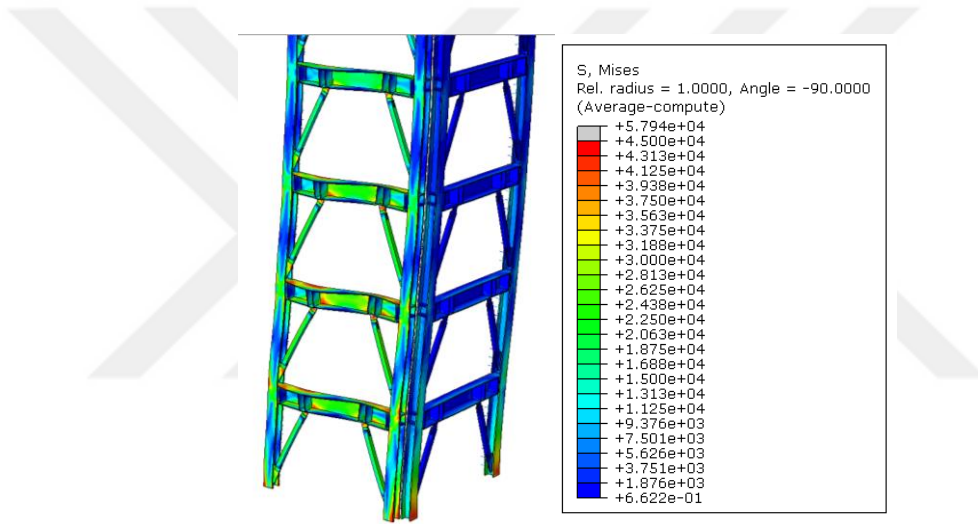
Şekil 4.133. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş



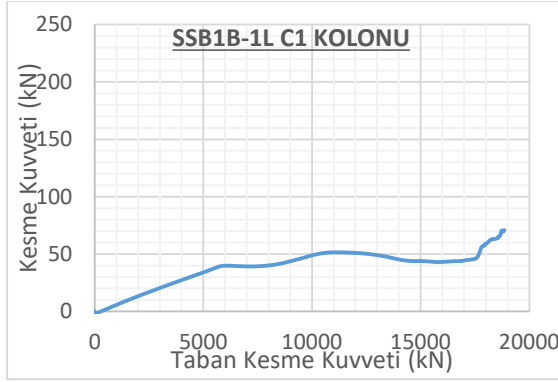
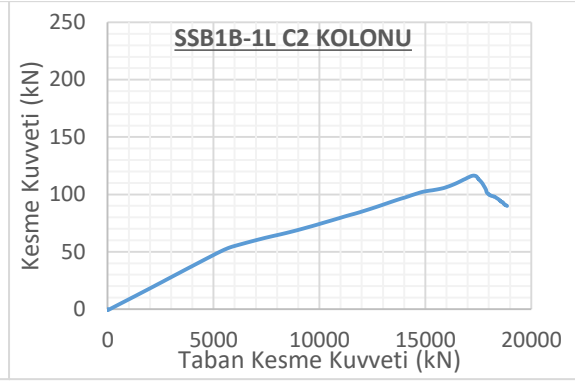
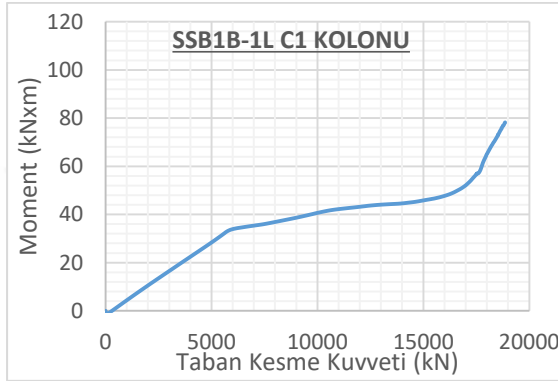
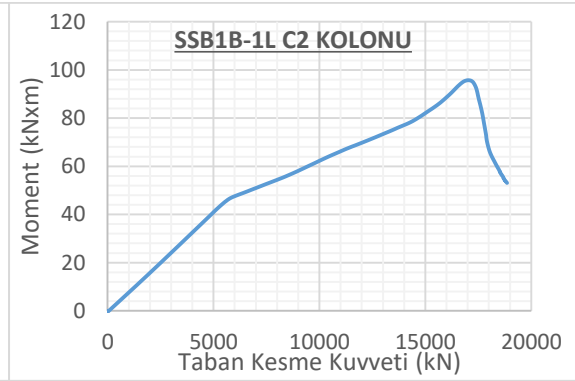
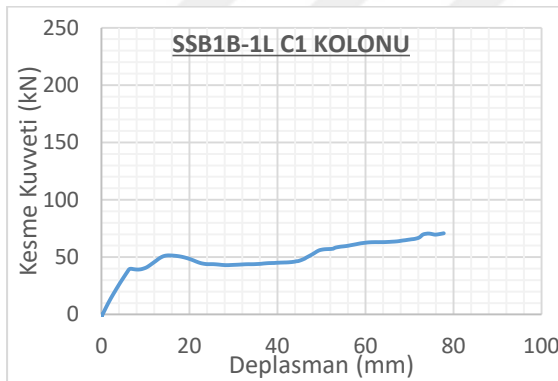
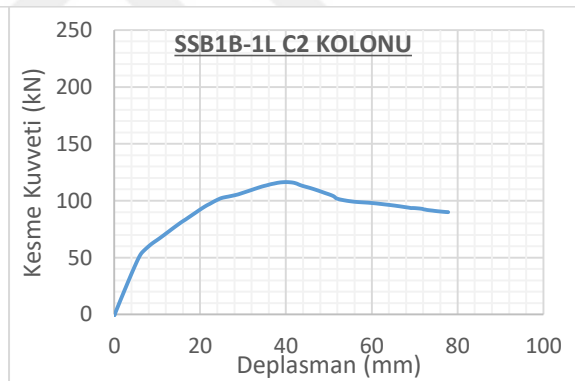
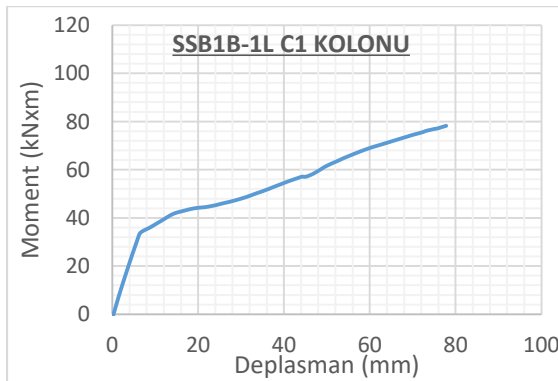
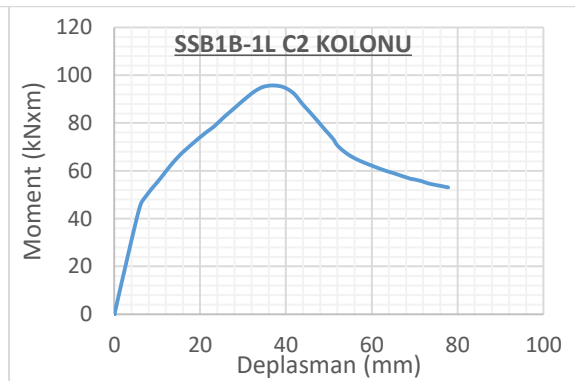
Şekil 4.134. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



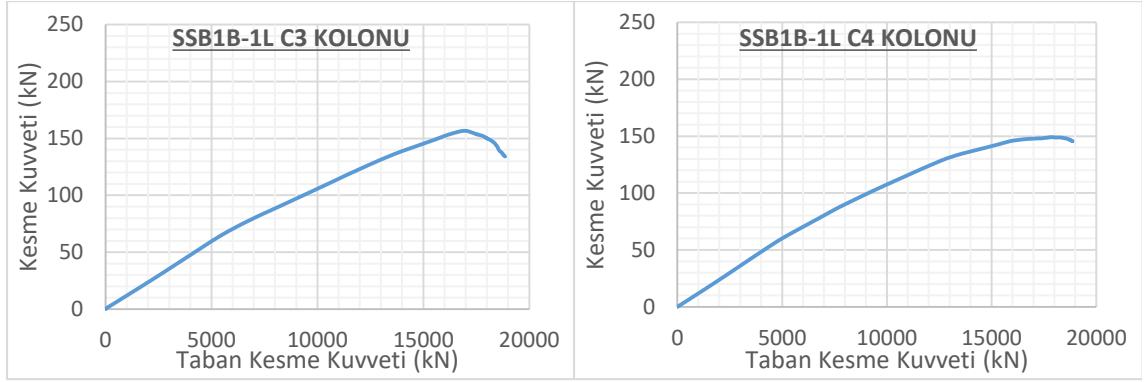
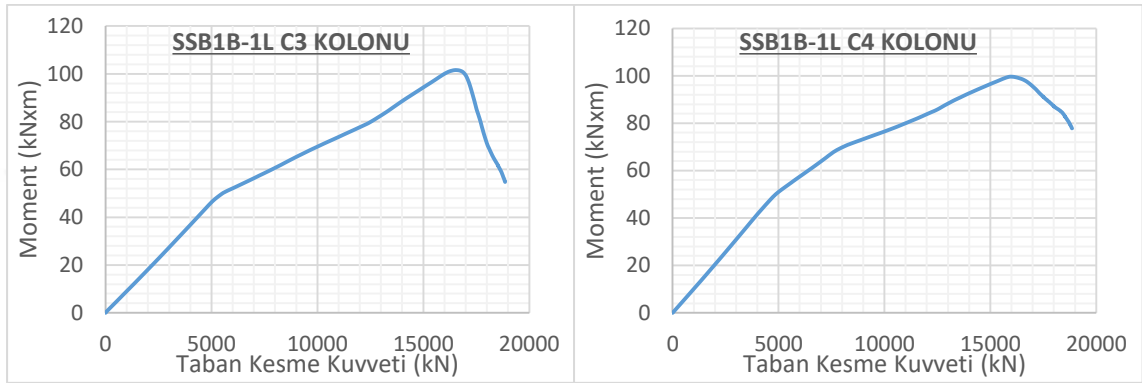
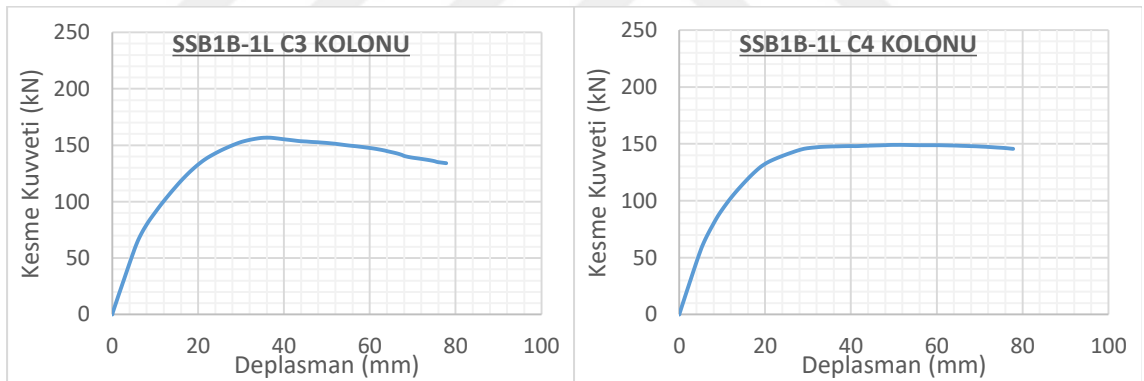
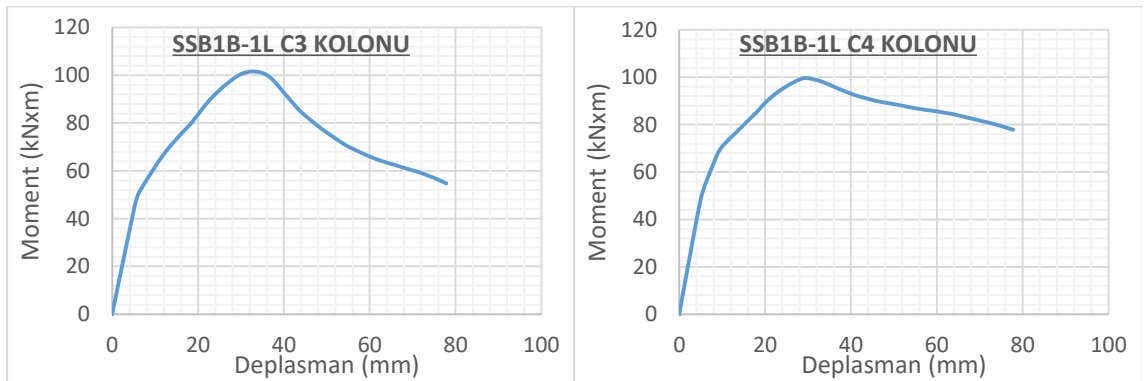
Şekil 4.135. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1



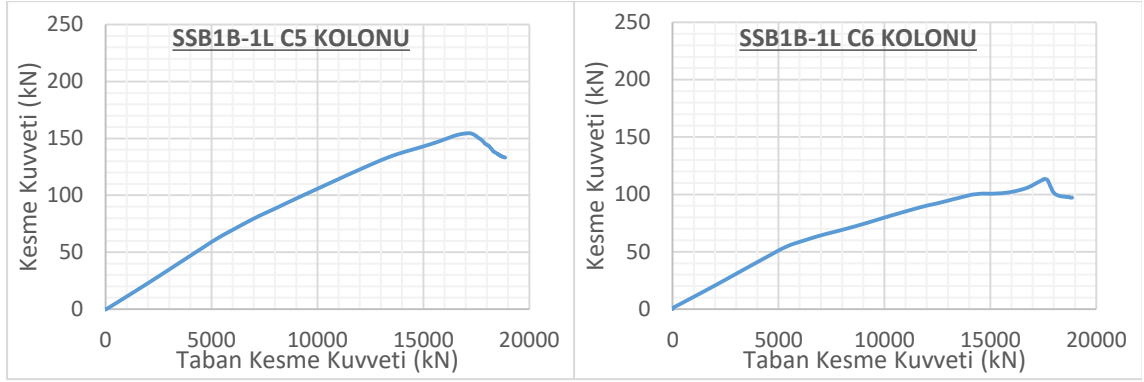
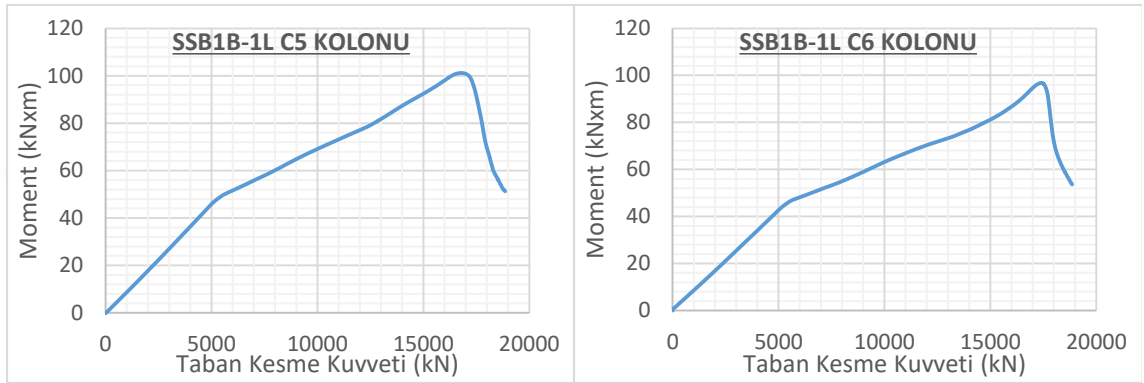
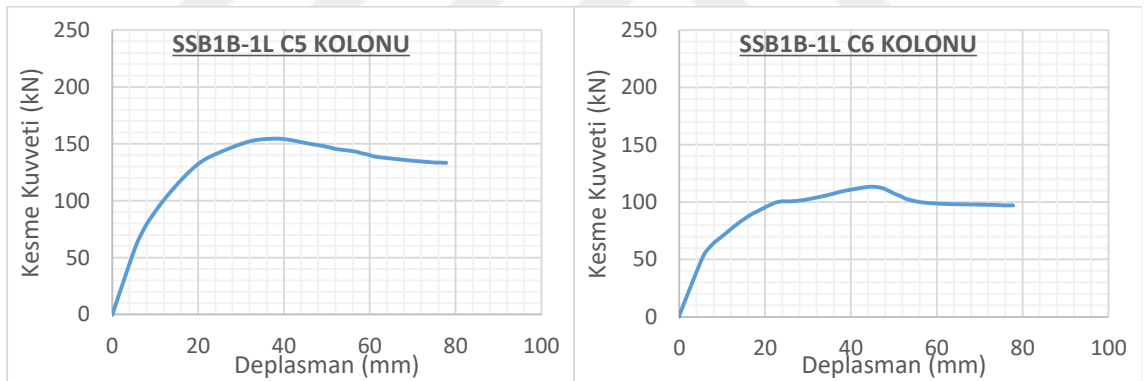
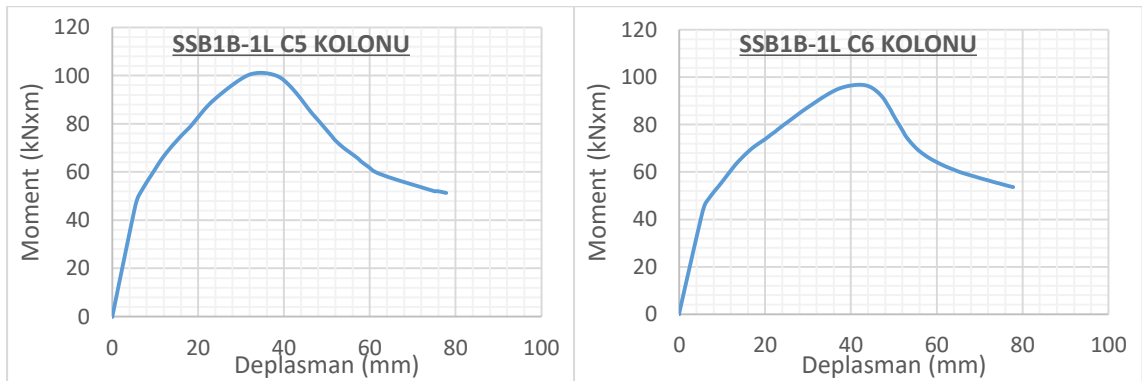
Şekil 4.136. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

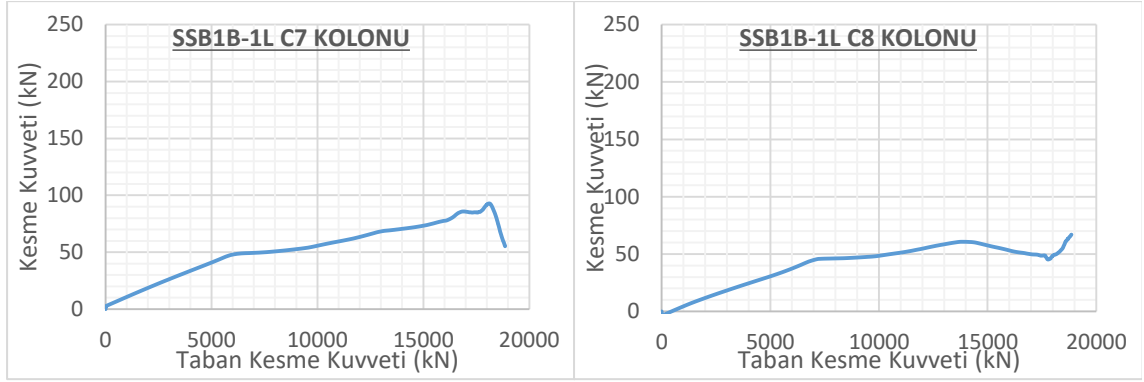
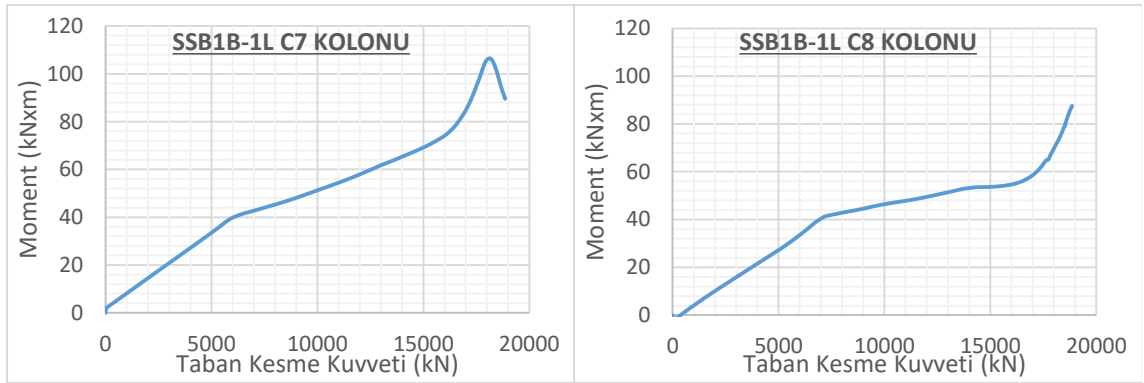
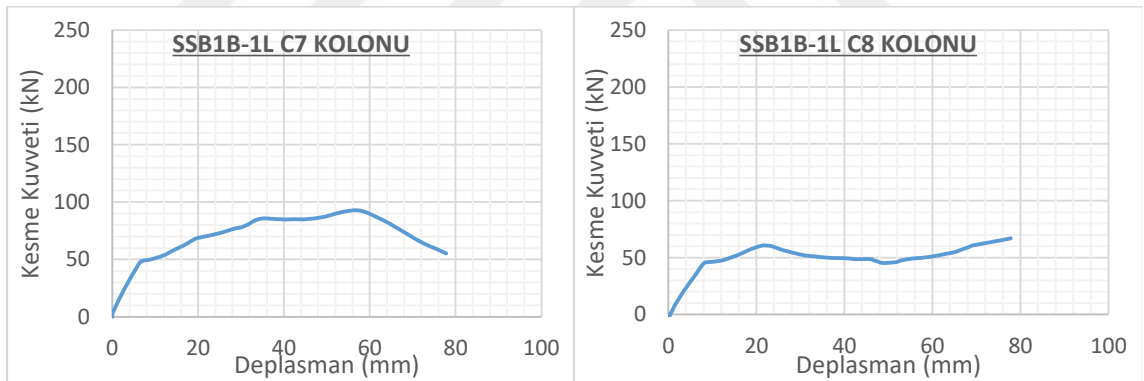
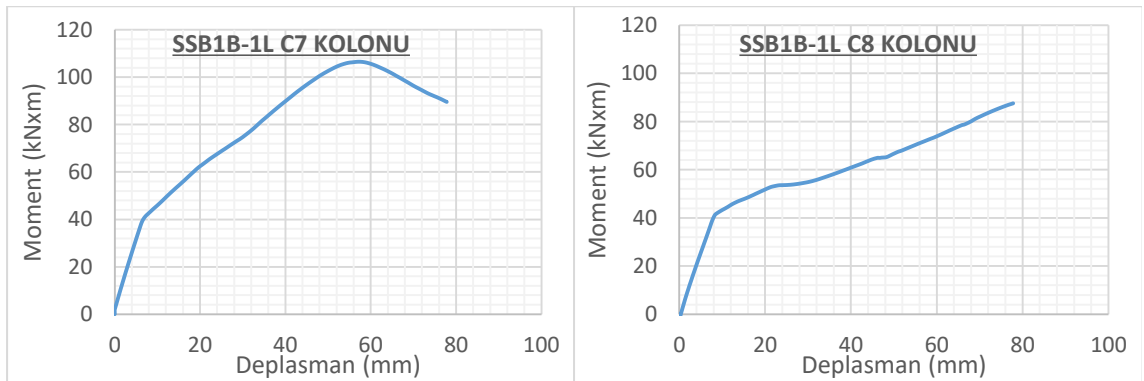
Şekil 4.137. SSB1B-1L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

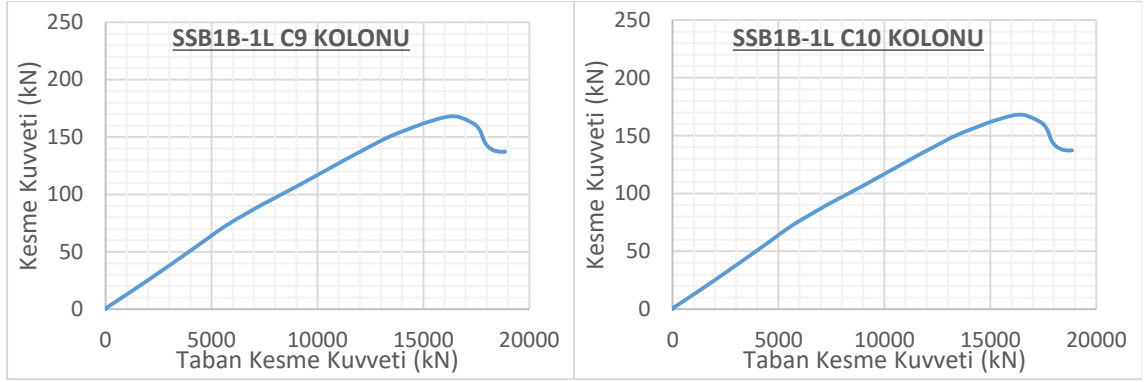
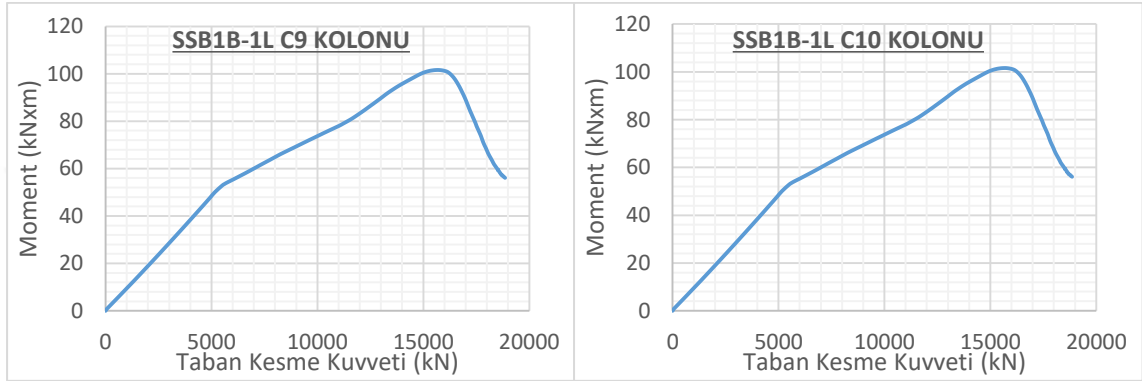
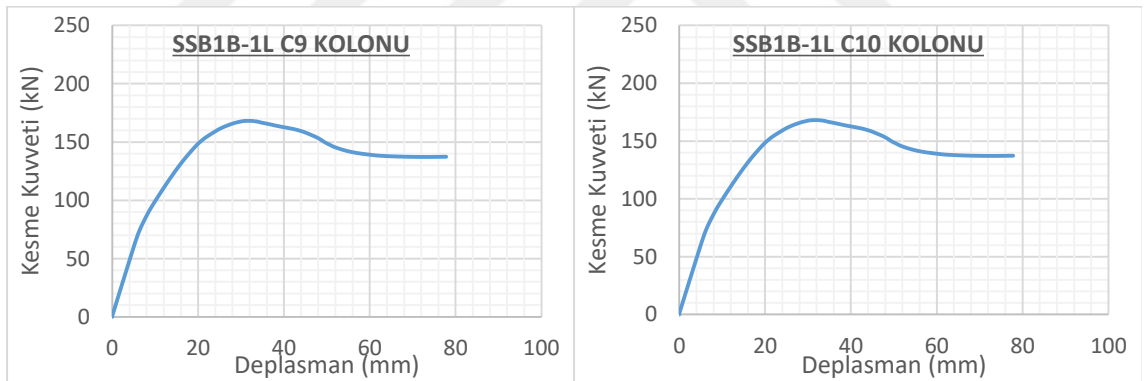
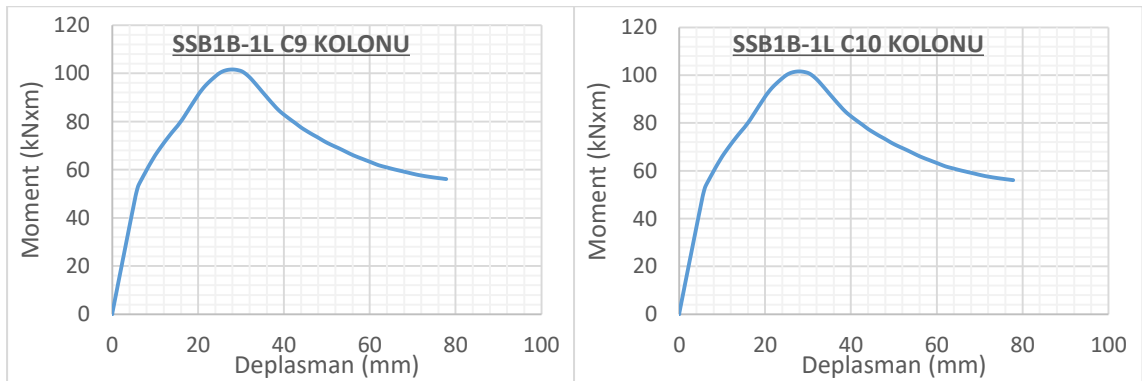
Şekil 4.138. SSB1B-1L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

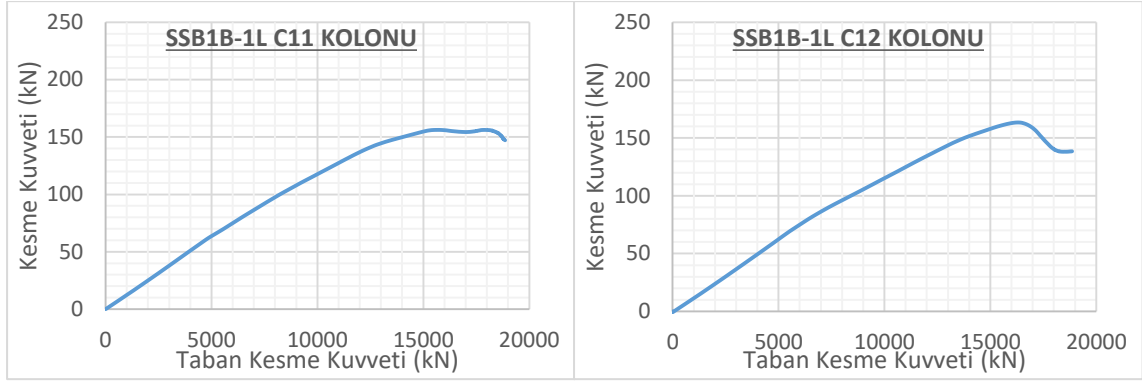
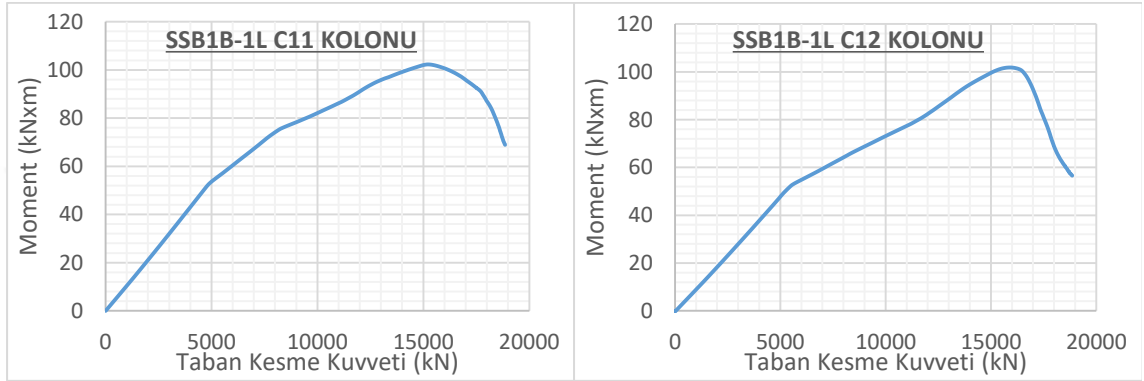
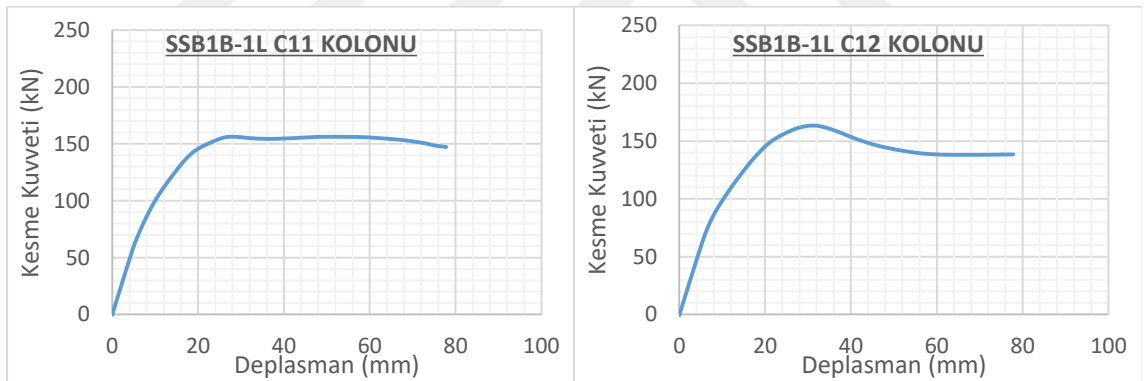
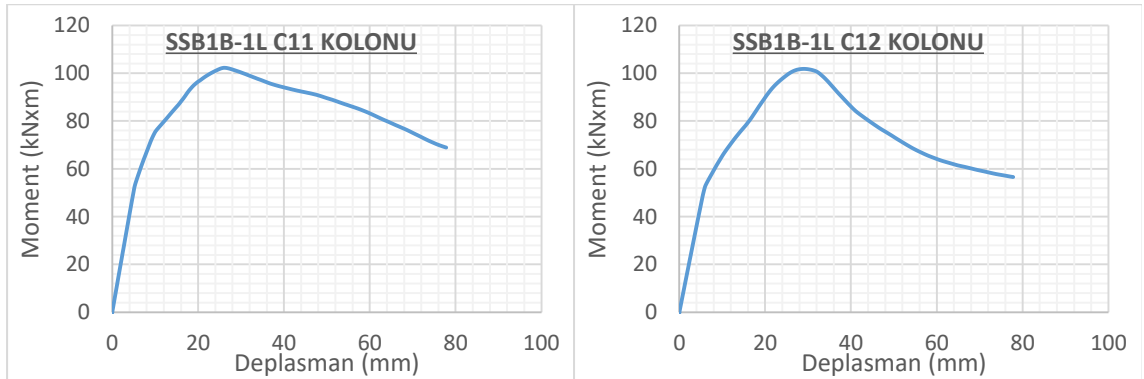
Şekil 4.139. SSB1B-1L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

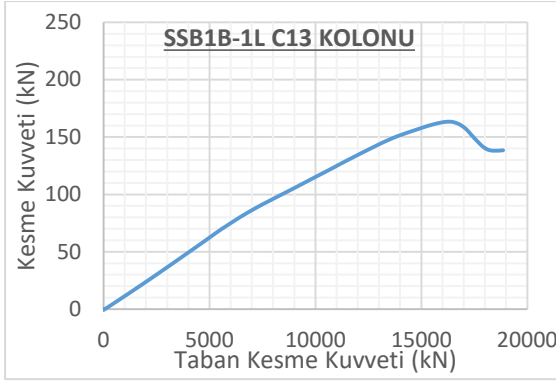
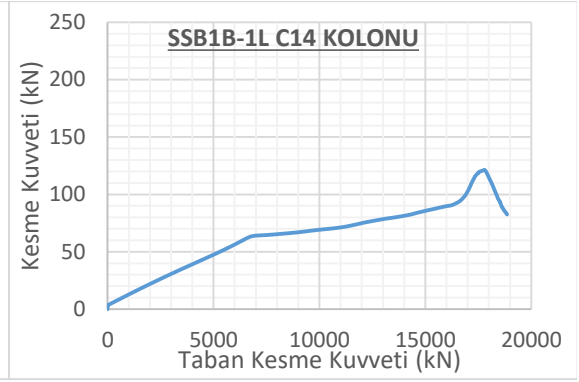
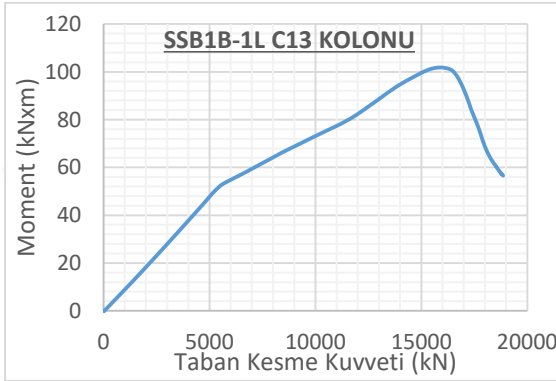
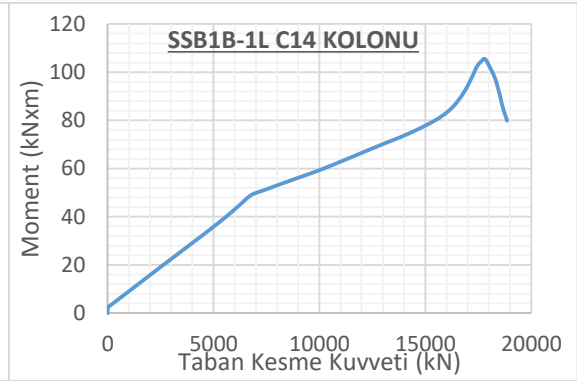
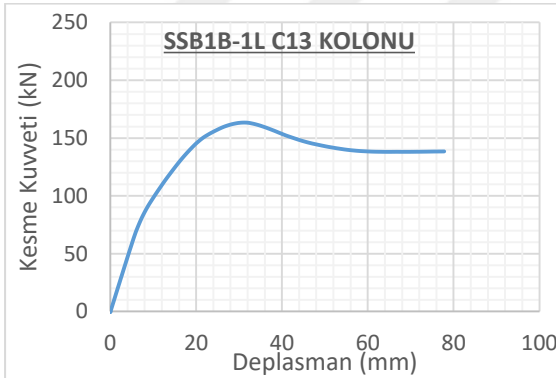
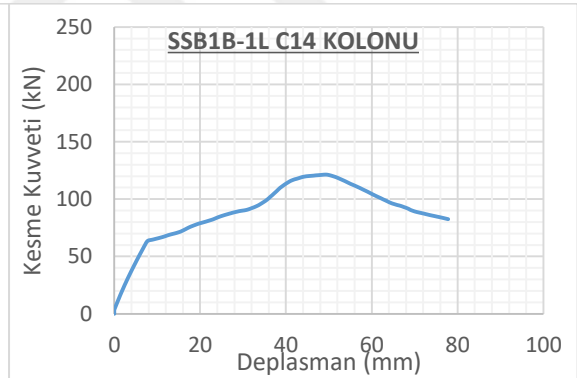
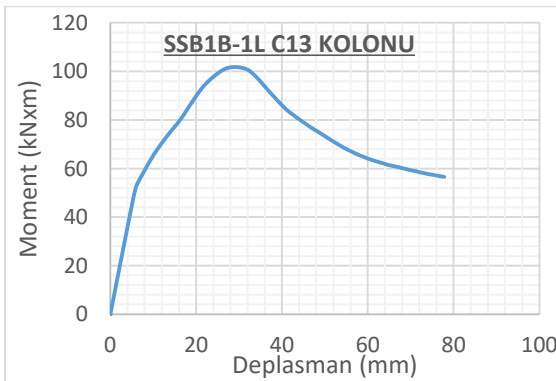
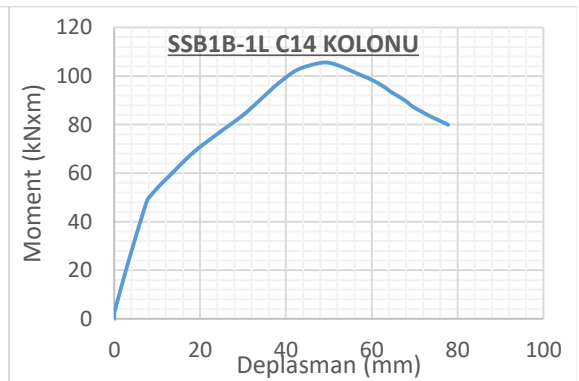
Şekil 4.140. SSB1B-1L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

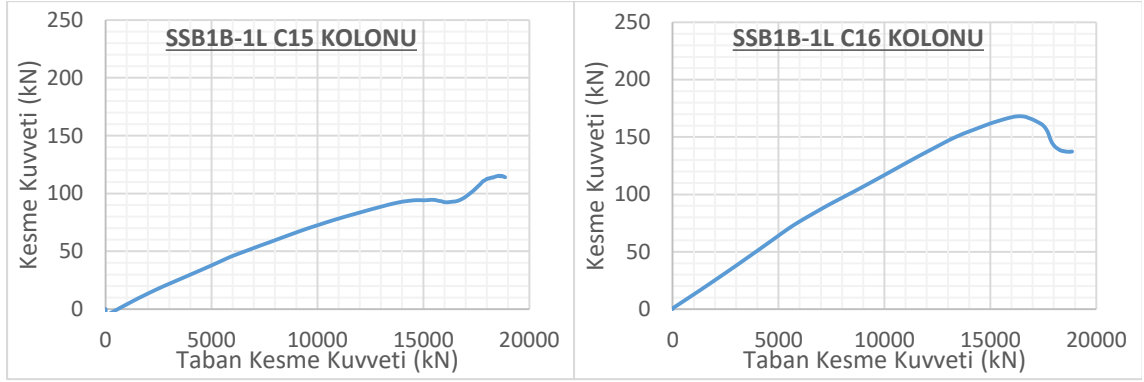
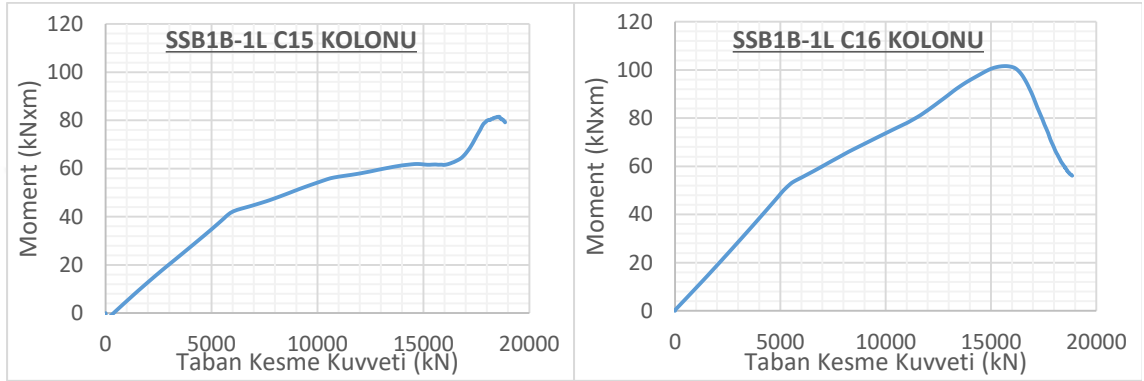
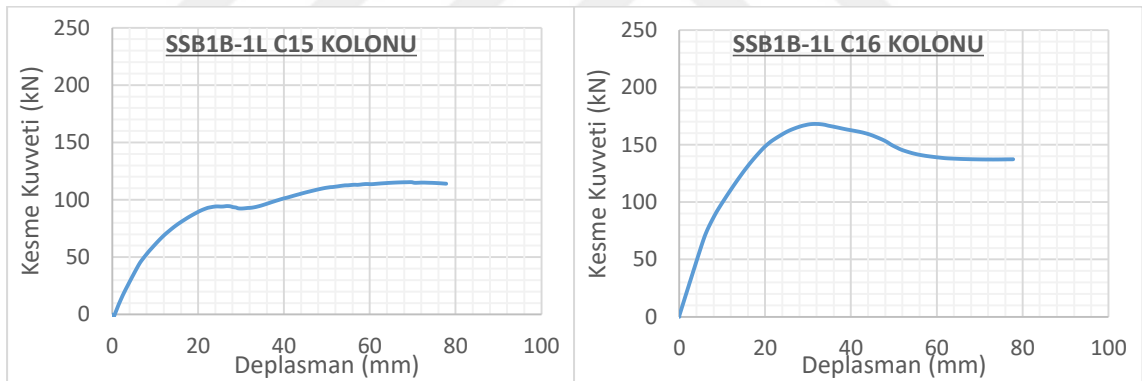
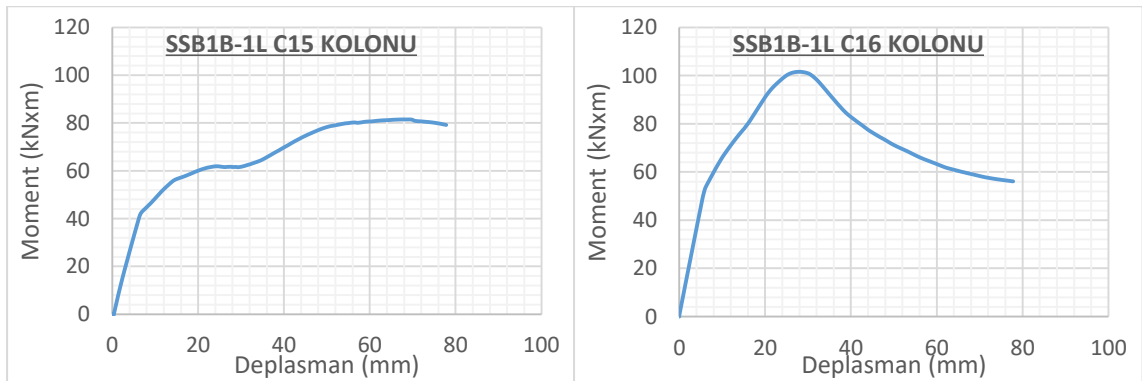
Şekil 4.141. SSB1B-1L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

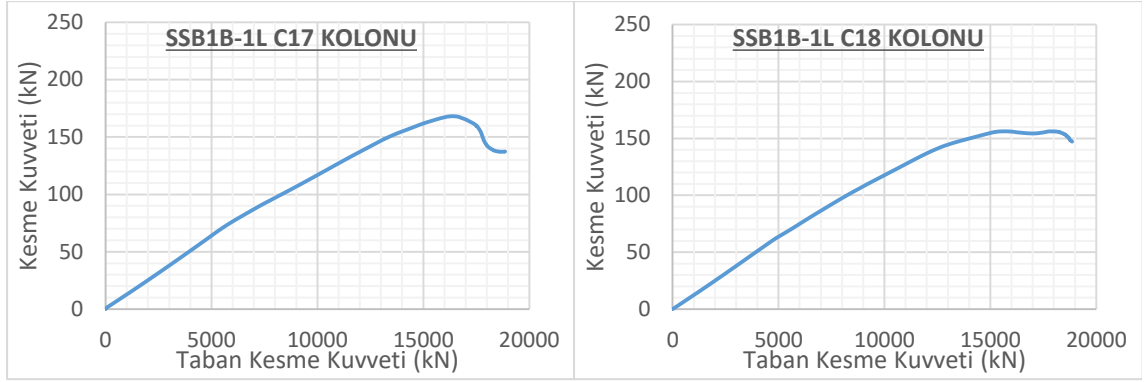
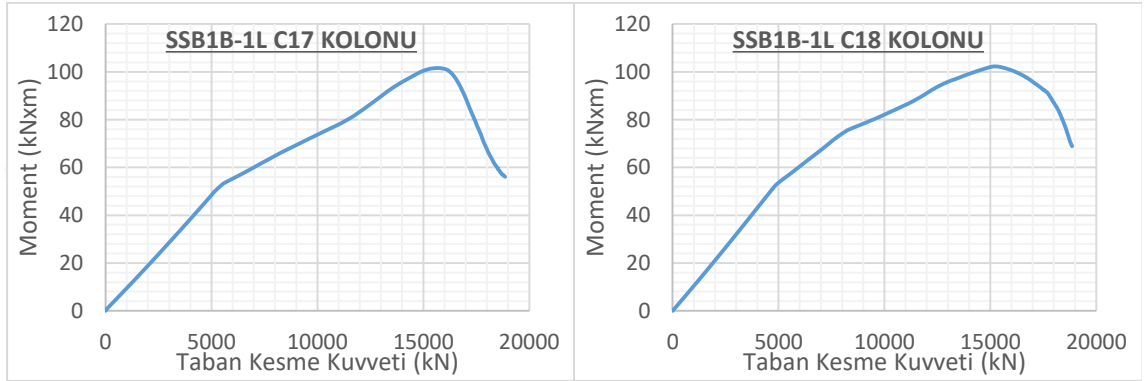
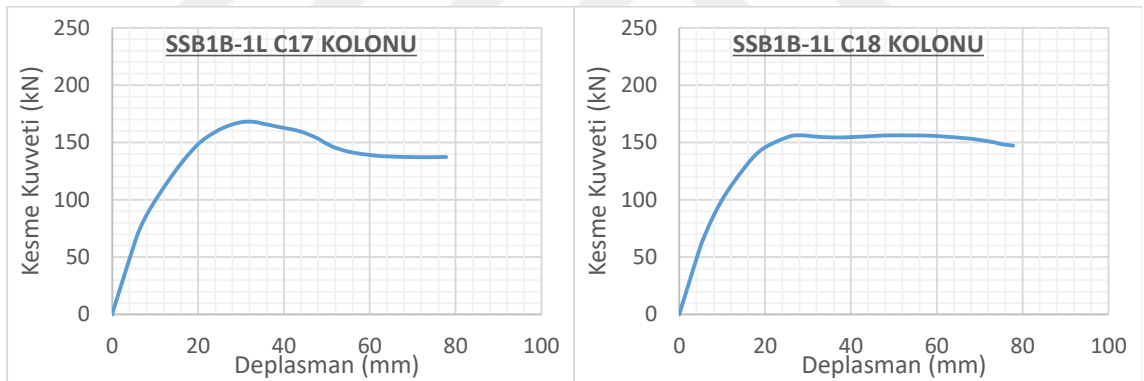
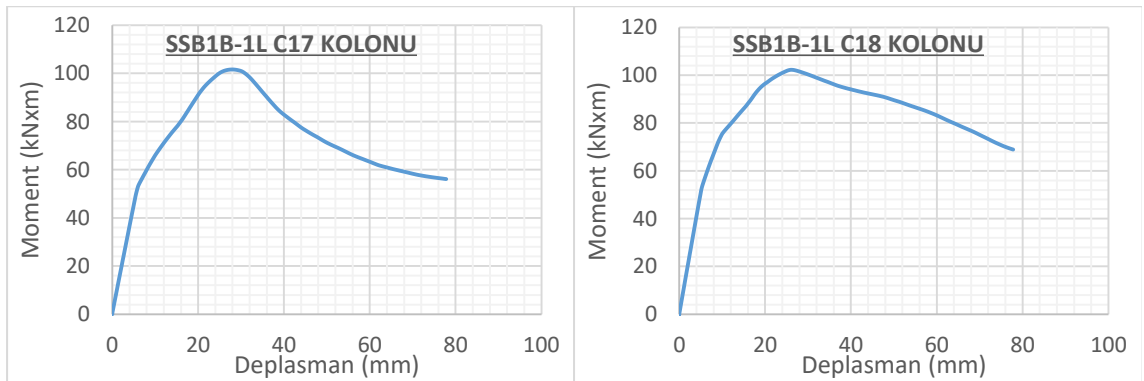
Şekil 4.142. SSB1B-1L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

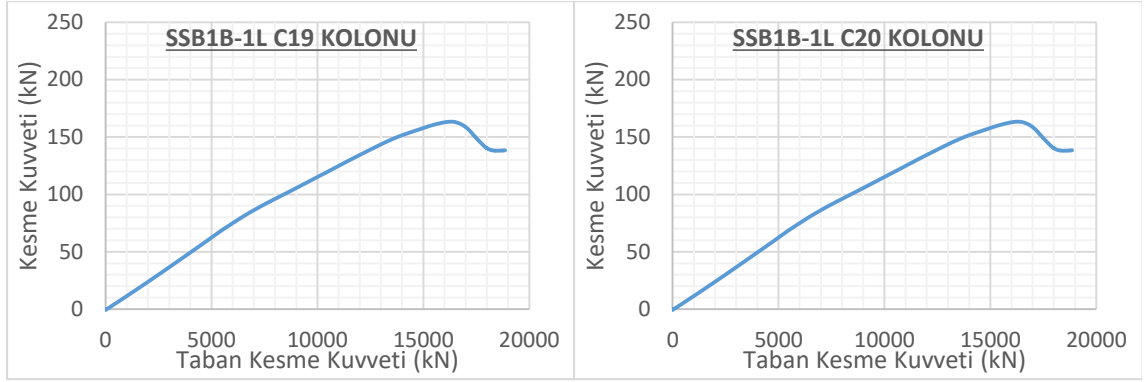
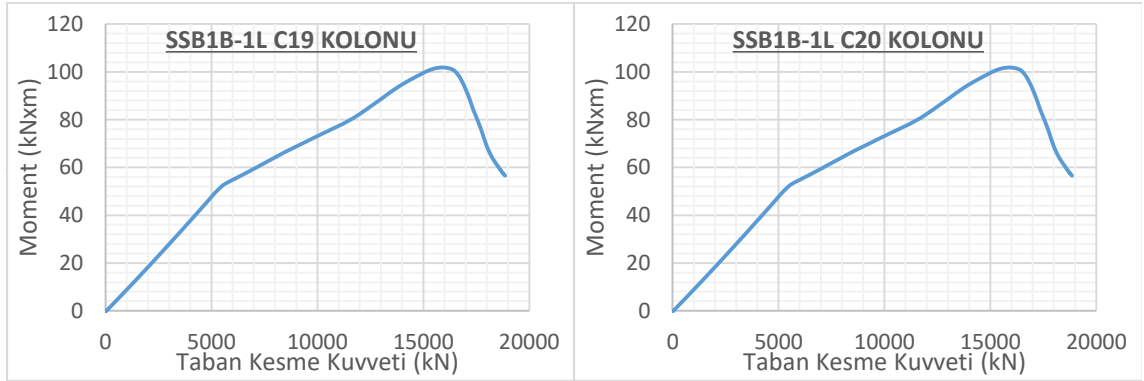
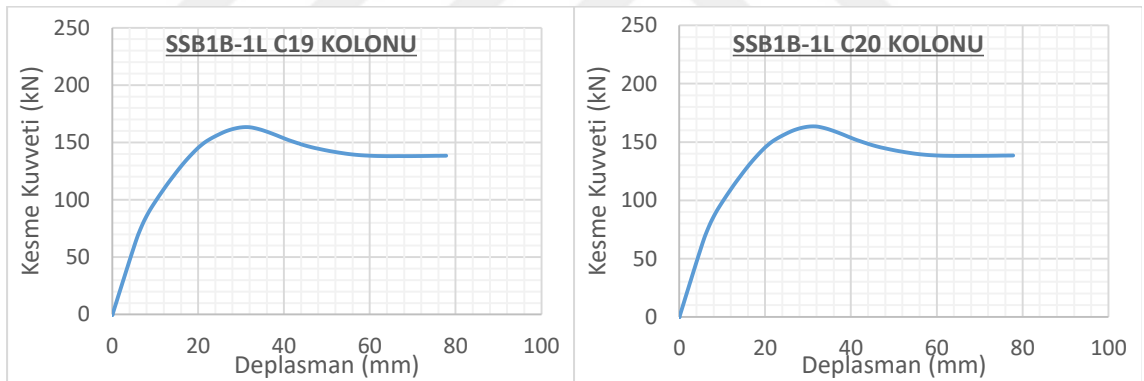
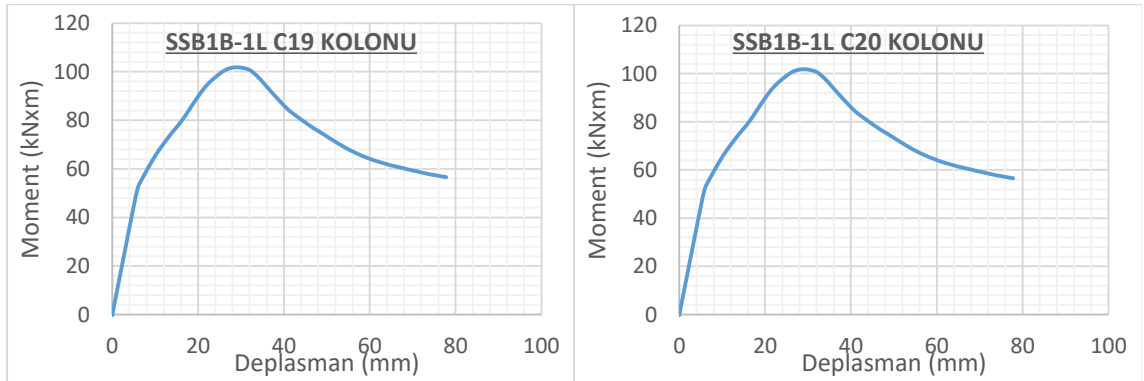
Şekil 4.143. SSB1B-1L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

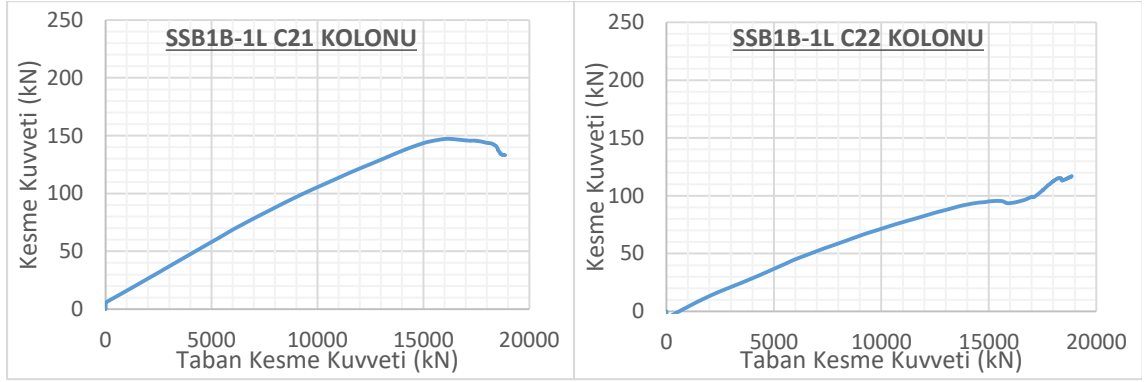
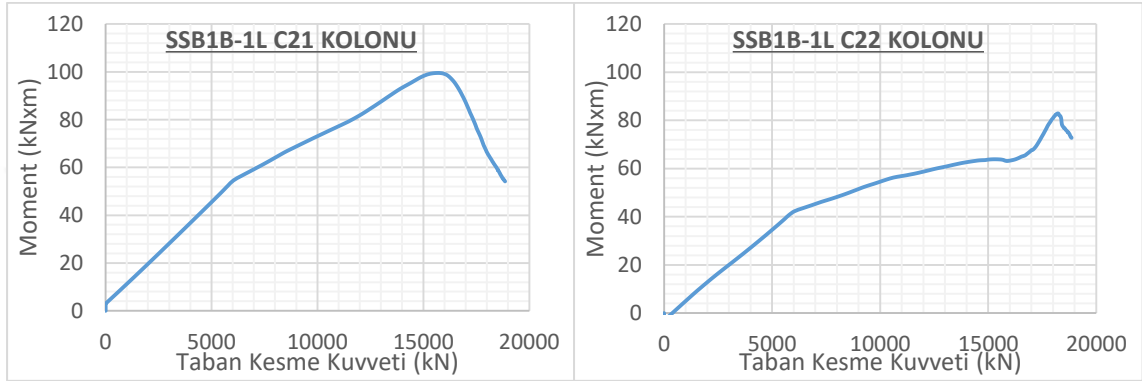
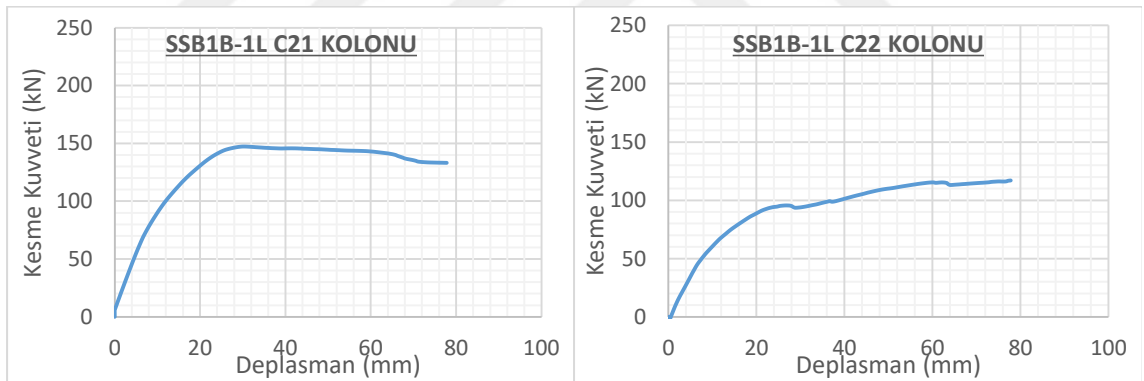
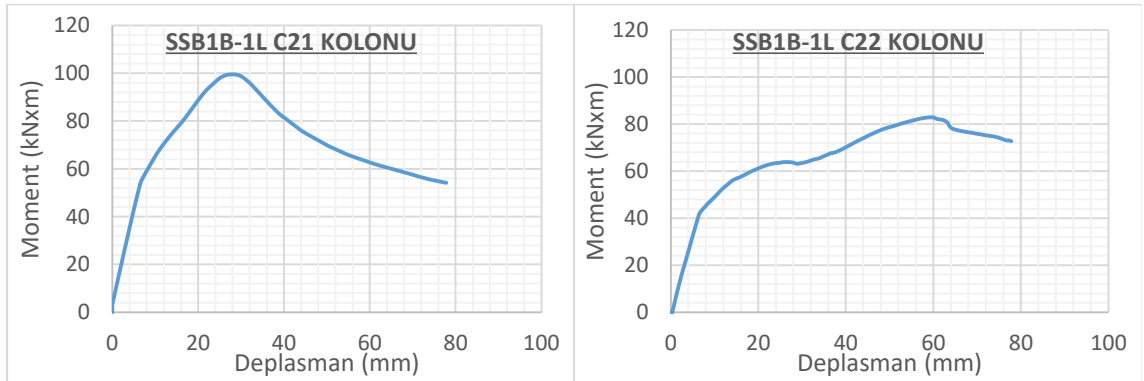
Şekil 4.144. SSB1B-1L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

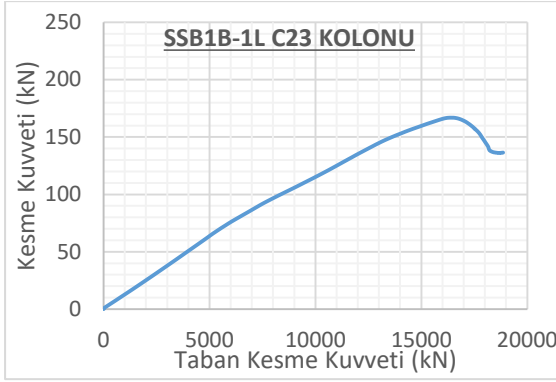
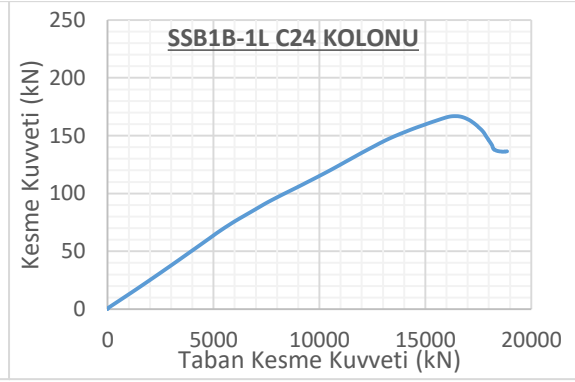
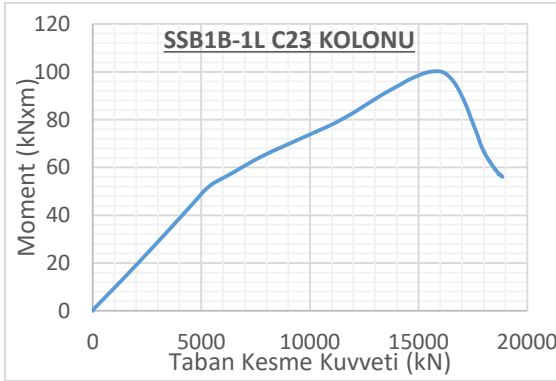
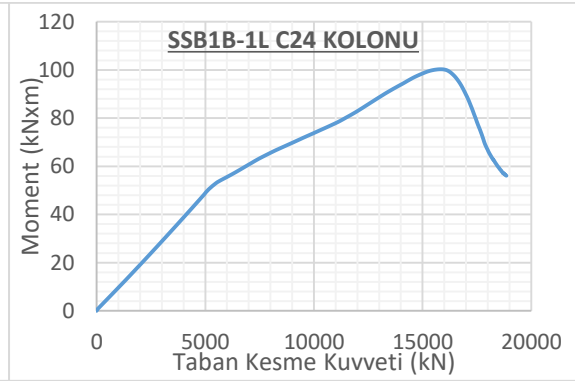
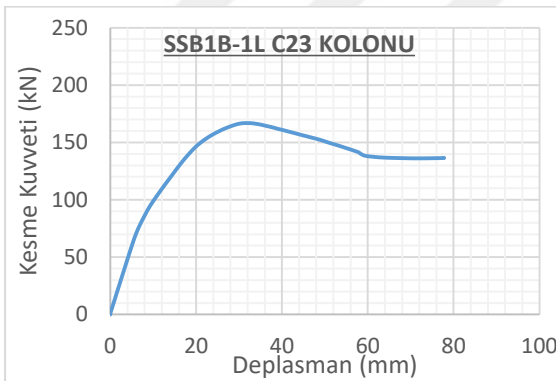
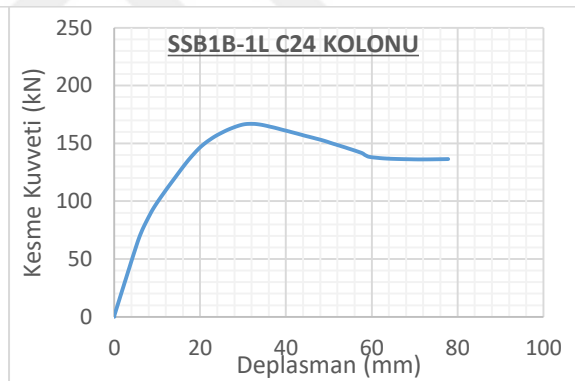
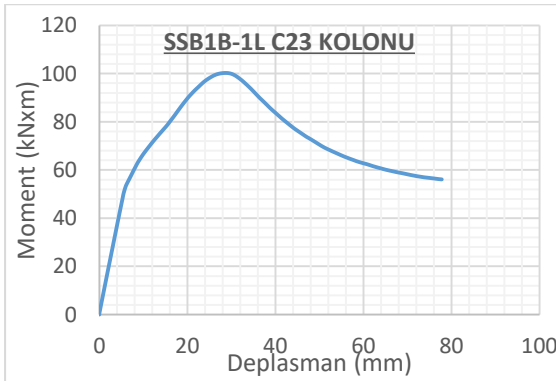
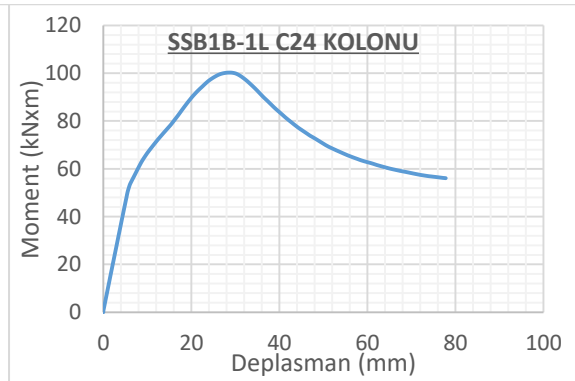
Şekil 4.145. SSB1B-1L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

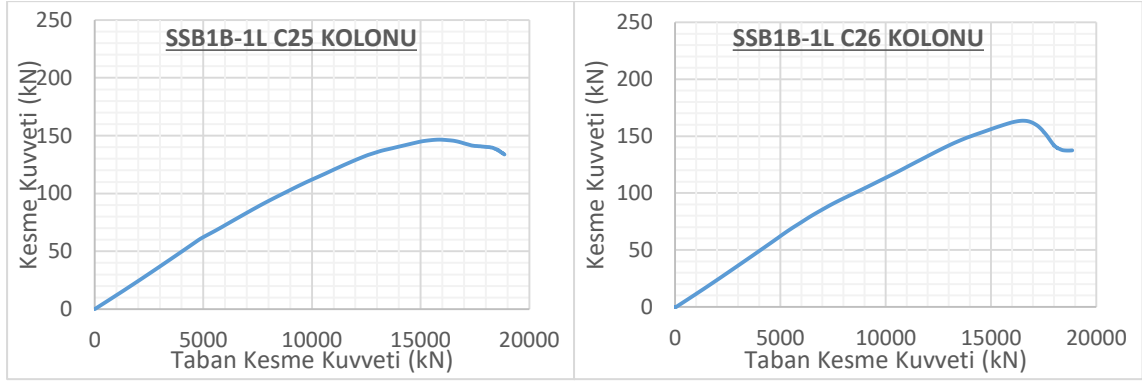
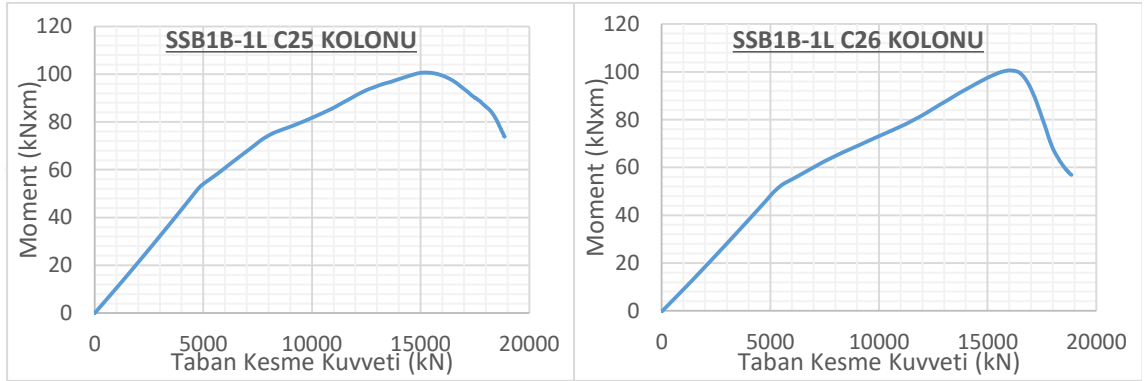
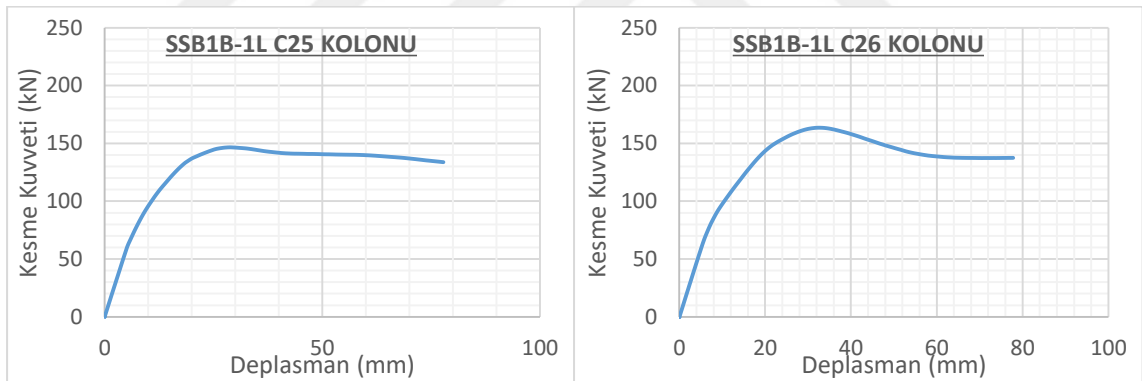
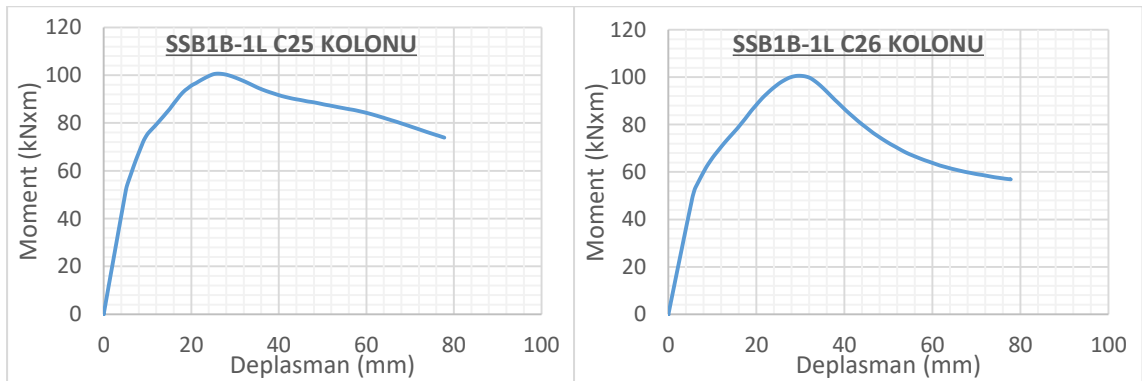
Şekil 4.146. SSB1B-1L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

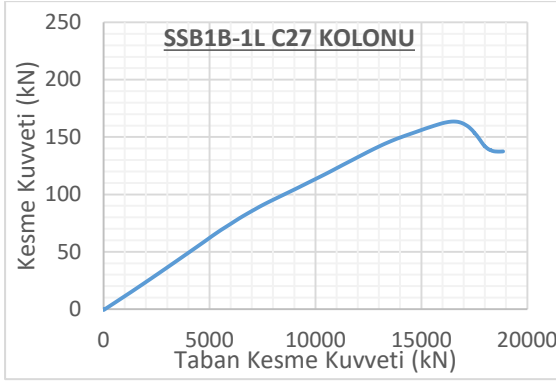
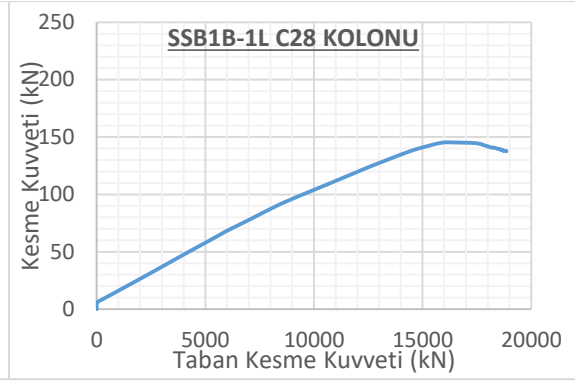
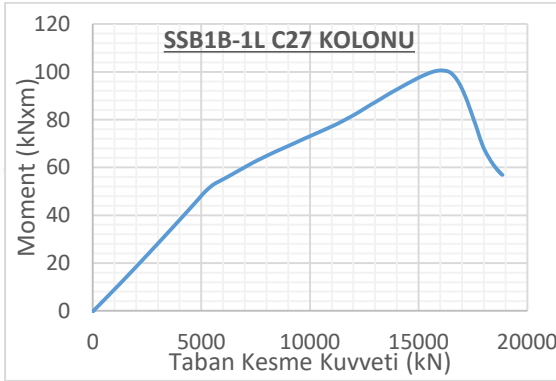
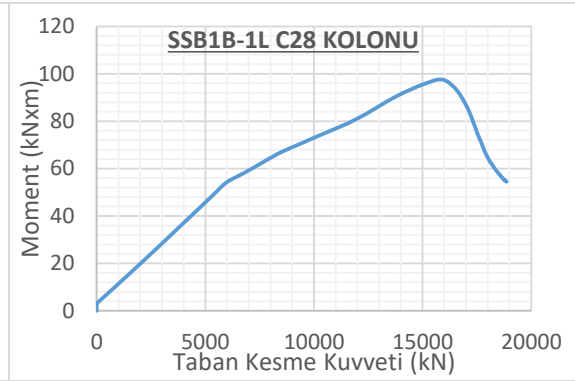
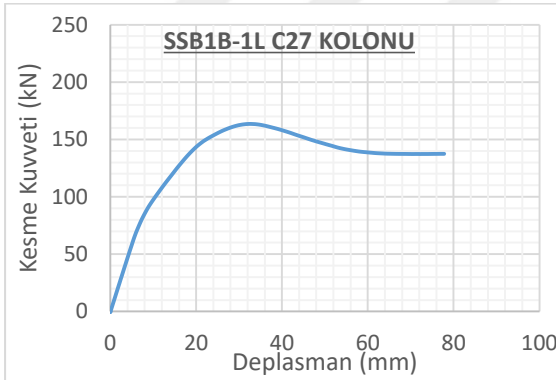
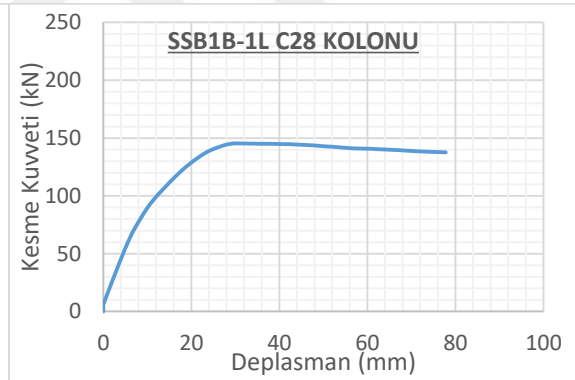
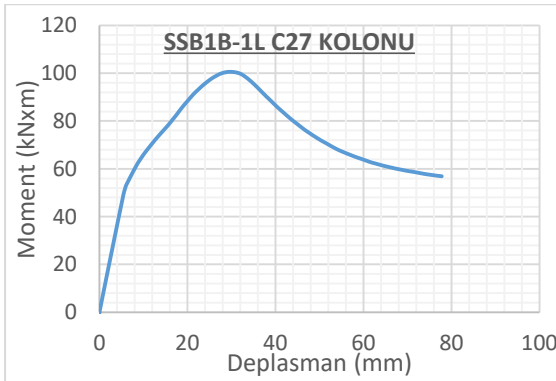
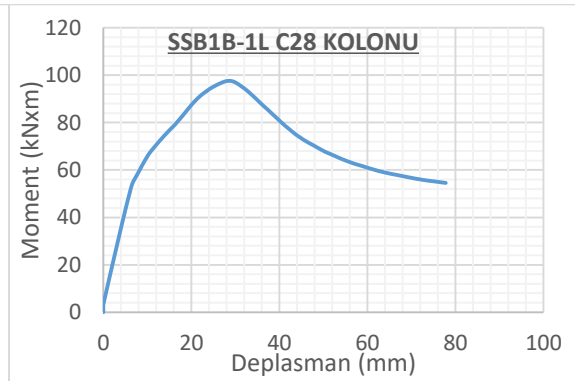
Şekil 4.147. SSB1B-1L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.148. SSB1B-1L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

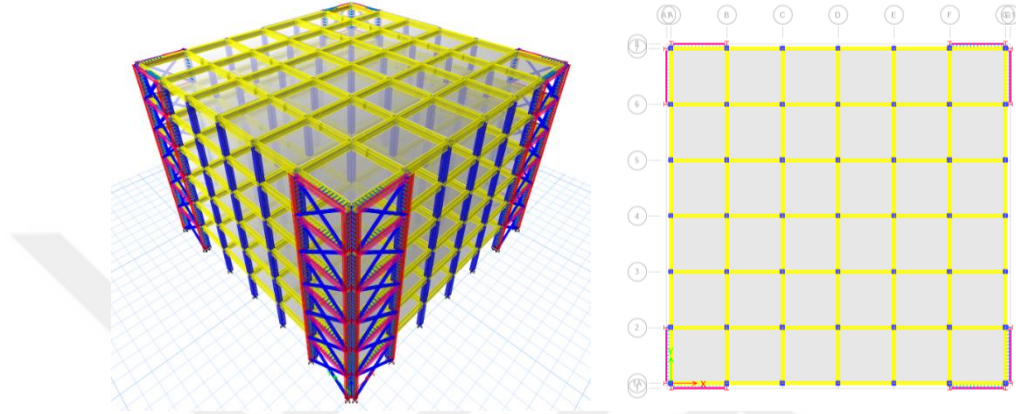
Şekil 4.149. SSB1B-1L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.150. SSB1B-1L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.7. SSB1B-1L-X güçlendirilmiş model

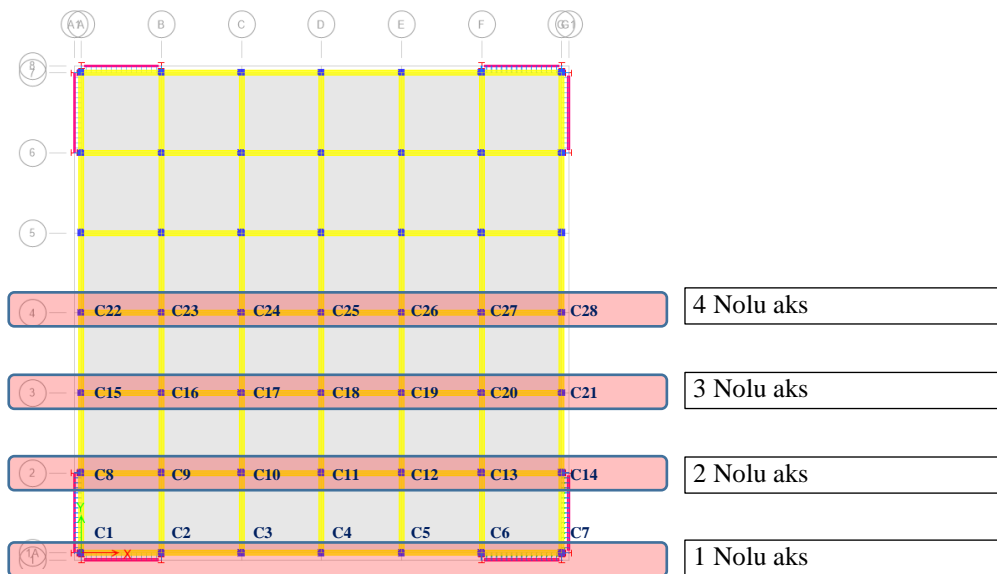
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (**SSB1B-1L-X**) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde tek açıklıkta tek katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çapraz sistem X çapraz şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.151.'de sunulmuştur.



Şekil 4.151. SSB1B-1L-X Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.7.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

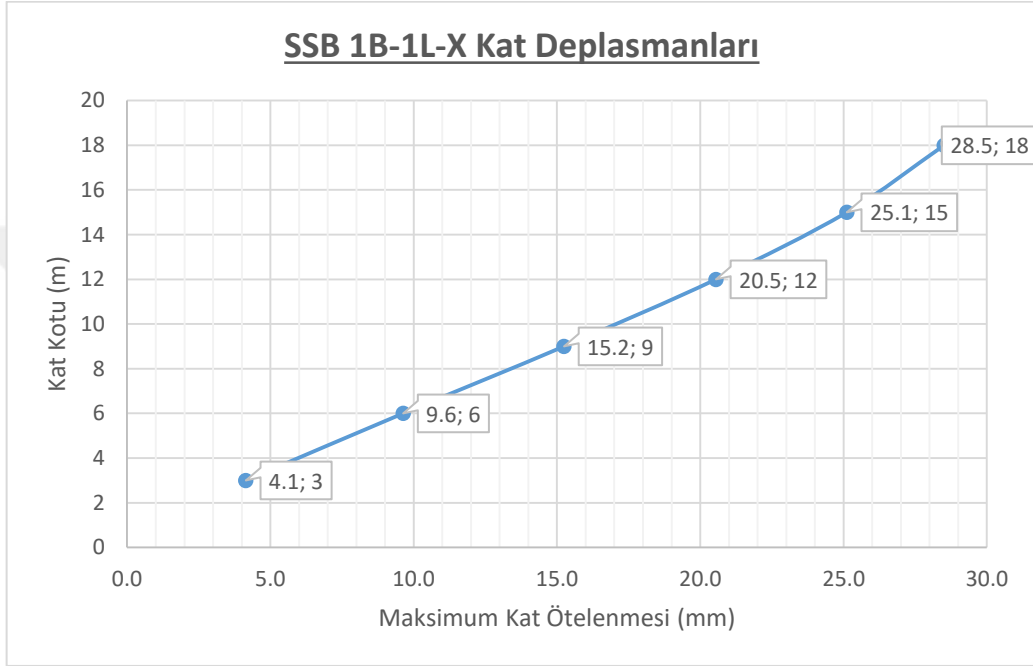
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.152.’de verilmiştir.



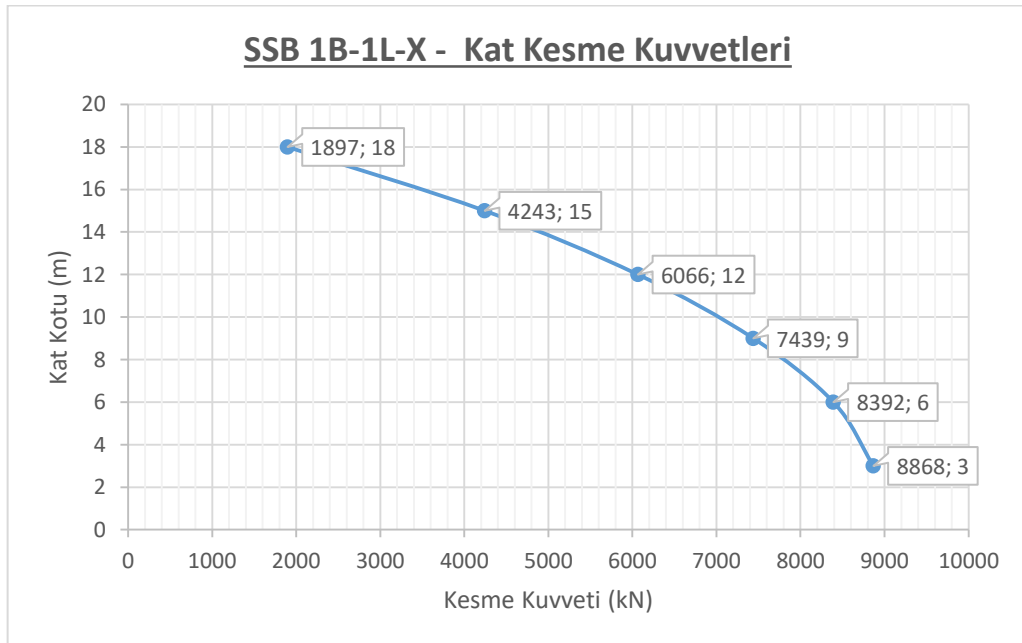
Şekil 4.152. SSB1B-1L-X kolon ve aks isimleri

Şekil 4.153.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.154.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.155.'de, değerleri ise Çizelge 4.9.'de verilmiştir.



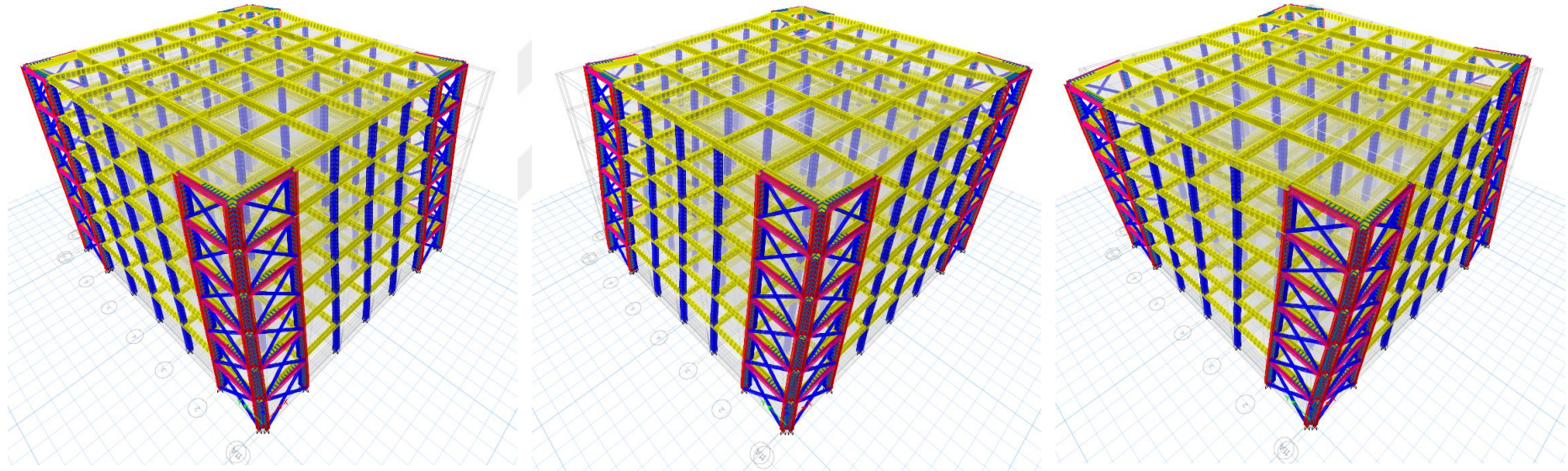
Şekil 4.153. SSB1B-1L-X Kat deplasmanları



Şekil 4.154. SSB1B-1L-X Kat kesme kuvveti

Şekil 4.156. – Şekil 4.159.’da Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.160. – Şekil 4.163.’de sunulmuştur.





a) SSB1B-1L-X – 1. Mod deplasmanı

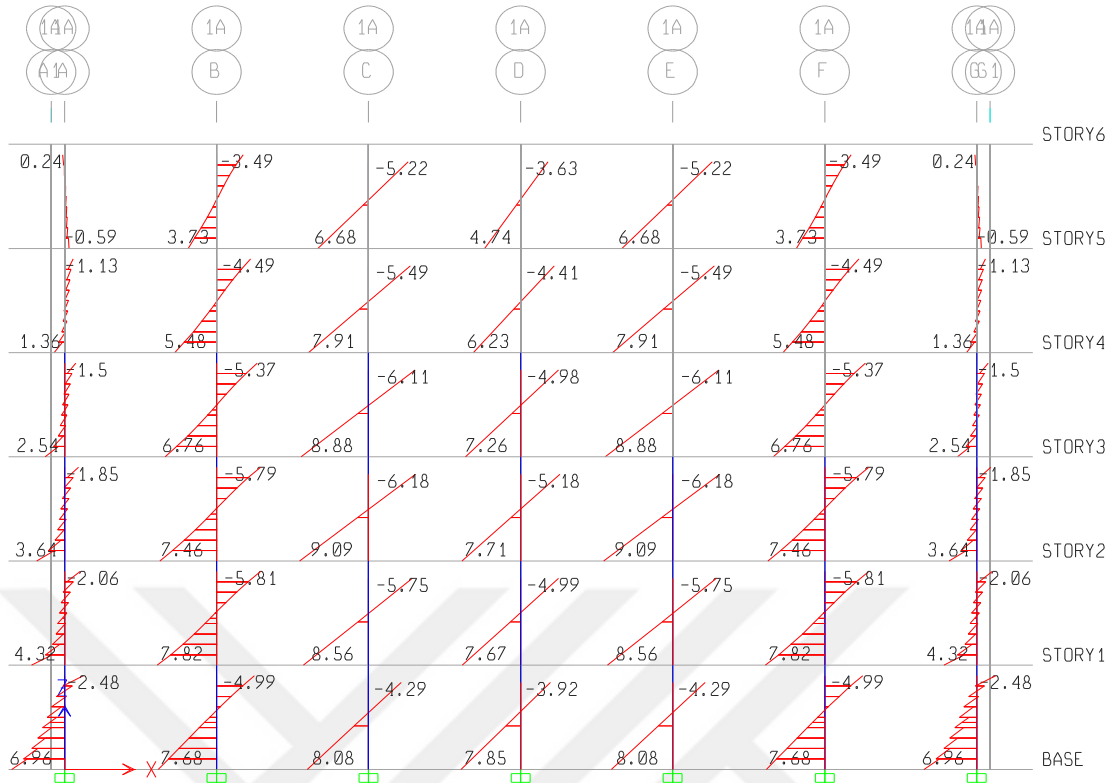
b) SSB1B-1L-X – 2. Mod deplasmanı

c) SSB1B-1L-X – 3. Mod deplasmanı

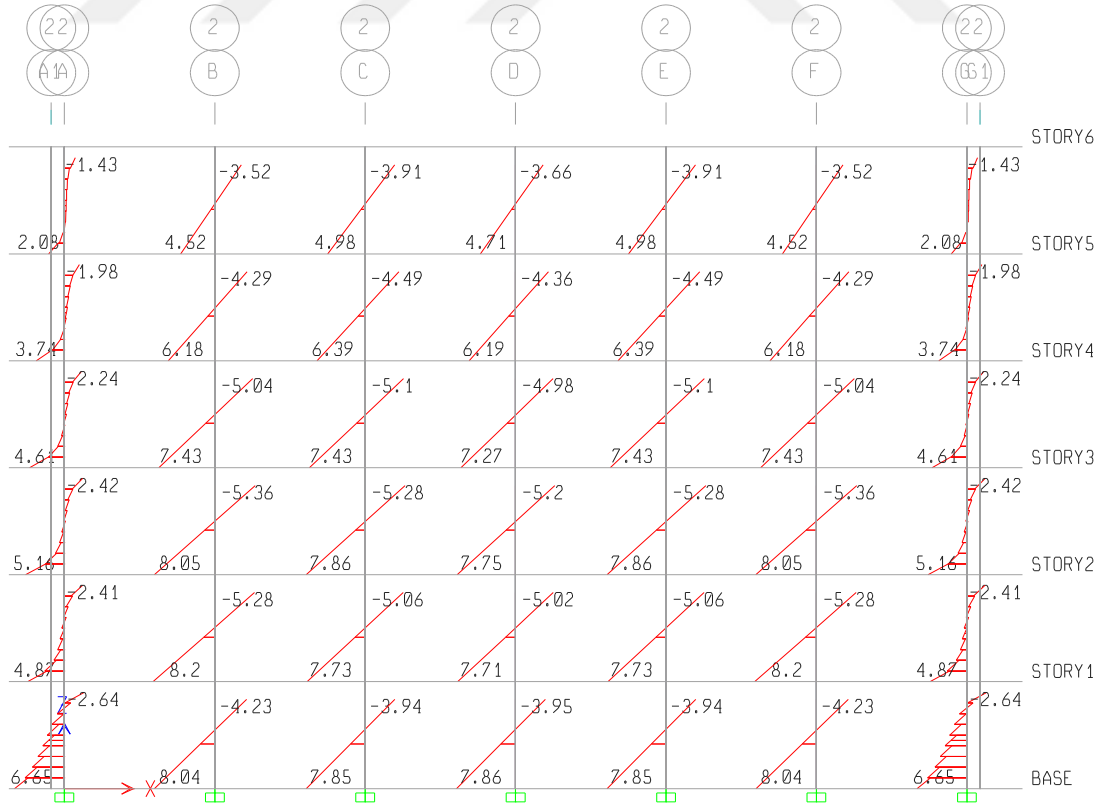
Şekil 4.155. SSB1B-1L-X binası ilk 3 mod deplasmanlar

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.567	-
Modal	2. Mod	0.567	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.356

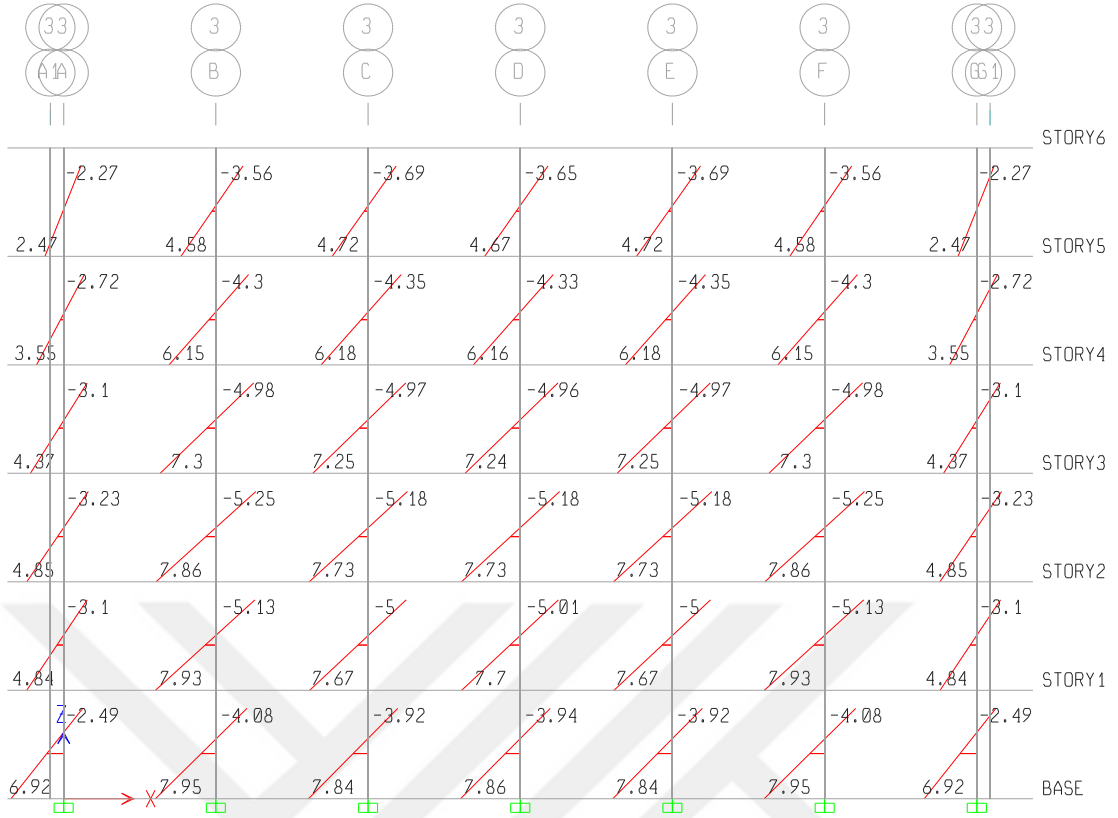
Çizelge 4.9. SSB1B-1L-X Binası ilk 3 moda ait periyodlar



Şekil 4.156. SSB1B-1L-X binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



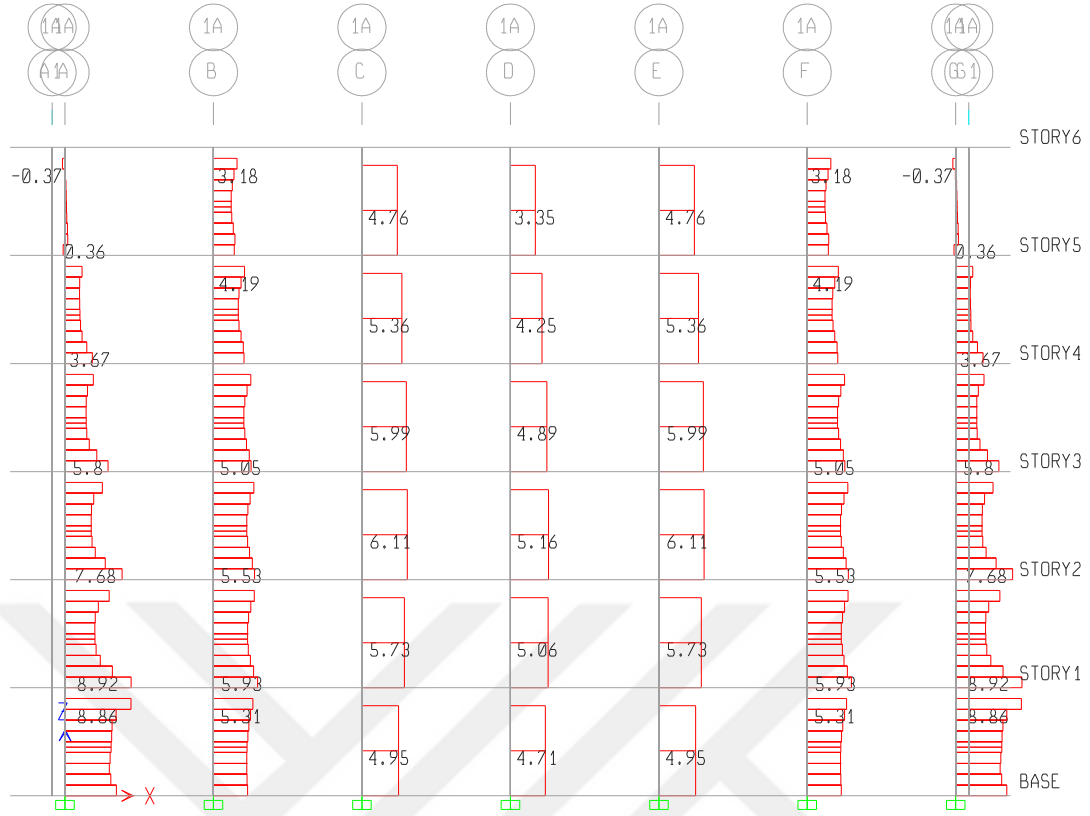
Şekil 4.157. SSB1B-1L-X binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



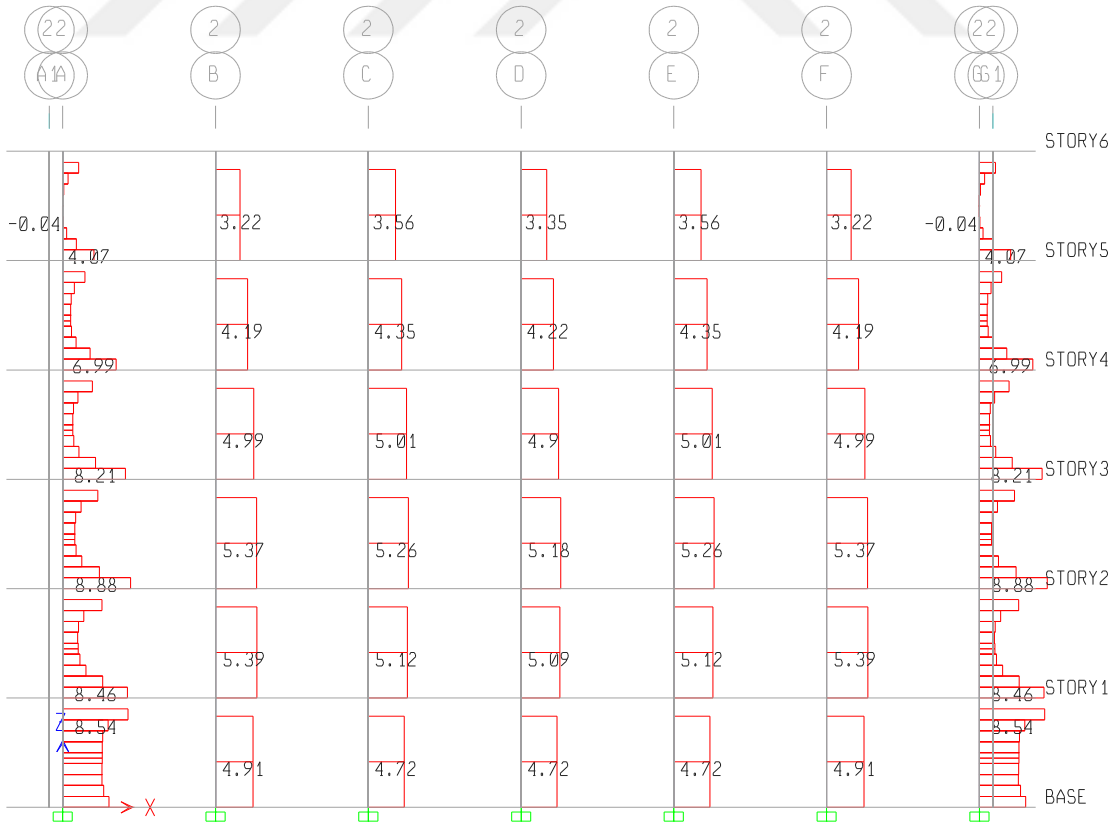
Şekil 4.158. SSB1B-1L-X binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.159. SSB1B-1L-X binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



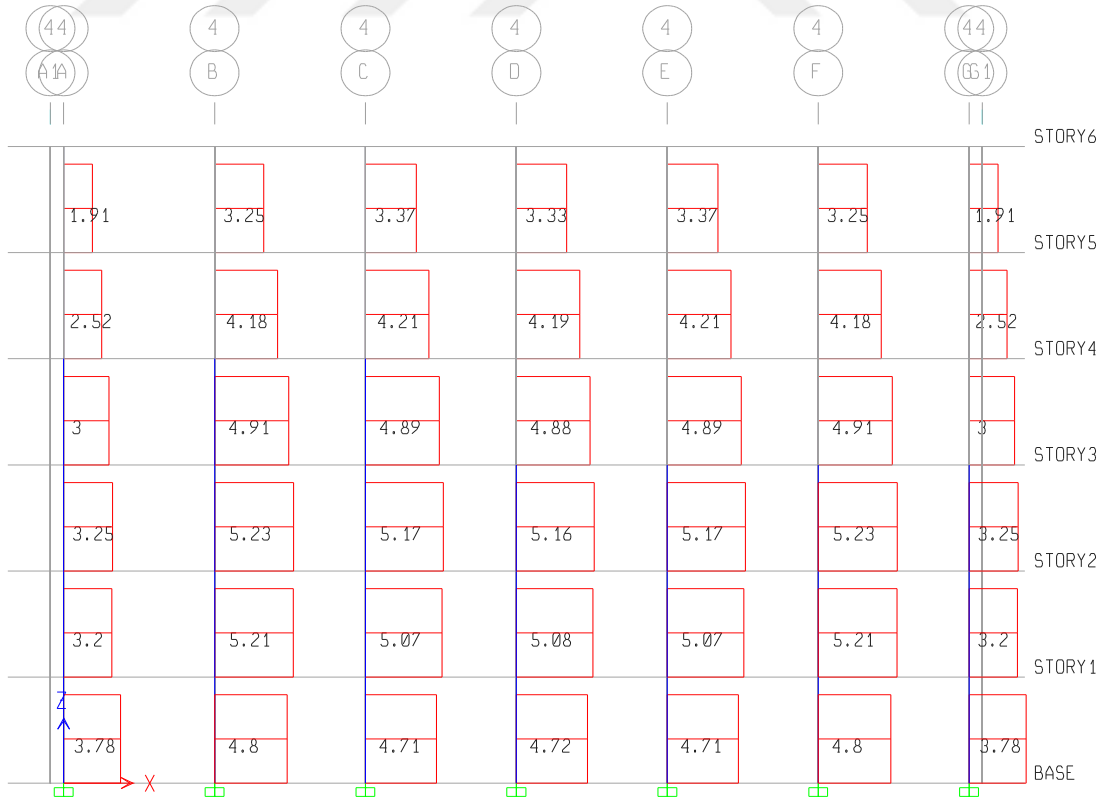
Şekil 4.160. SSB1B-1L-X binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.161. SSB1B-1L-X binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



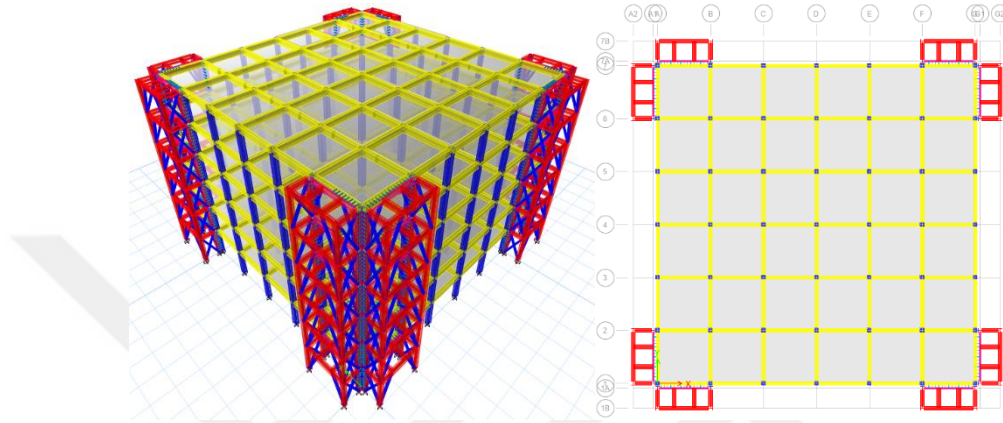
Şekil 4.162. SSB1B-1L-X binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.163. SSB1B-1L-X binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.8. SSB1B-2L güçlendirilmiş model

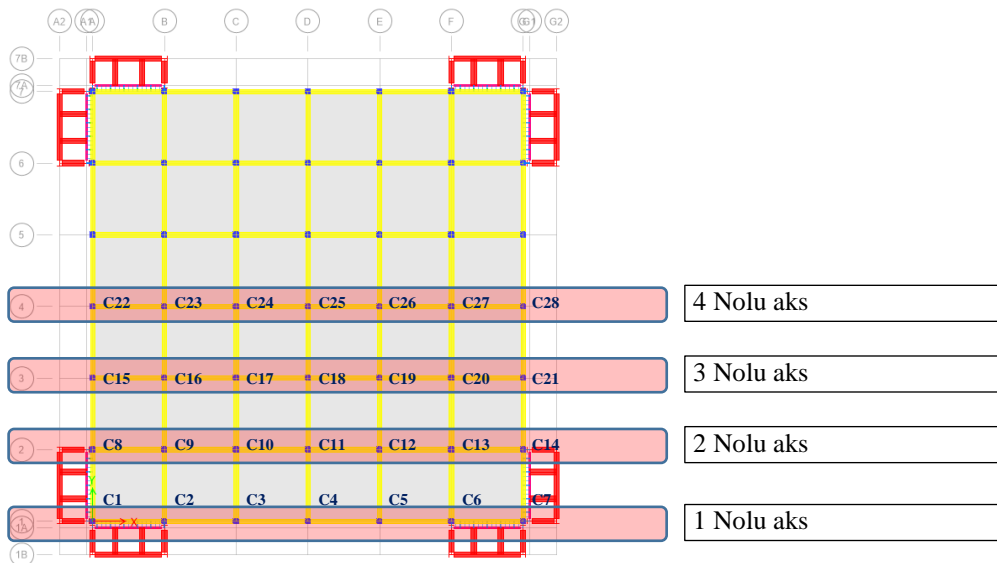
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB1B-2L) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde tek açıklıkta çift katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dışmerkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.164.’de sunulmuştur.



Şekil 4.164. SSB1B-2L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.8.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

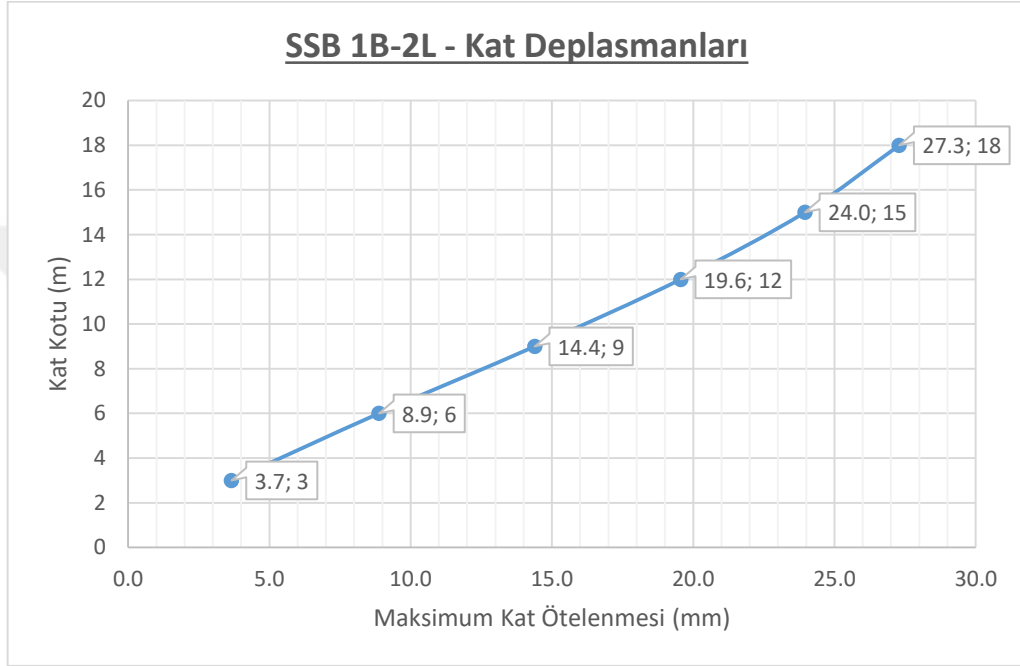
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.165.’de verilmiştir.



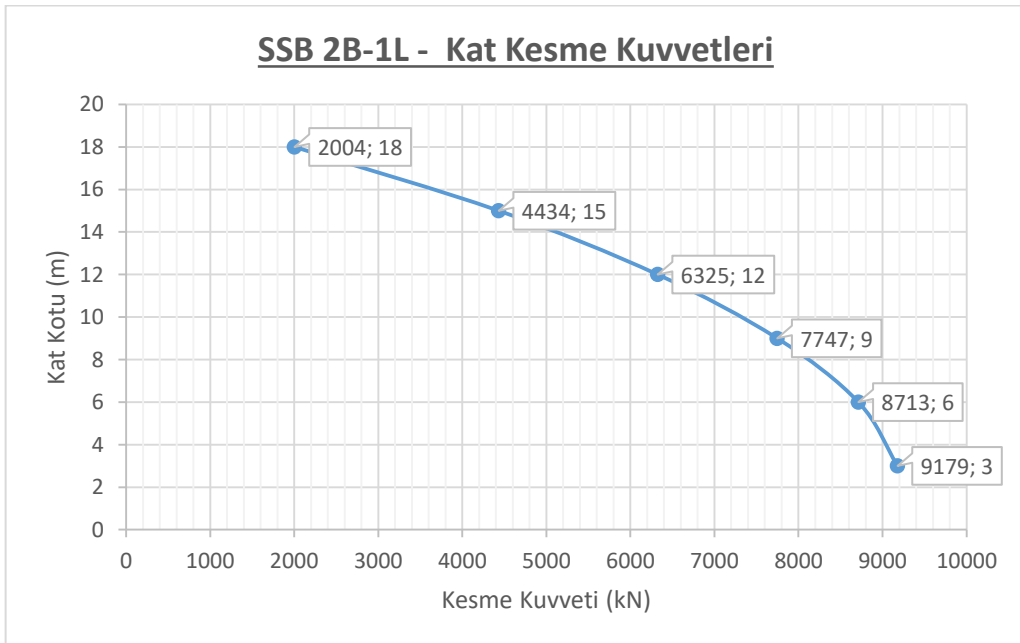
Şekil 4.165. SSB1B-2L kolon ve aks isimleri

Şekil 4.166.'da, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.167.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.168.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.10.'de verilmiştir.



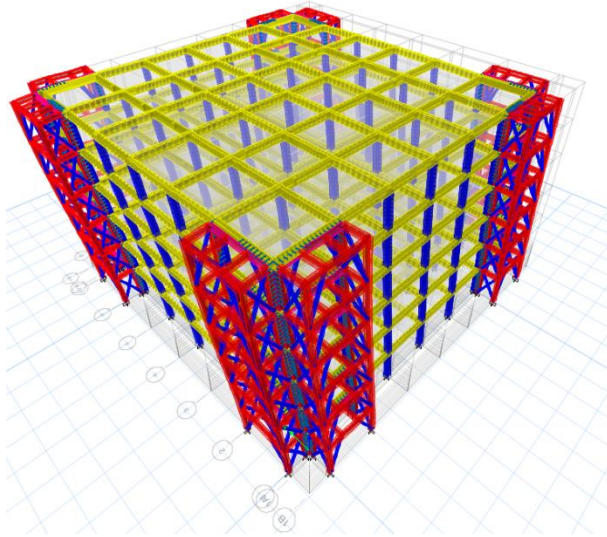
Şekil 4.166. SSB1B-2L kat deplasmanları



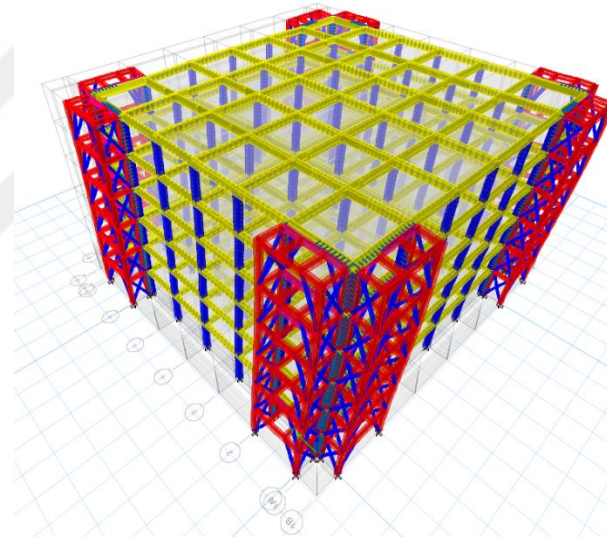
Şekil 4.167. SSB1B-2L kat kesme kuvveti

Şekil 4.117'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.173. – Şekil 4.176.'da sunulmuştur.

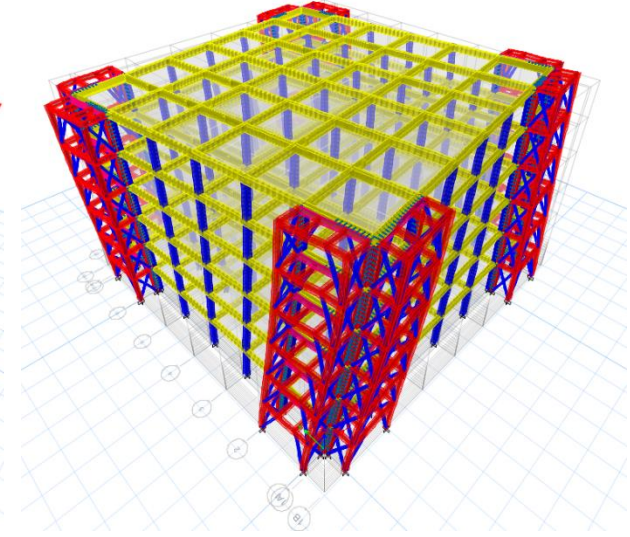




a) SSB1B-2L – 1. Mod deplasmanı



b) SSB1B-2L – 2. Mod deplasmanı

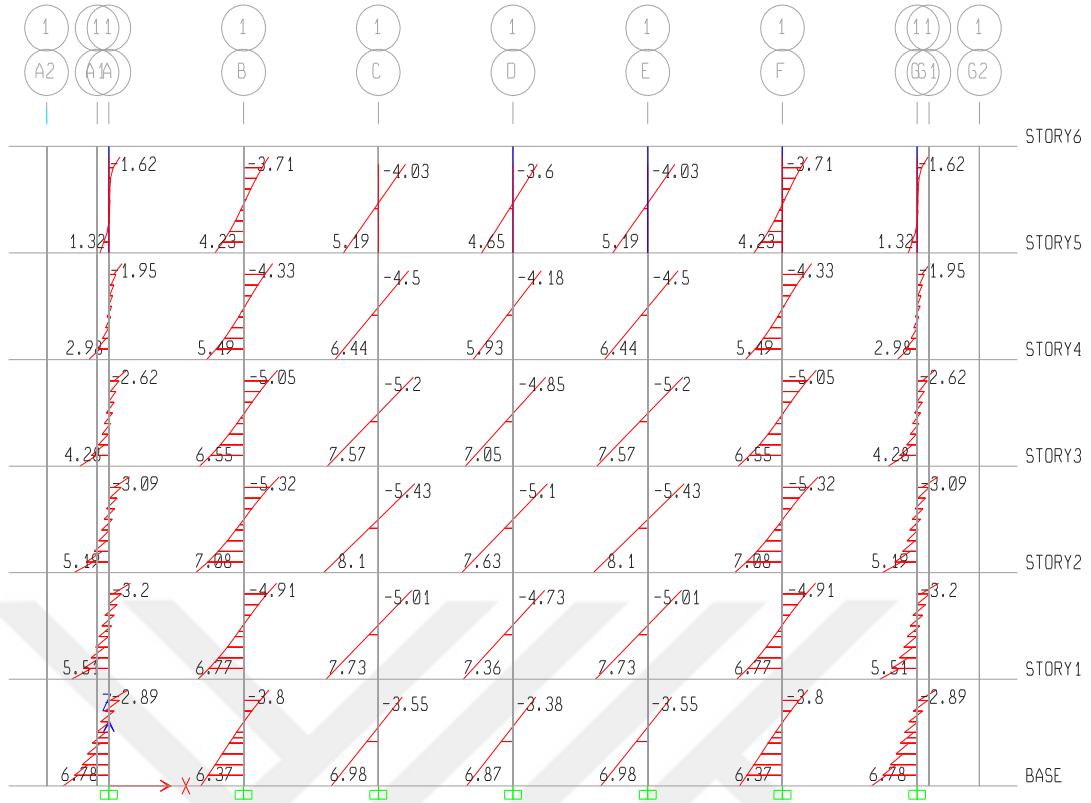


c) SSB1B-2L – 3. Mod deplasmanı

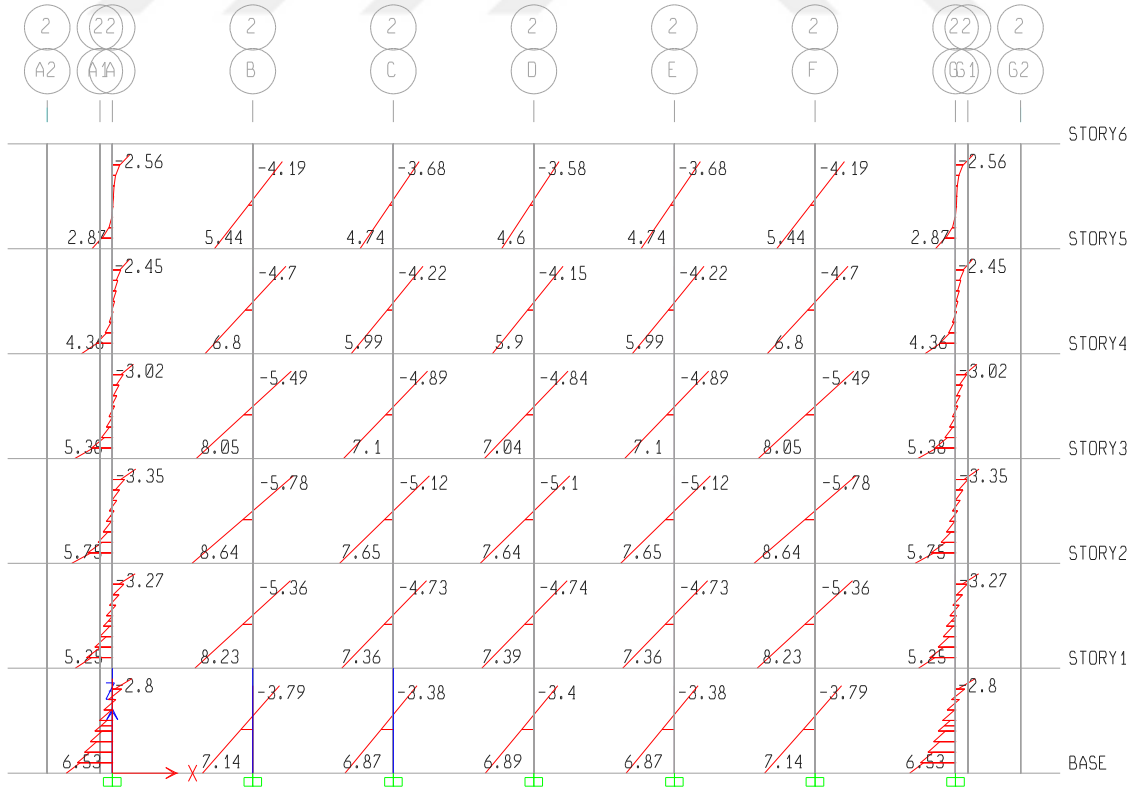
Şekil 4.168. SSB1B-1L binası ilk 3 mod deplasmanlar

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.554	-
Modal	2. Mod	0.554	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.375

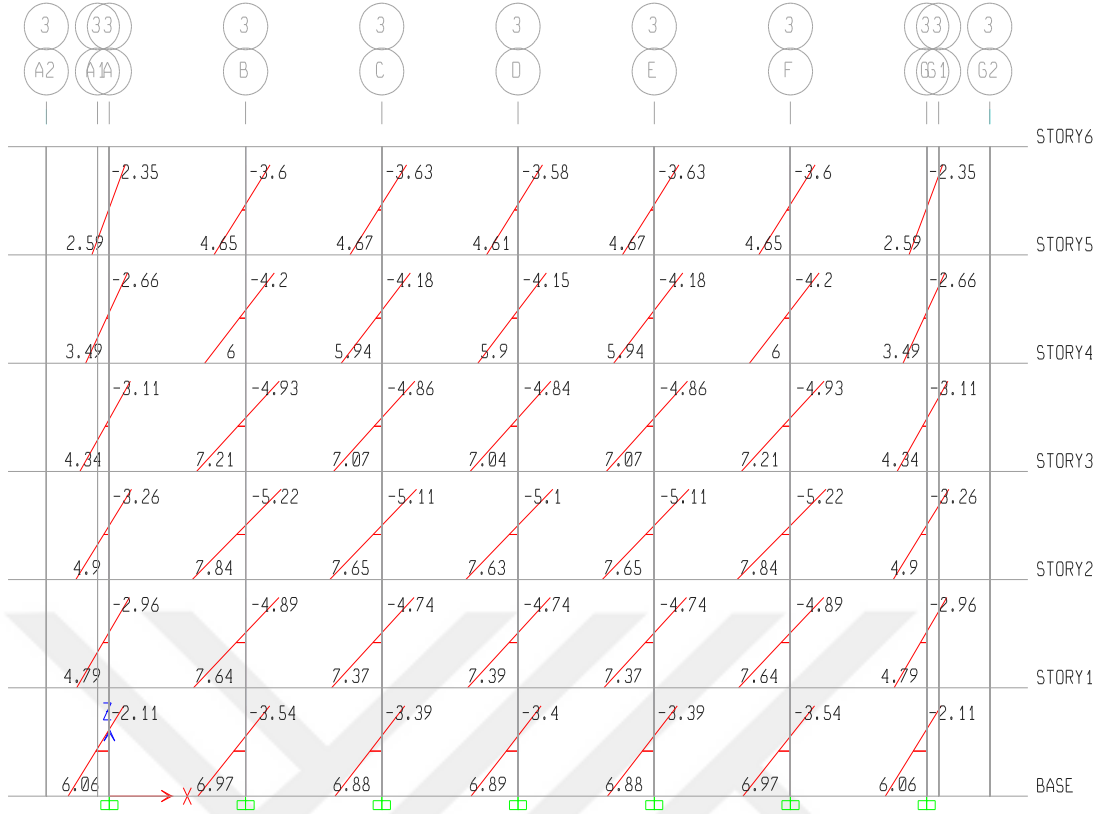
Çizelge 4.10. SSB1B-2L binası ilk 3 moda ait periyodlar



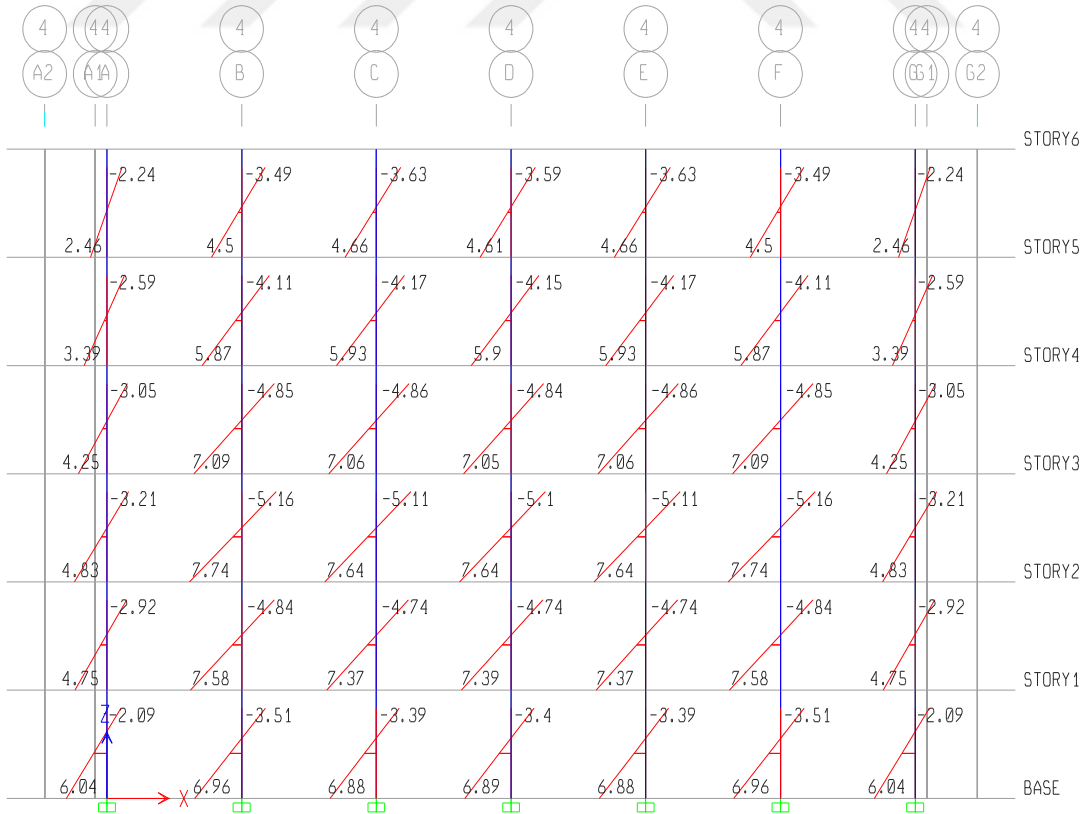
Şekil 4.169. SSB1B-2L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.170. SSB1B-2L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



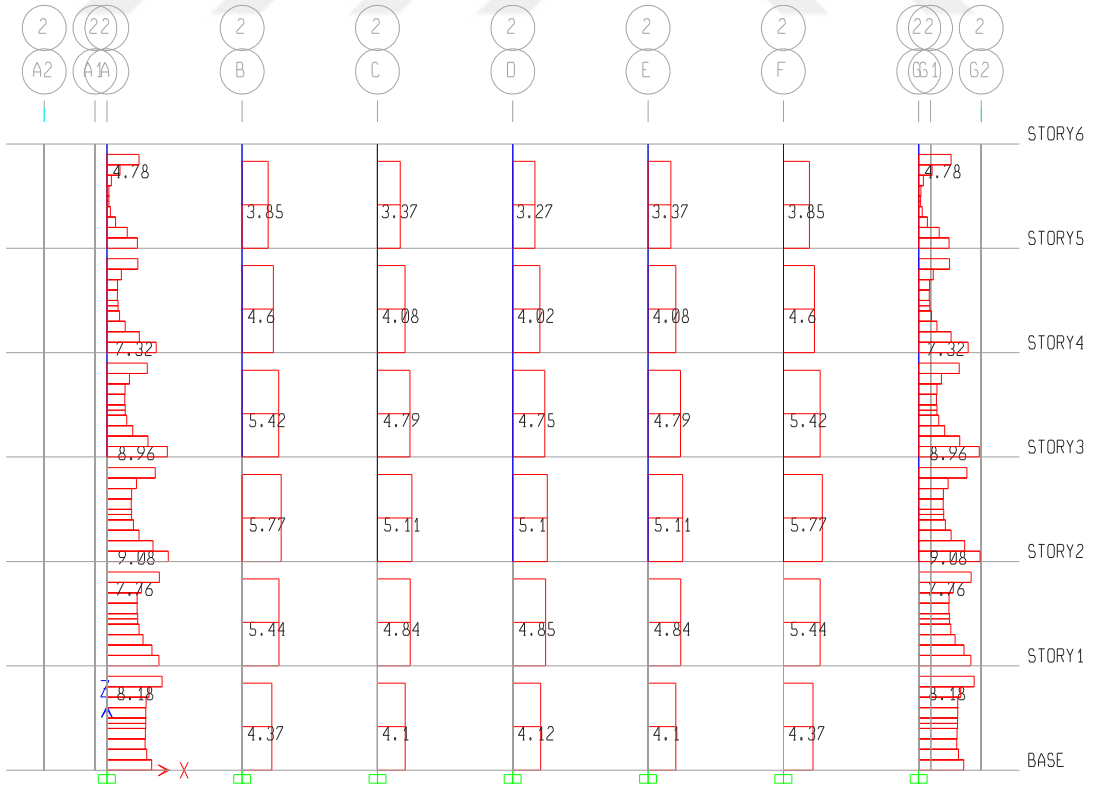
Şekil 4.171. SSB1B-2L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



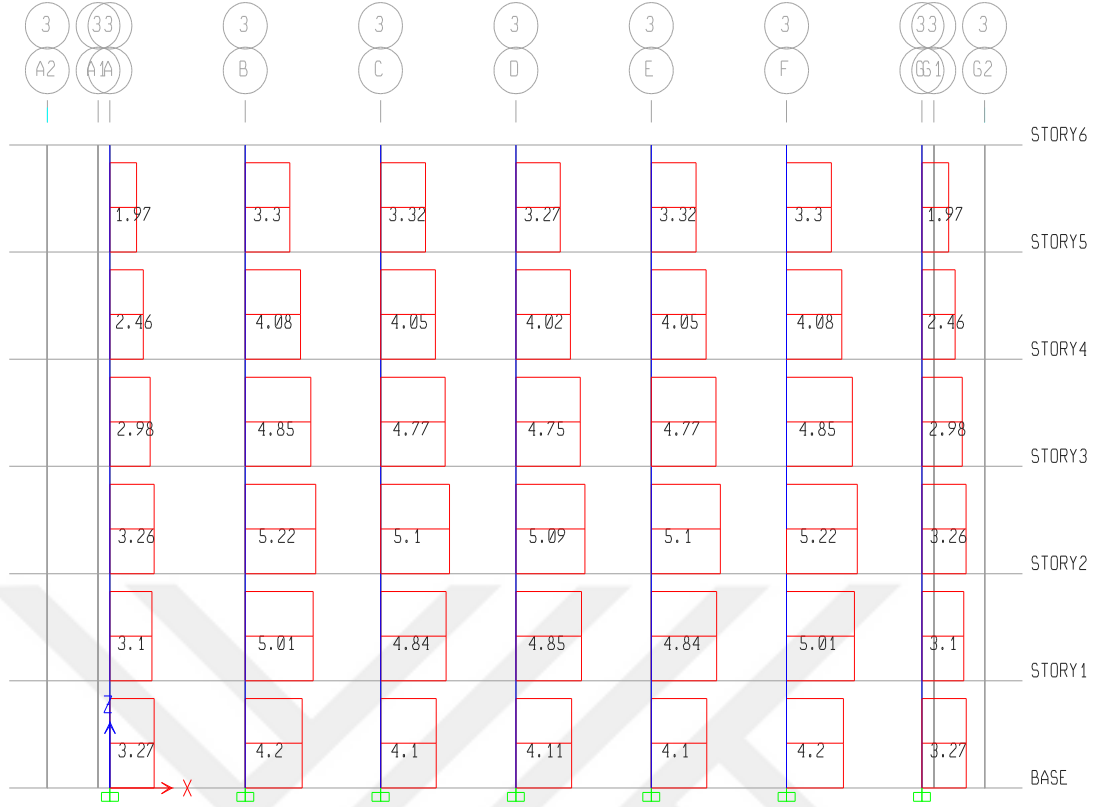
Şekil 4.172. SSB1B-2L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



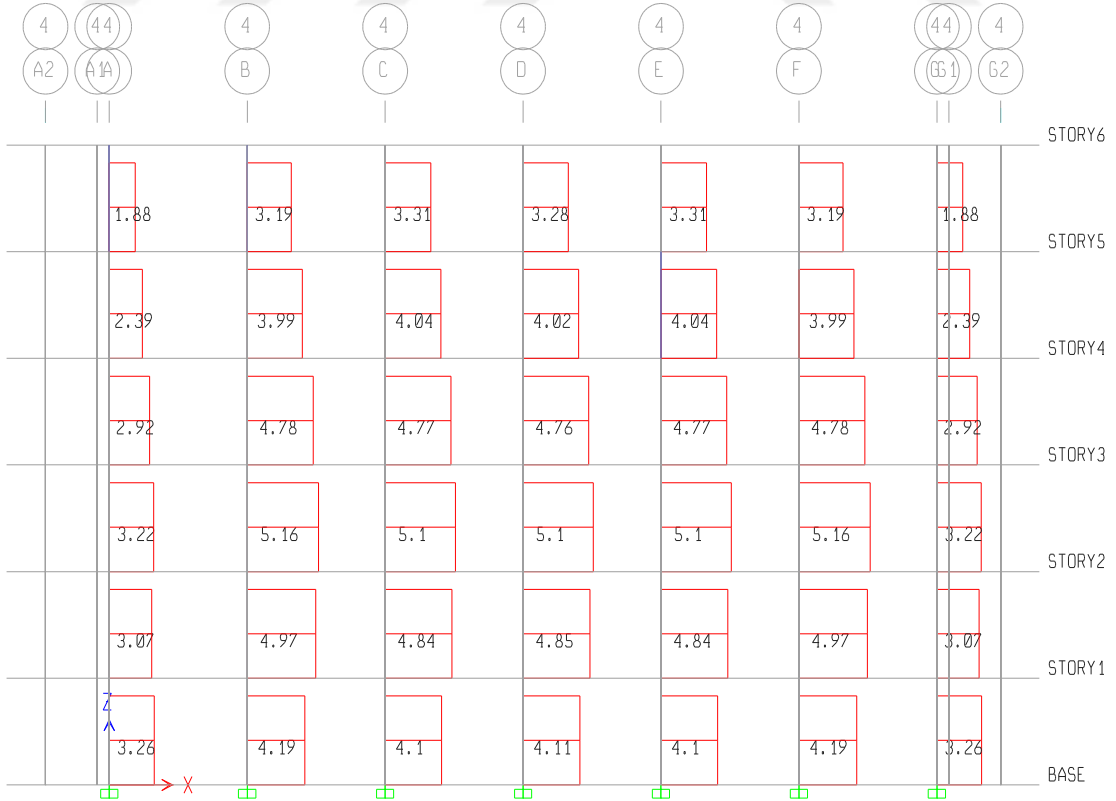
Şekil 4.173. SSB1B-2L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.174. SSB1B-2L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



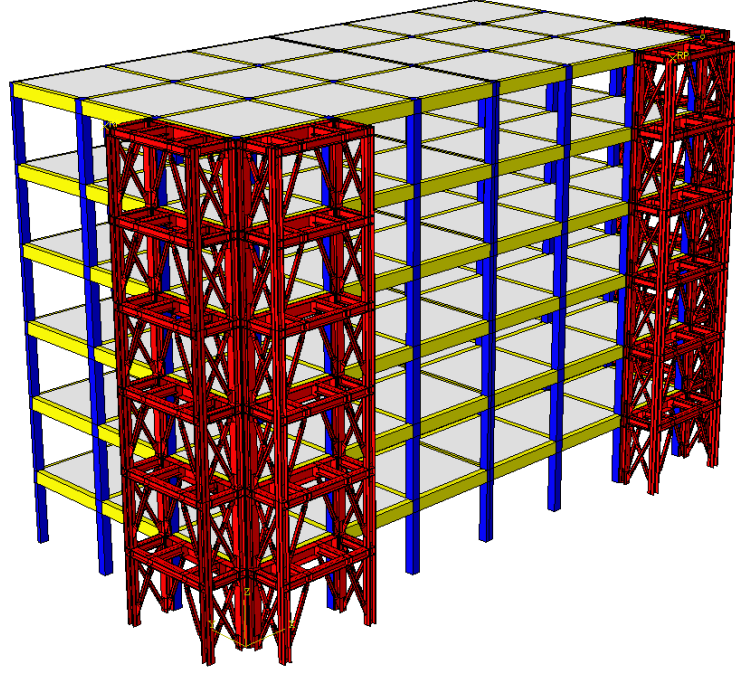
Şekil 4.175. SSB1B-2L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.176. SSB1B-2L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

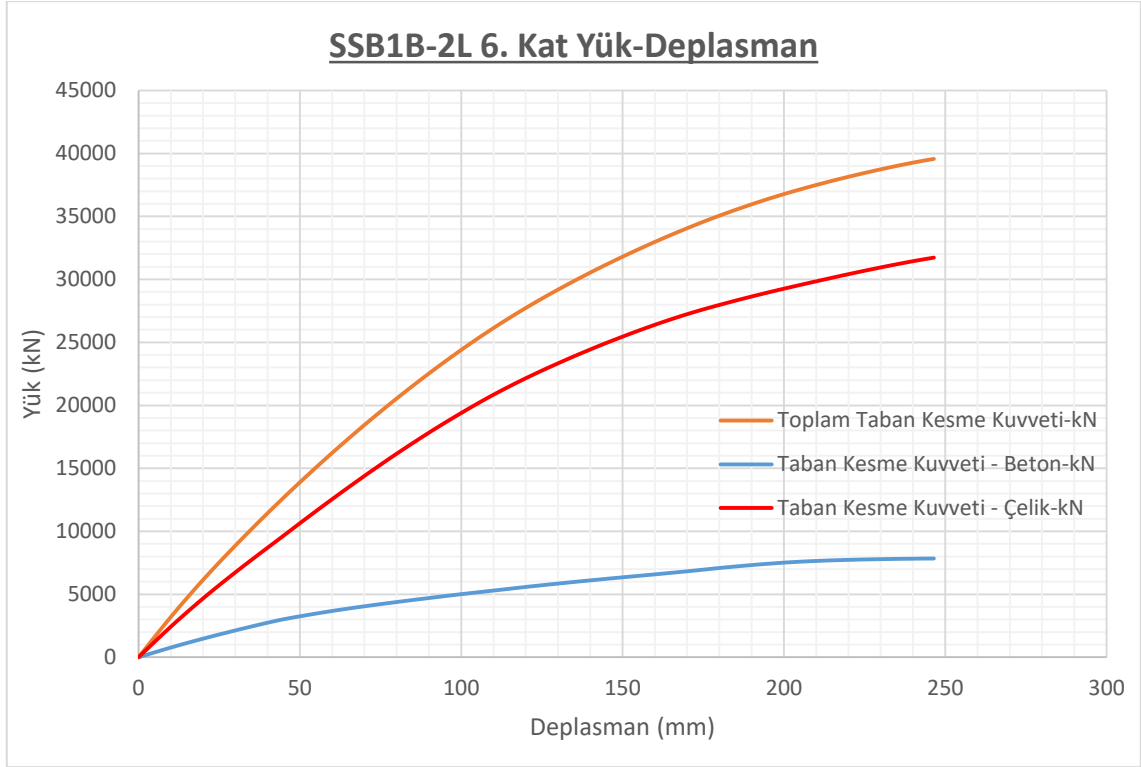
4.3.8.2. Doğrusal olmayan analiz analiz sonuçları

Referans binanın dıştan tek açıklıkta çift katman çelik çerçeve eklenerek güçlendirilmesi ile oluşan yapının üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.177.'da verilmiştir.



Şekil 4.177. SSB1B-2L modeli 3B görünüşü

Şekil 4.178.'de **SSB1B-2L** modelinde yatay itme analizi sonucu elde edilen tüm sonuçlar betonarme sistem, çelik sistem ve toplam olmak üzere taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği olarak ayrı ayrı tek grafikte gösterilmiştir. Grafikte gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (convergence) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.



Şekil 4.178. SSB1B-2L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı

SSB1B-2L modelinde yatay itme analizinde maksimum 39566.0 kN yatay yüke kadar analiz yapılmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 246,49 mm deplasmana maruz kalmıştır.

Analiz sonucu meydana gelen değişimi incelemek amacı ile iki adet referans adım belirlenmiştir. Bunlar sırası ile referans model **RB1**'in maksimum yüke ulaştığı an (F^{RBI}_{max} (7255.8 kN)) ve $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına ulaşıldığı (180 mm) andır.

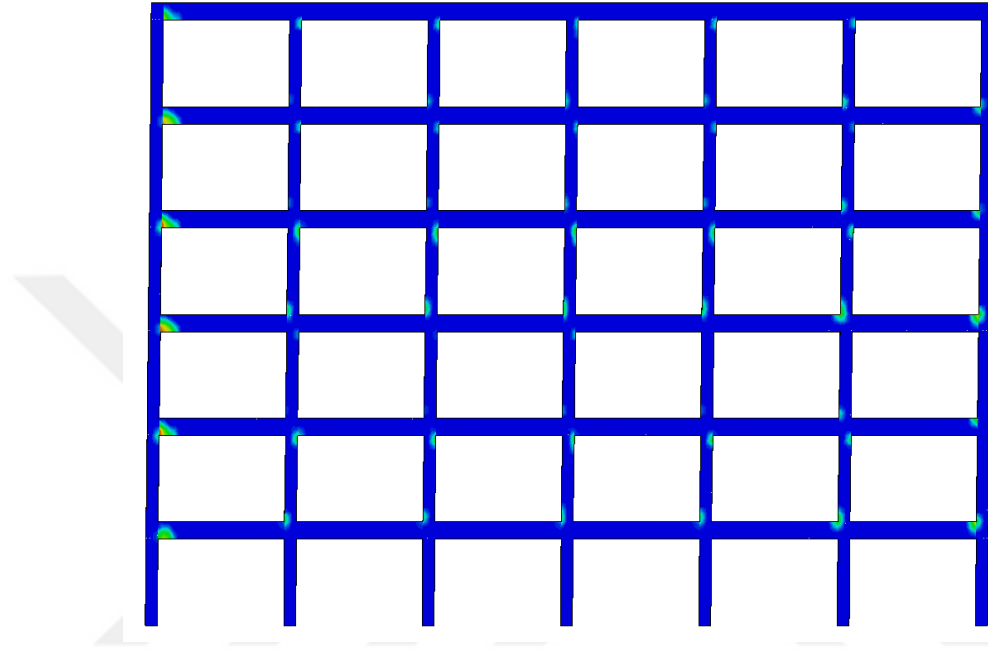
SSB1B-2L modelinde F^{RBI}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.179. ve Şekil 4.180.'da verilmiştir. Şekil 4.179.'deki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Modelde F^{RBI}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri Şekil 4.181. - Şekil 4.183.'de verilmiştir.

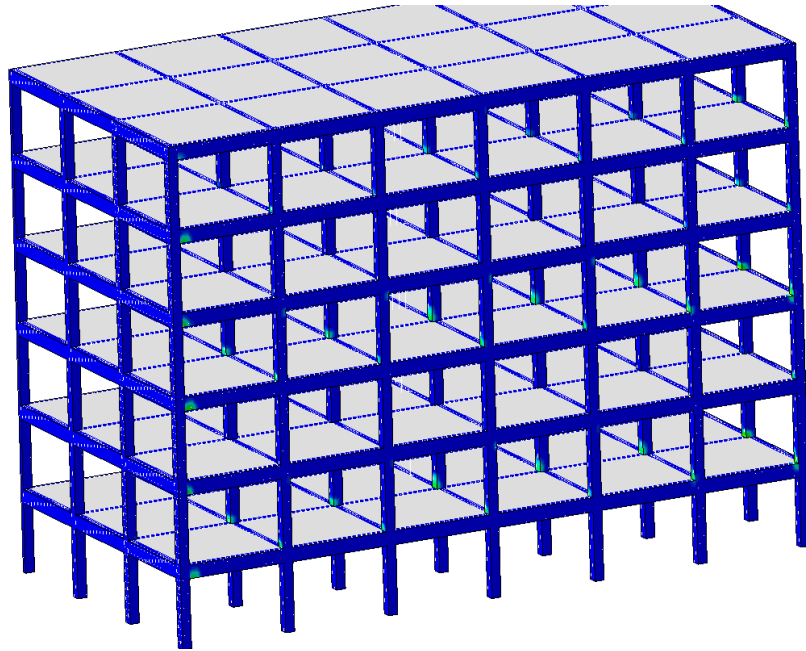
Şekil 4.184. ve Şekil 4.185.'de , $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına geldiği analiz adımında betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları, Şekil 4.186. - Şekil

4.188.'de ise yine aynı $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanında dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri verilmiştir.

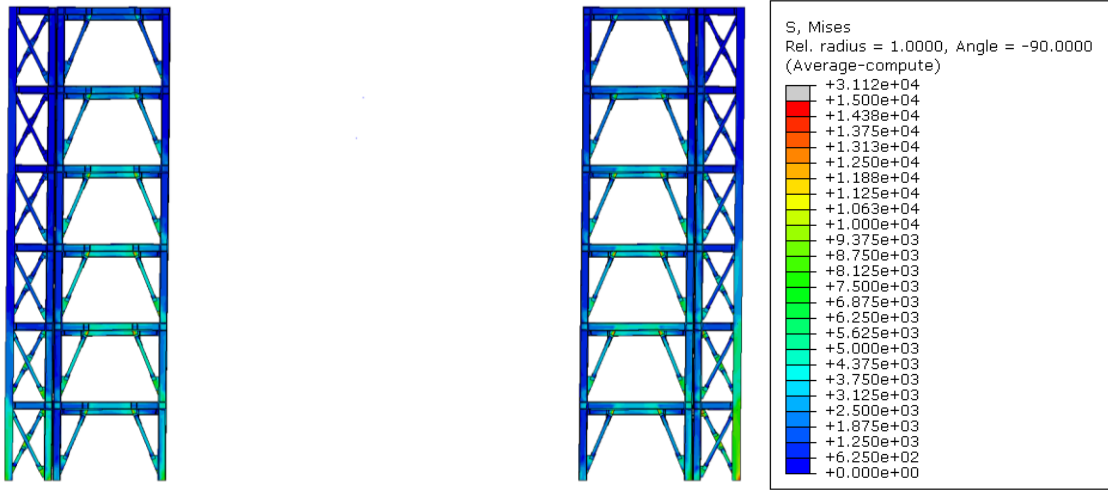
Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.189. - Şekil 4.202. arasında verilmiştir.



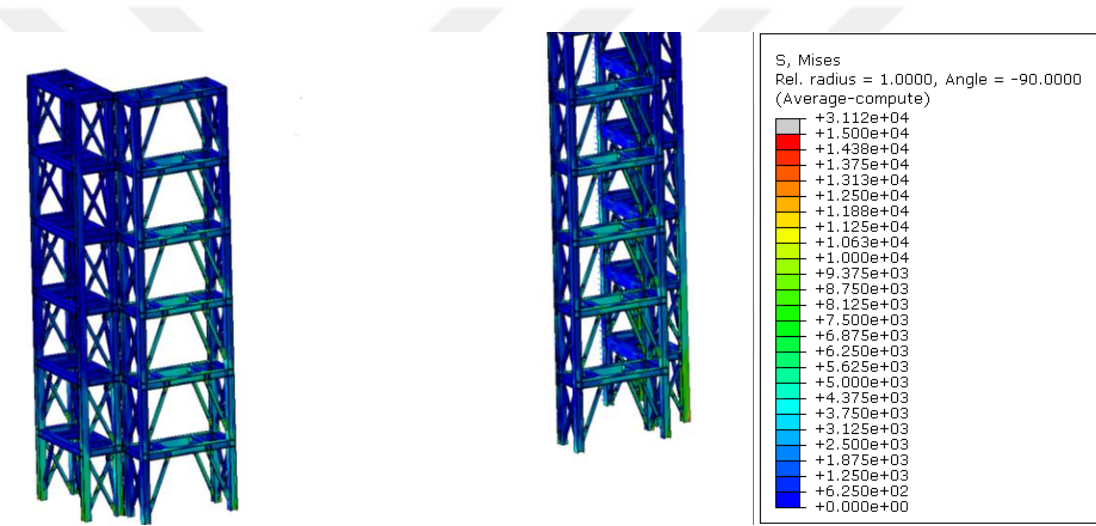
Şekil 4.179. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



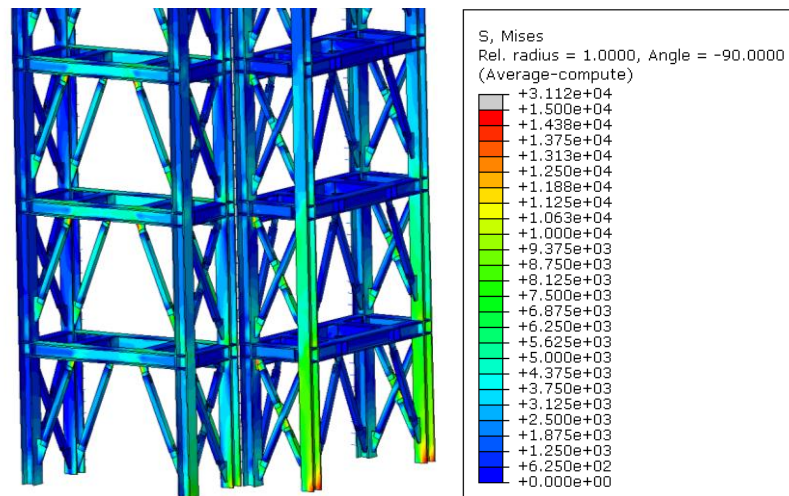
Şekil 4.180. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş



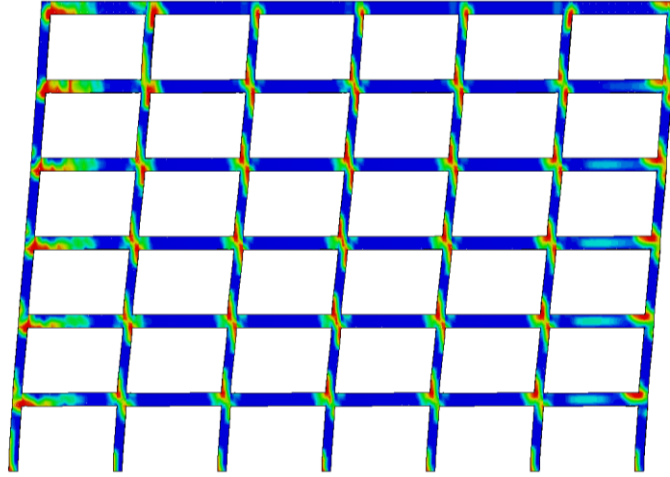
Şekil 4.181. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri



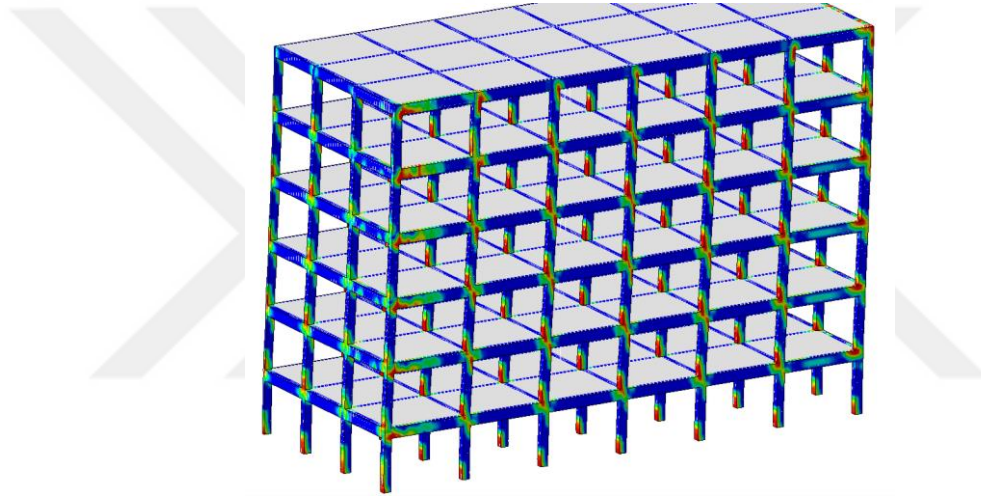
Şekil 4.182. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 1



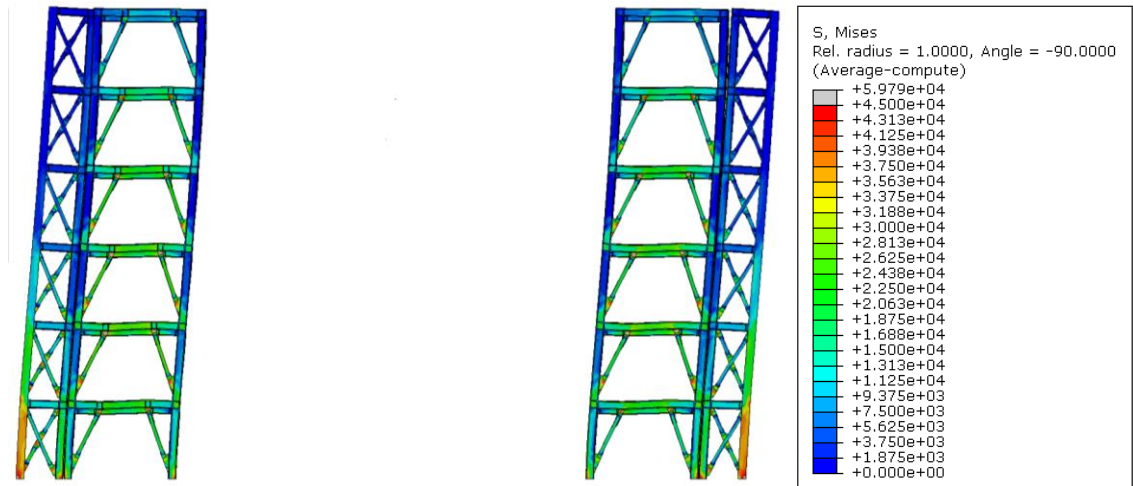
Şekil 4.183. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 2



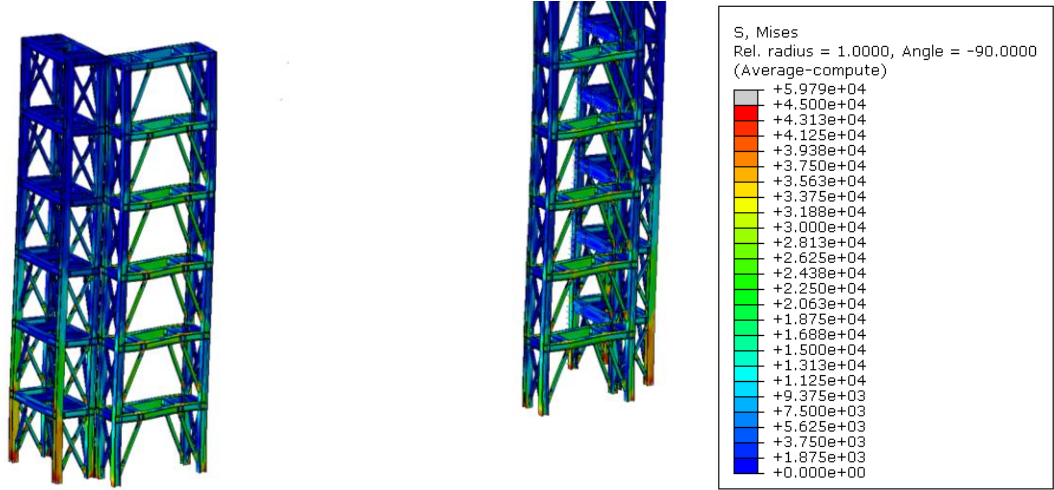
Şekil 4.184. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



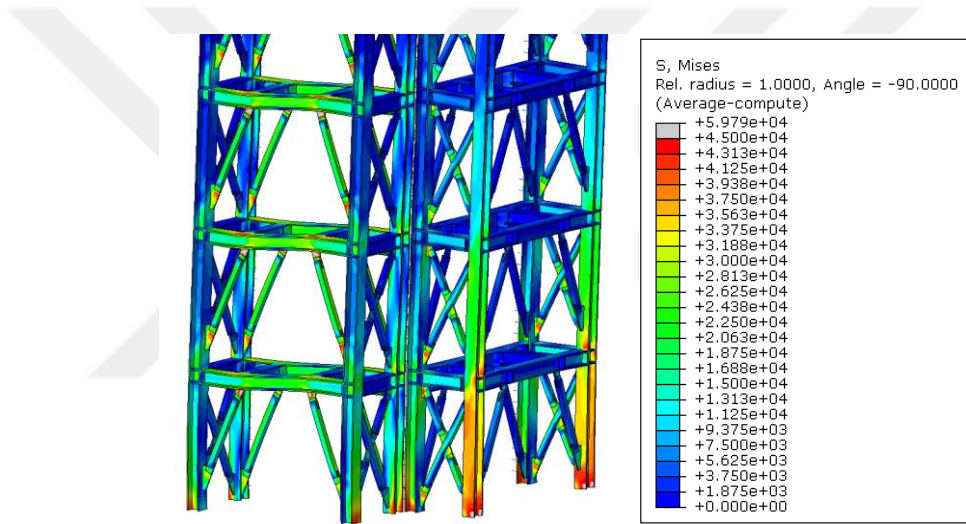
Şekil 4.185. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş



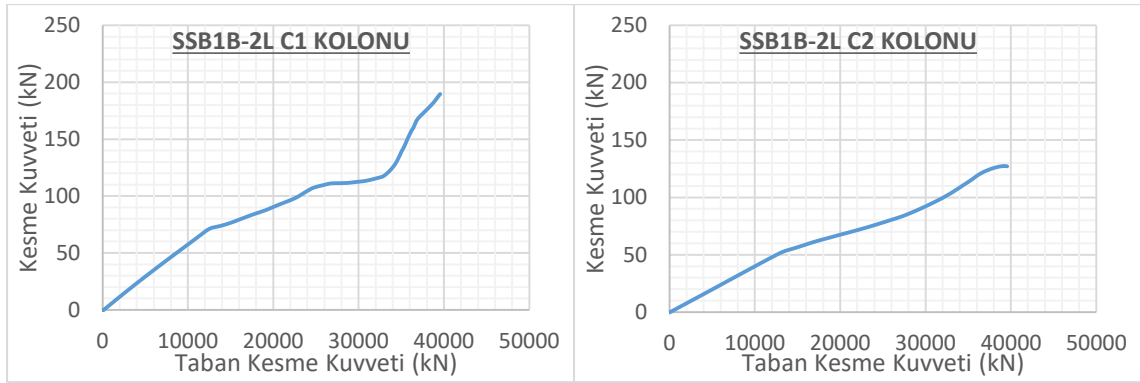
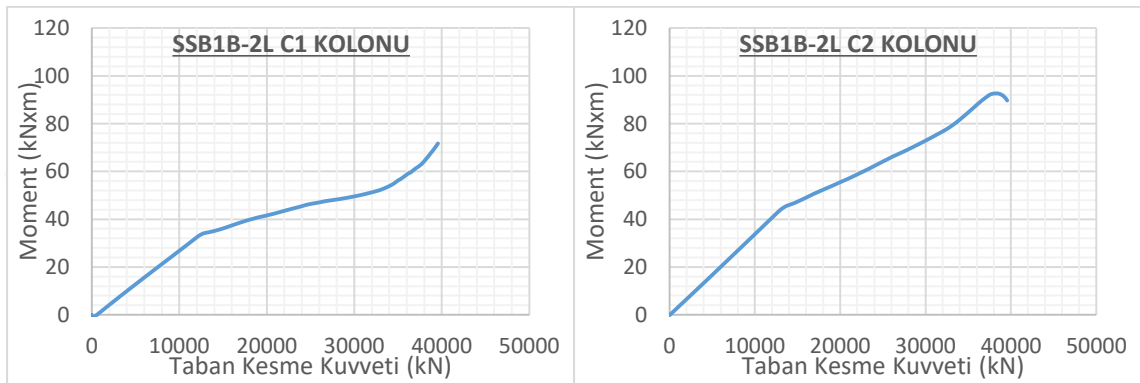
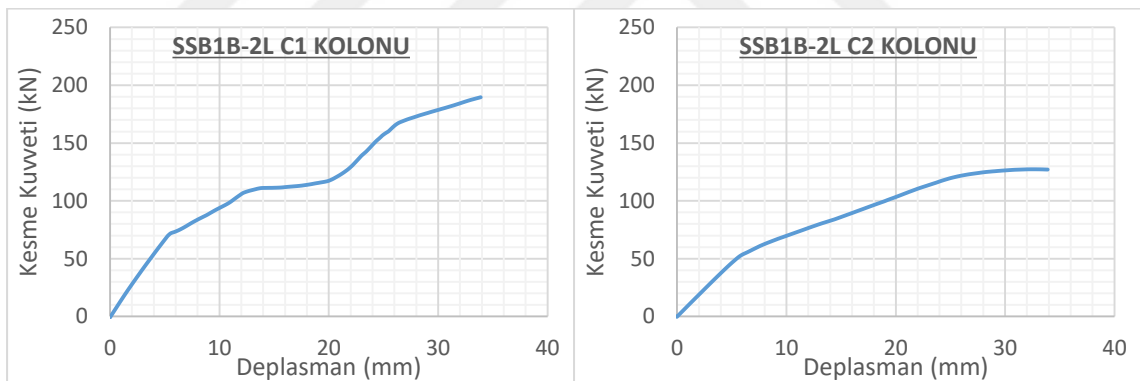
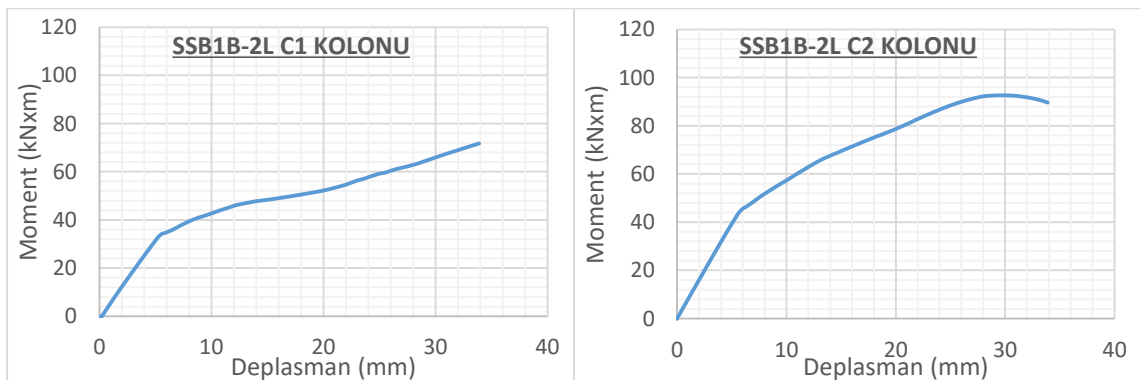
Şekil 4.186. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



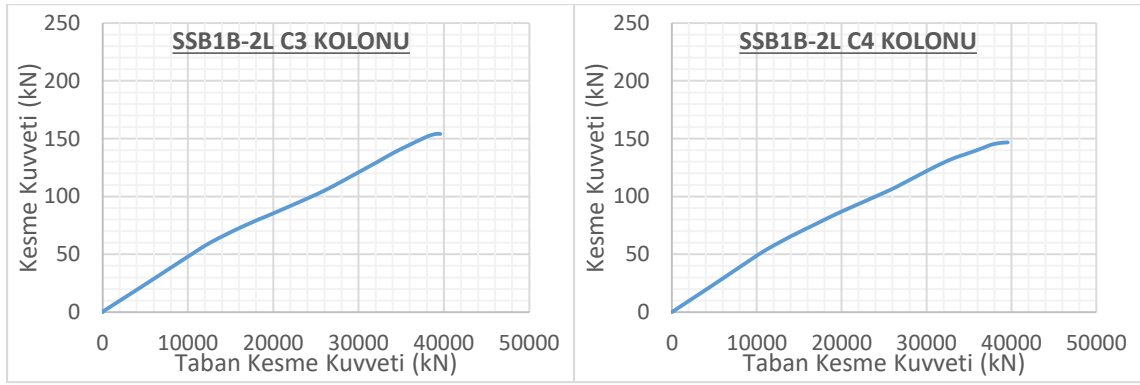
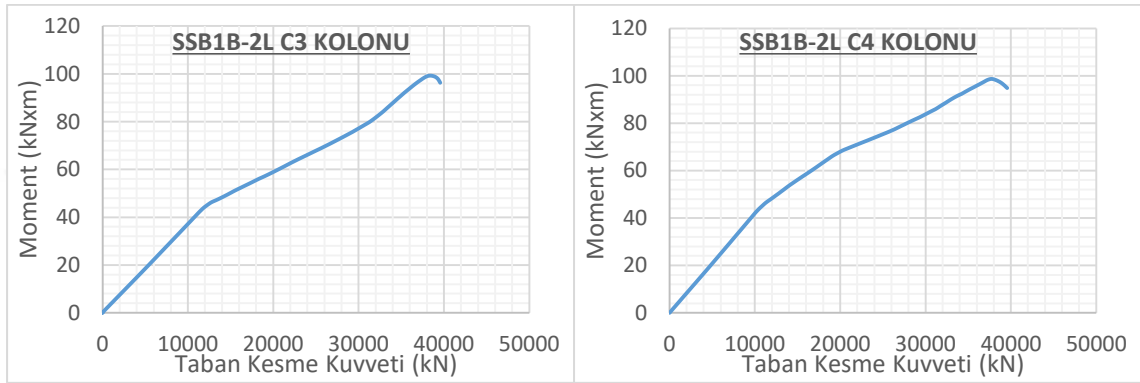
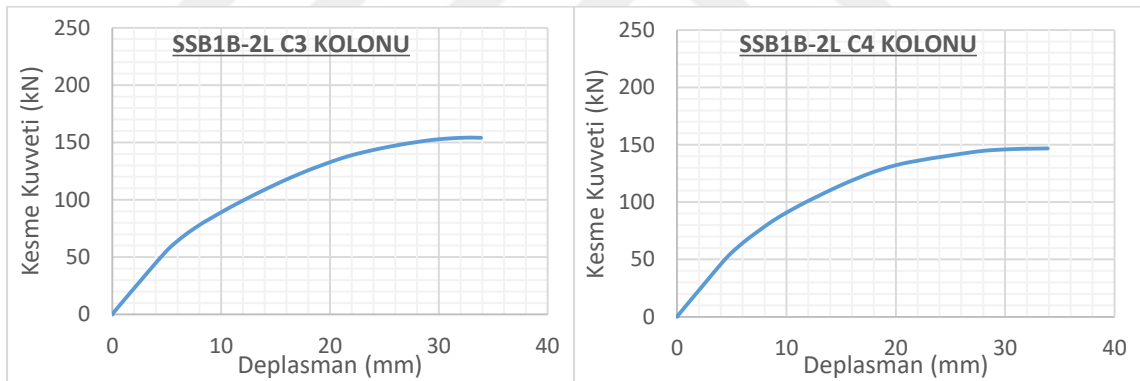
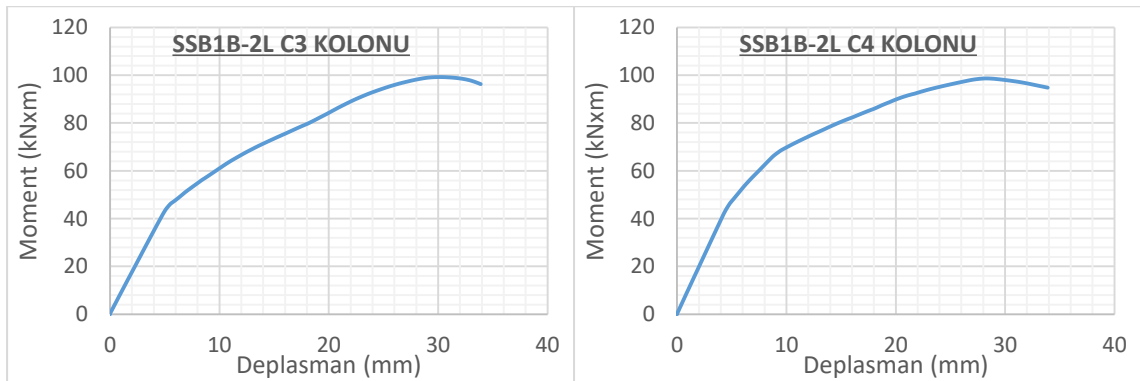
Şekil 4.187. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1



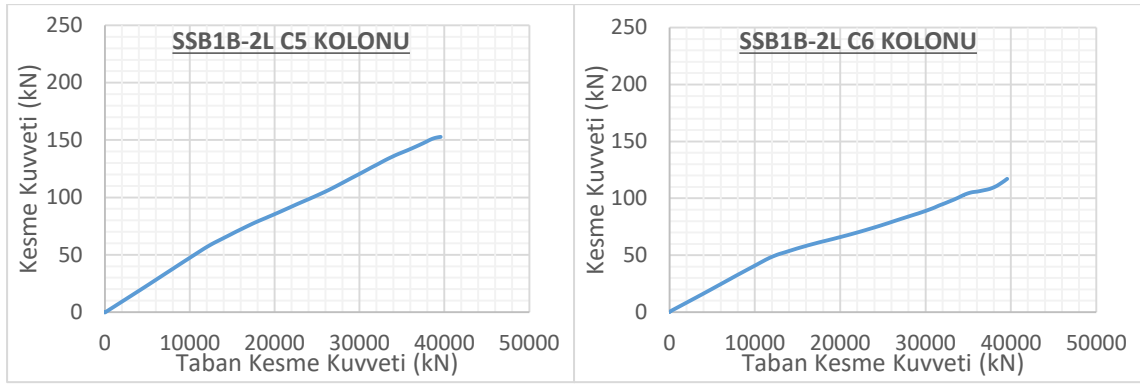
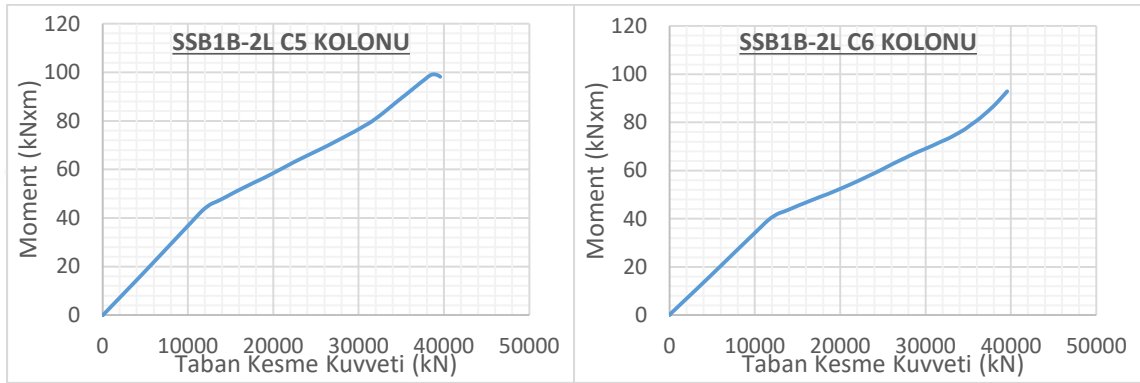
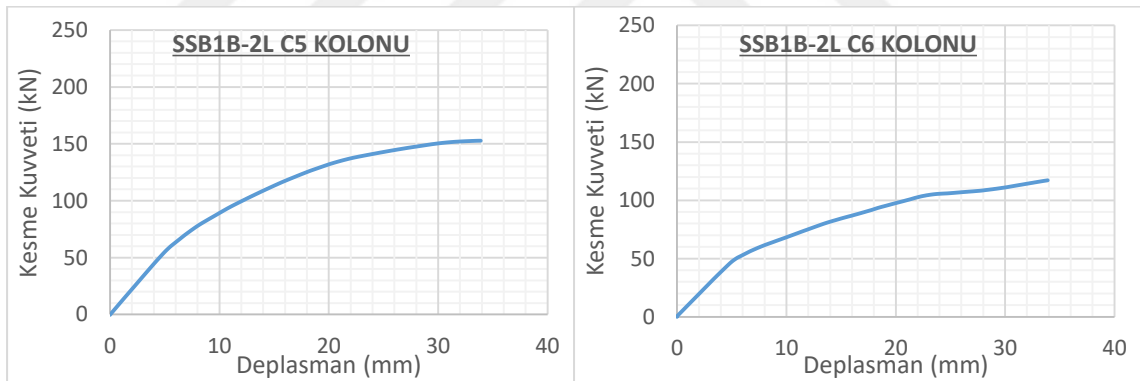
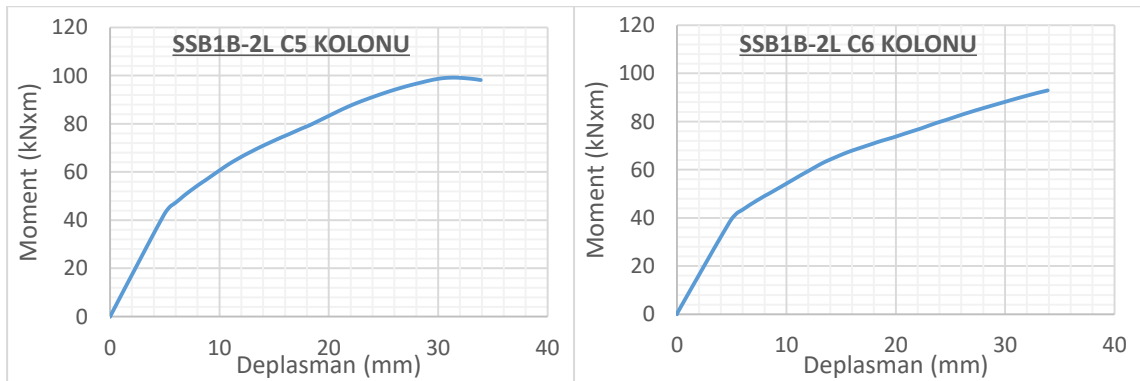
Şekil 4.188. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB1B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğia) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

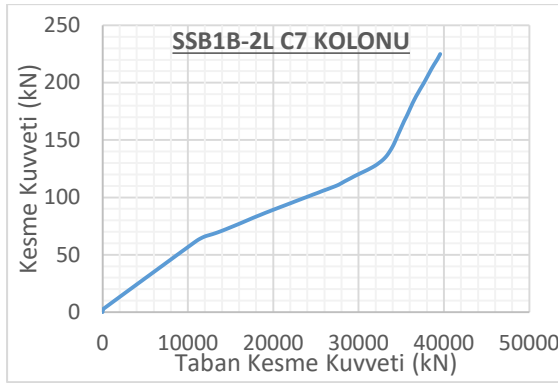
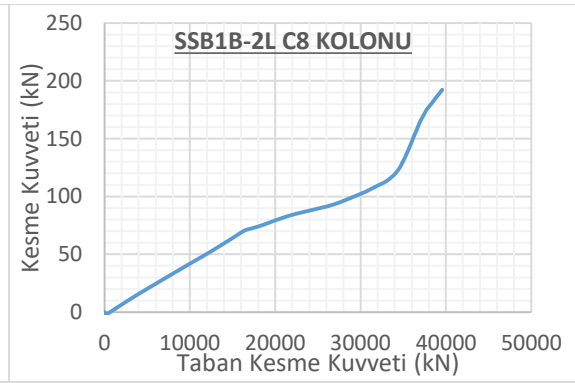
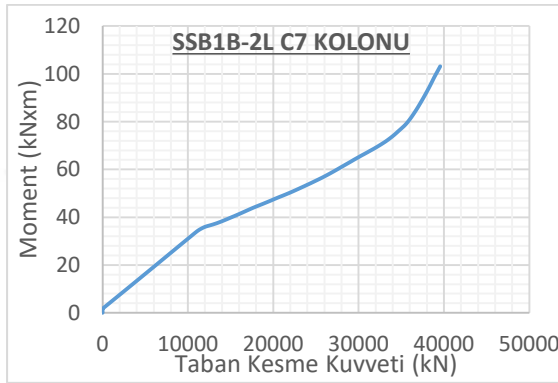
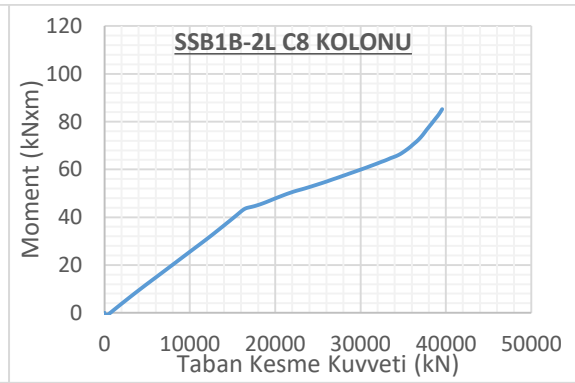
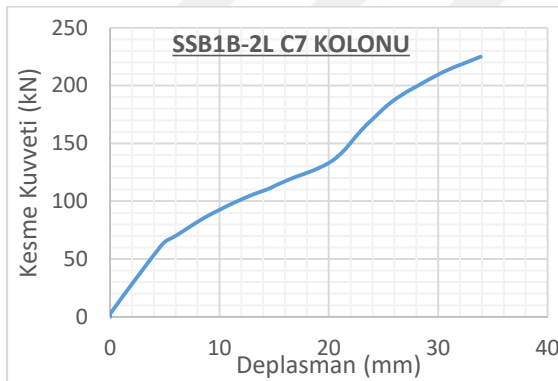
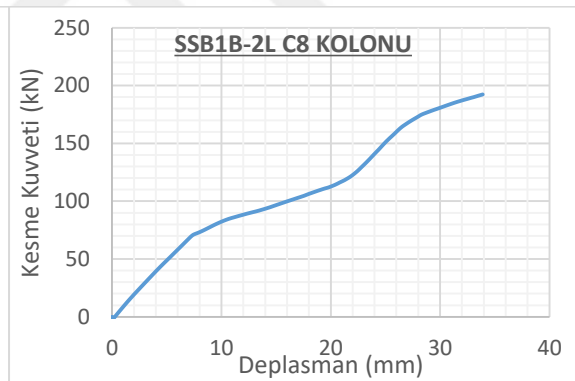
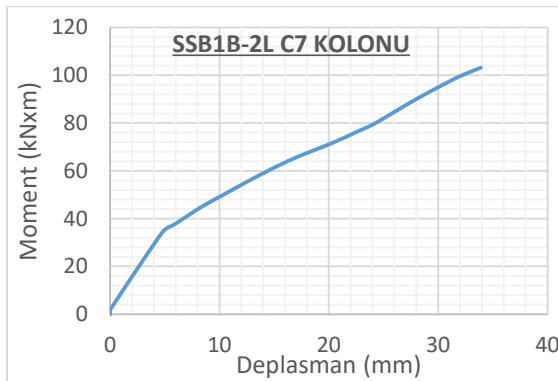
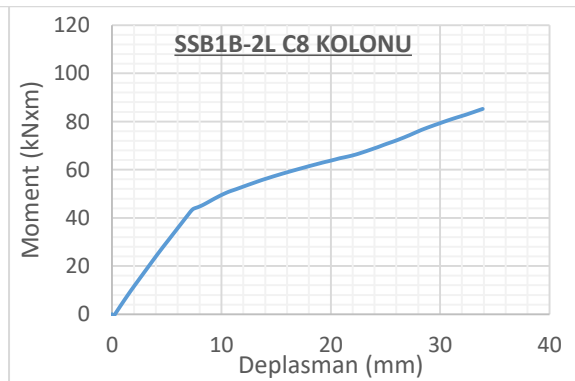
Şekil 4.189. SSB1B-2L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

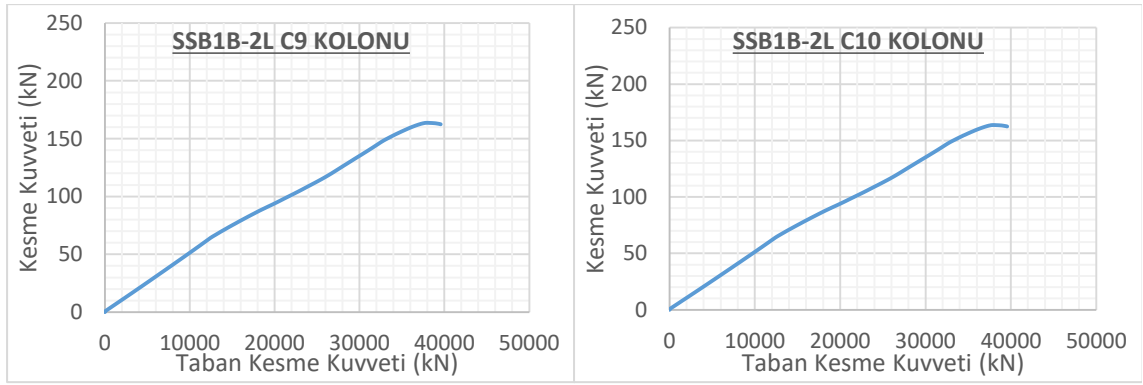
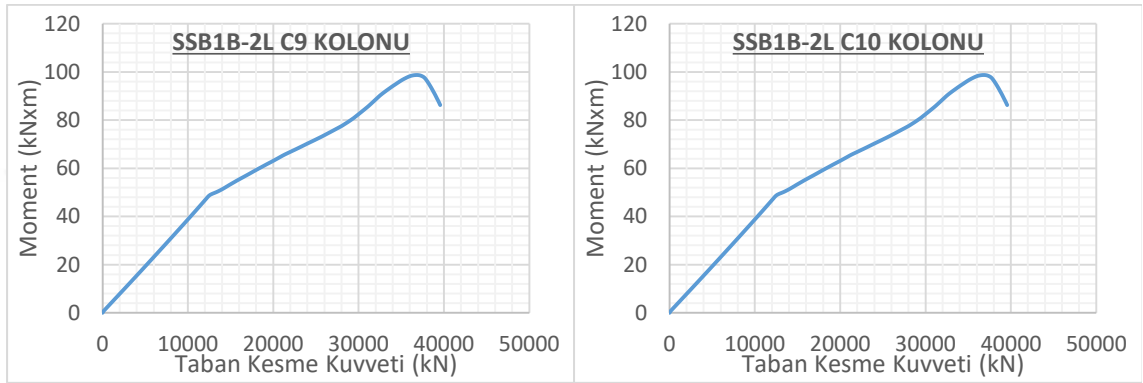
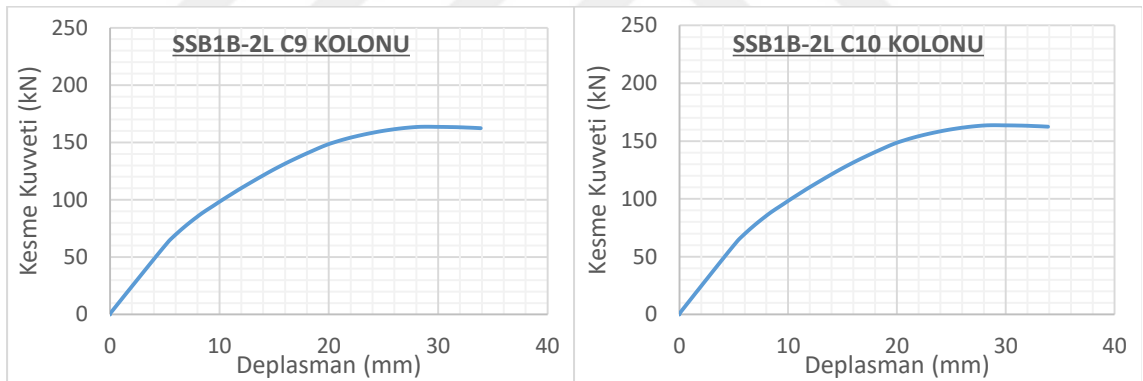
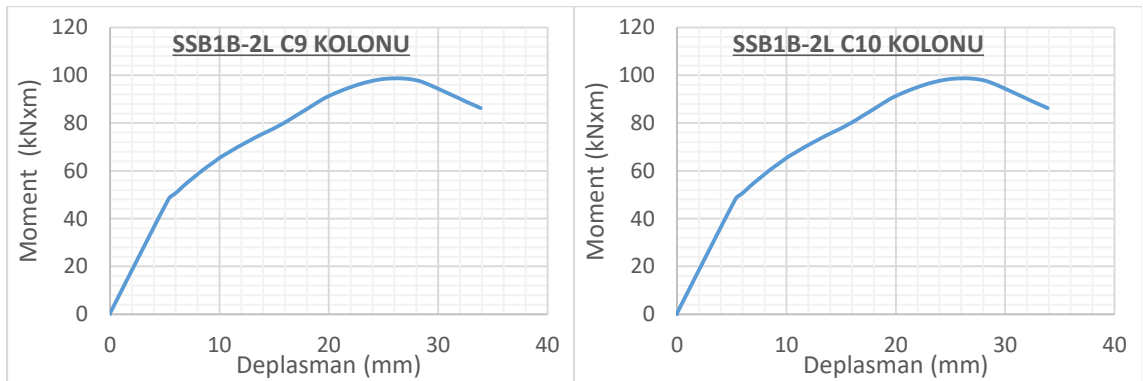
Şekil 4.190. SSB1B-2L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

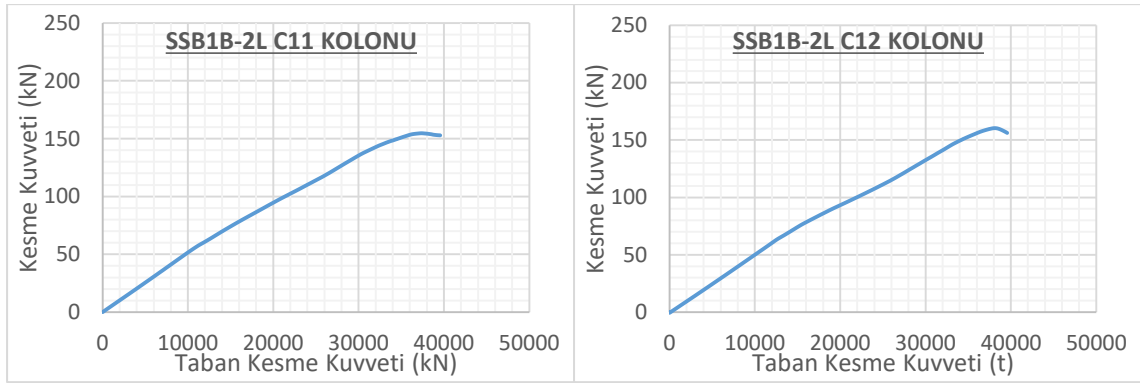
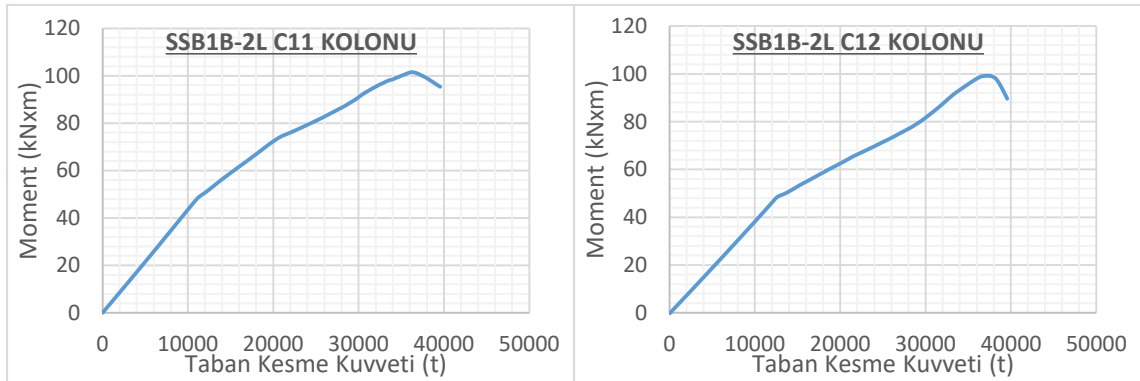
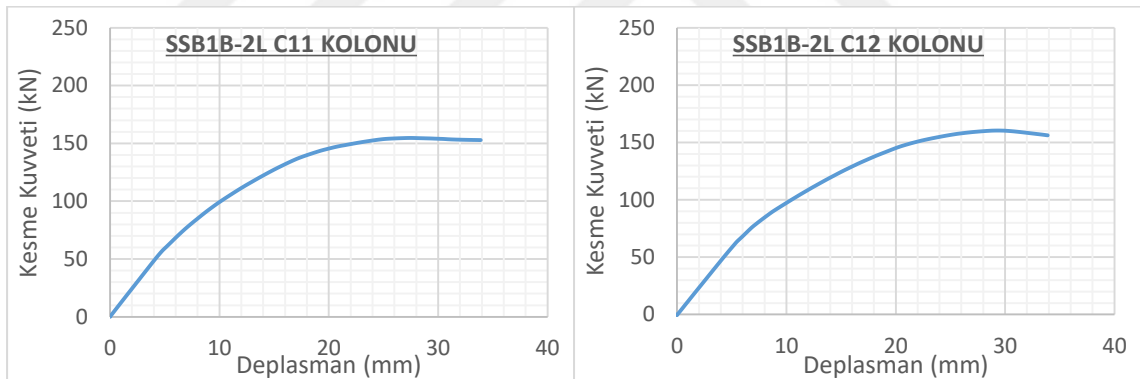
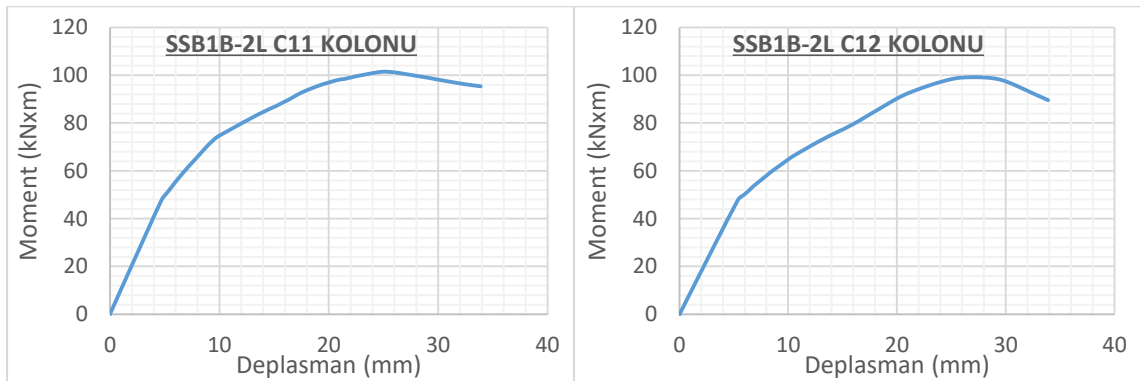
Şekil 4.191. SSB1B-2L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

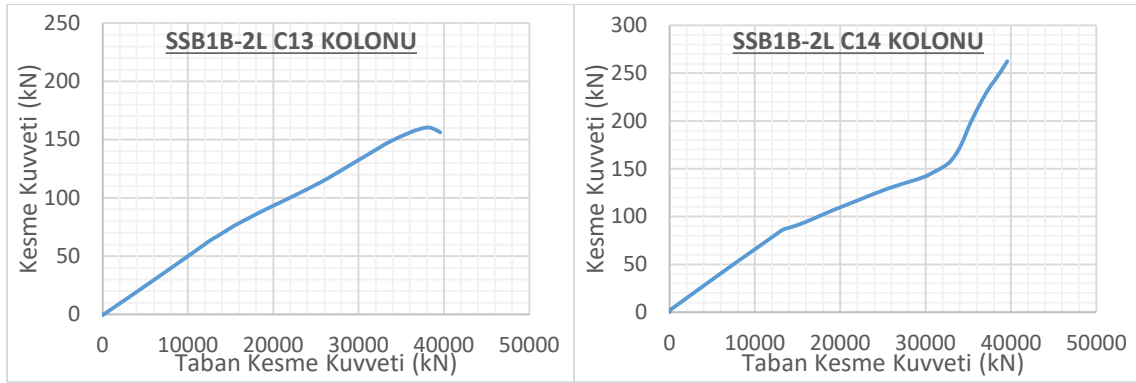
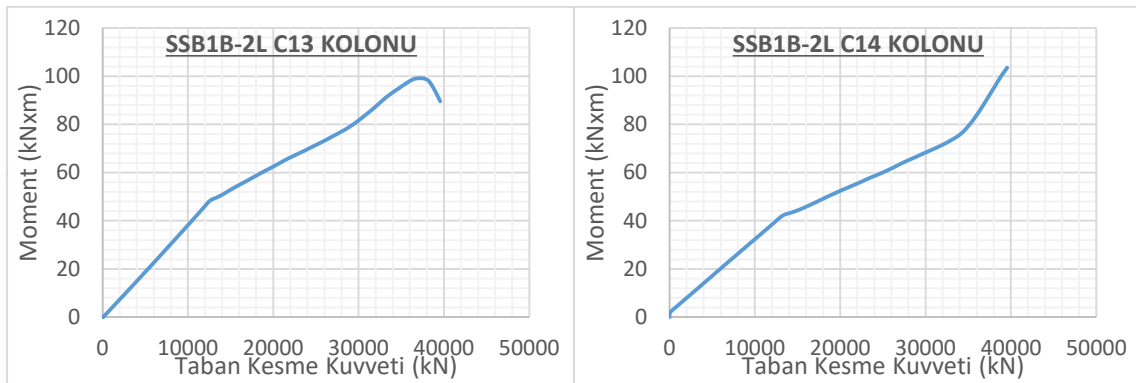
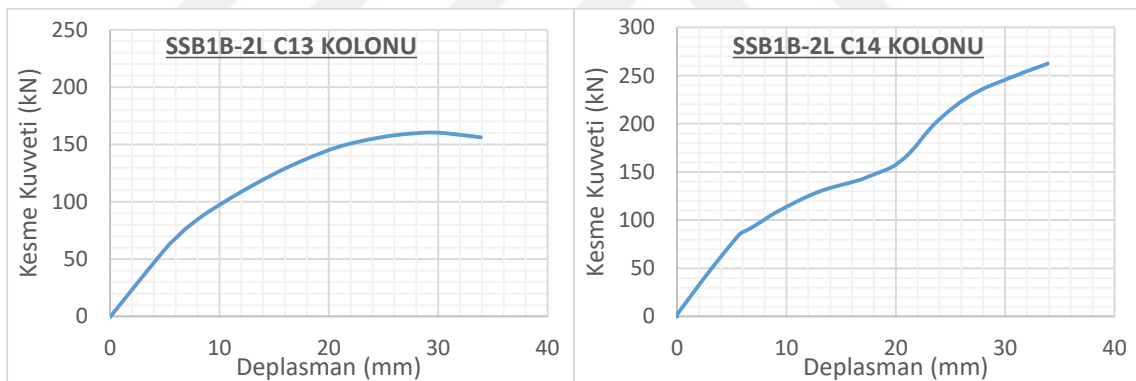
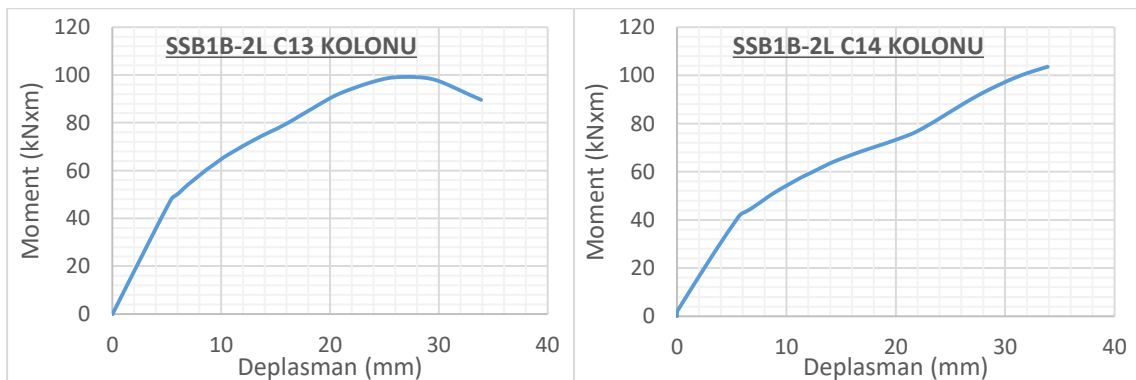
Şekil 4.192. SSB1B-2L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

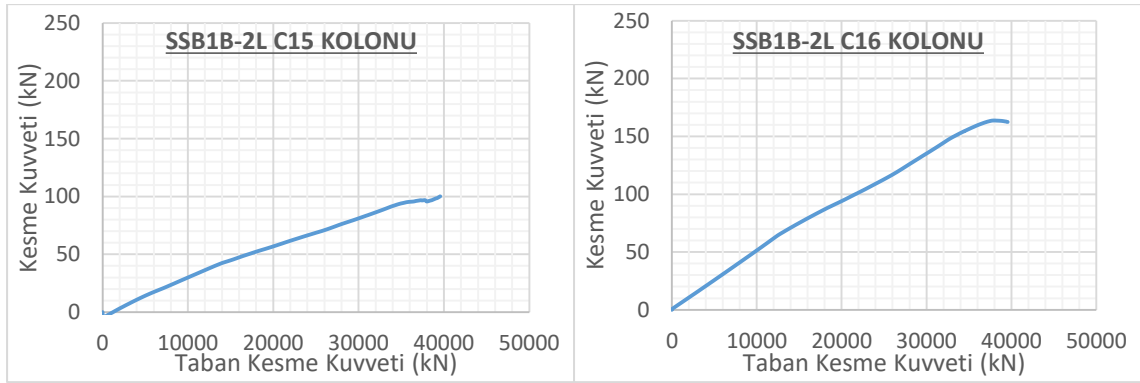
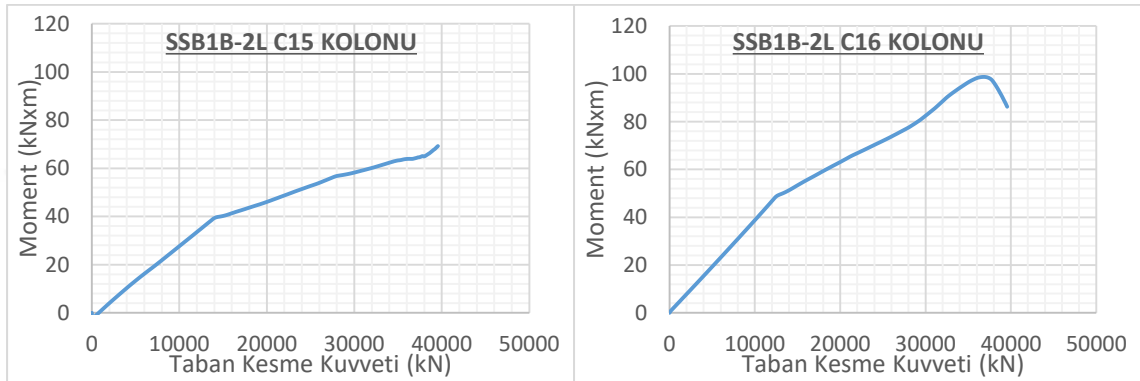
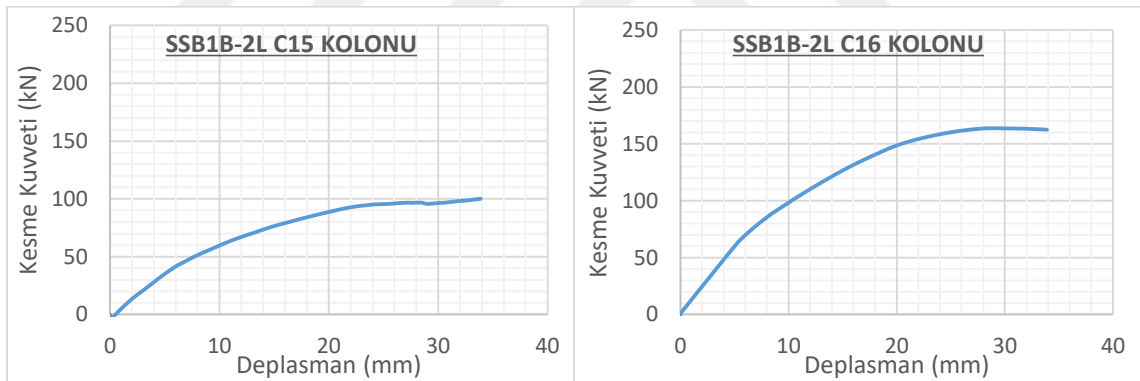
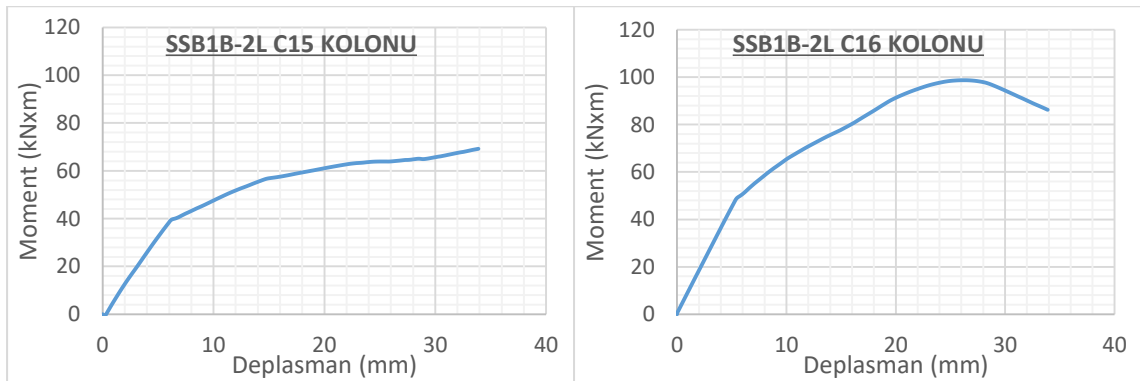
Şekil 4.193. SSB1B-2L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

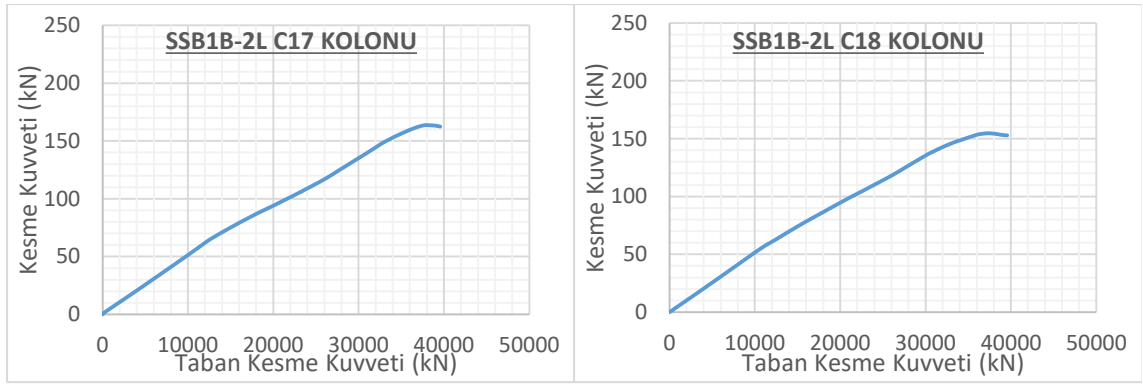
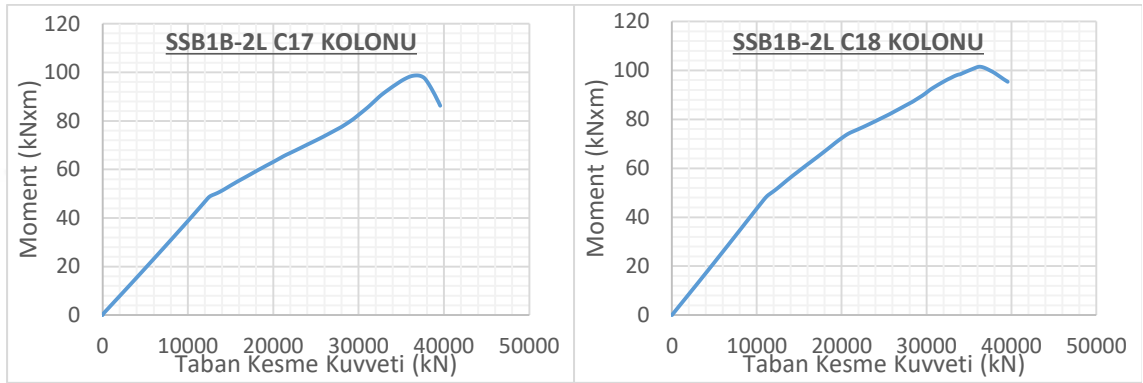
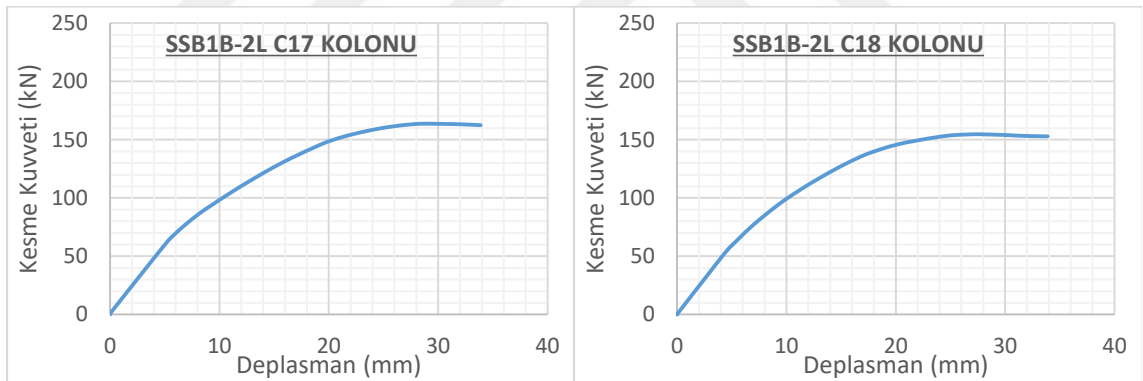
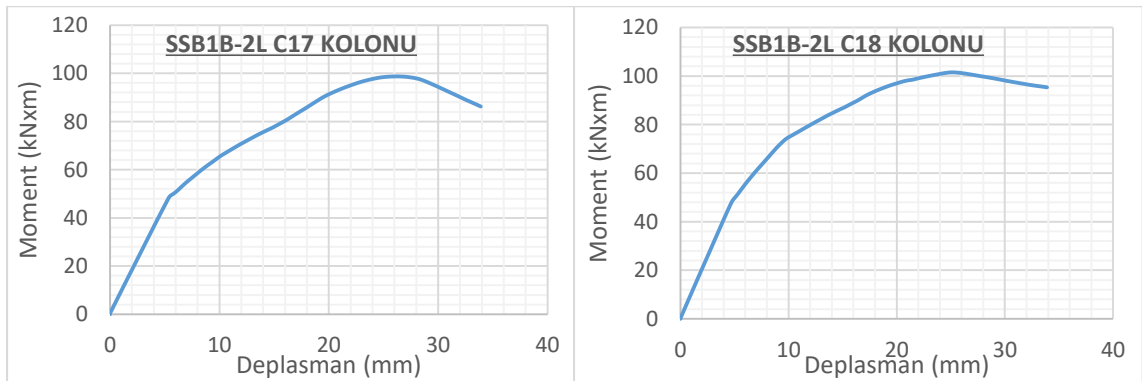
Şekil 4.194. SSB1B-2L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

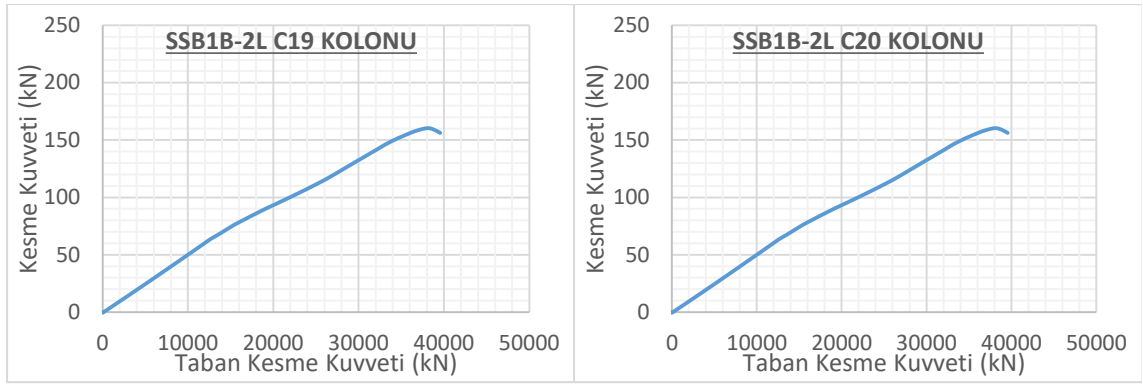
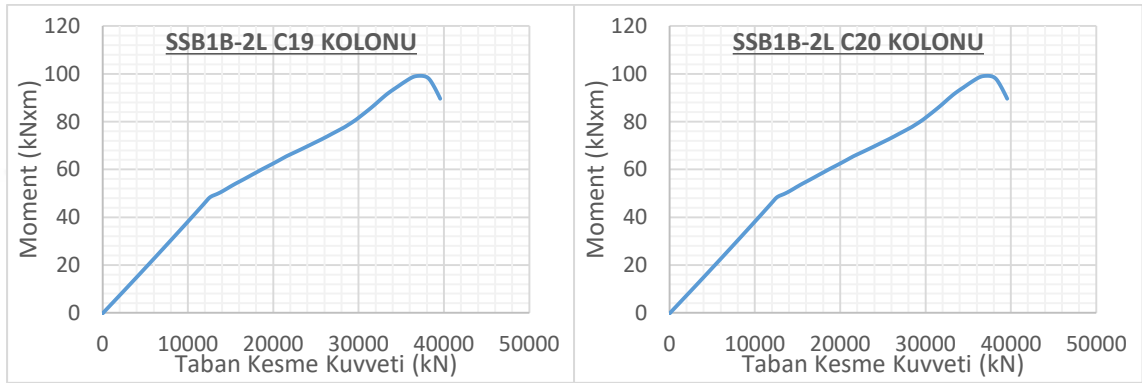
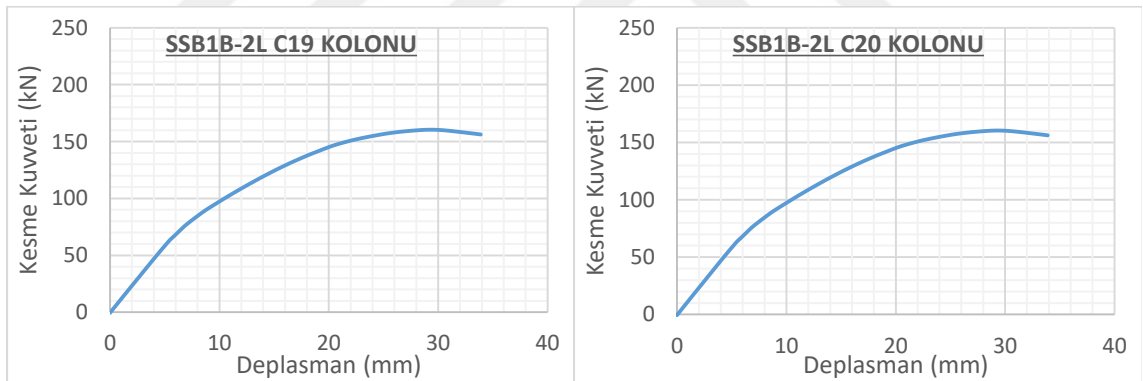
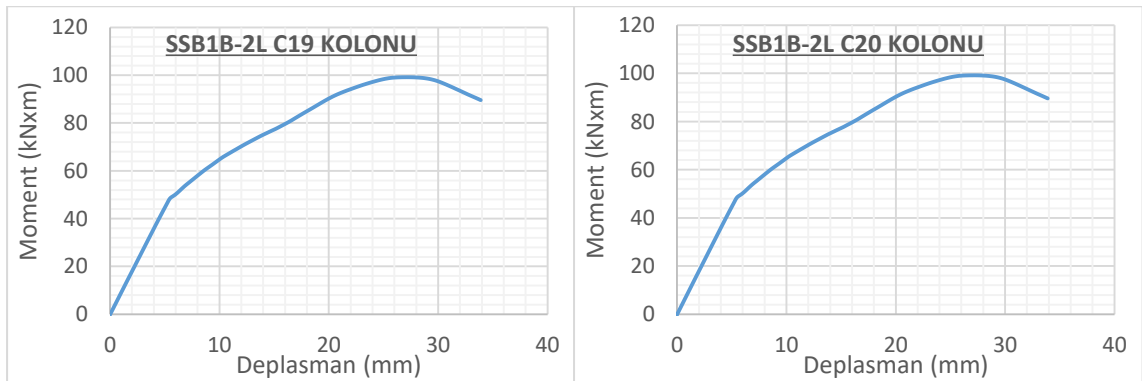
Şekil 4.195. SSB1B-2L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

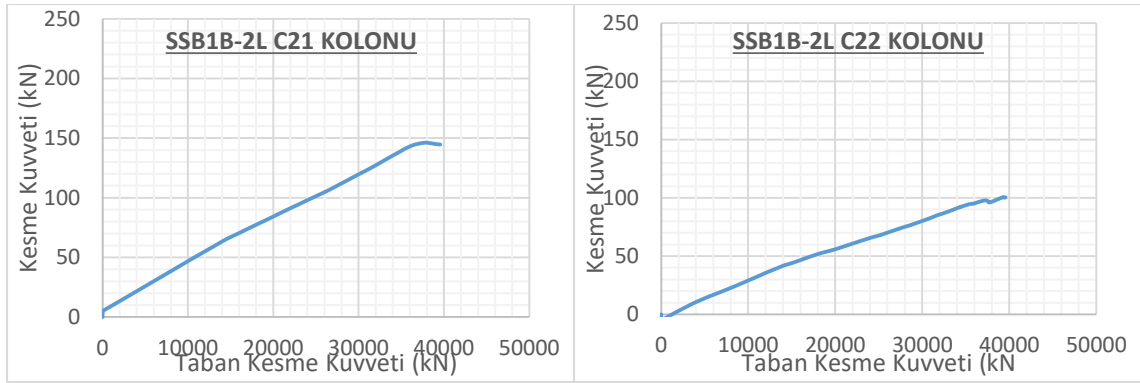
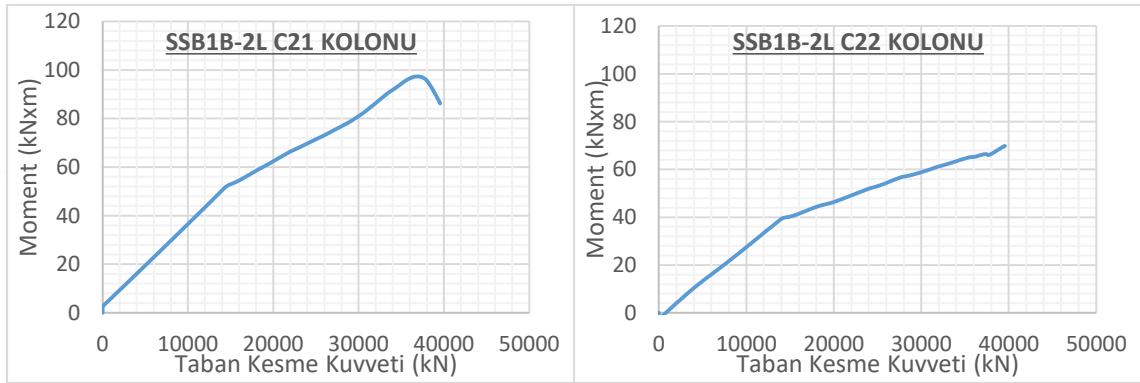
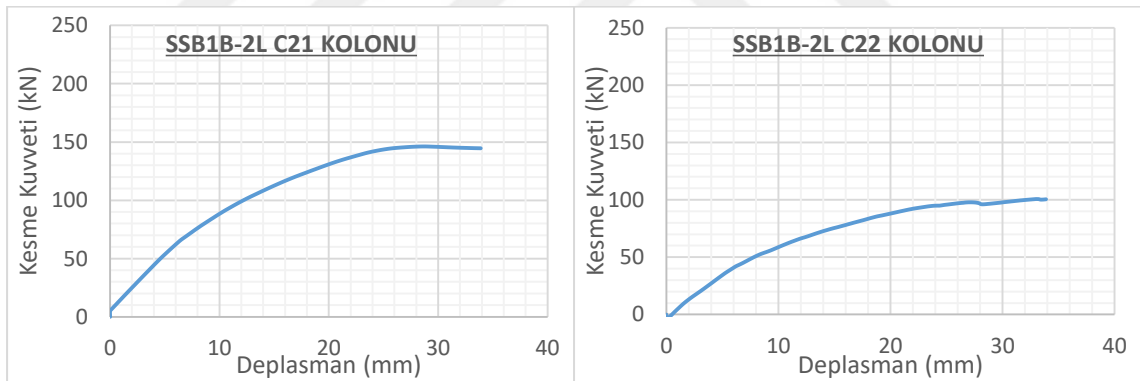
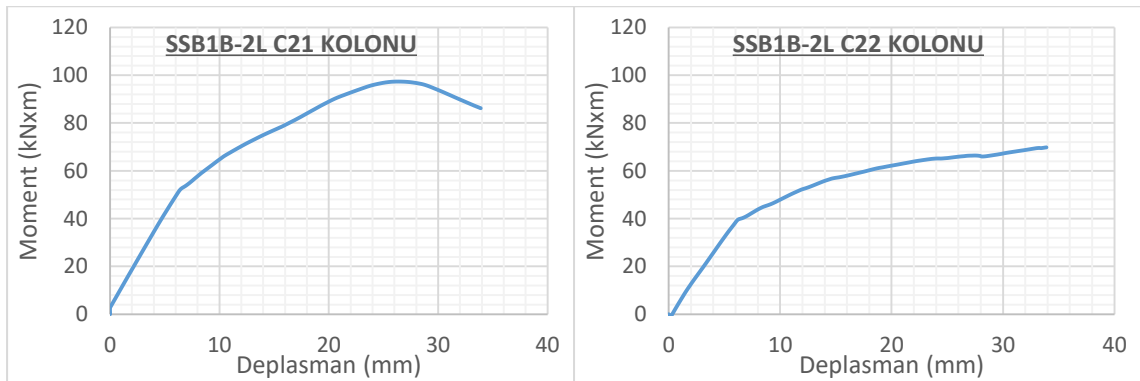
Şekil 4.196. SSB1B-2L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

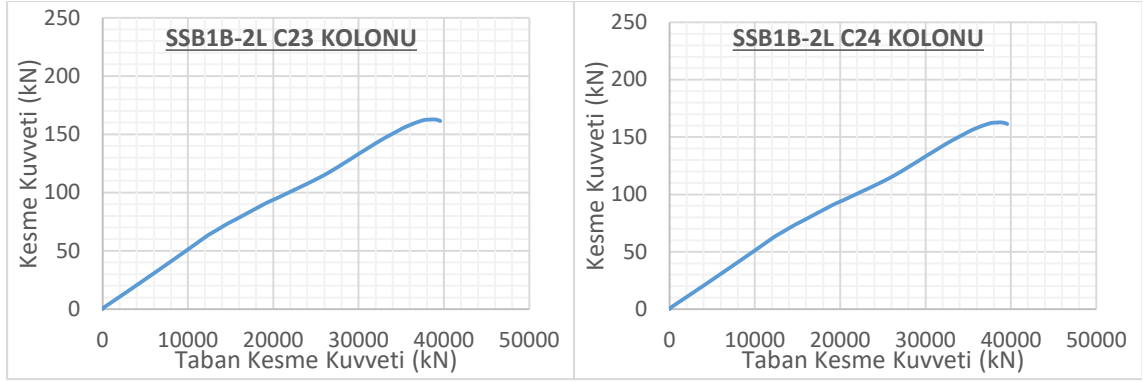
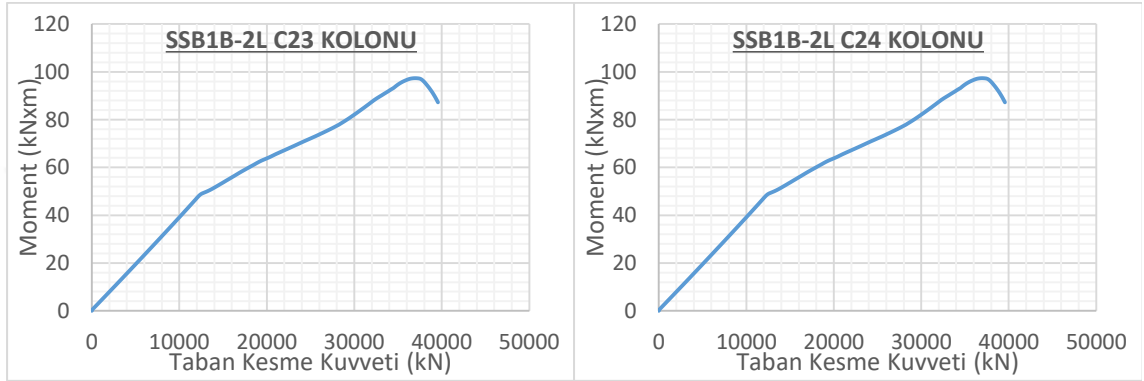
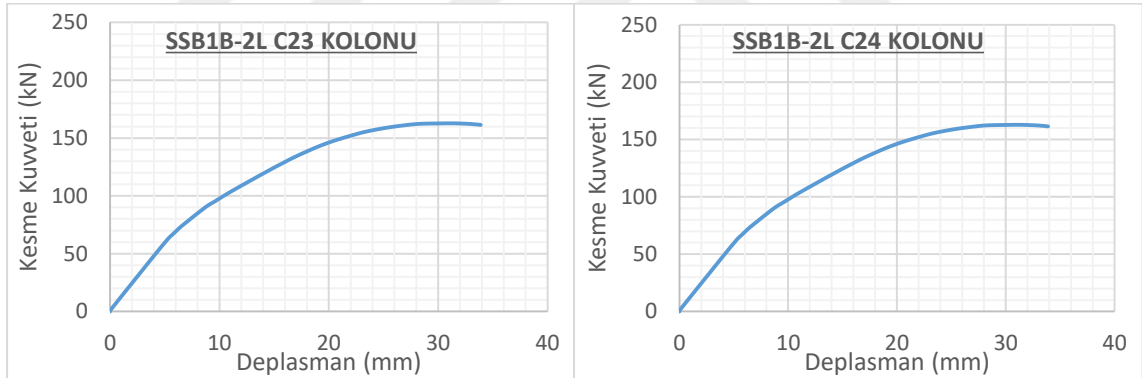
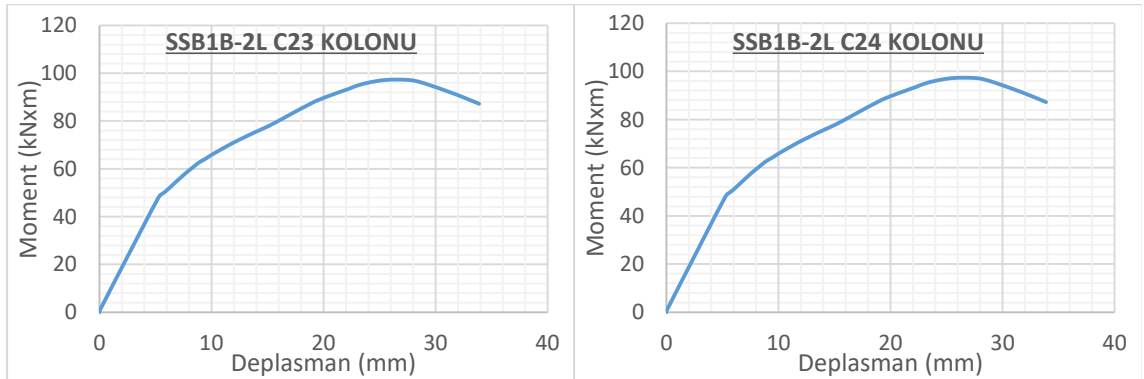
Şekil 4.197. SSB1B-2L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

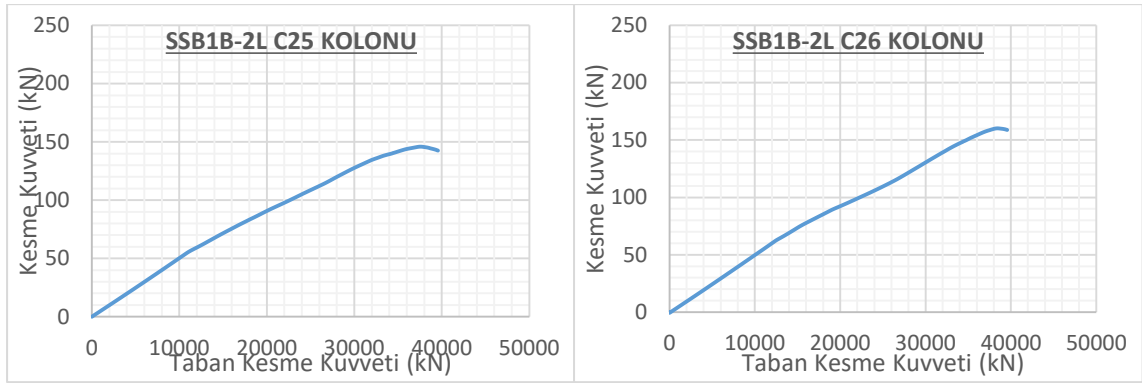
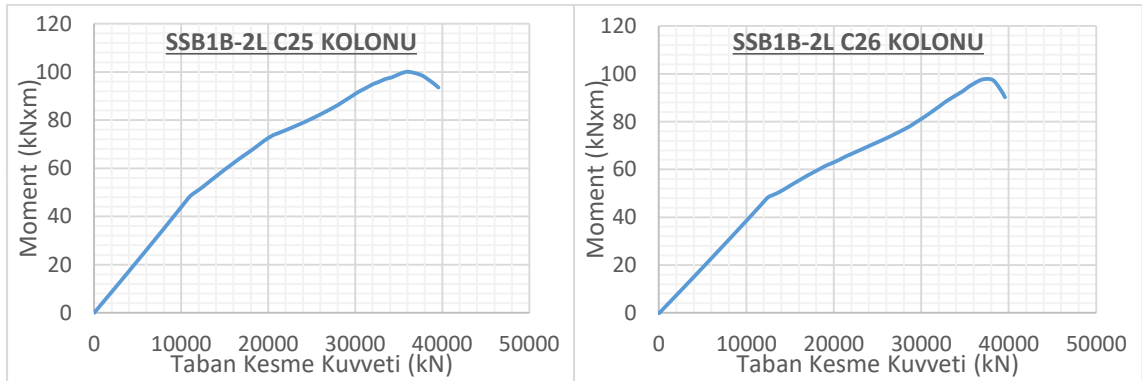
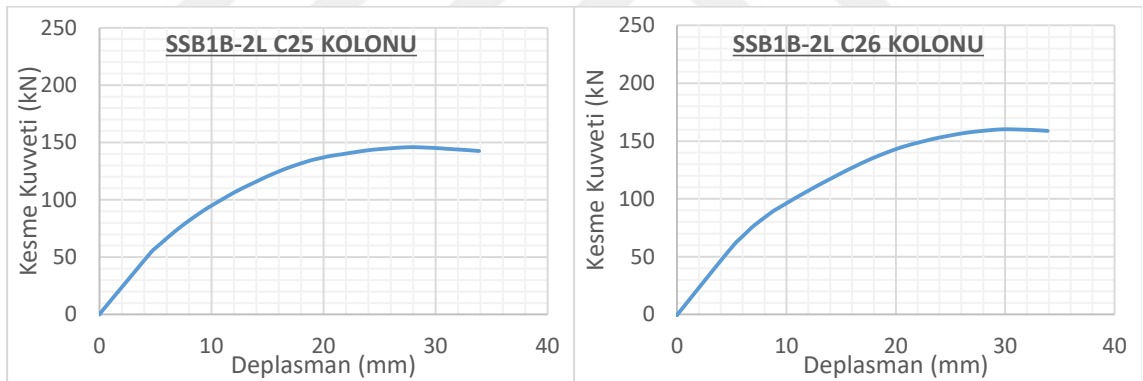
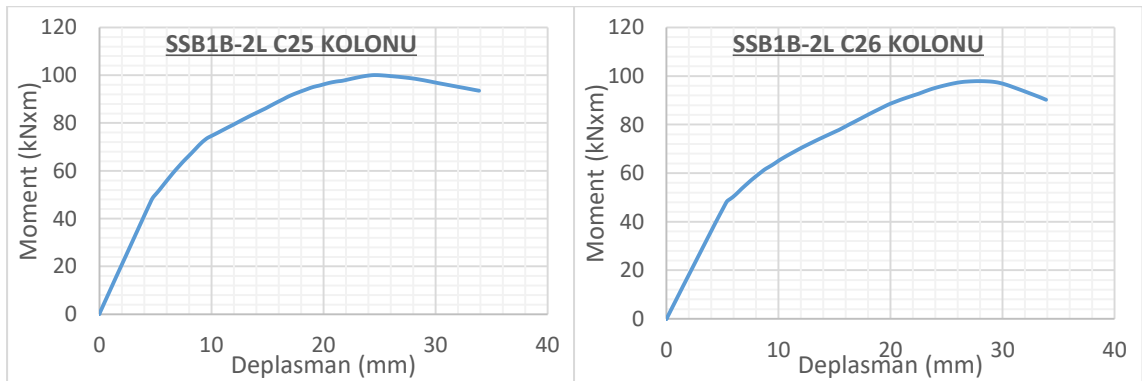
Şekil 4.198. SSB1B-2L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

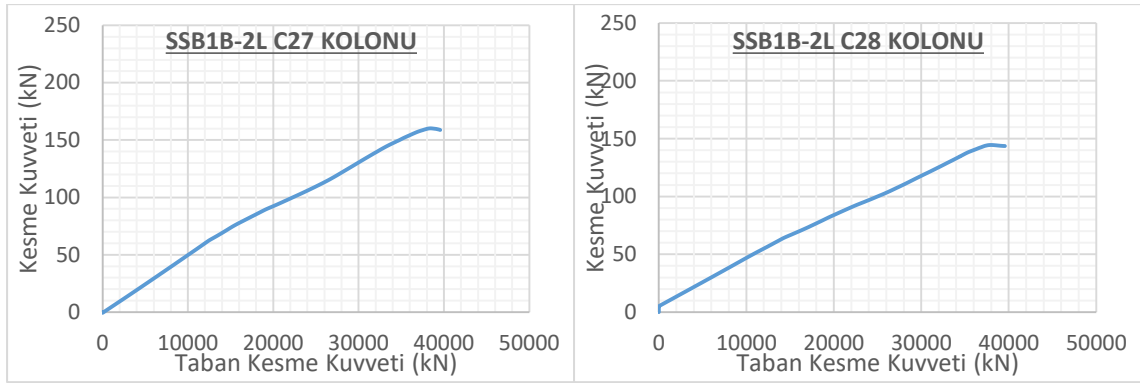
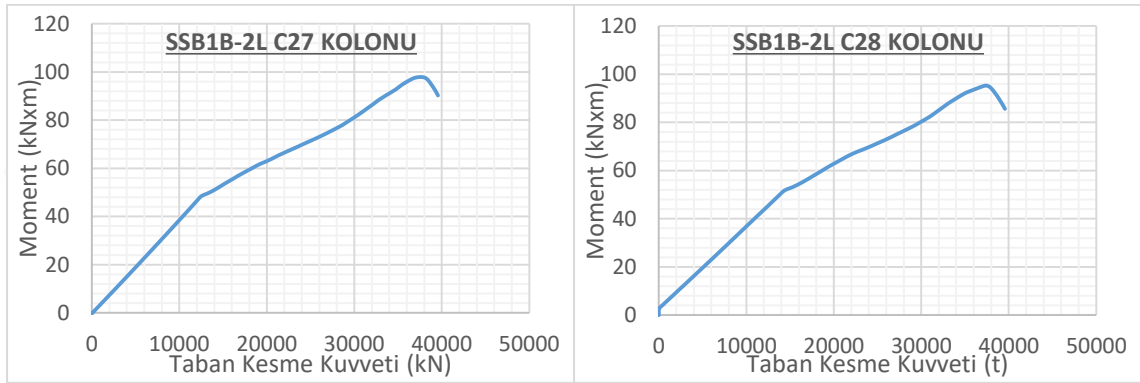
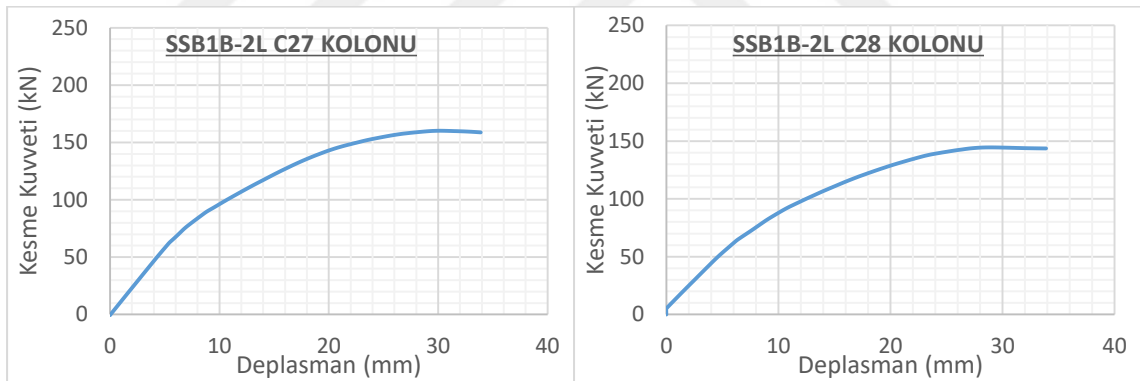
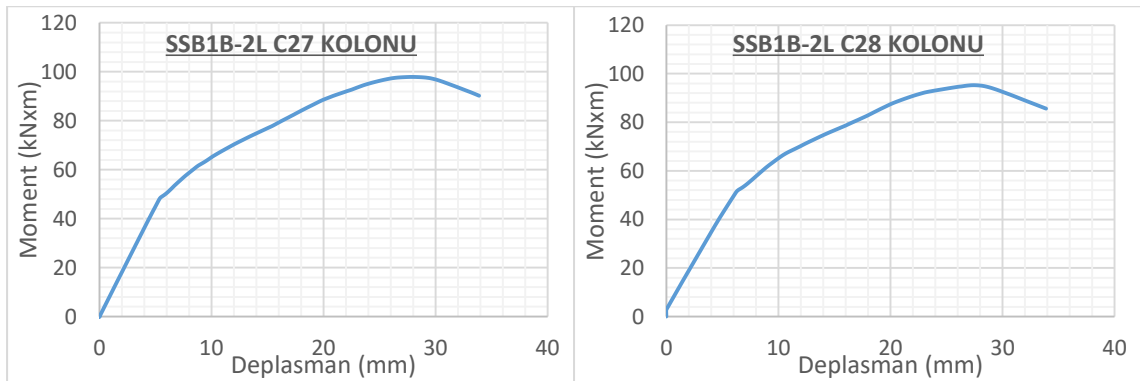
Şekil 4.199. SSB1B-2L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.200. SSB1B-2L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

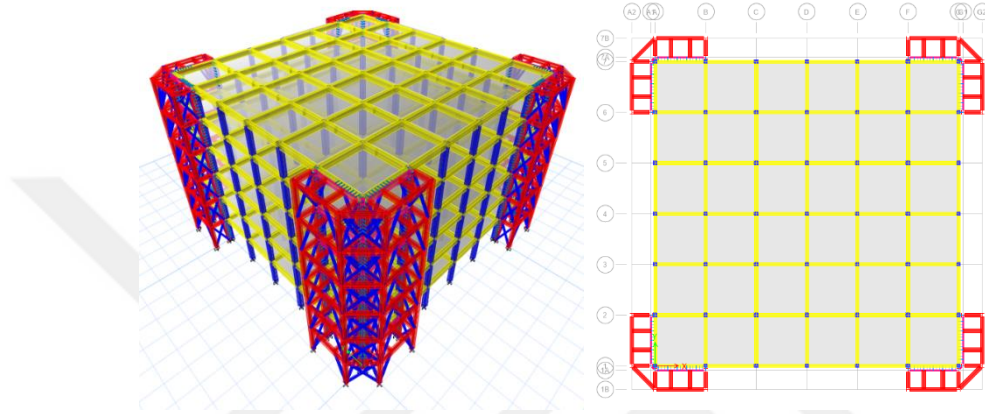
Şekil 4.201. SSB1B-2L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.202. SSB1B-2L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.9. SSB1B-2L-C güçlendirilmiş model

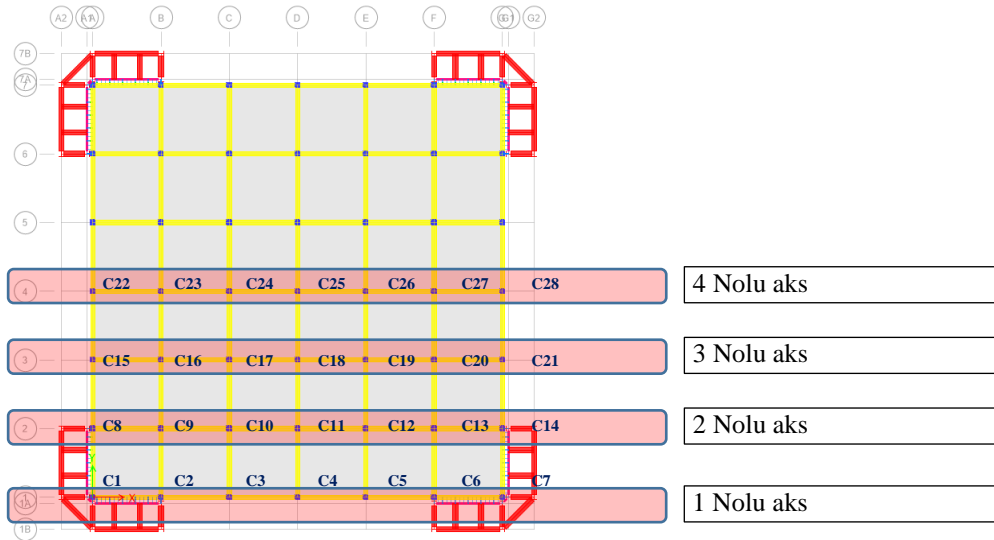
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB1B-2L-C) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde tek açıklıkta çift katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Ek olarak çelik elemanlar köşelerinden de birleştirilmiştir. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dışmerkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.203.’da sunulmuştur.



Şekil 4.203. SSB1B-2L-C Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.9.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

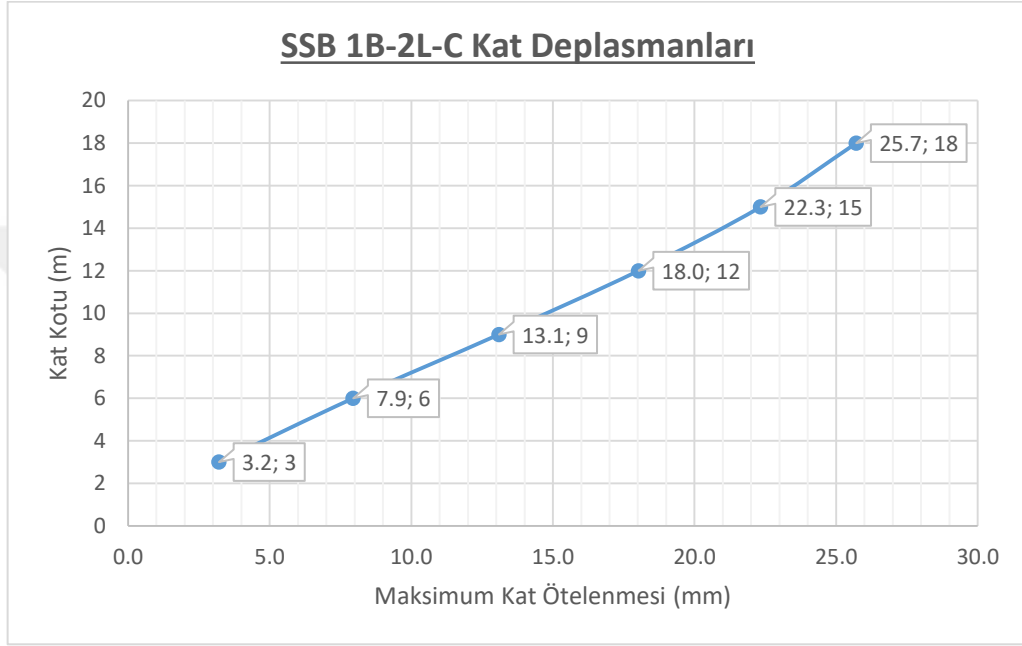
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.204.’da verilmiştir.



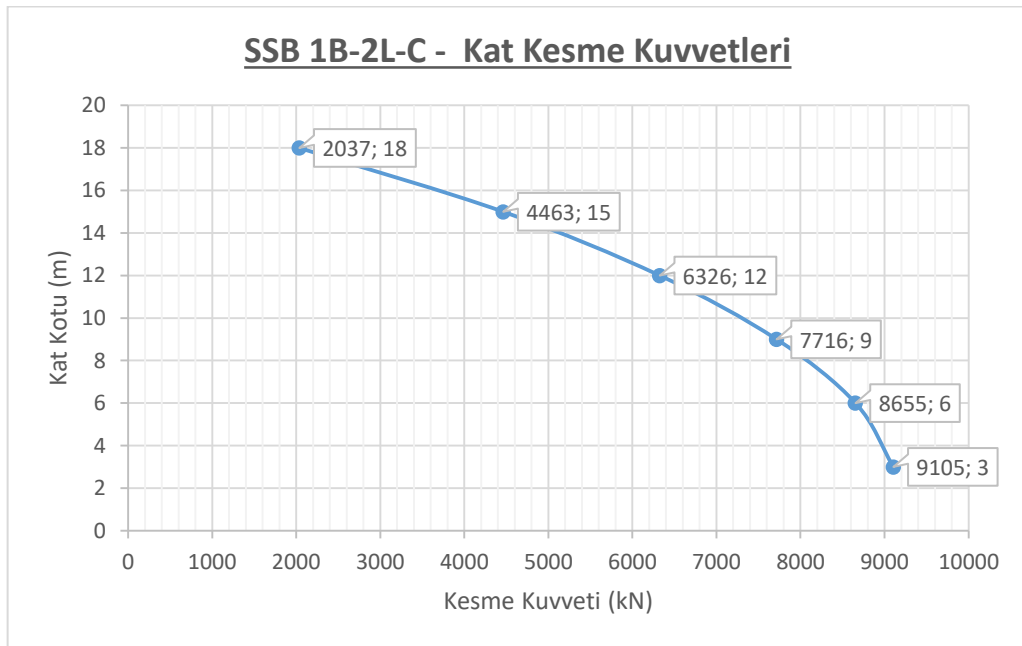
Şekil 4.204. SSB1B-2L-C kolon ve aks isimleri

Şekil 4.205.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.206.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.207.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.11.'da verilmiştir.



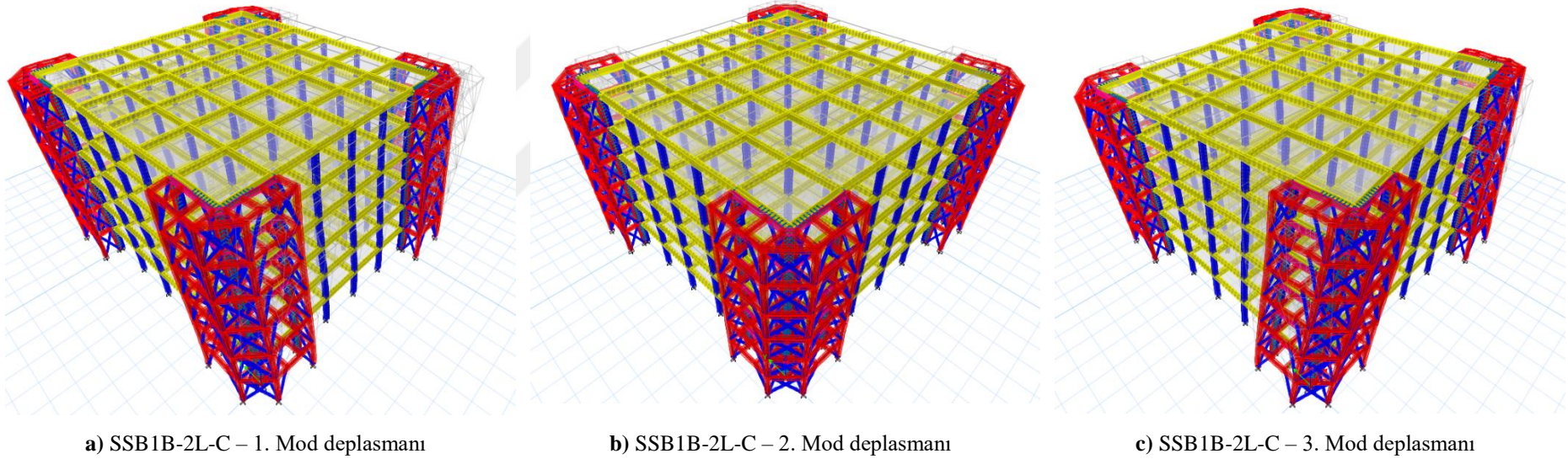
Şekil 4.205. SSB1B-2L-C Kat deplasmanları



Şekil 4.206. SSB1B-1L-C Kat kesme kuvveti

Şekil 4.208. - Şekil 4.211.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.212. - Şekil 4.215.'de sunulmuştur.

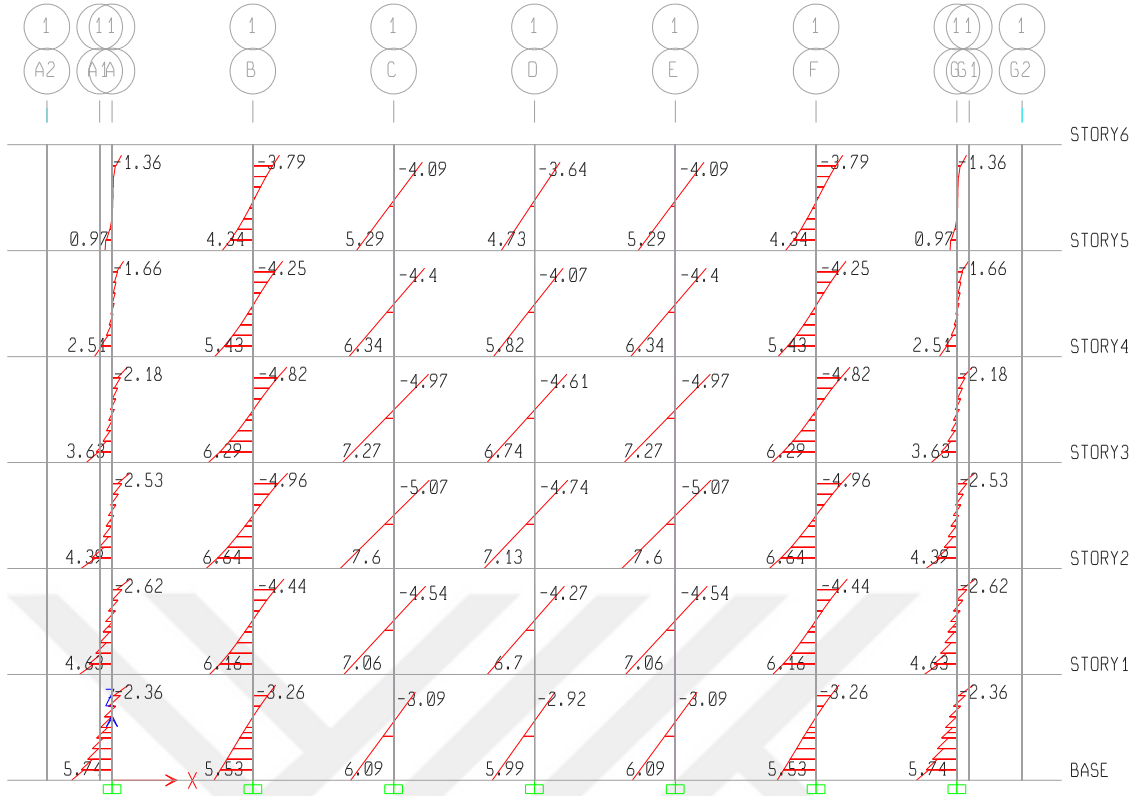




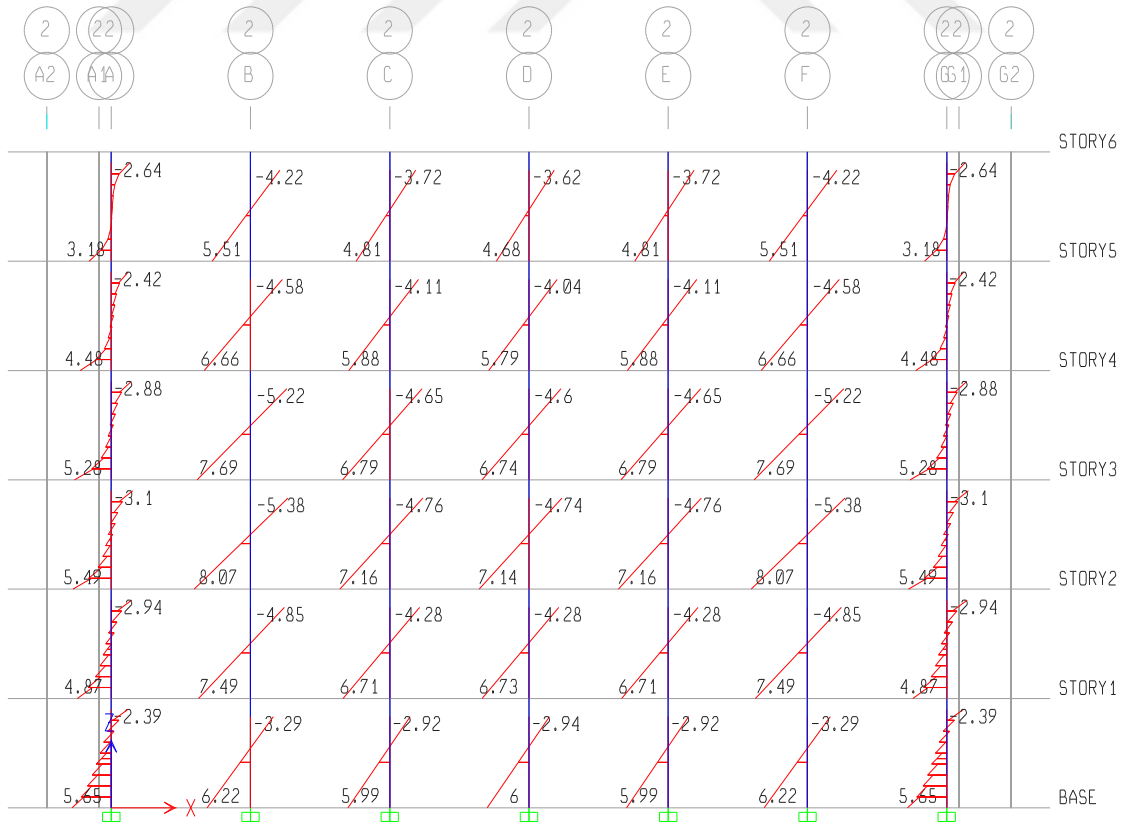
Şekil 4.207. SSB1B-2L-C binası ilk 3 mod deplasmanlar

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	0.535	-	-
Modal	2. Mod	-	0.535	-
Modal	3. Mod	-	-	0.343

Çizelge 4.11. SSB1B-2L-C Binası ilk 3 moda ait periyodlar



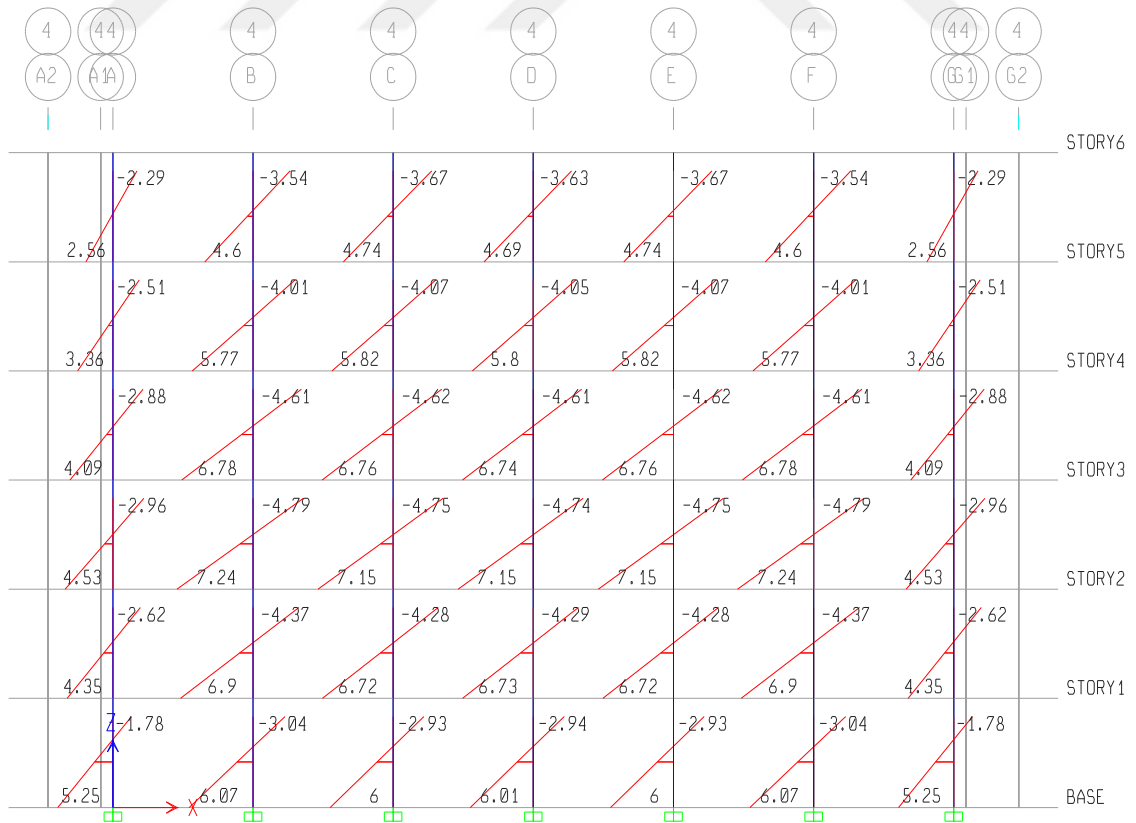
Şekil 4.208. SSB1B-2L-C binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



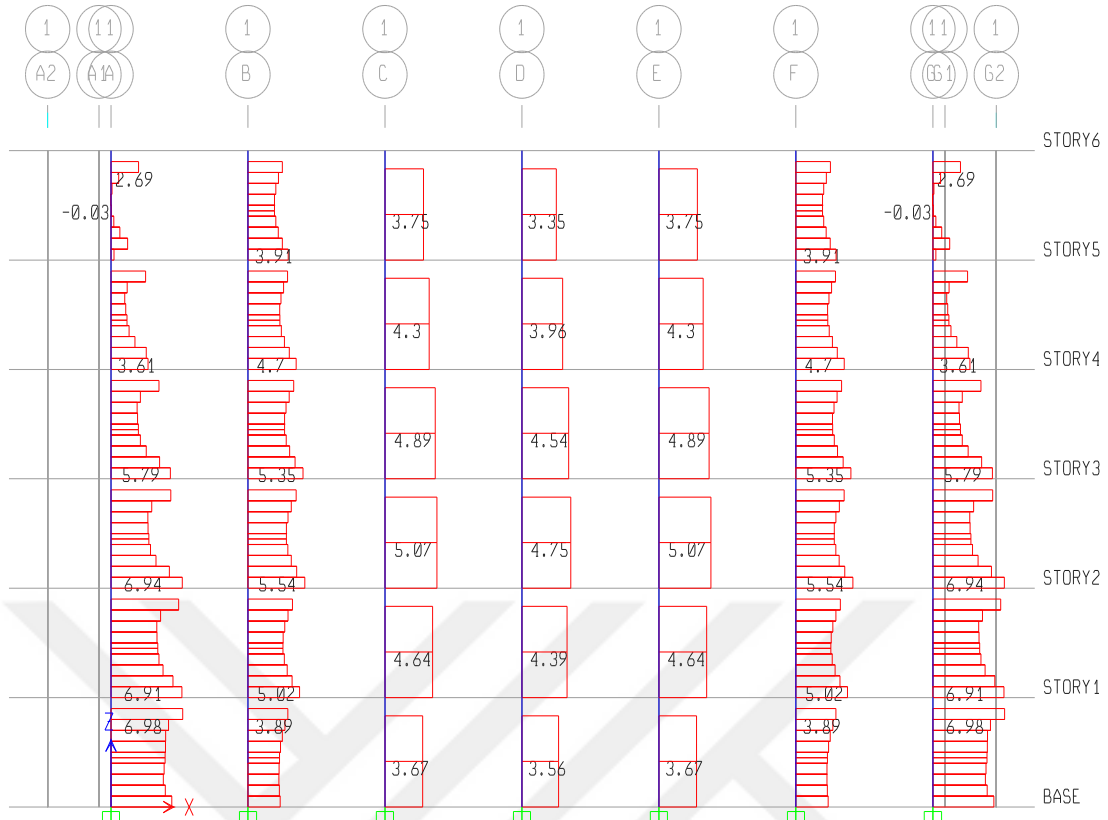
Şekil 4.209. SSB1B-2L-C binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



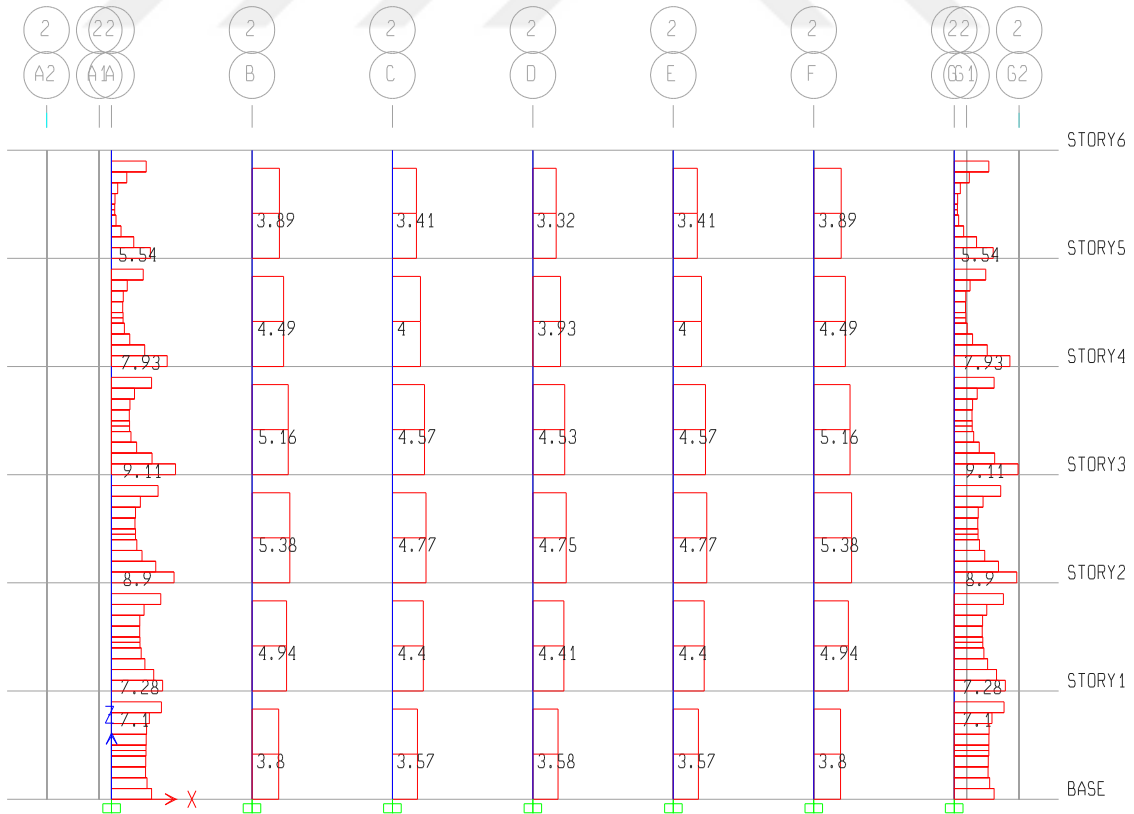
Şekil 4.210. SSB1B-2L-C binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



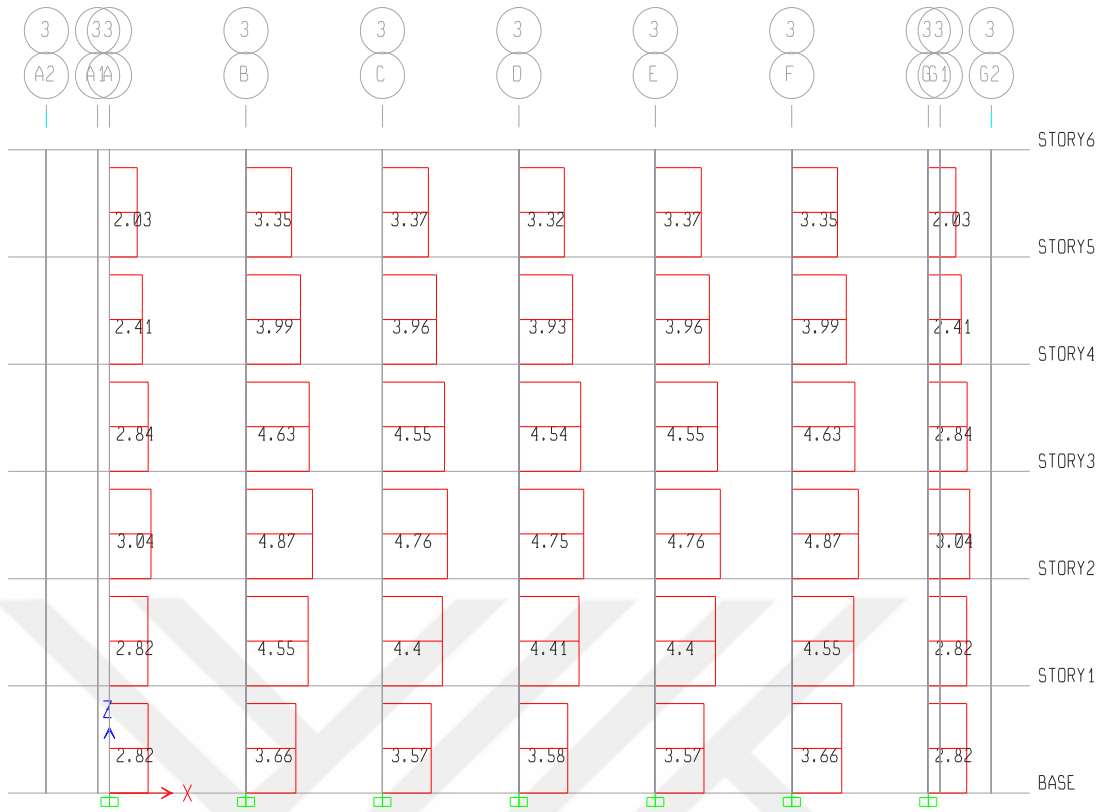
Şekil 4.211. SSB1B-1L-C binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



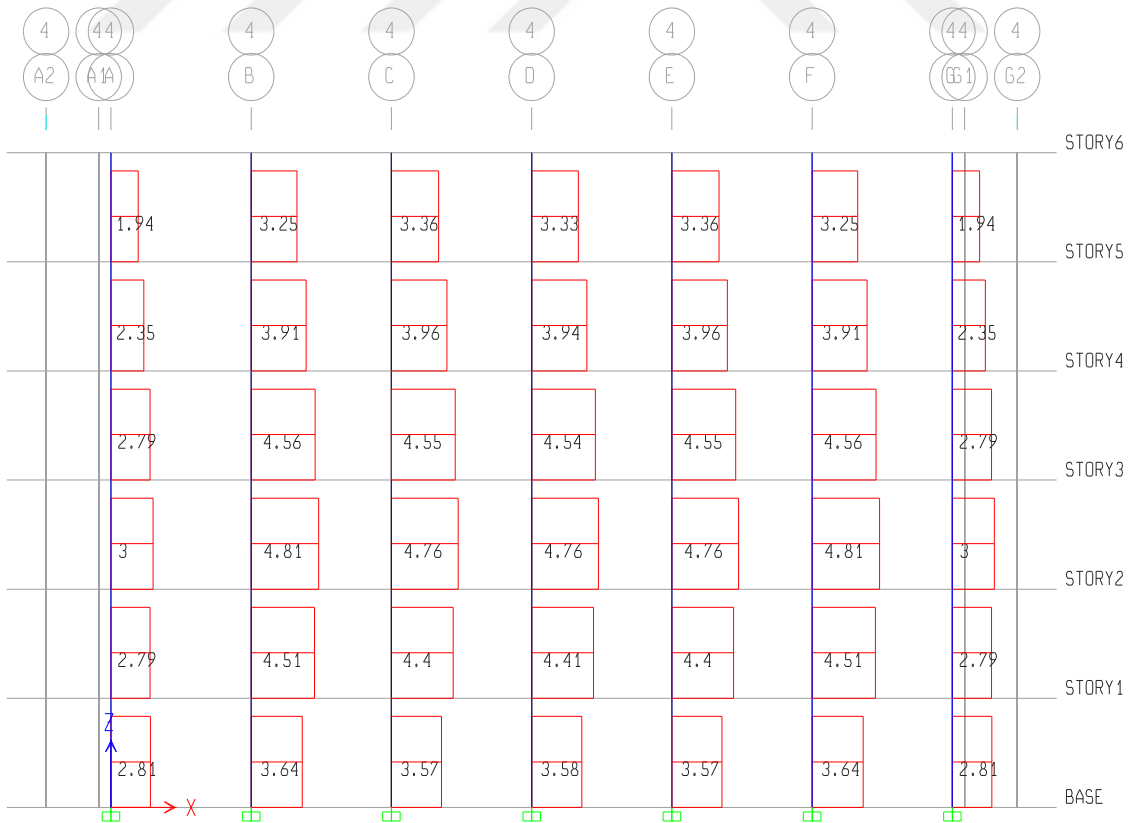
Şekil 4.212. SSB1B-2L-C binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.213. SSB1B-2L-C binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



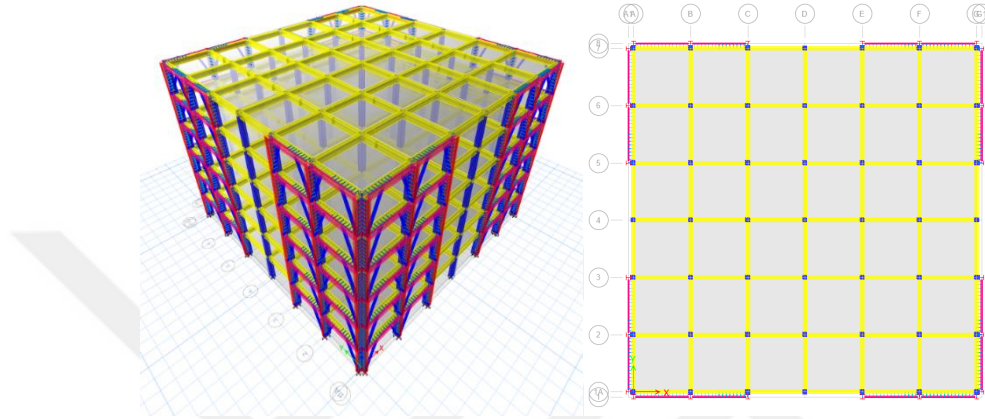
Şekil 4.214. SSB1B-2L-C binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.215. SSB1B-2L-C binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.10. SSB2B-1L güçlendirilmiş model

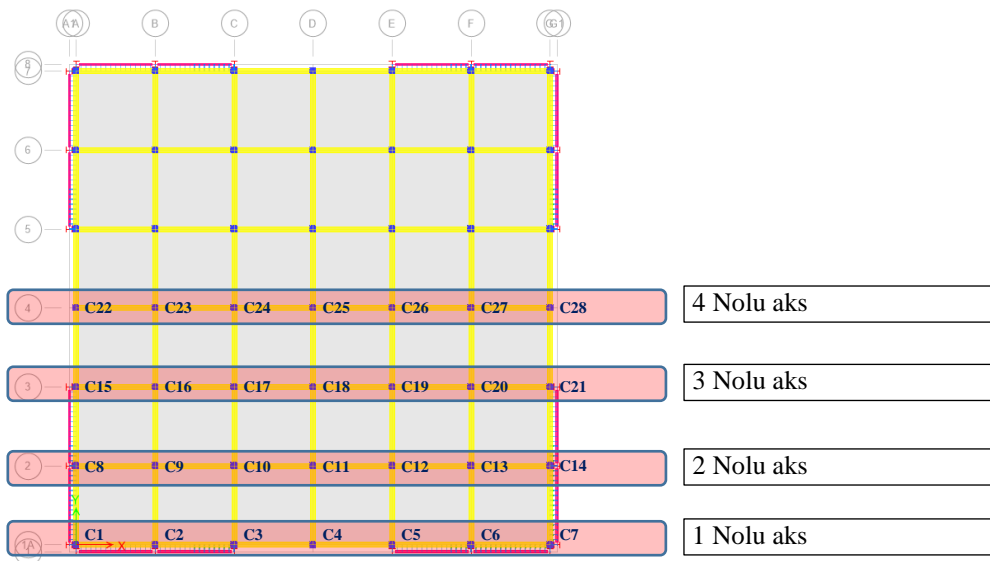
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (**SSB2B-1L**) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde iki açıklıkta tek katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem dış merkezli ters v şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.216.'de sunulmuştur.



Şekil 4.216. SSB2B-1L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.10.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

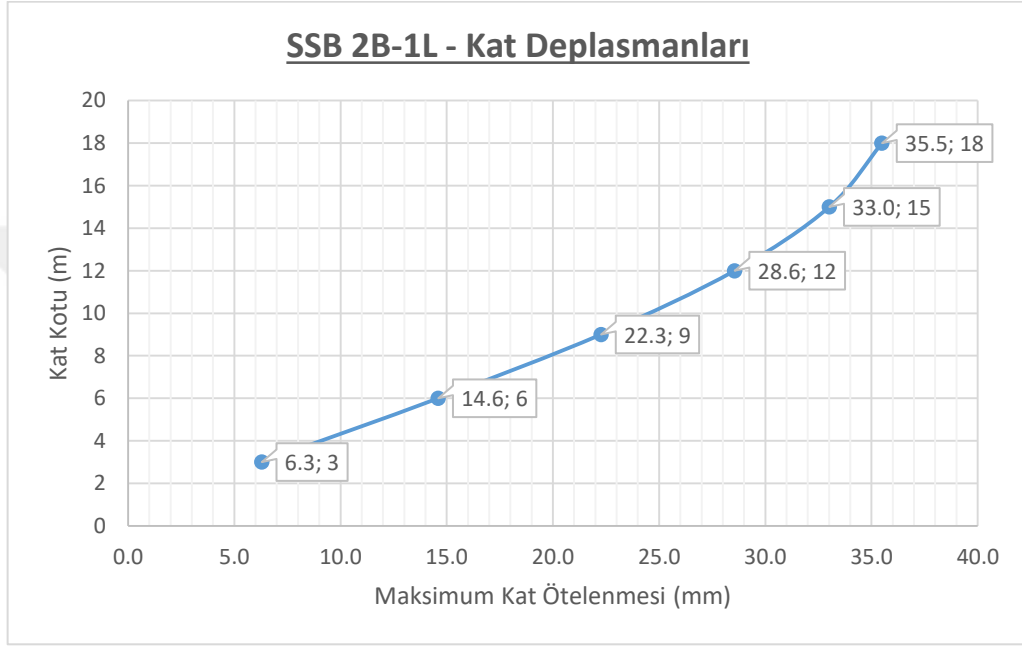
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.217.’de verilmiştir.



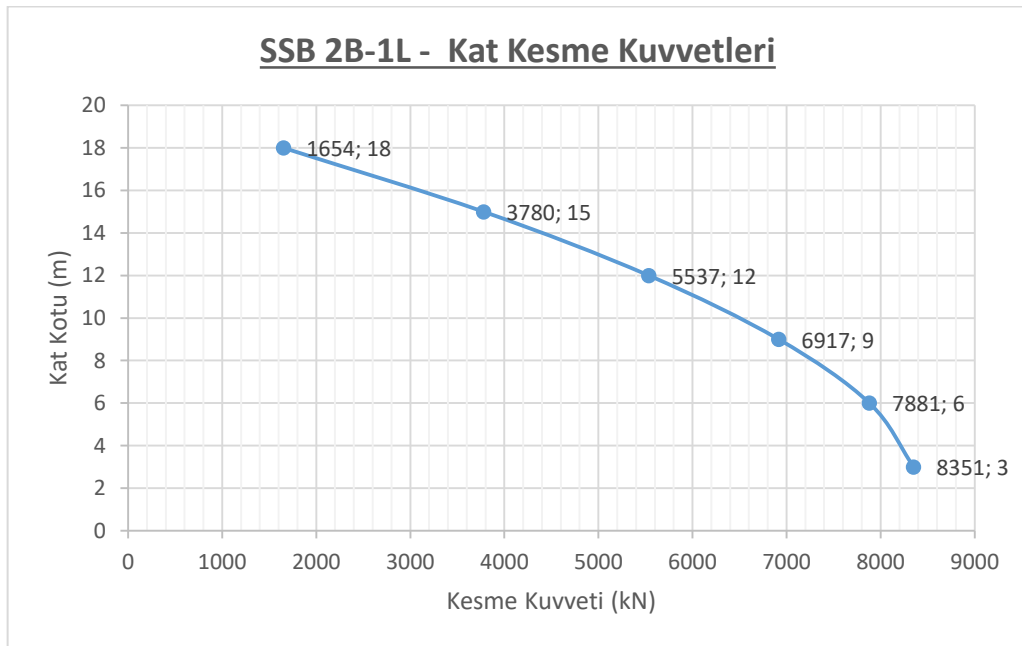
Şekil 4.217. SSB2B-1L kolon ve aks isimleri

Şekil 4.218.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

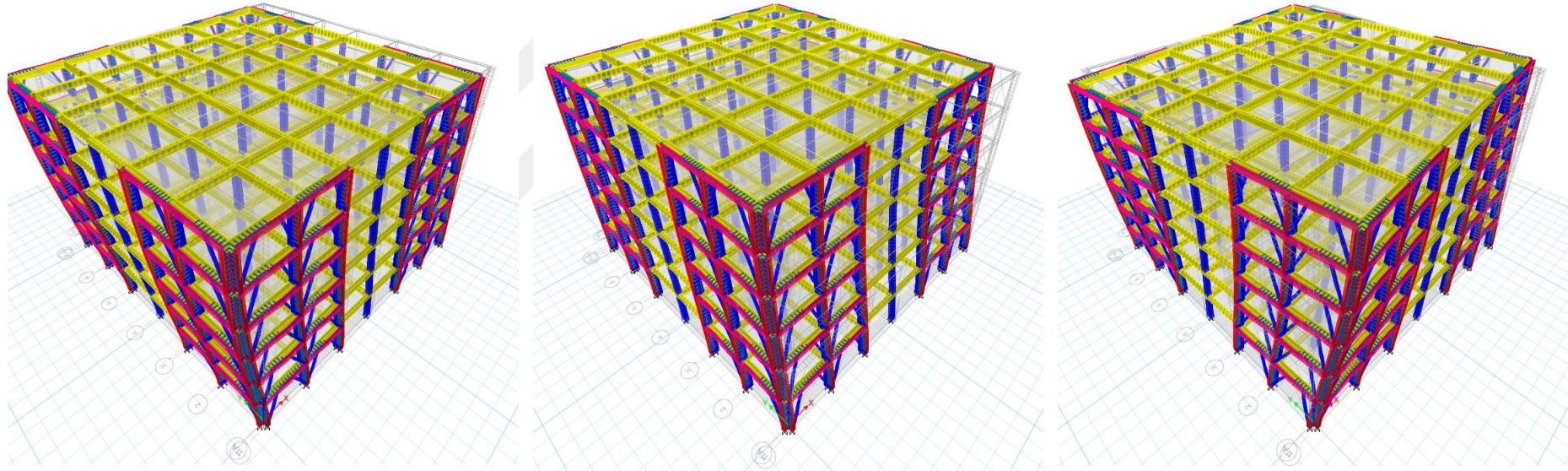
Şekil 4.219.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.220.'da, periyod değerleri ise Çizelge 4.12.'de verilmiştir.



Şekil 4.218. SSB2B-1L kat deplasmanları



Şekil 4.219. SSB2B-1L kat kesme kuvveti



a) SSB2B-1L – 1. Mod deplasmanı

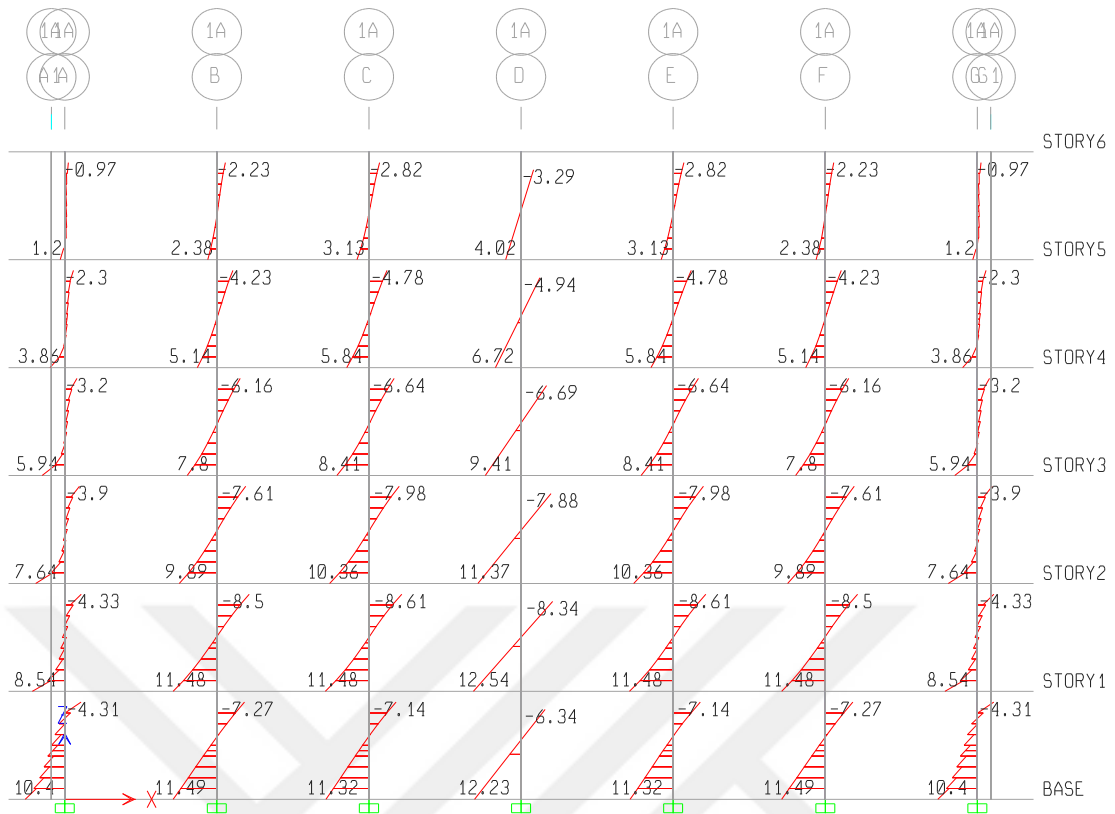
b) SSB2B-1L – 2. Mod deplasmanı

c) SSB2B-1L – 3. Mod deplasmanı

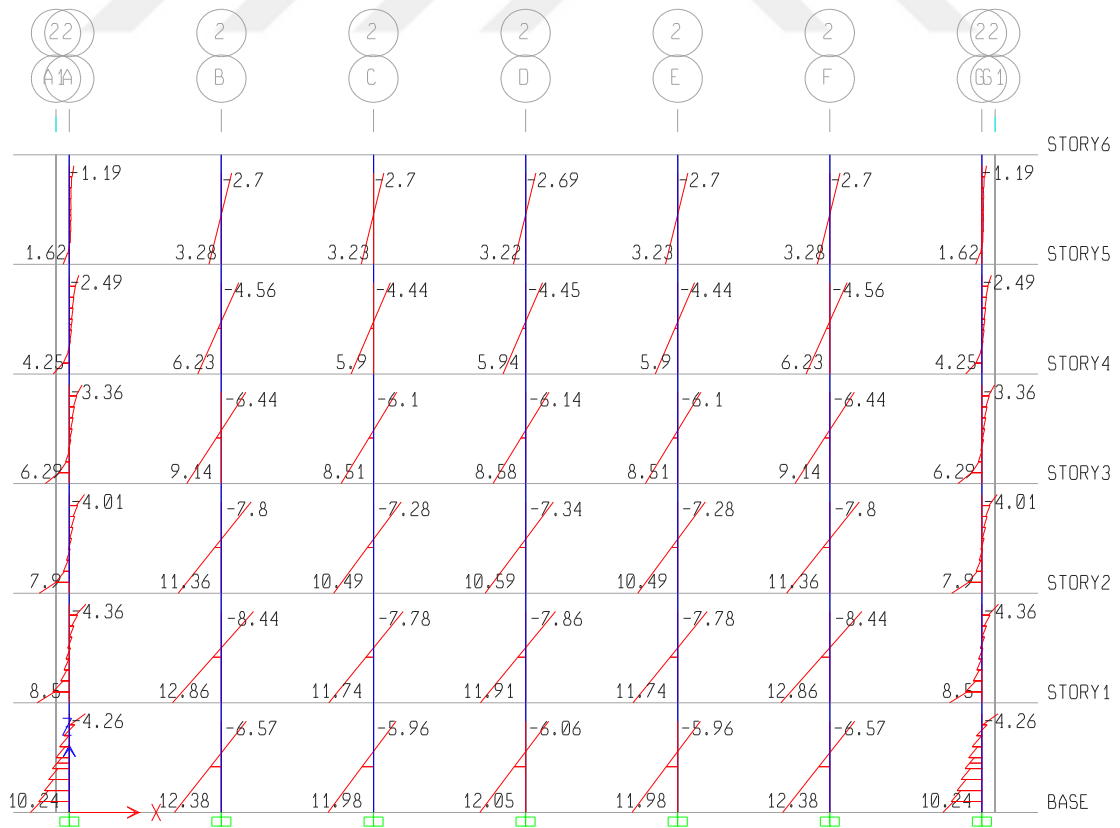
Şekil 4.220. SSB2B-1L binası ilk 3 mod deplasmanlar

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.687	-
Modal	2. Mod	0.687	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.491

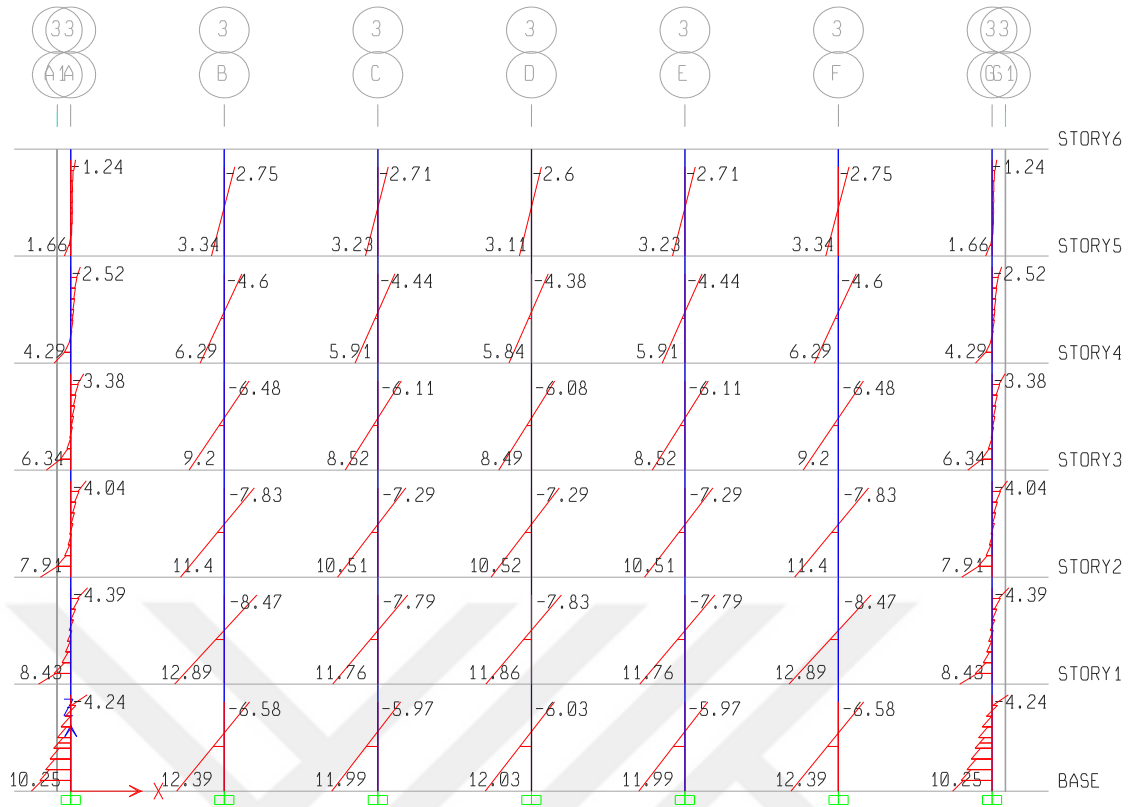
Çizelge 4.12. SSB2B-1L modeli ilk 3 moda ait periyodlar



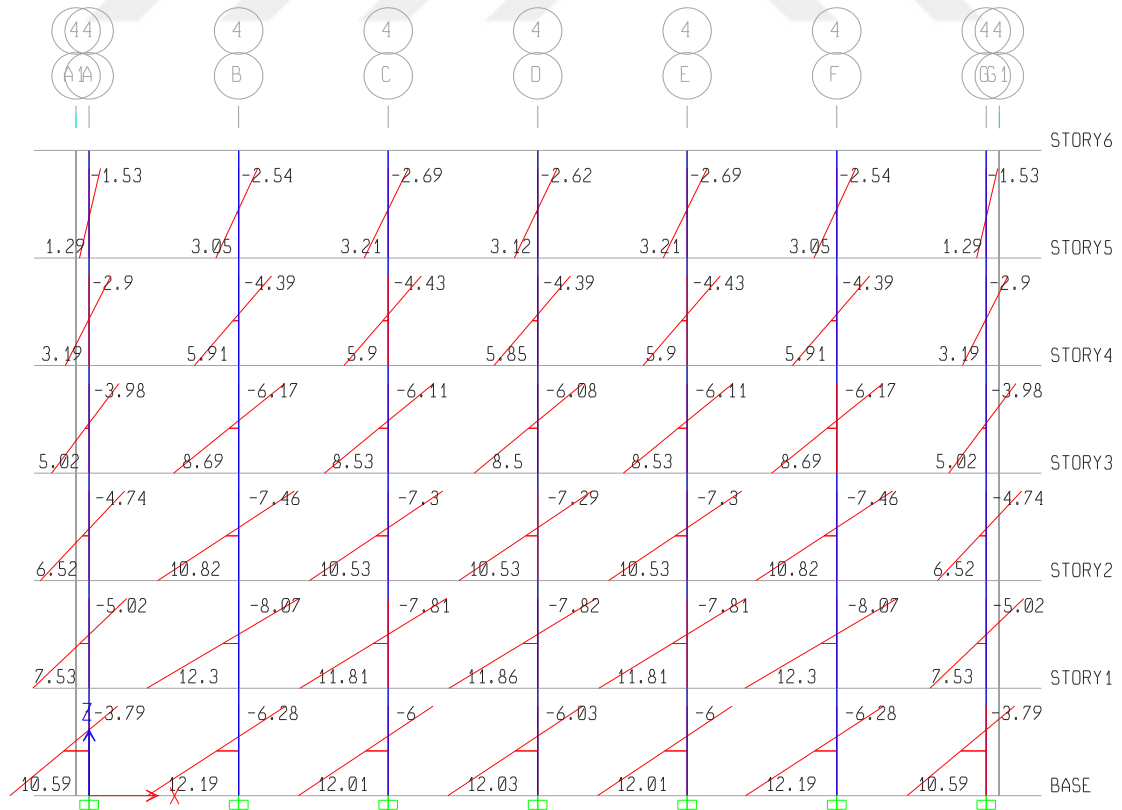
Şekil 4.221. SSB2B-1L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



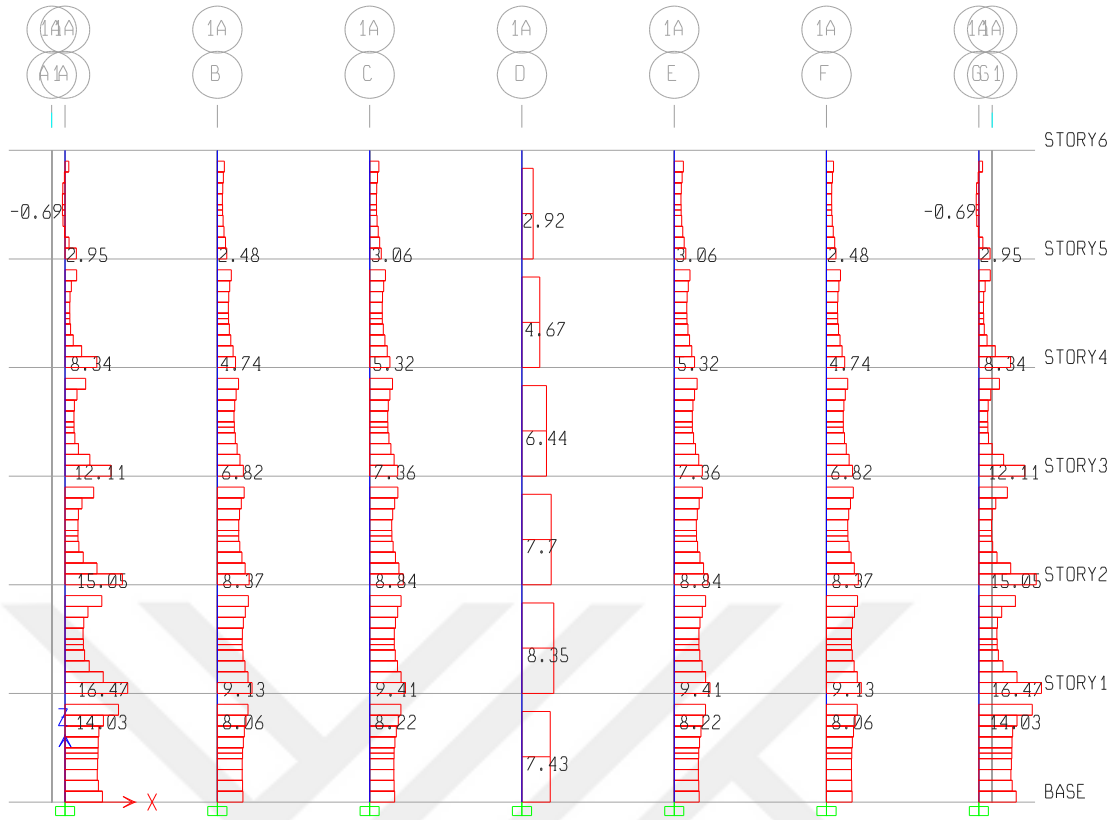
Şekil 4.222. SSB2B-1L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



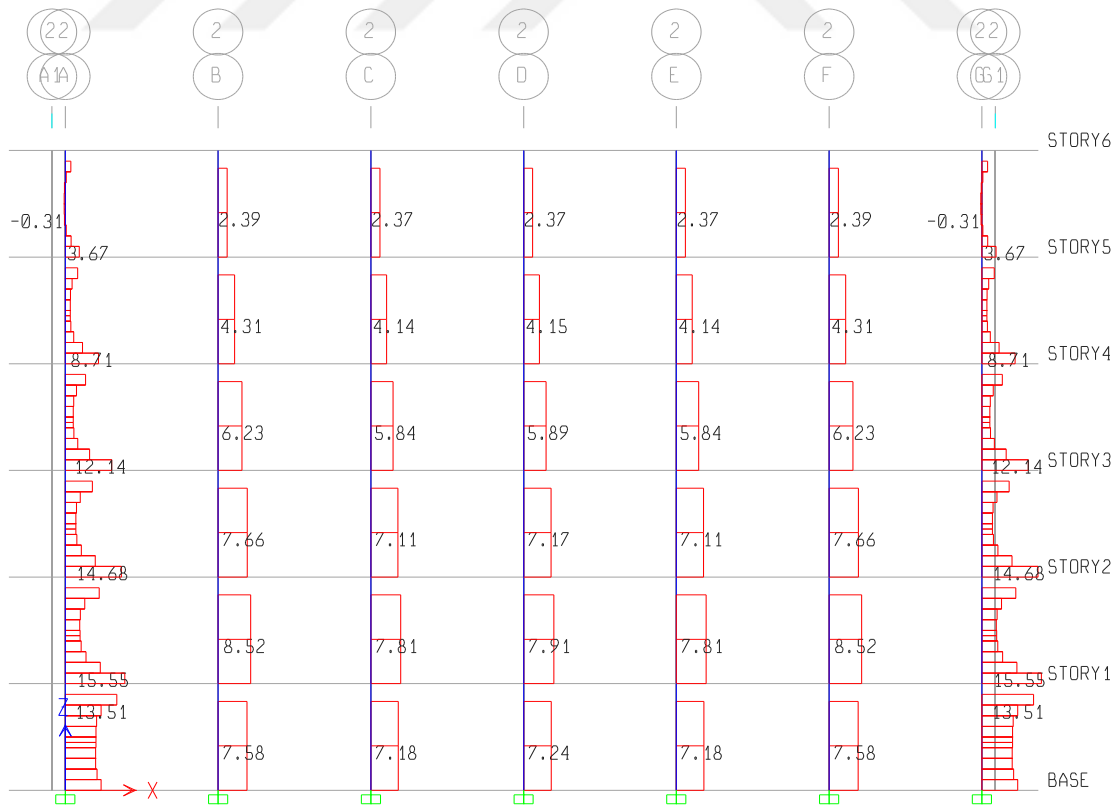
Şekil 4.223. SSB2B-1L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



Şekil 4.224. SSB2B-1L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



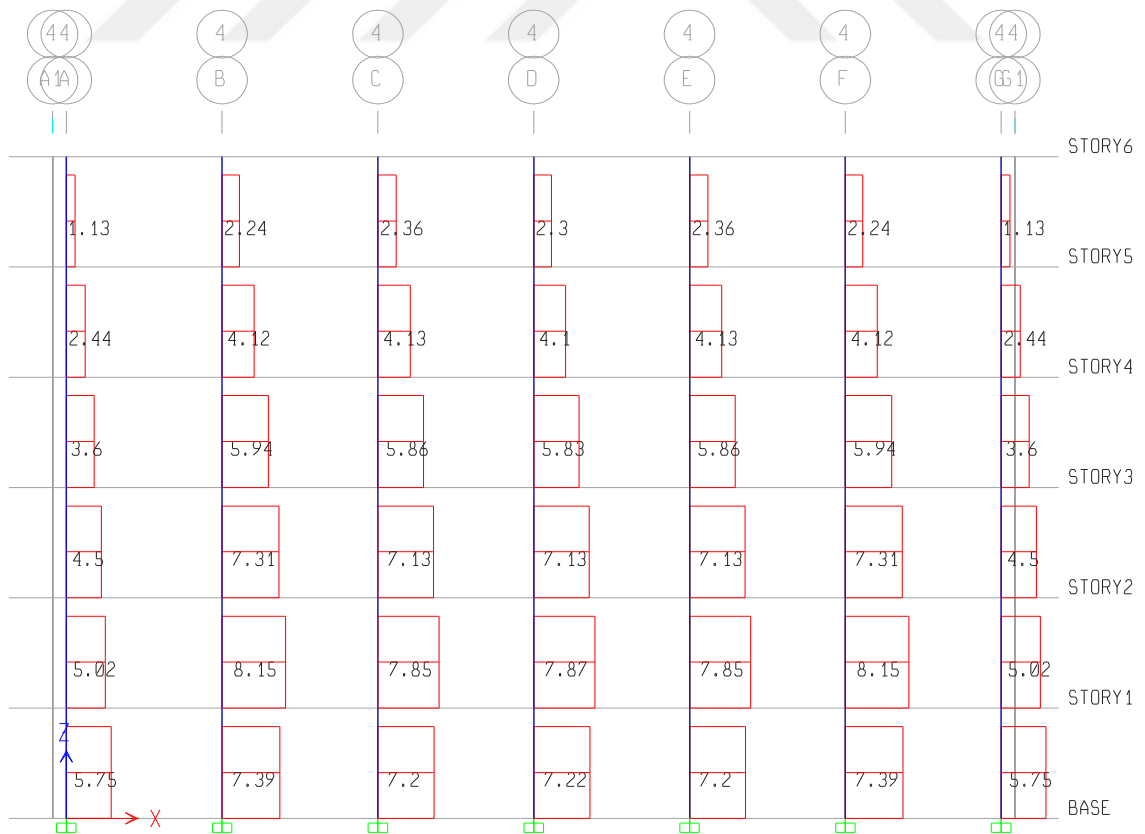
Şekil 4.225. SSB2B-1L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.226. SSB2B-1L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



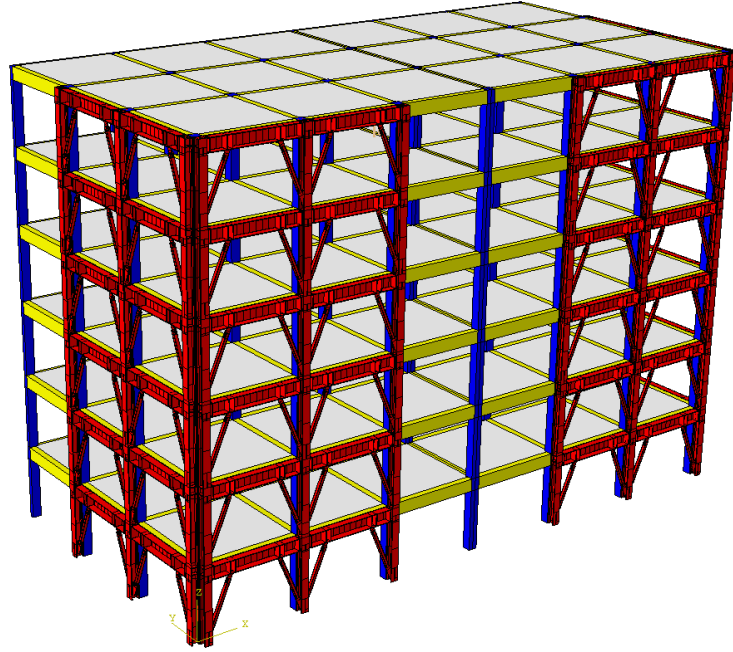
Şekil 4.227. SSB2B-1L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.228. SSB2B-1L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

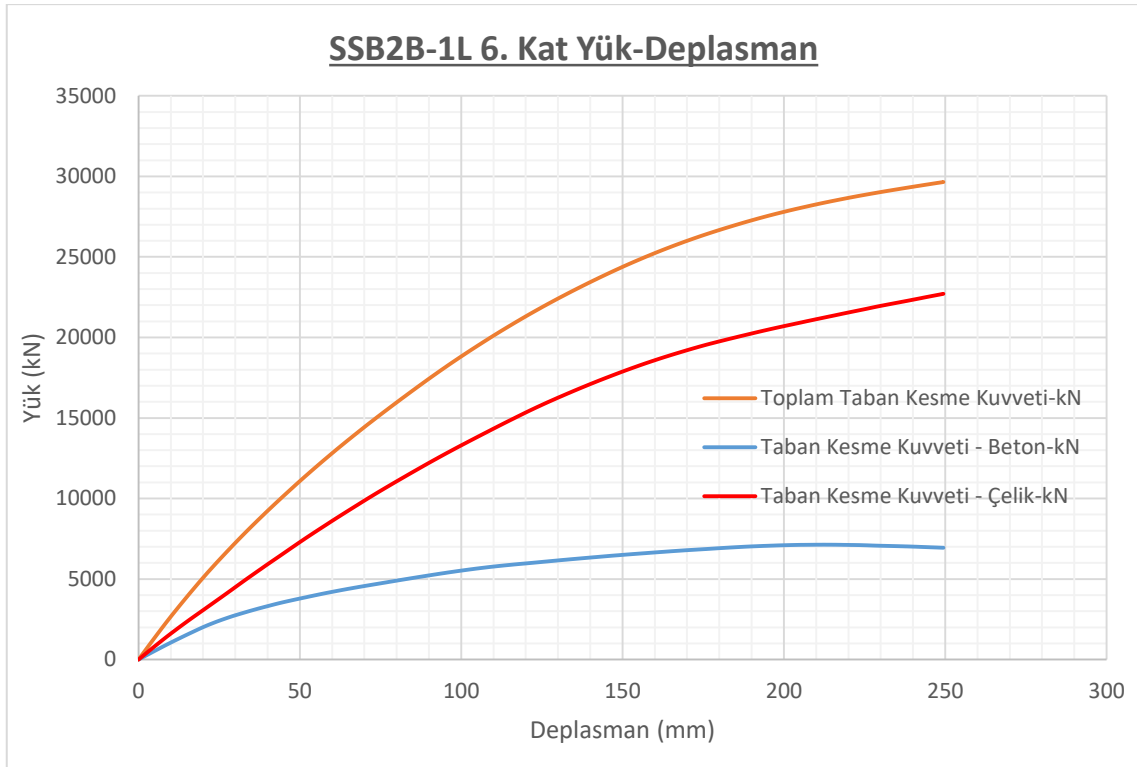
4.3.10.2. Doğrusal olmayan analiz analiz sonuçları

Referans binanın dıştan çift açıklıkta tek katman çelik çerçeve eklenerek güçlendirilmesi ile oluşan yapının üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.229.'de verilmiştir.



Şekil 4.229. SSB2B-1L modeli 3B görünüşü

Şekil 4.230.'da **SSB2B-1L** modelinde yatay itme analizi sonucunda elde tüm sonuçlar betonarme sistem, çelik sistem ve toplam olmak üzere taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği olarak ayrı ayrı tek grafikte gösterilmiştir. Grafikte gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (**convergence**) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.



Şekil 4.230. SSB2B-1L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı

SSB2B-1L modelinde yatay itme analizinde maksimum 29652.0 kN yatay yüke kadar analiz yapılmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 249,43 mm deplasmana maruz kalmıştır.

Analiz sonucu meydana gelen değişimi incelemek amacı ile iki adet referans adım belirlenmiştir. Bunlar sırası ile referans model **RB1**'in maksimum yüke ulaştığı an (F^{RB1}_{max} (7255.8 kN)) ve $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına ulaşıldığı (180 mm) andır.

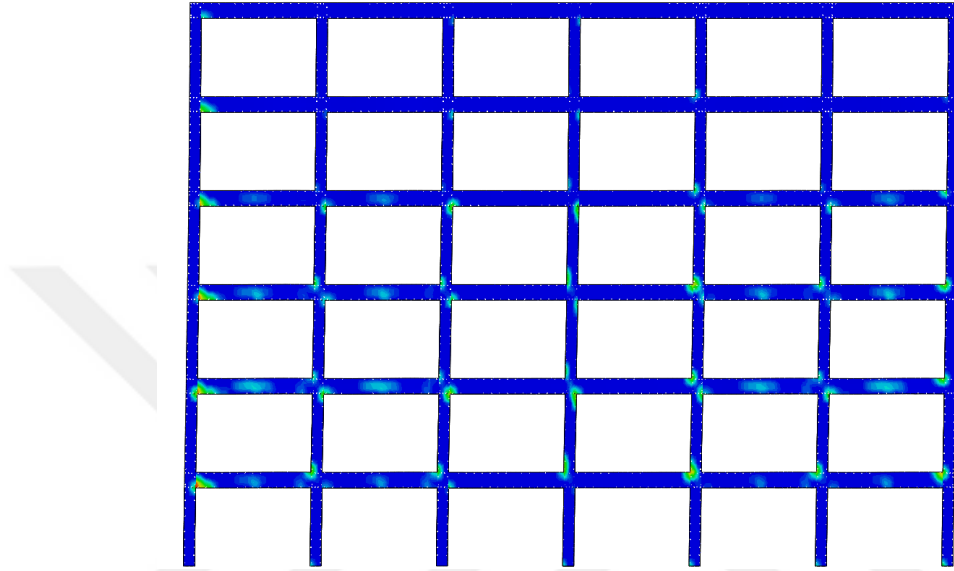
SSB2B-1L modelinde F^{RB1}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.231. - Şekil 4.232.'de verilmiştir. Şekil 4.231.'daki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Modelde F^{RB1}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri Şekil 4.233. - Şekil 4.235.'de verilmiştir.

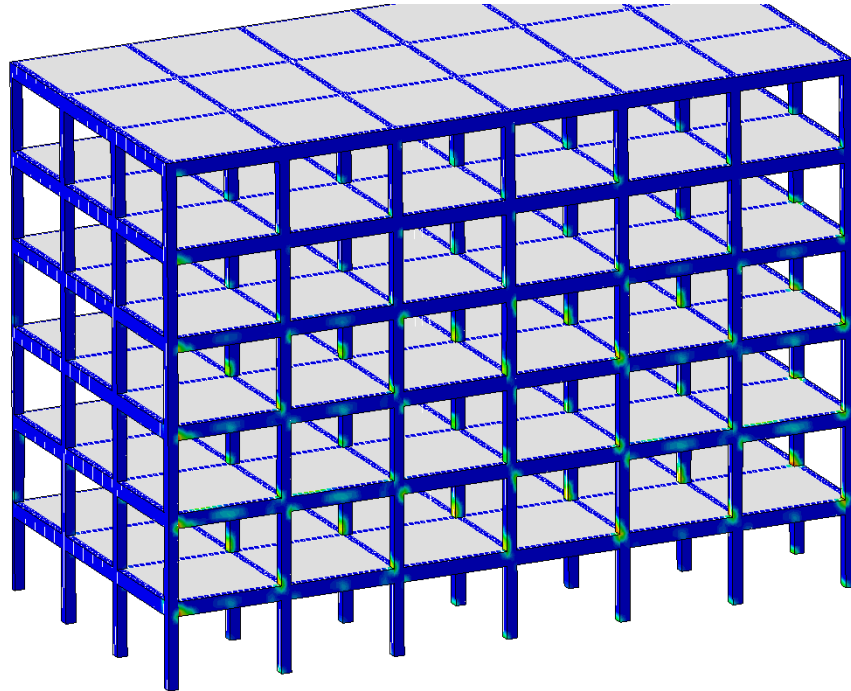
Şekil 4.236. ve Şekil 4.237.'da , $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına geldiği analiz adımımda betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları, Şekil 4.238. - Şekil

4.240.'da ise yine aynı $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanında dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri verilmiştir.

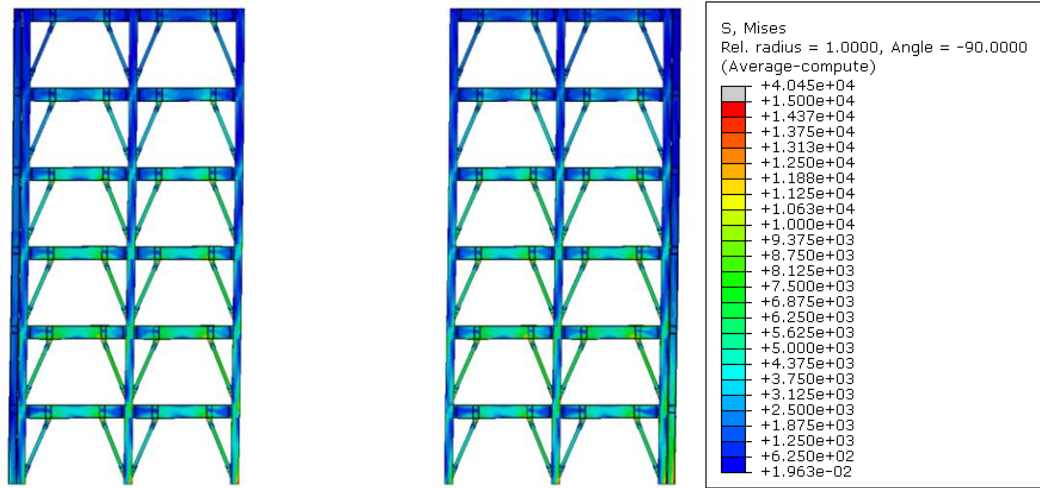
Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.241. - Şekil 4.254Şekil 4.189. arasında verilmiştir.



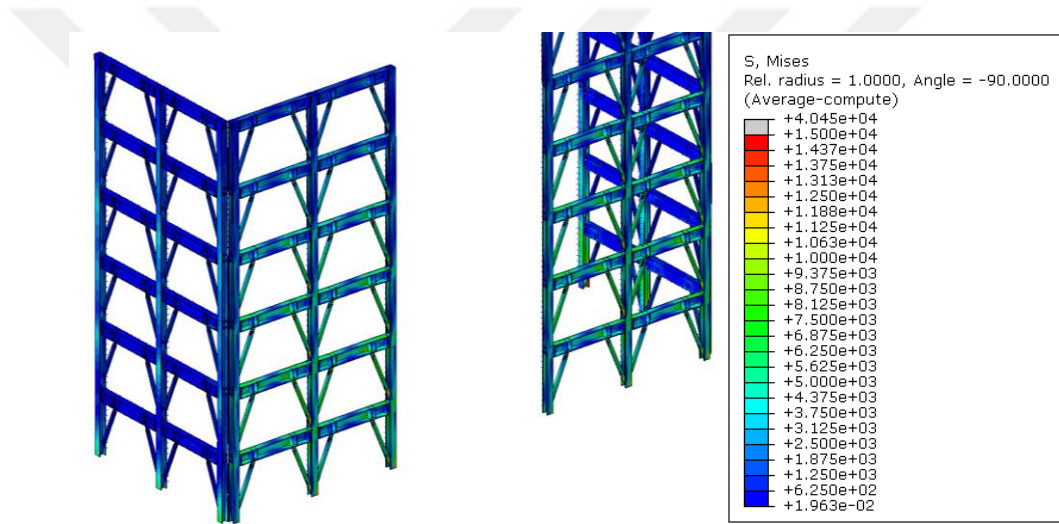
Şekil 4.231. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



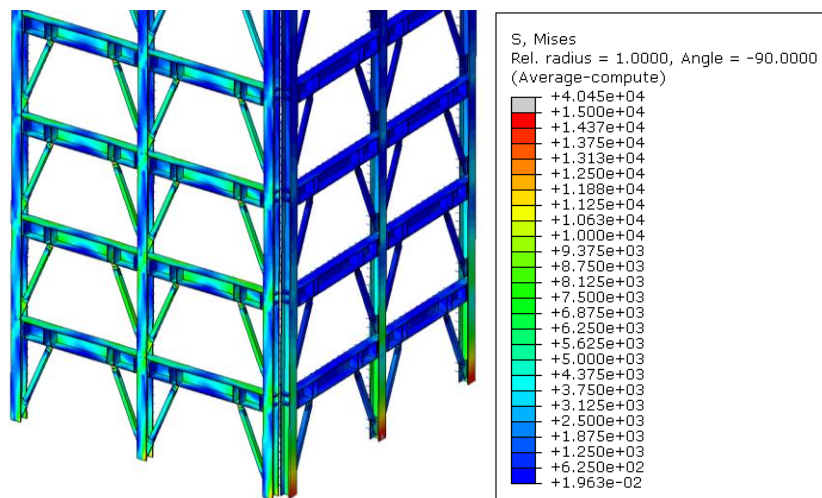
Şekil 4.232. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı 3B görünüş



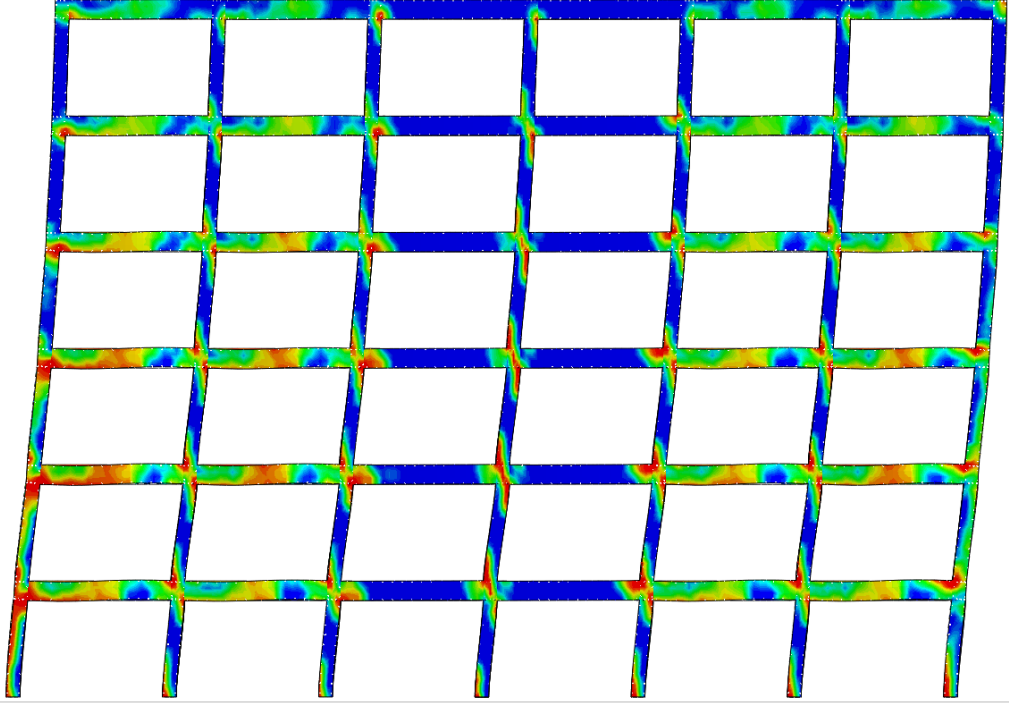
Şekil 4.233. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



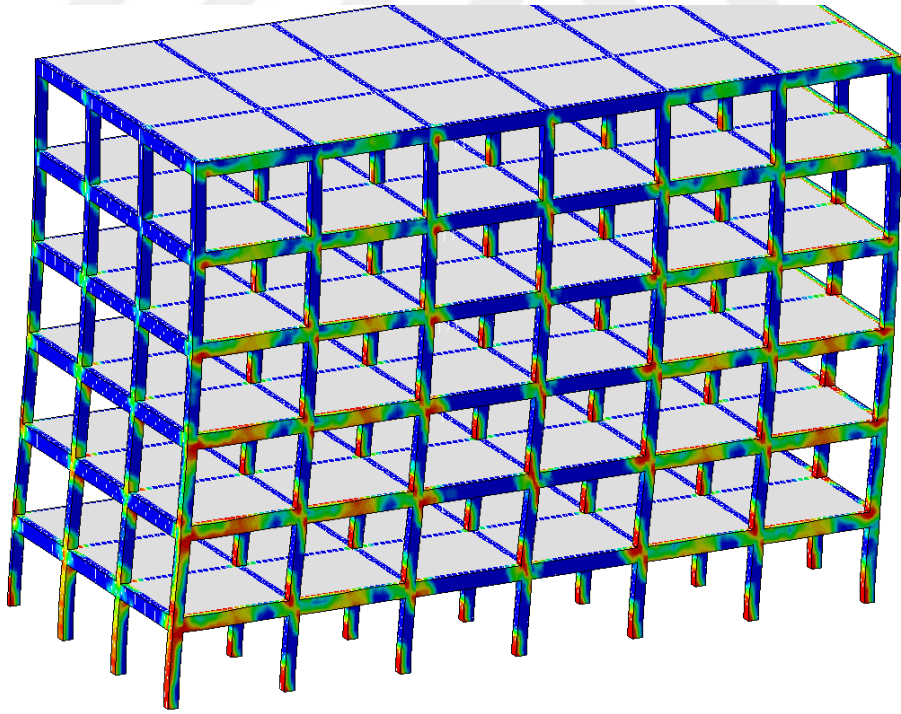
Şekil 4.234. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1



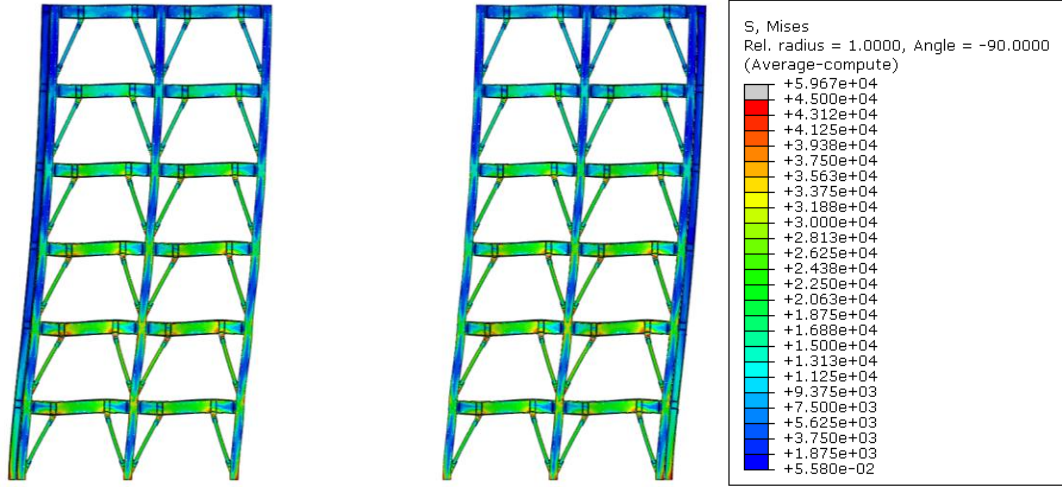
Şekil 4.235. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2



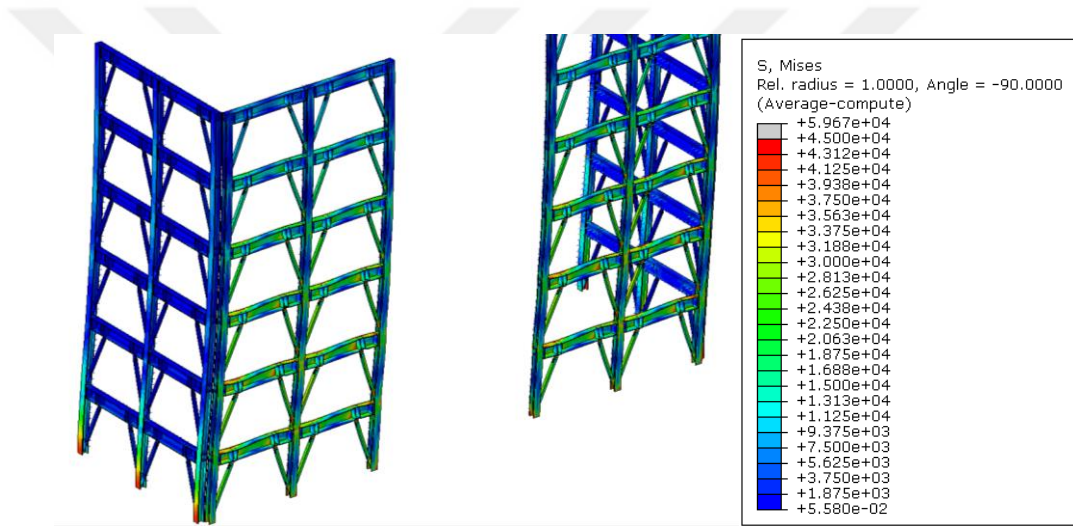
Şekil 4.236. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



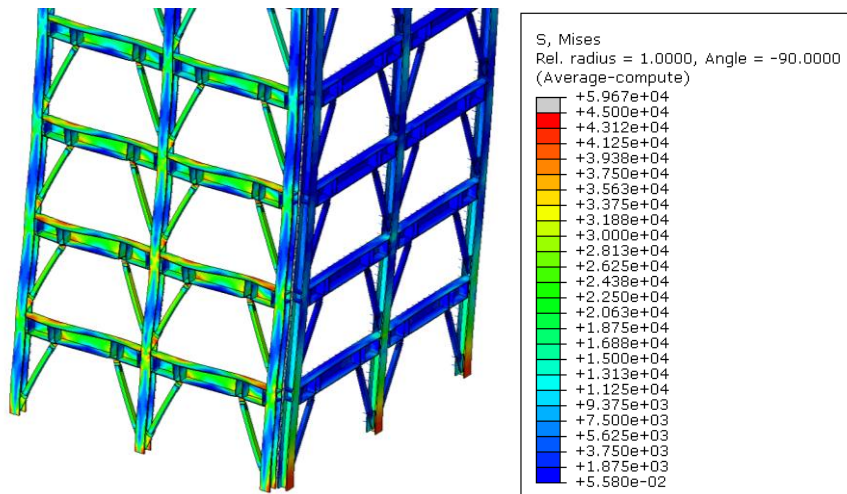
Şekil 4.237. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı
– 3B görünüş



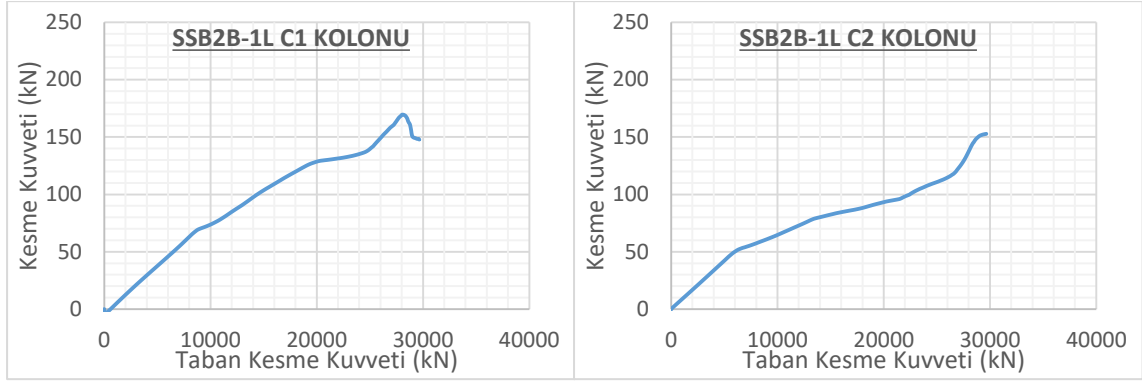
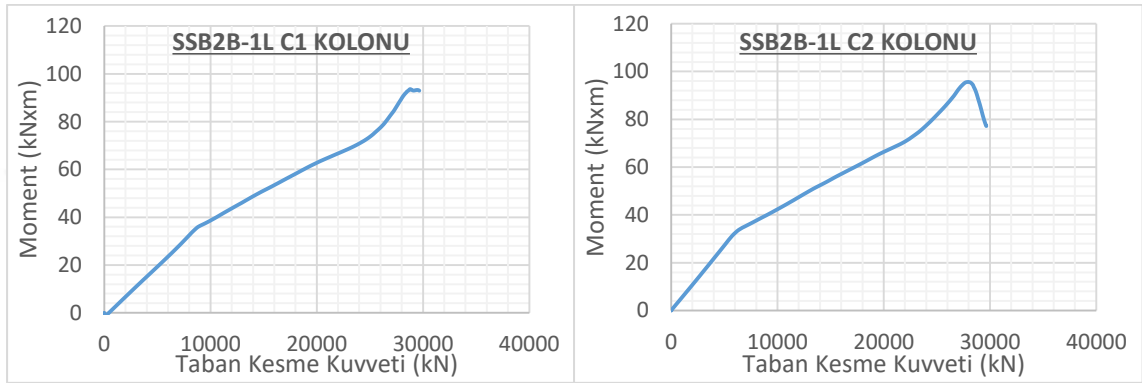
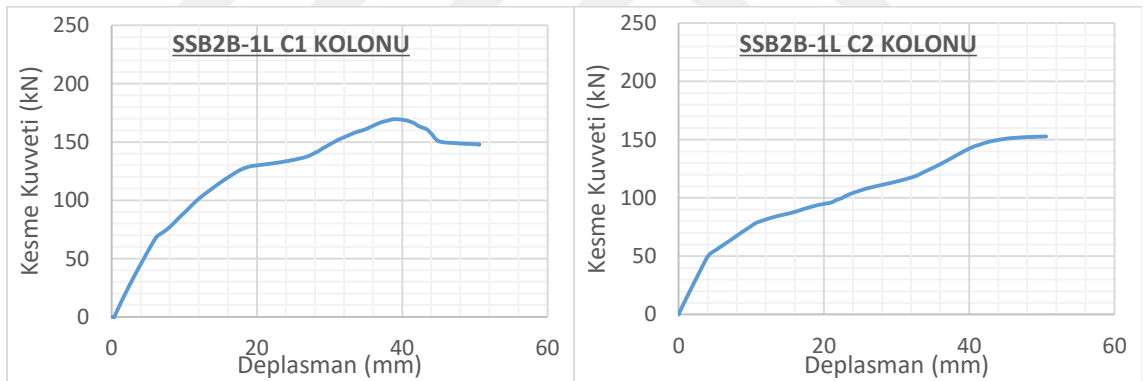
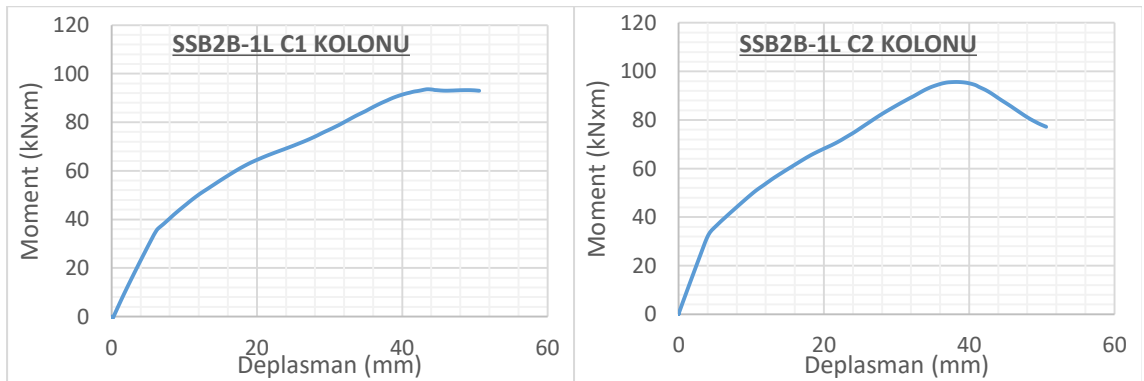
Şekil 4.238. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



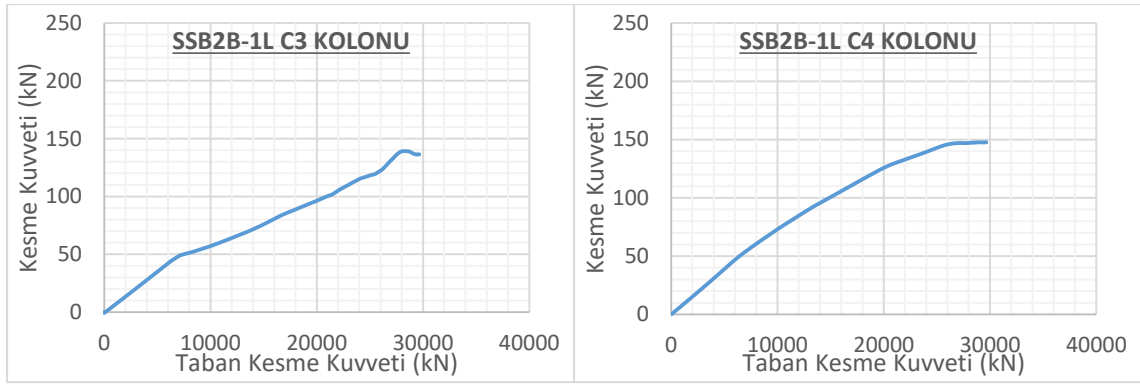
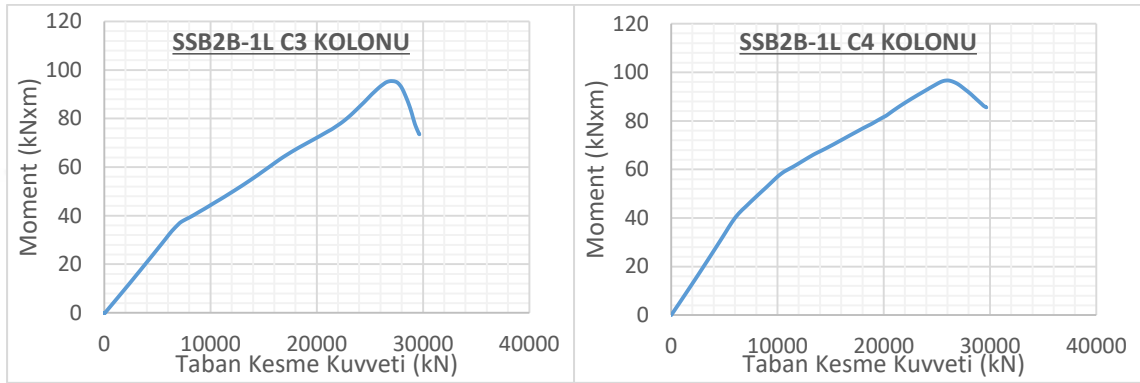
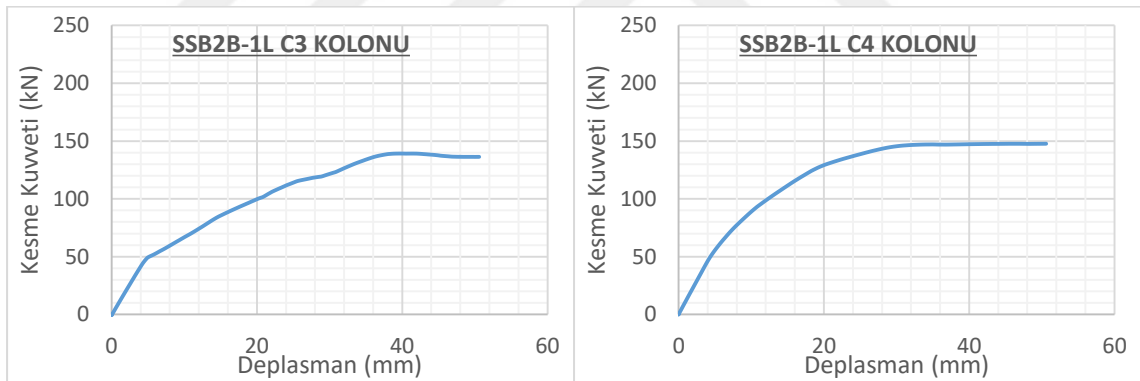
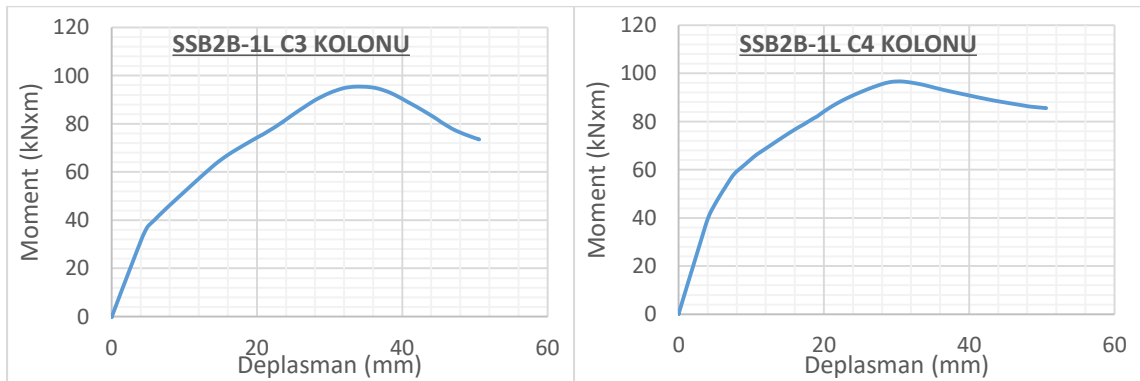
Şekil 4.239. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1



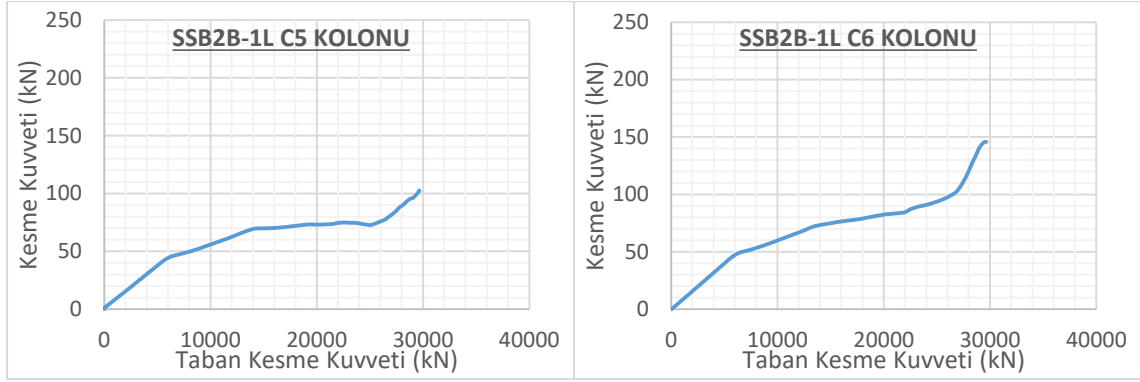
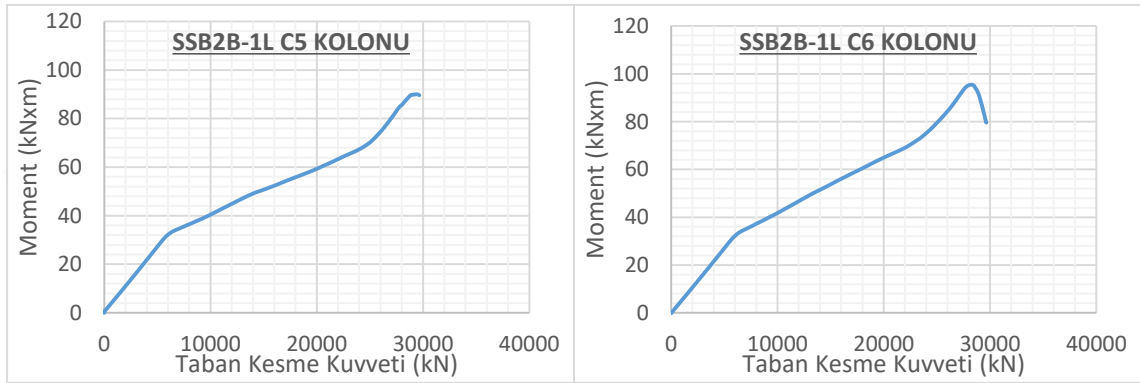
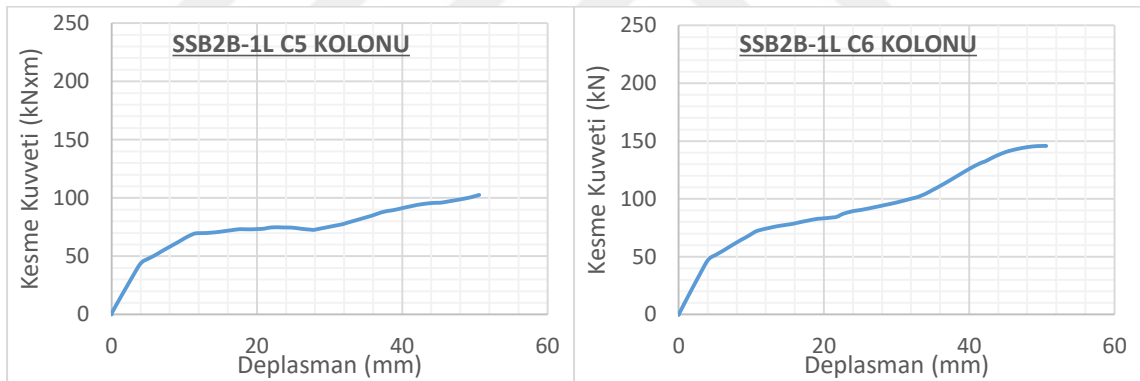
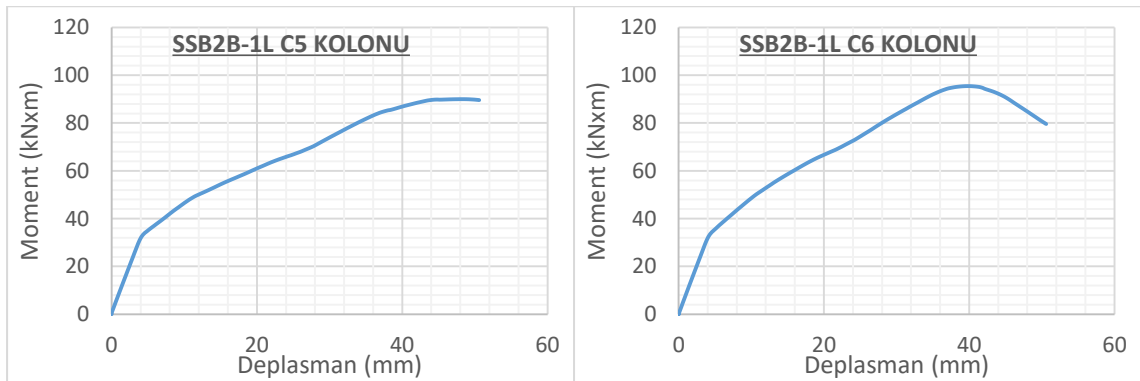
Şekil 4.240. $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde, SSB2B-1L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

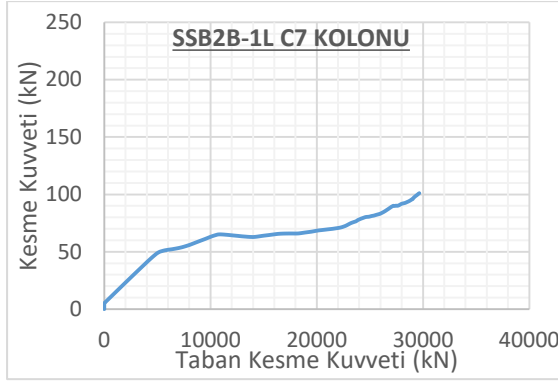
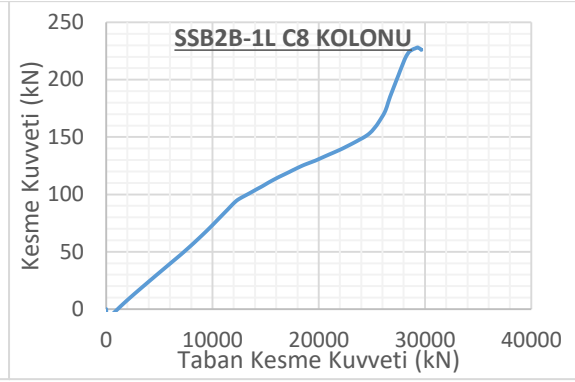
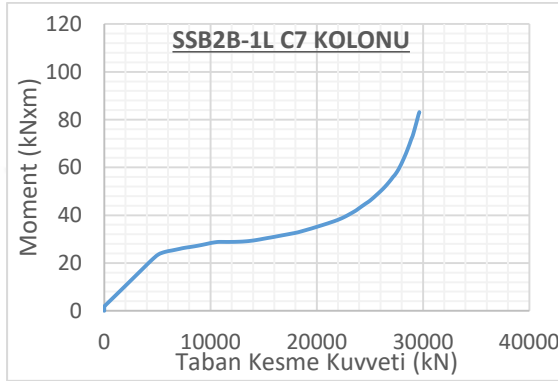
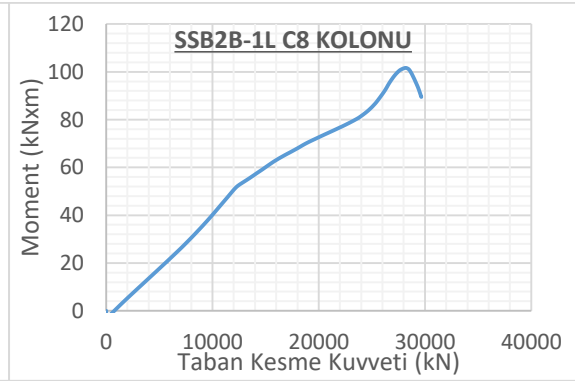
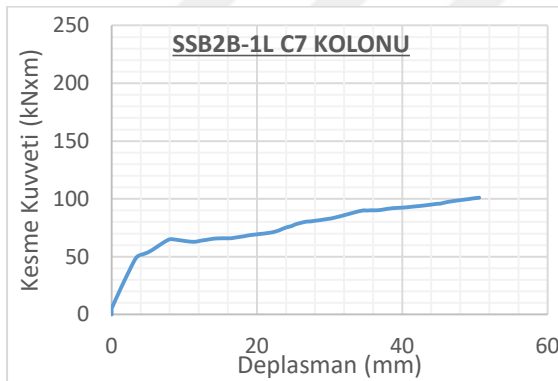
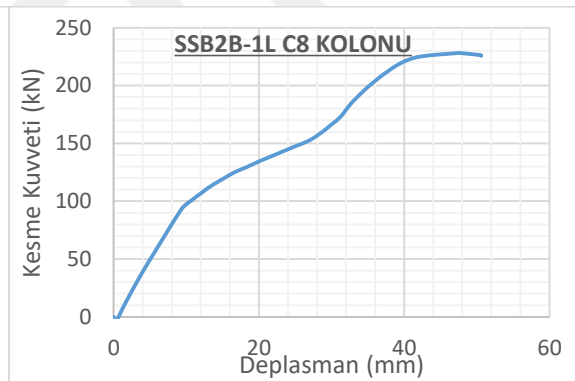
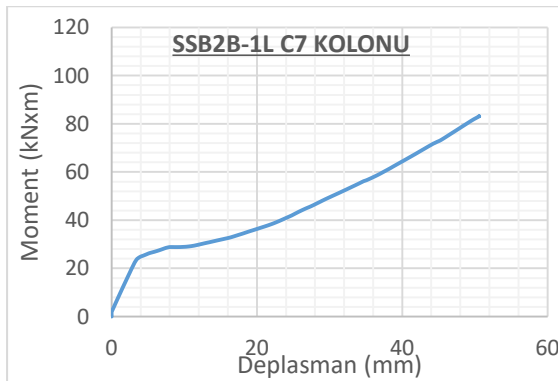
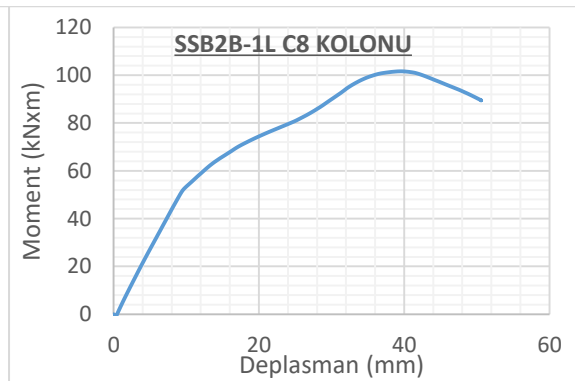
Şekil 4.241. SSB2B-1L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

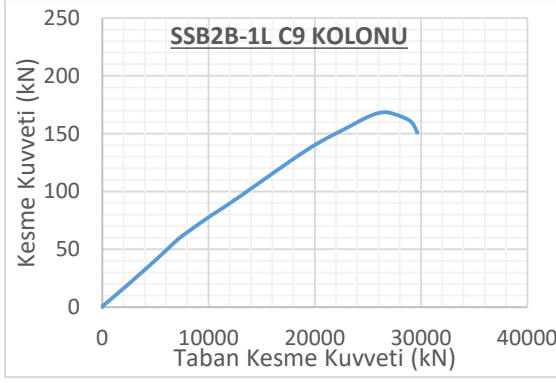
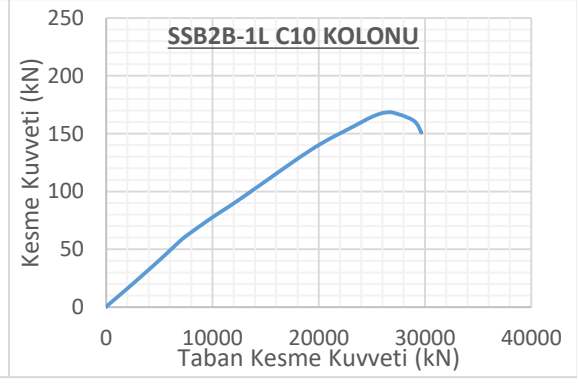
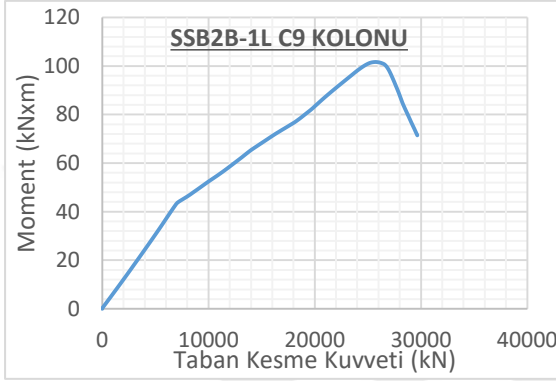
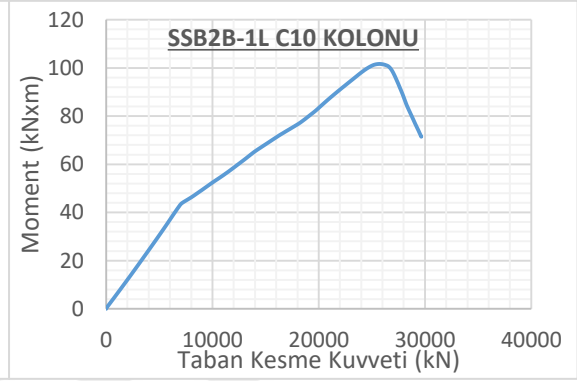
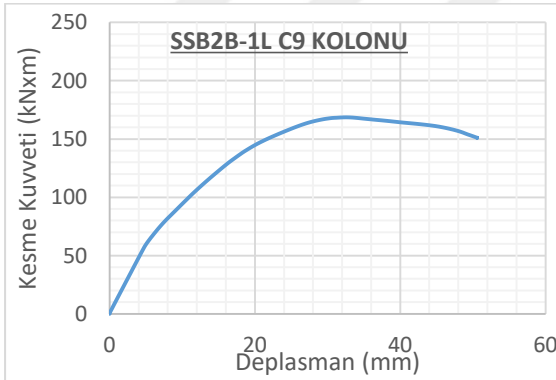
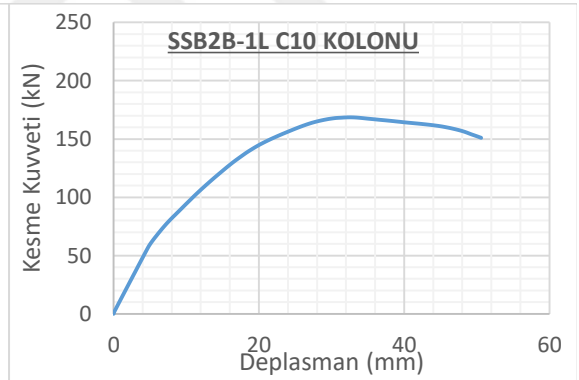
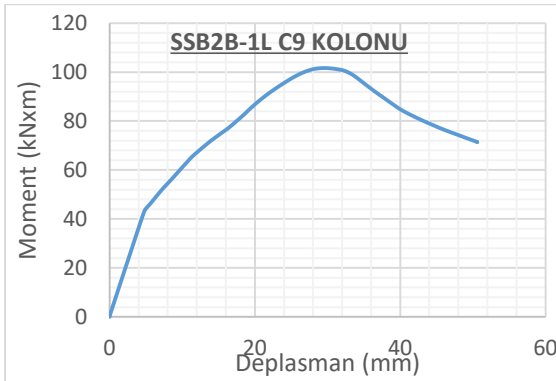
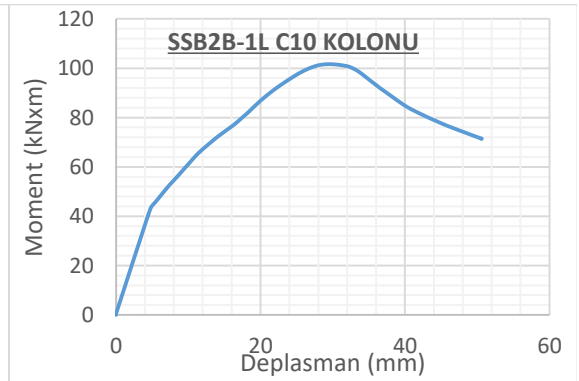
Şekil 4.242. SSB2B-1L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

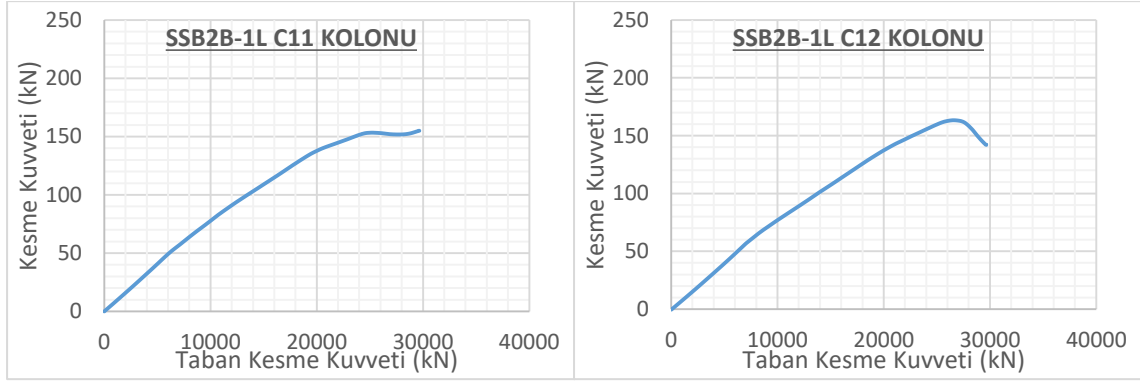
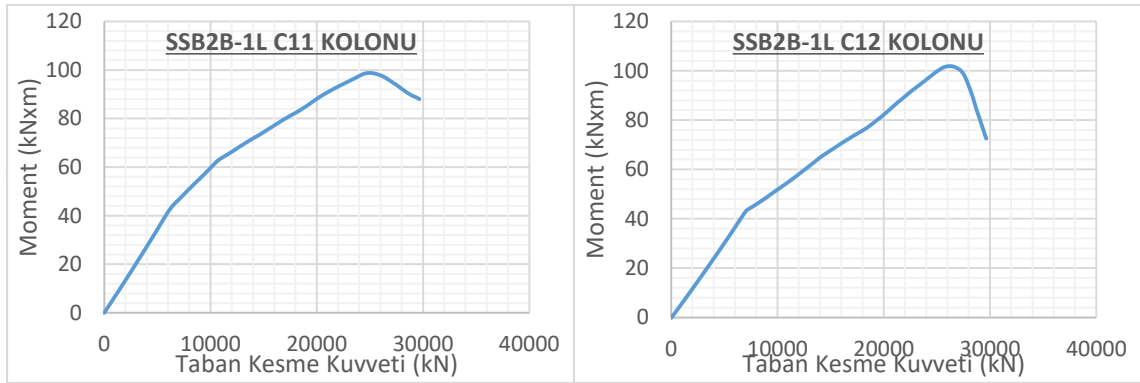
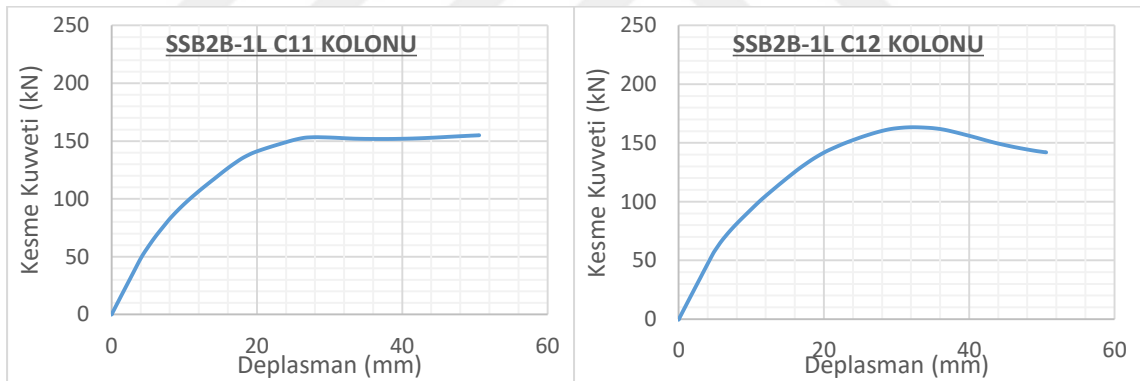
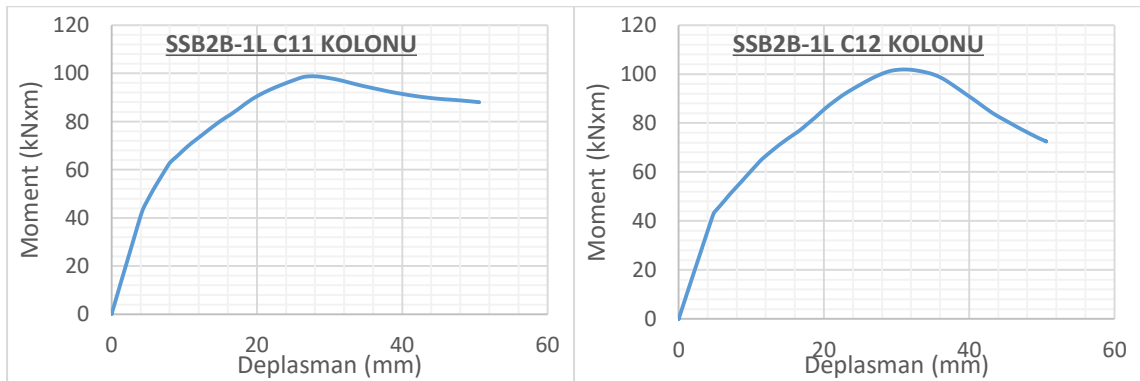
Şekil 4.243. SSB2B-1L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

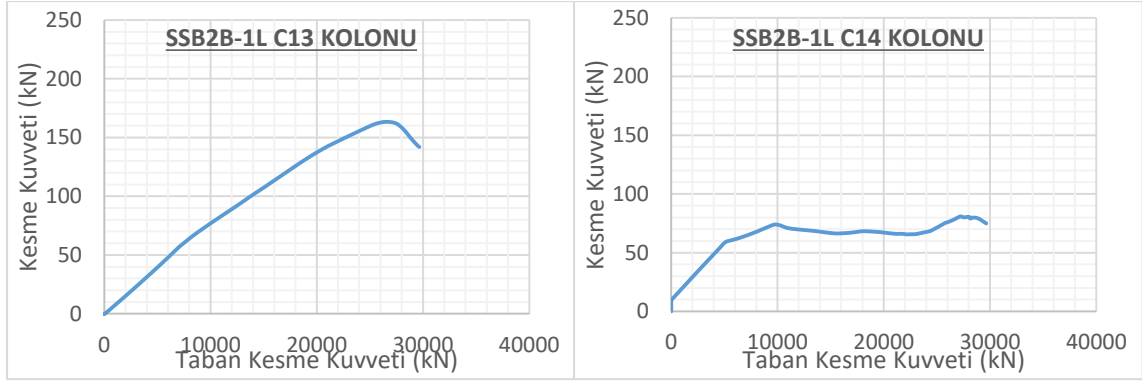
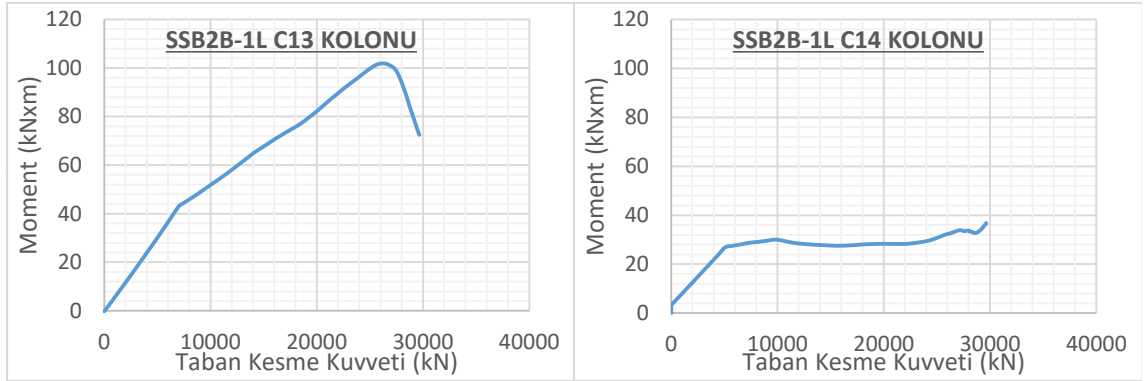
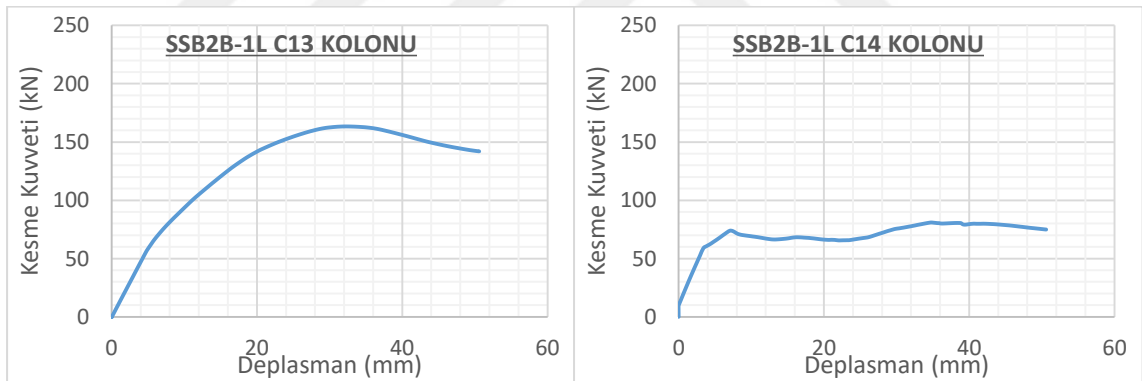
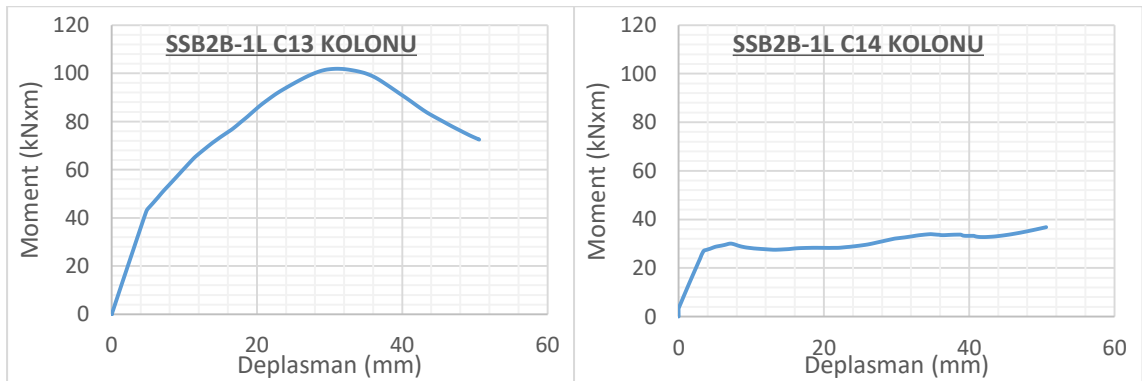
Şekil 4.244. SSB2B-1L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

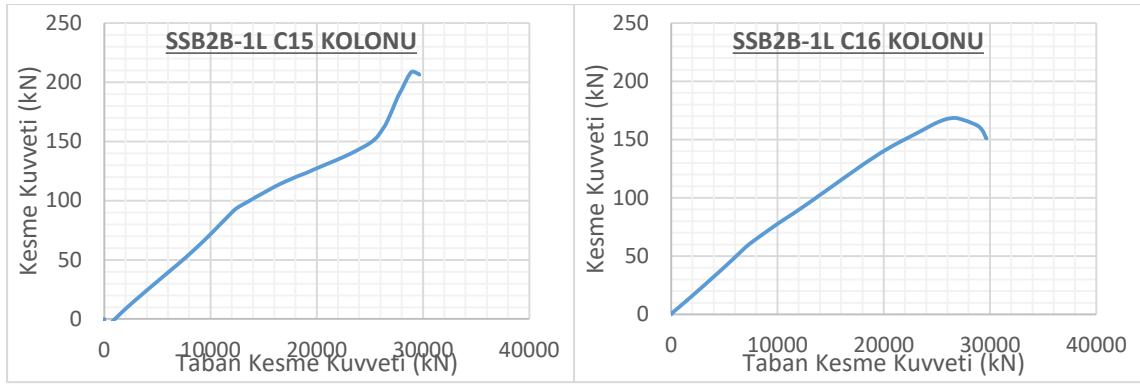
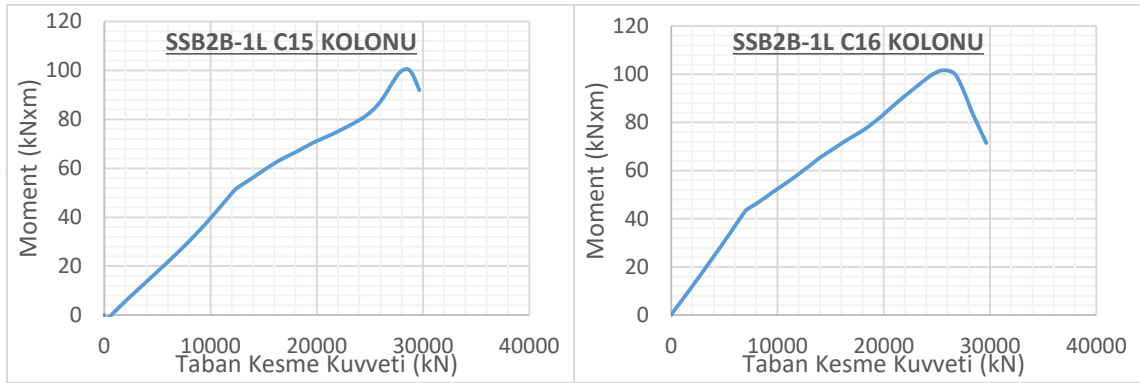
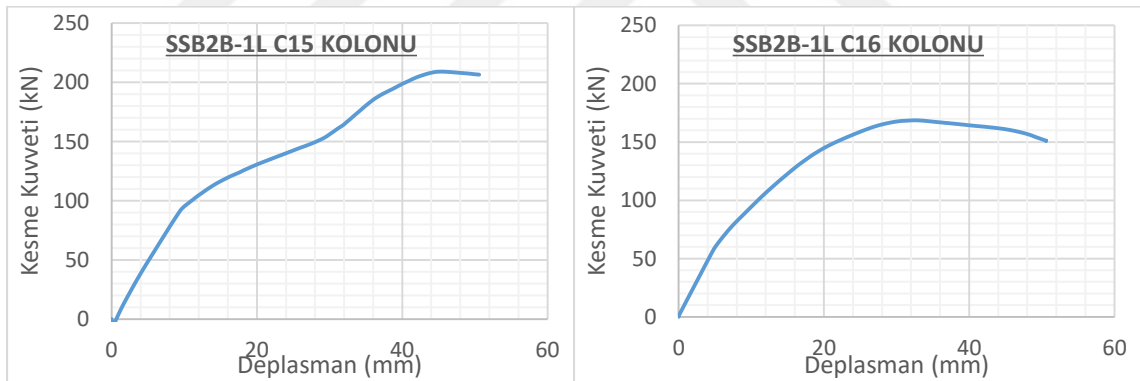
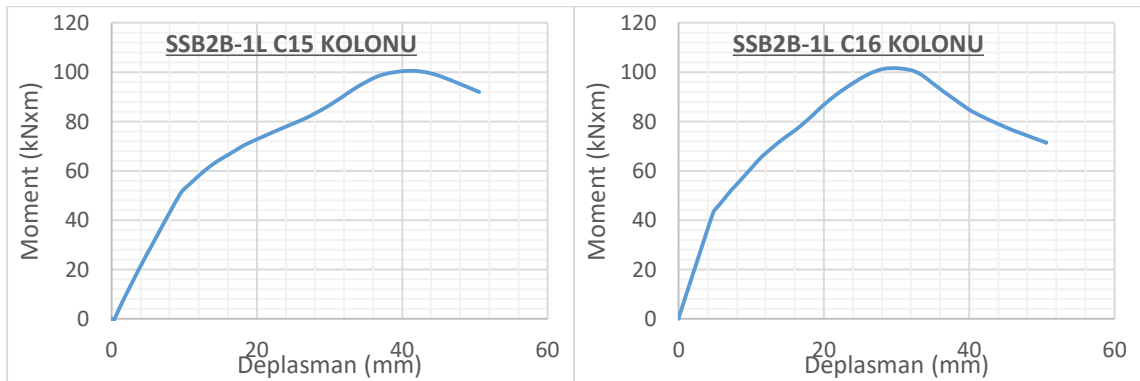
Şekil 4.245. SSB2B-1L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

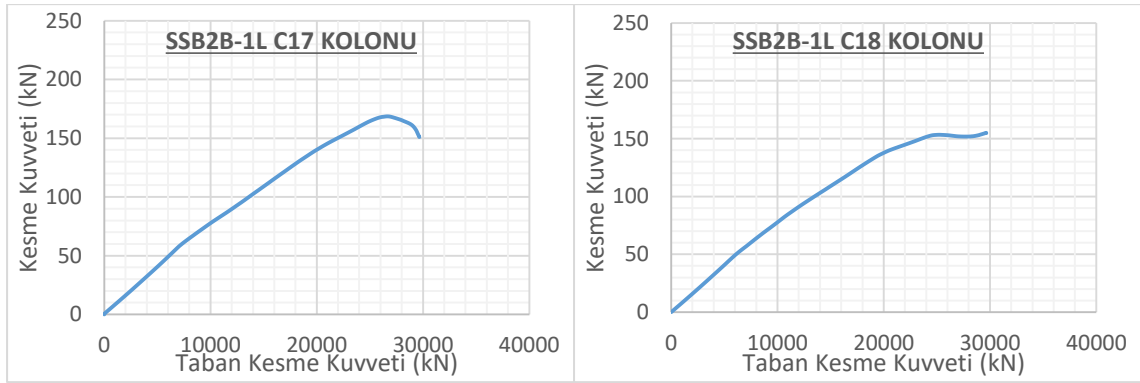
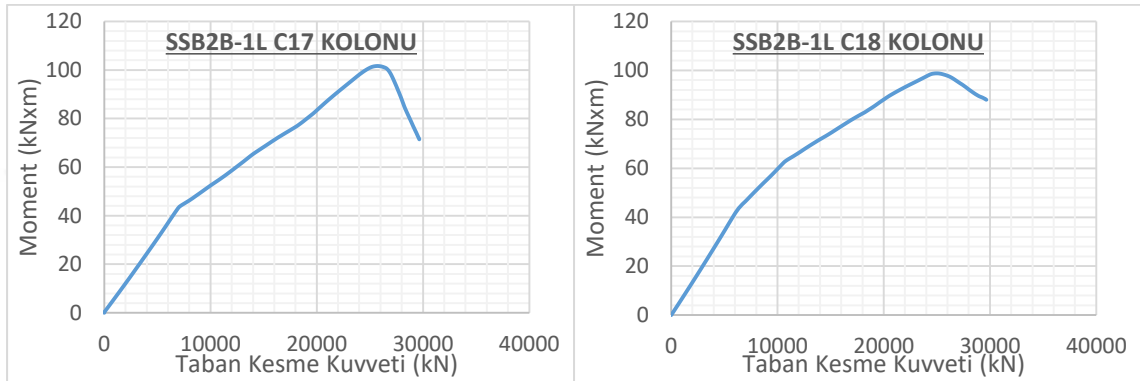
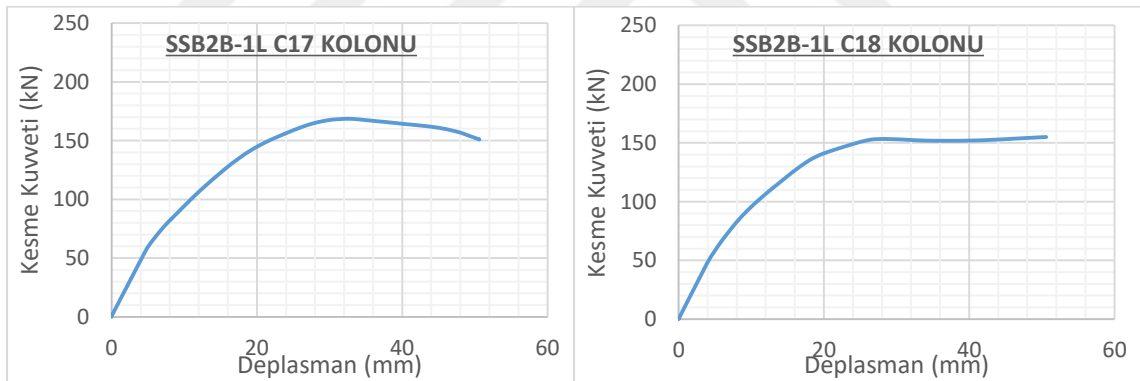
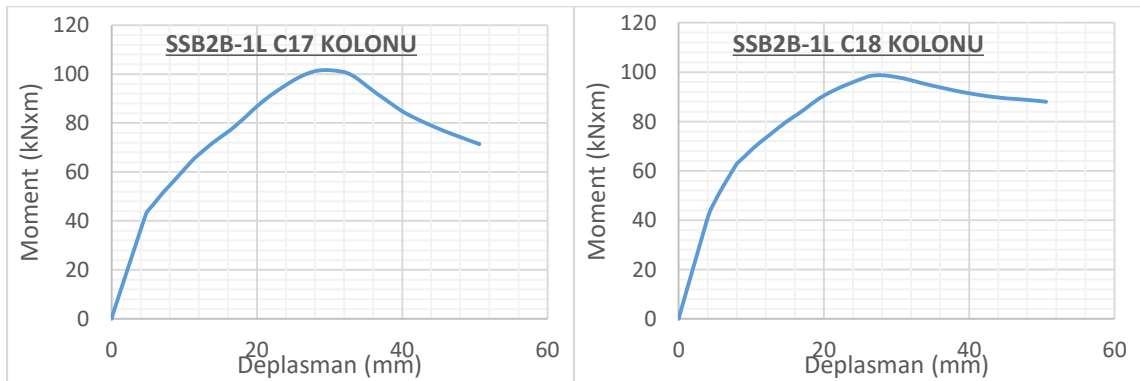
Şekil 4.246. SSB2B-1L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

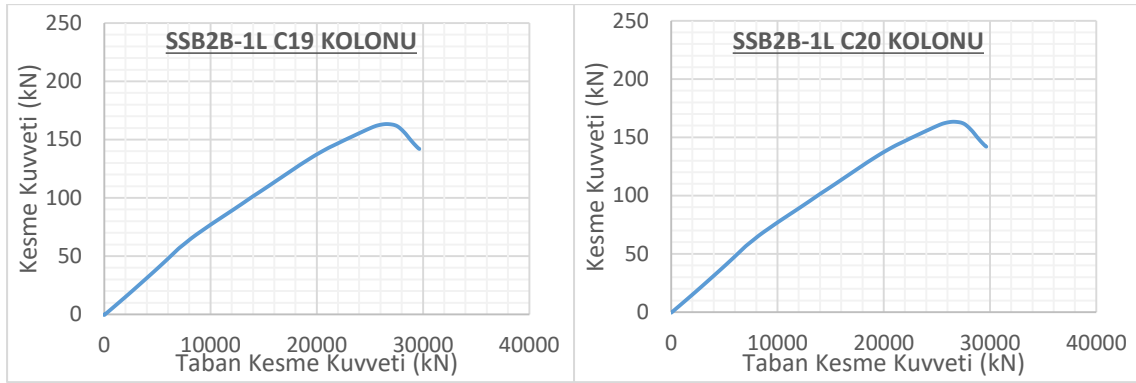
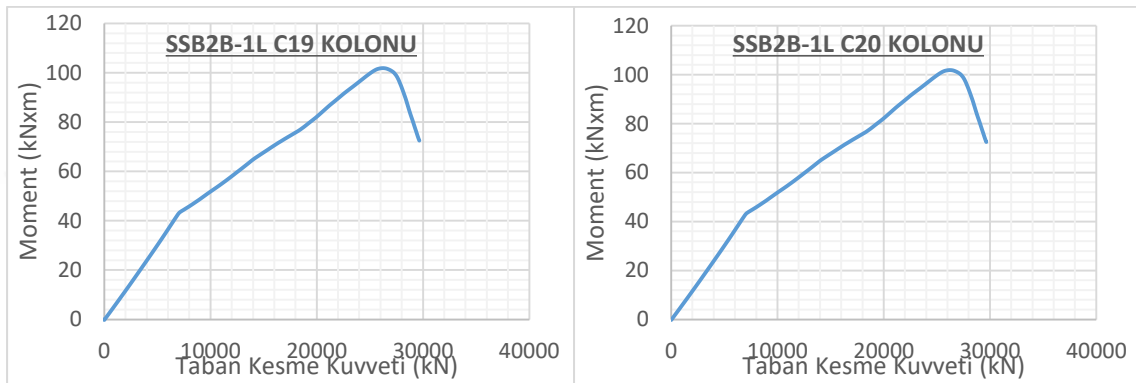
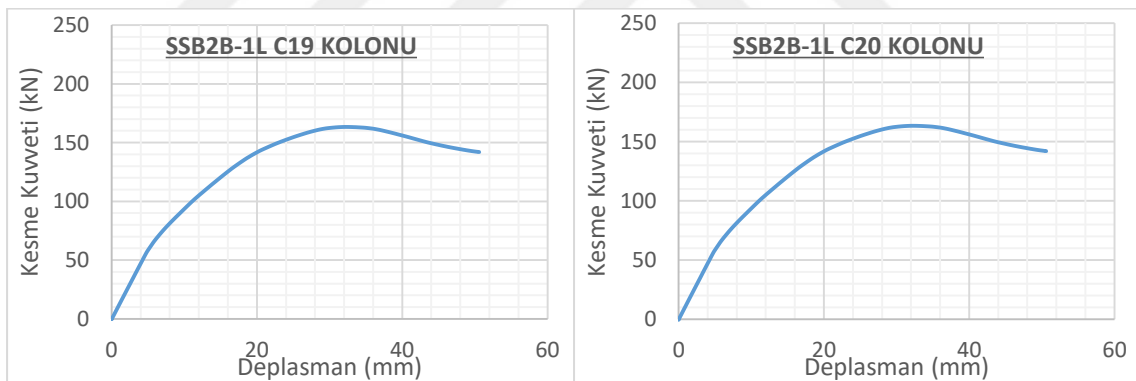
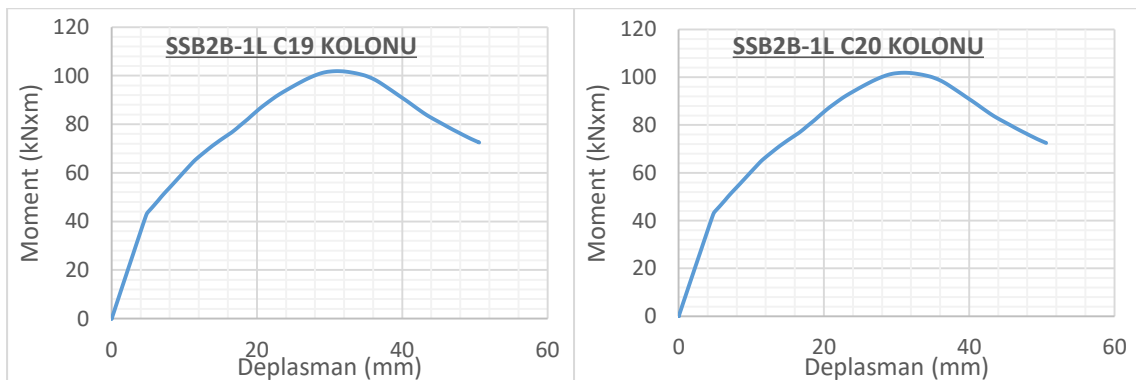
Şekil 4.247. SSB2B-1L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

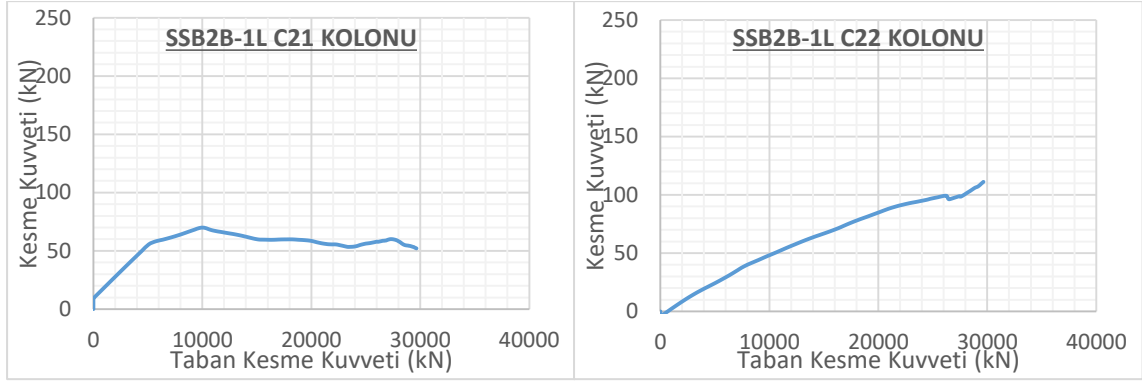
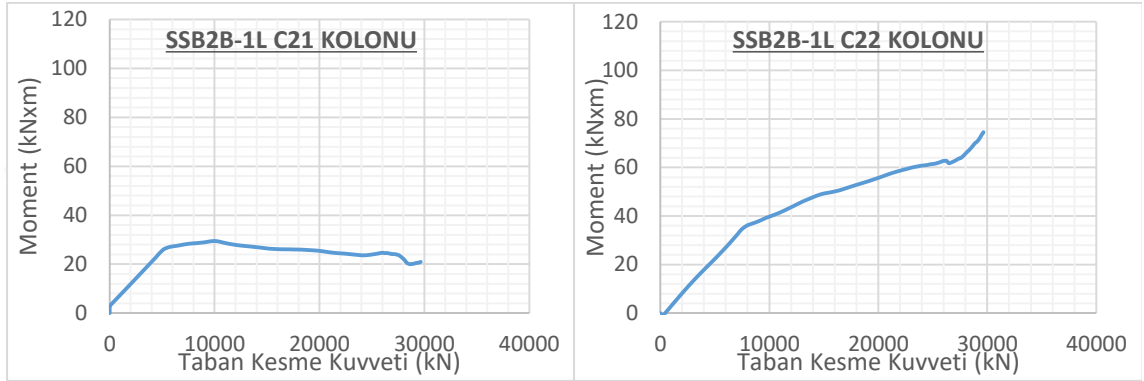
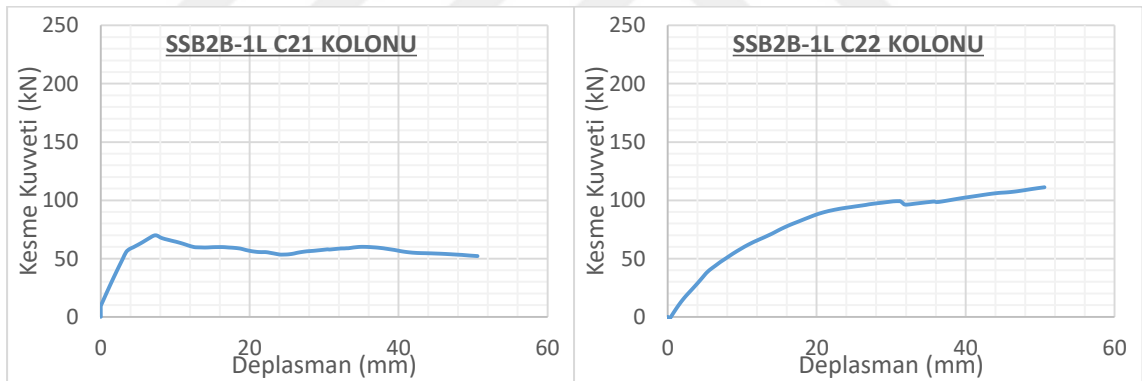
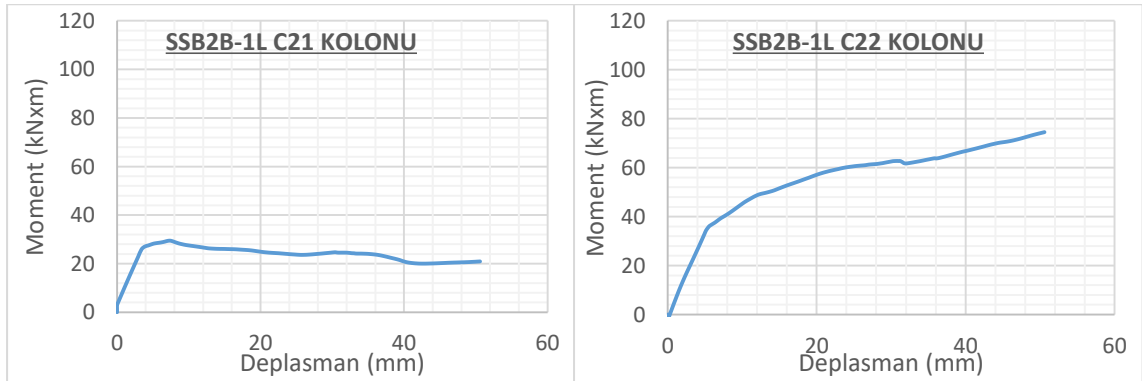
Şekil 4.248. SSB2B-1L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

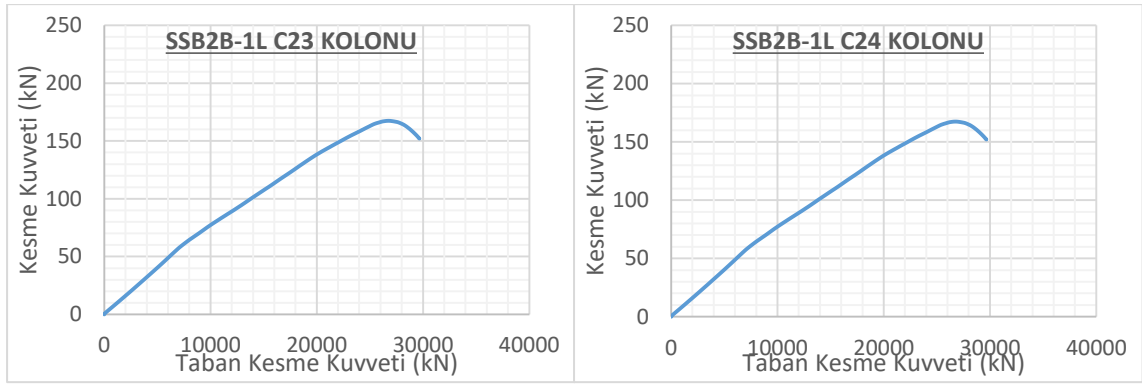
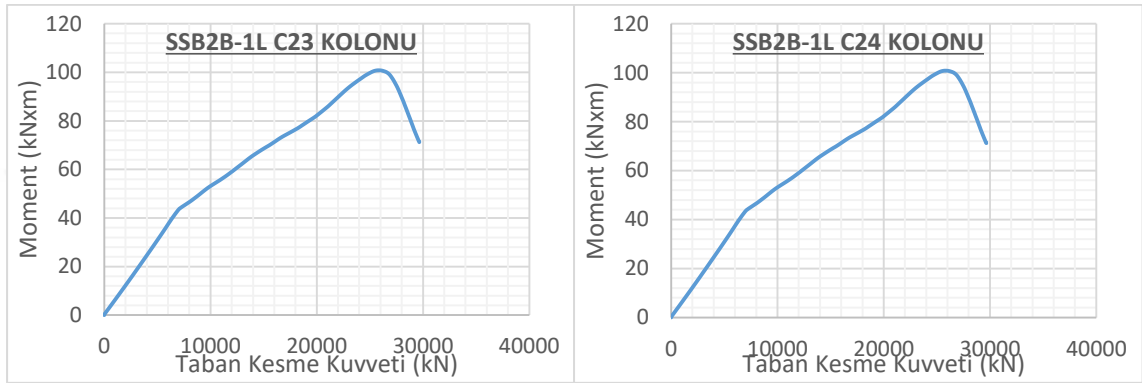
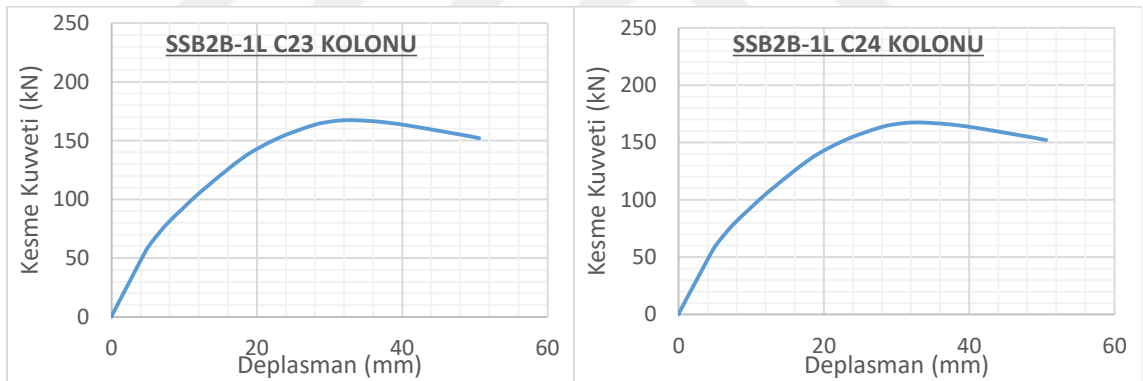
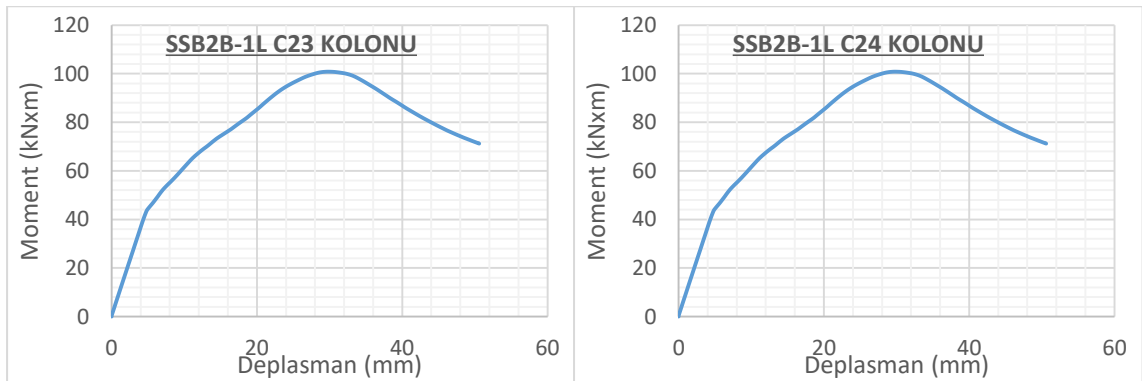
Şekil 4.249. SSB2B-1L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

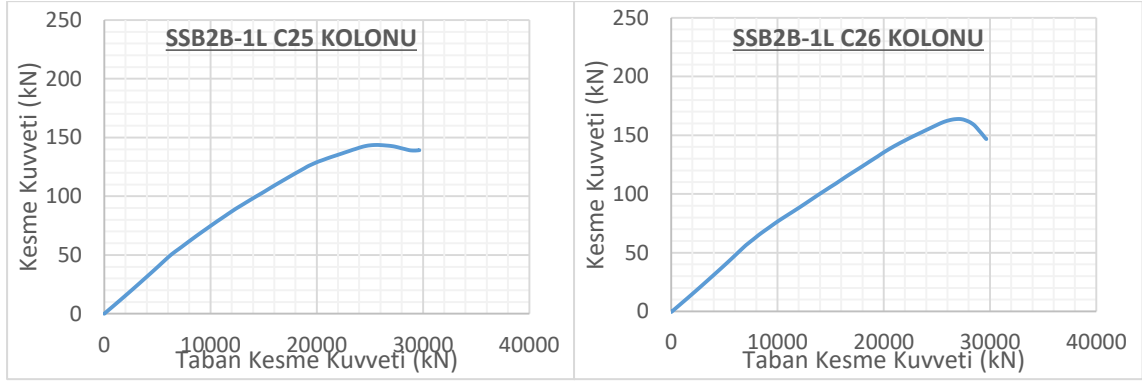
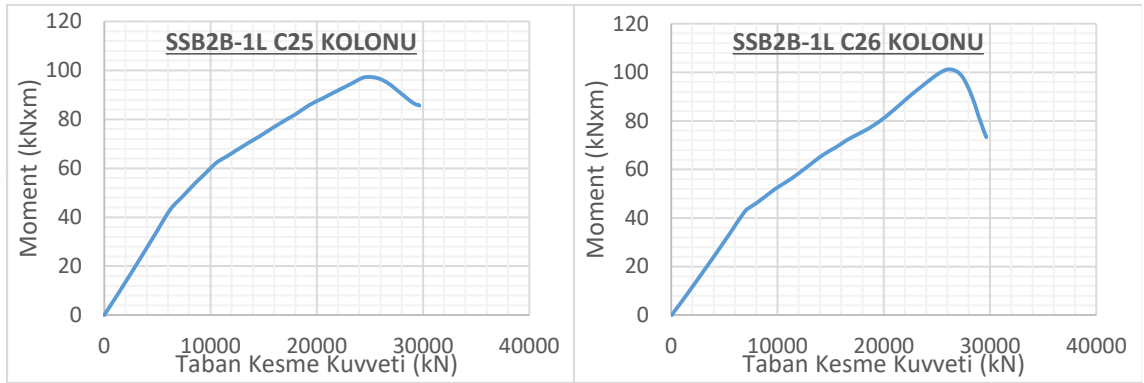
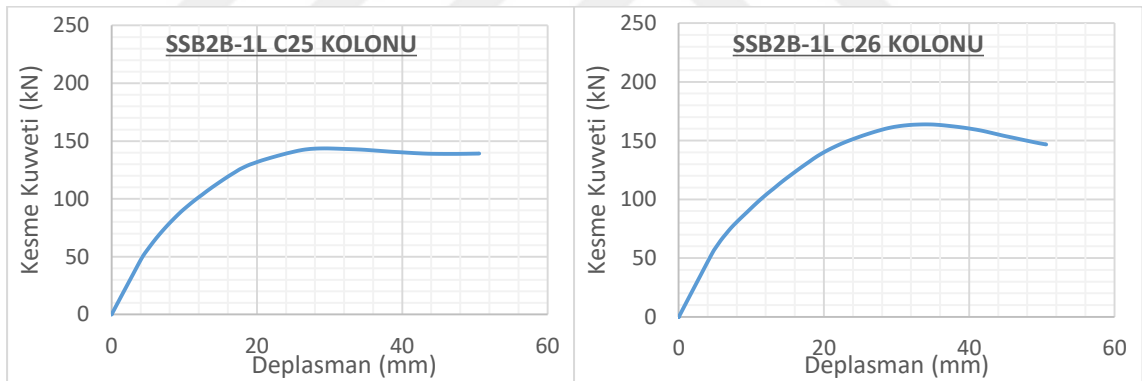
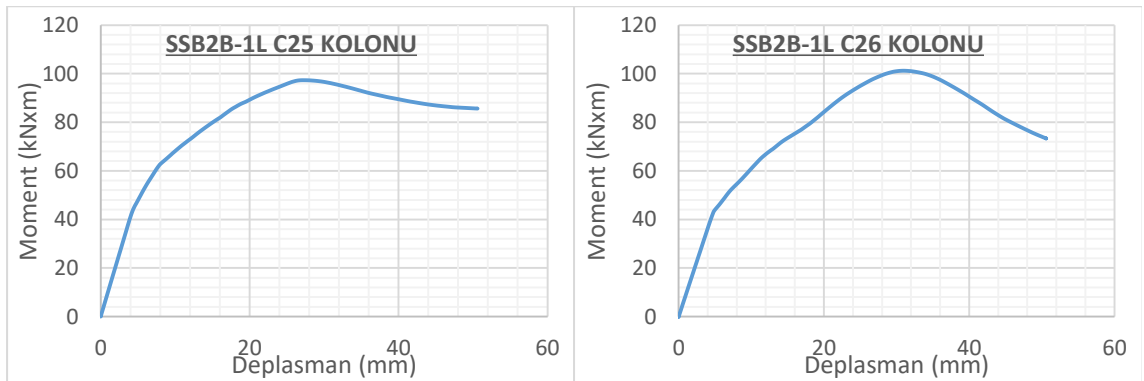
Şekil 4.250. SSB2B-1L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

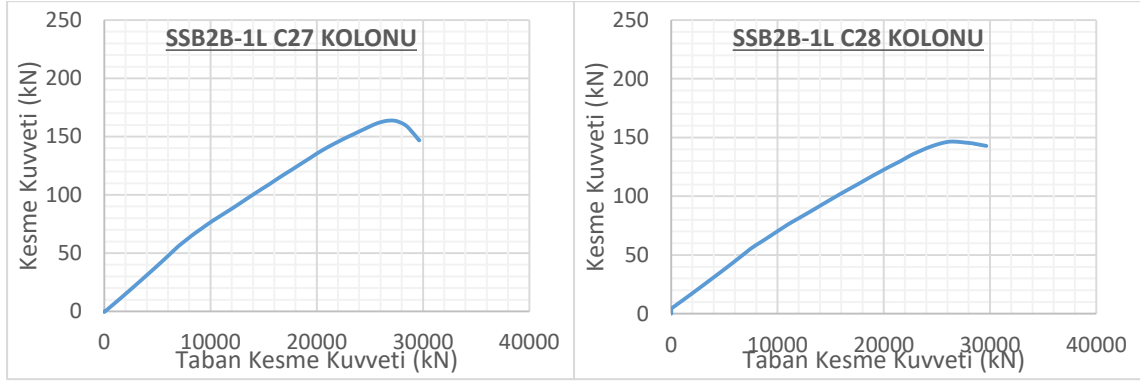
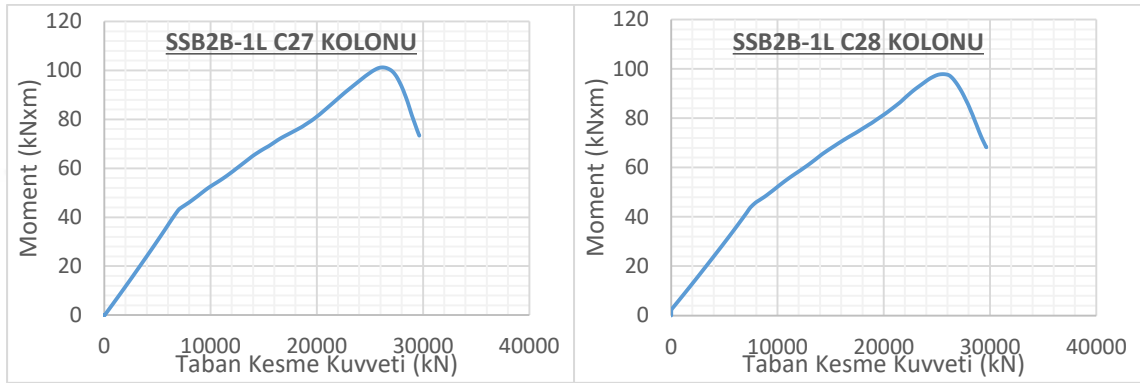
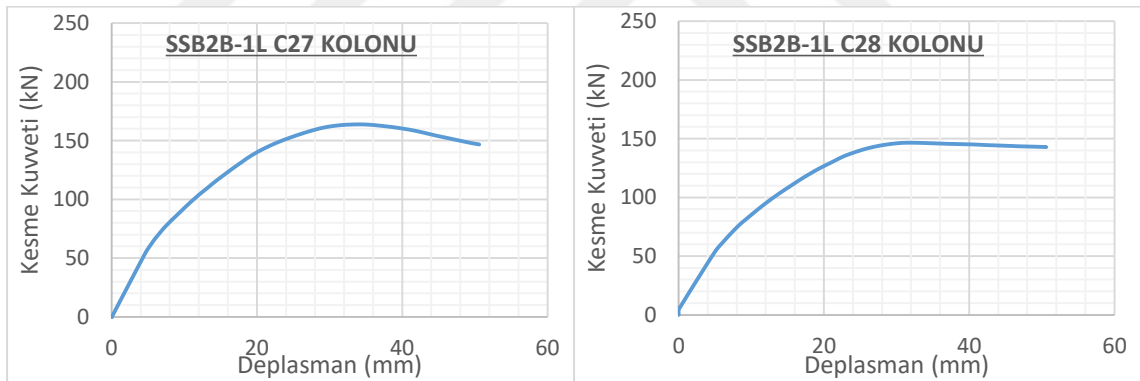
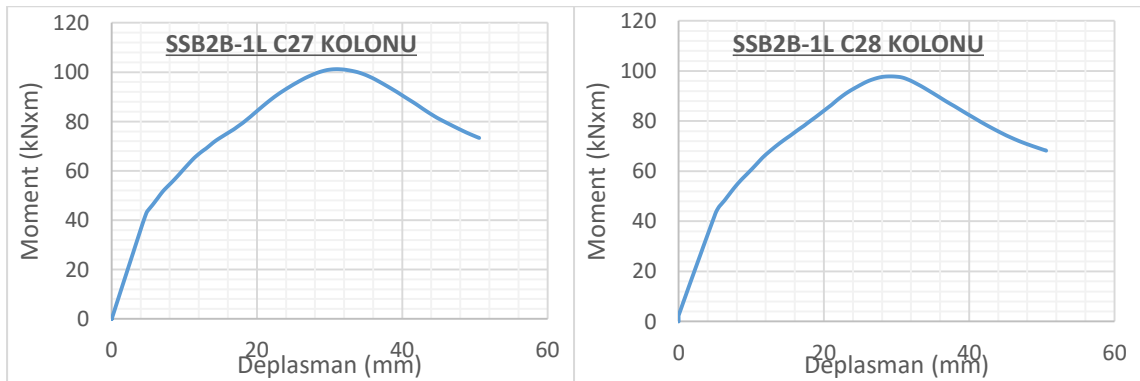
Şekil 4.251. SSB2B-1L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.252. SSB2B-1L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

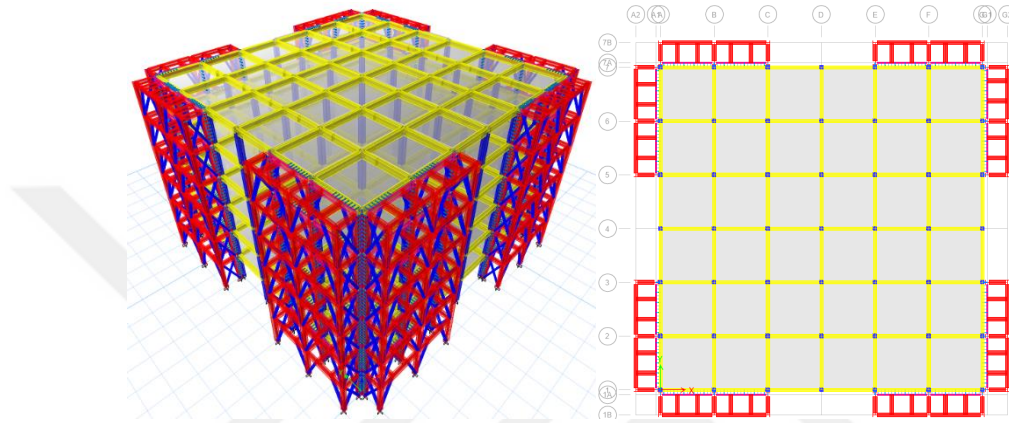
Şekil 4.253. SSB2B-1L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.254. SSB2B-1L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.11. SSB2B-2L güçlendirilmiş model

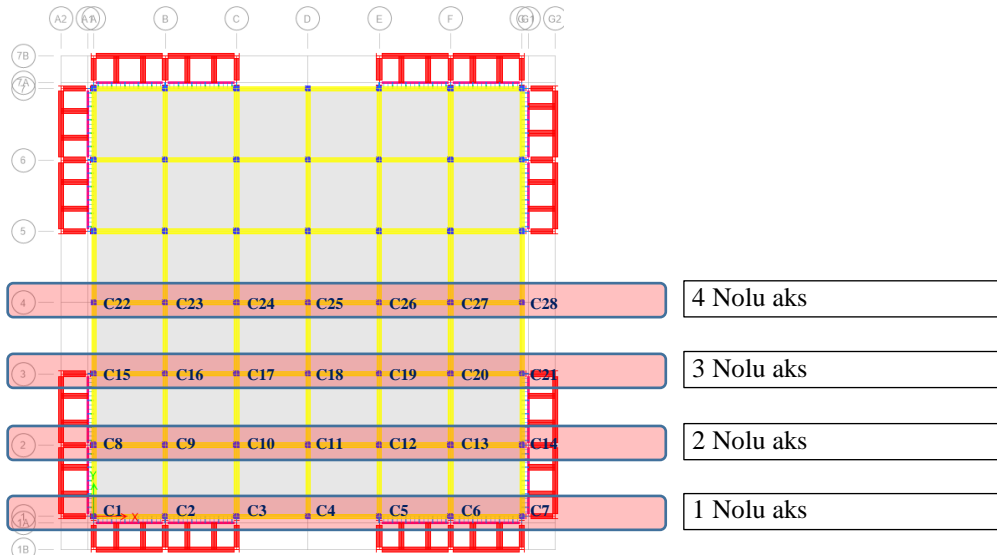
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB2B-2L) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde iki açıklıkta iki katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dış Merkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.255.’de sunulmuştur.



Şekil 4.255. SSB2B-2L Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.11.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

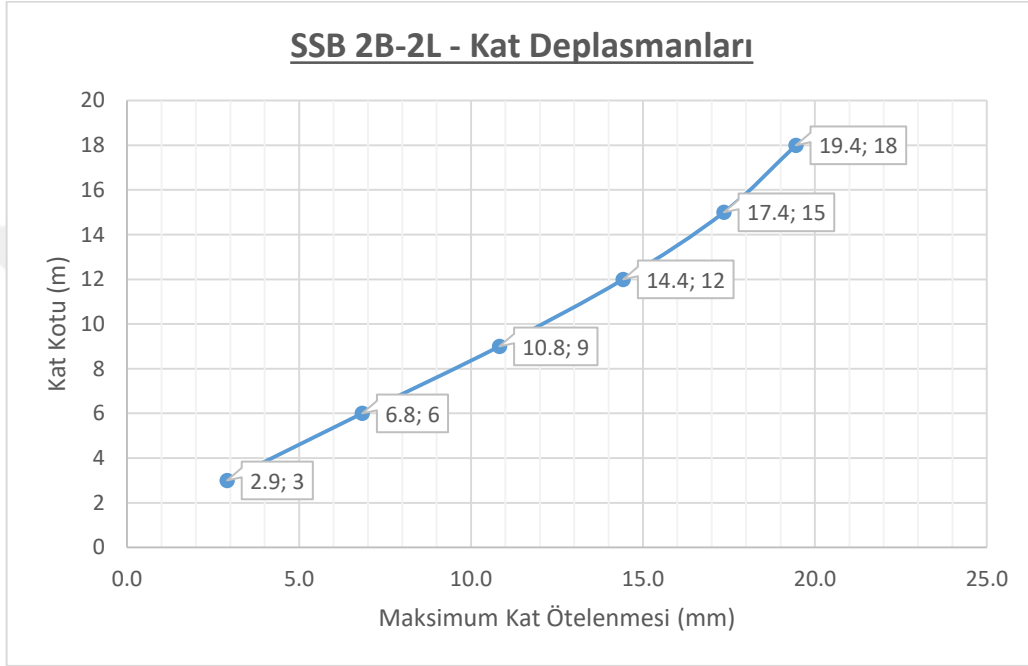
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.256.’de verilmiştir.



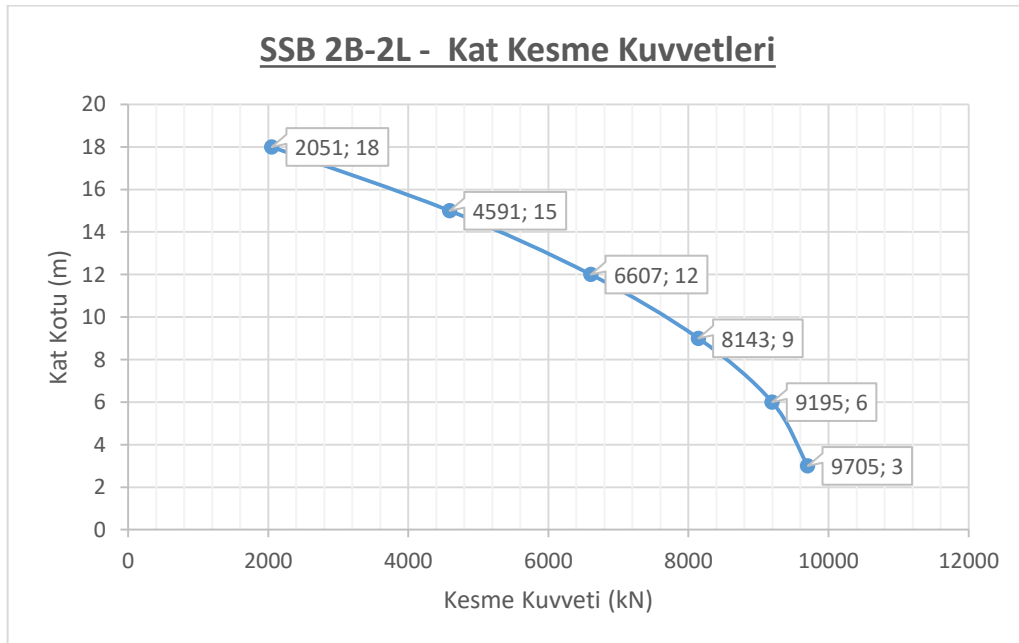
Şekil 4.256. SSB2B-2L kolon ve aks isimleri

Şekil 4.257.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.258.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.259.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.13.'de verilmiştir.



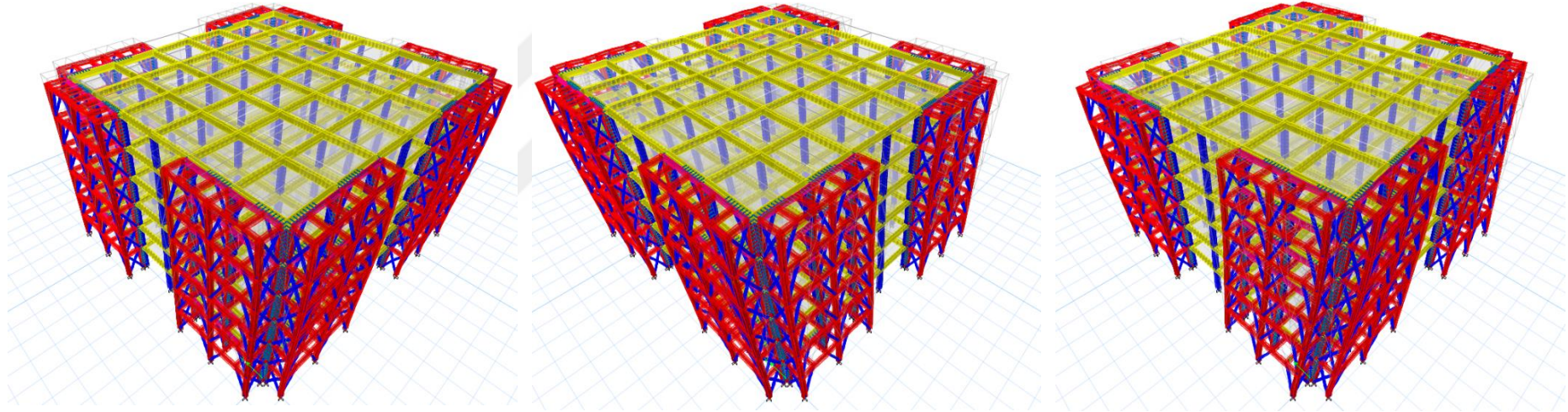
Şekil 4.257. SSB2B-2L Kat deplasmanları



Şekil 4.258. SSB2B-2L Kat kesme kuvveti

Şekil 4.260. - Şekil 4.263.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.264. - Şekil 4.267.'da sunulmuştur.





a) SSB2B-2L – 1. Mod deplasmanı

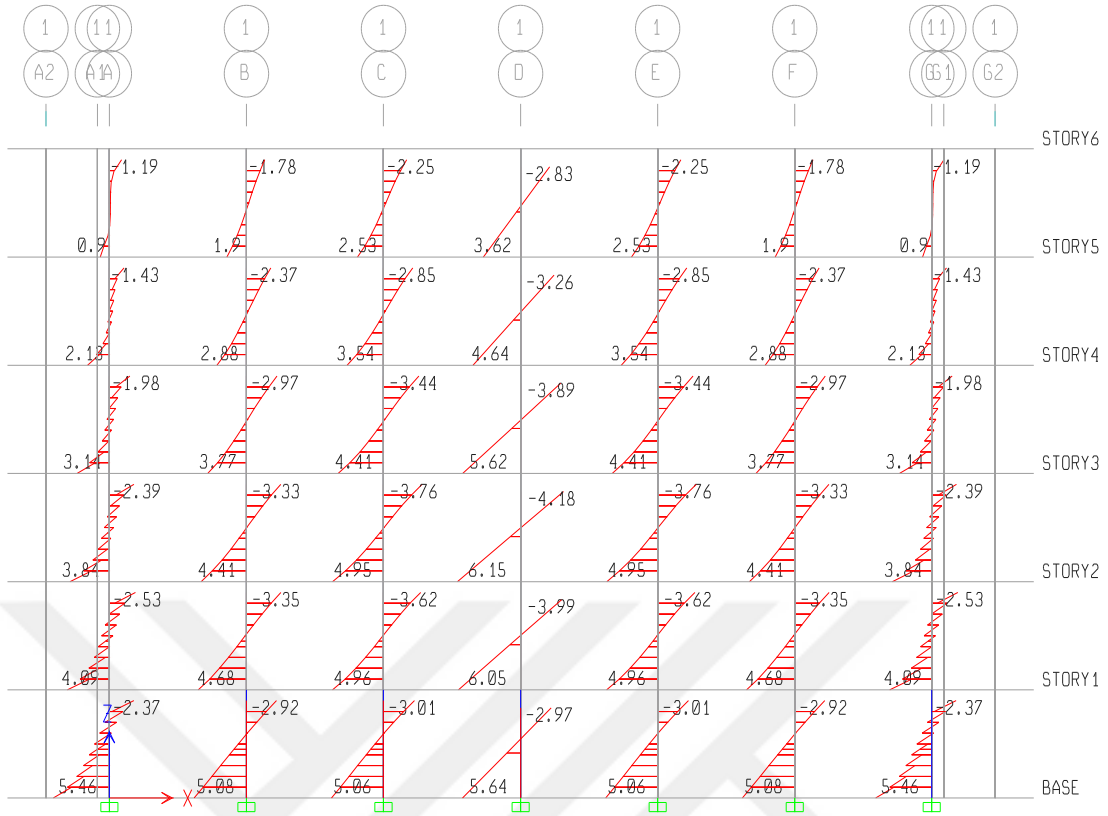
b) SSB2B-2L – 2. Mod deplasmanı

c) SSB2B-2L – 3. Mod deplasmanı

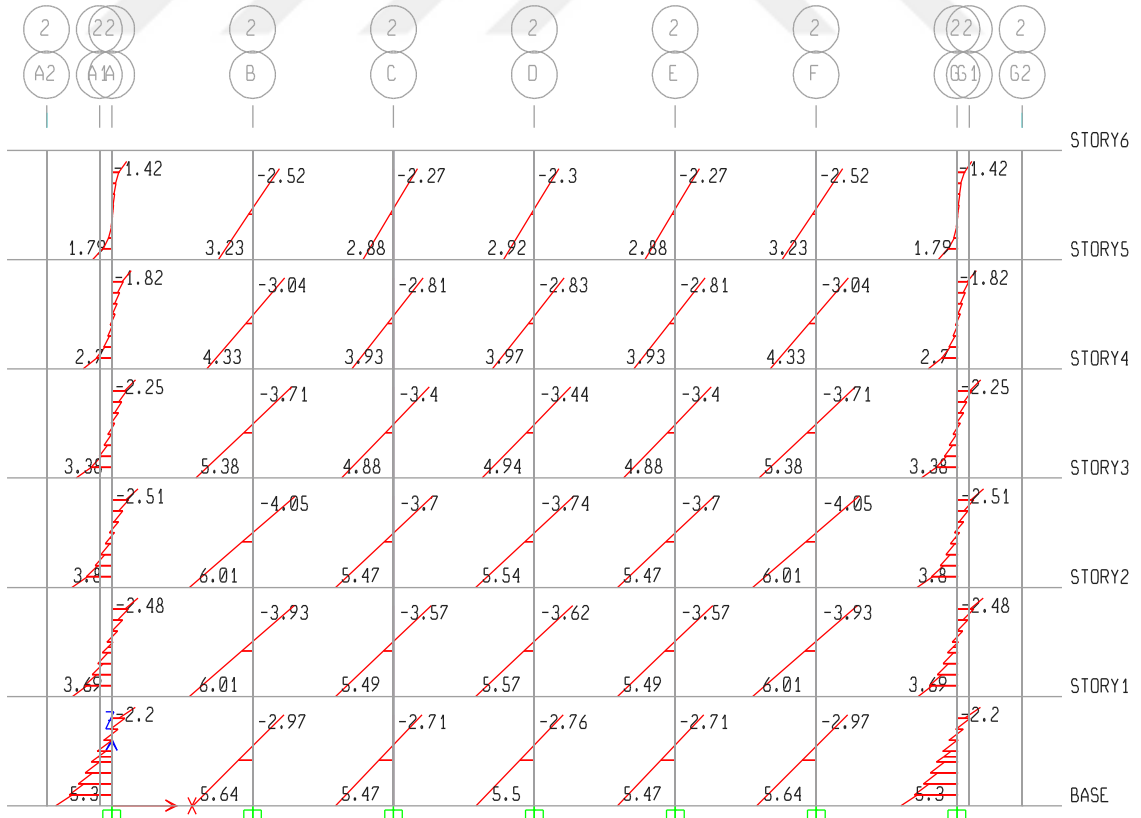
Şekil 4.259. SSB2B-2L binası ilk 3 mod deplasmanlar

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	0.472	-
Modal	2. Mod	0.472	-	-
Modal	3. Mod	-	-	0.320

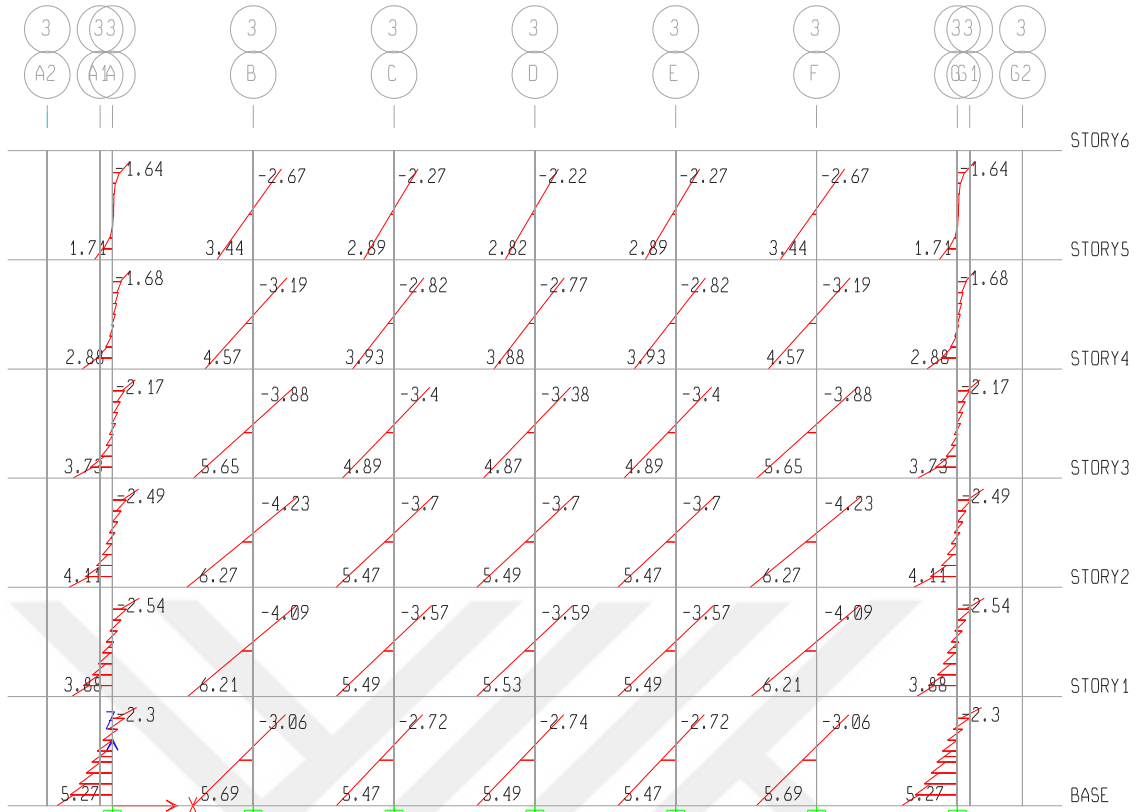
Çizelge 4.13. SSB2B-2L Binası ilk 3 moda ait periyotlar



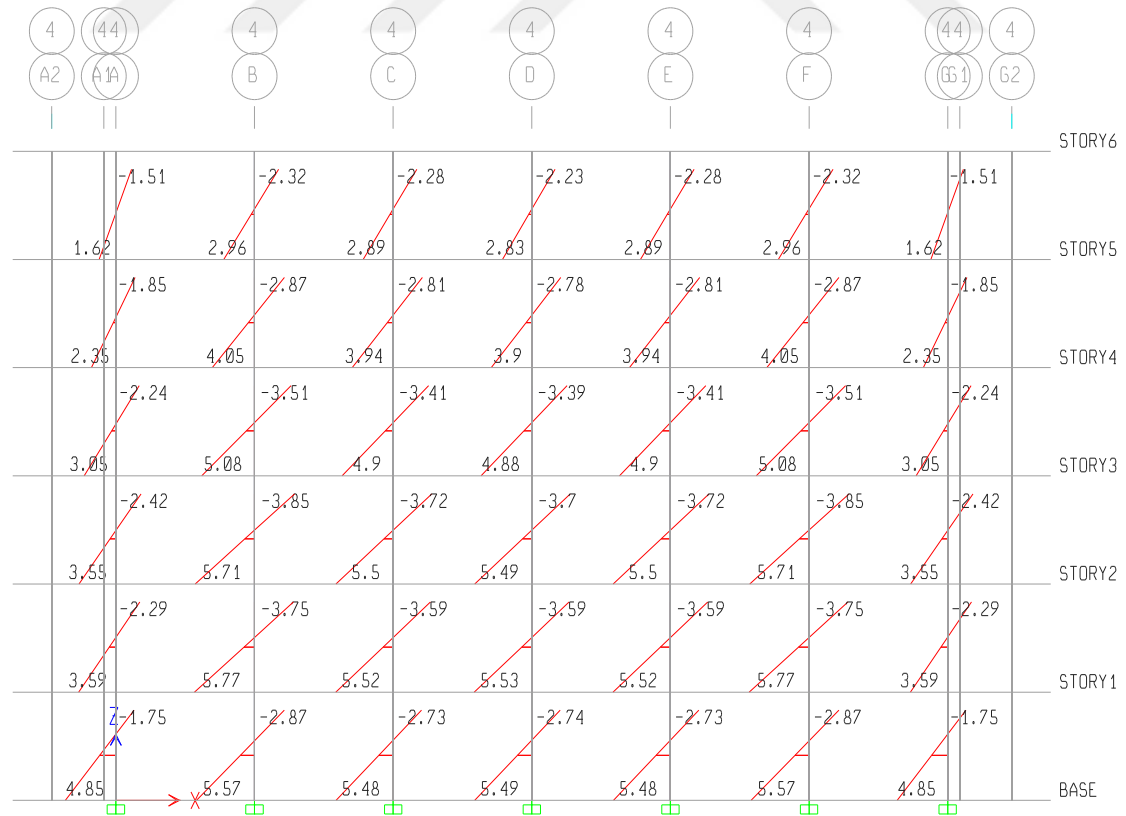
Şekil 4.260. SSB2B-2L binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



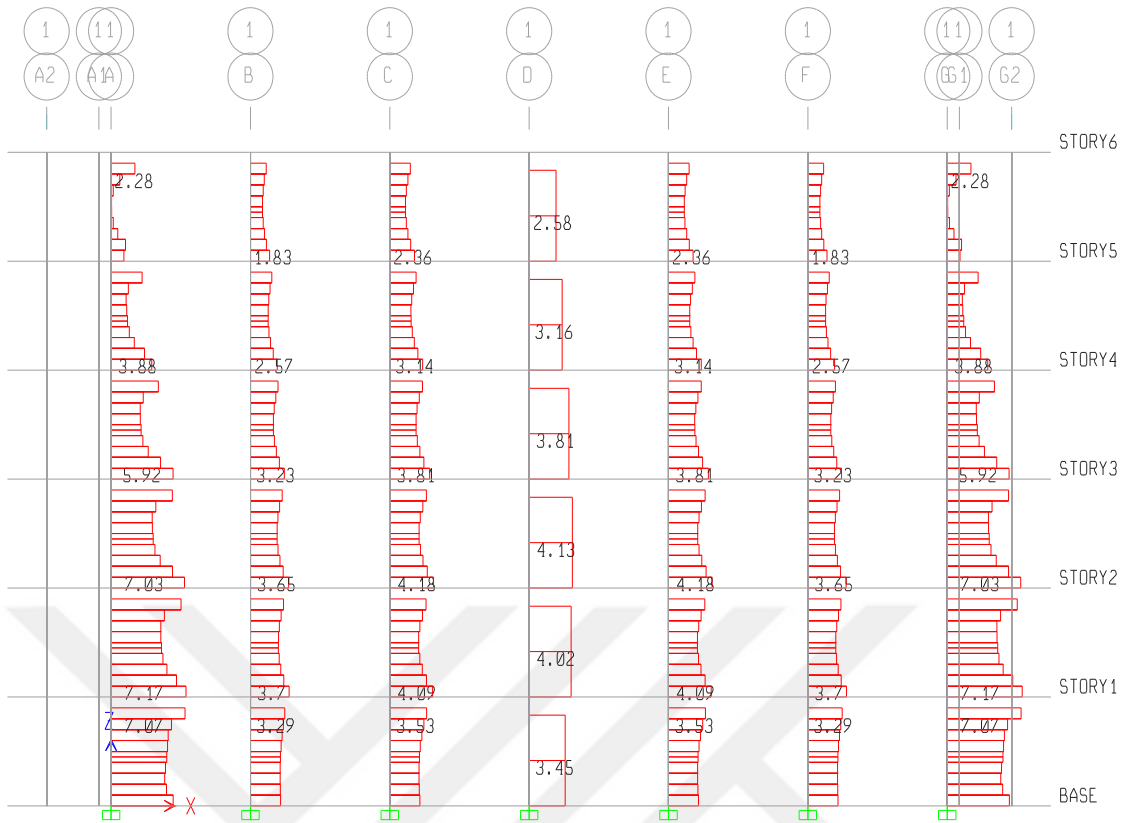
Şekil 4.261. SSB2B-2L binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



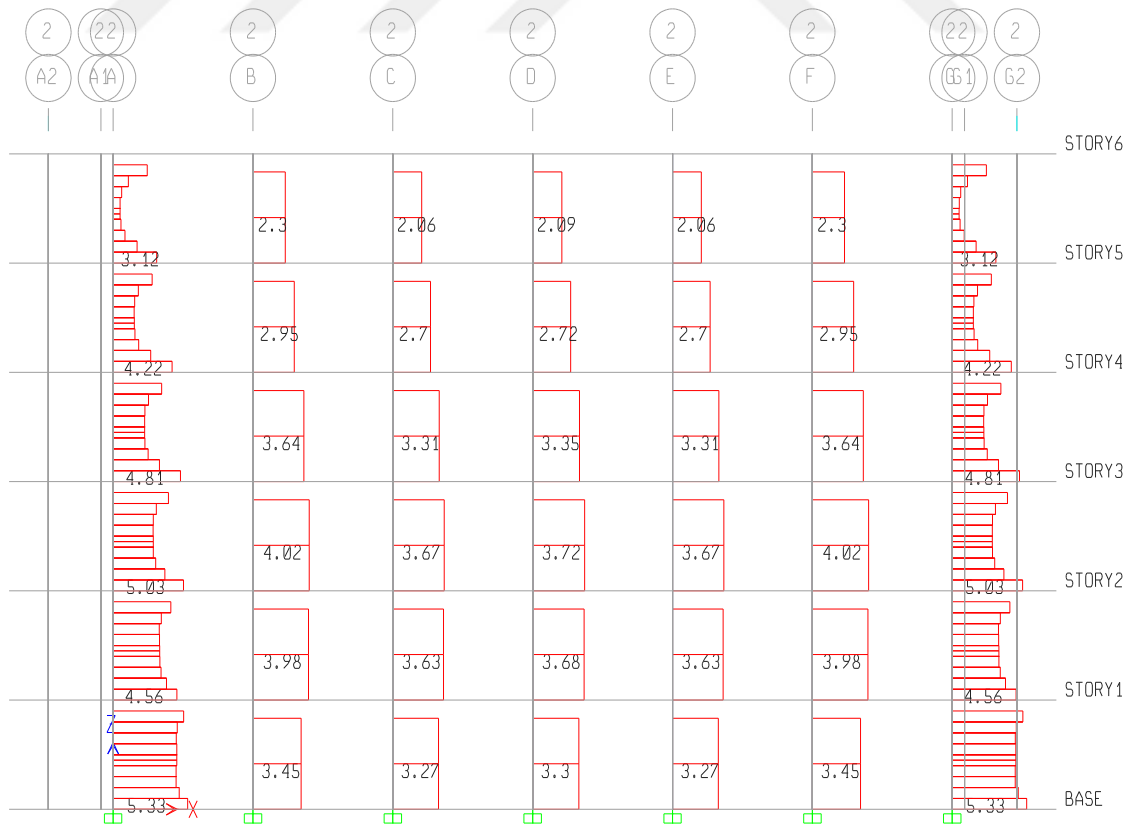
Şekil 4.262. SSB2B-2L binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



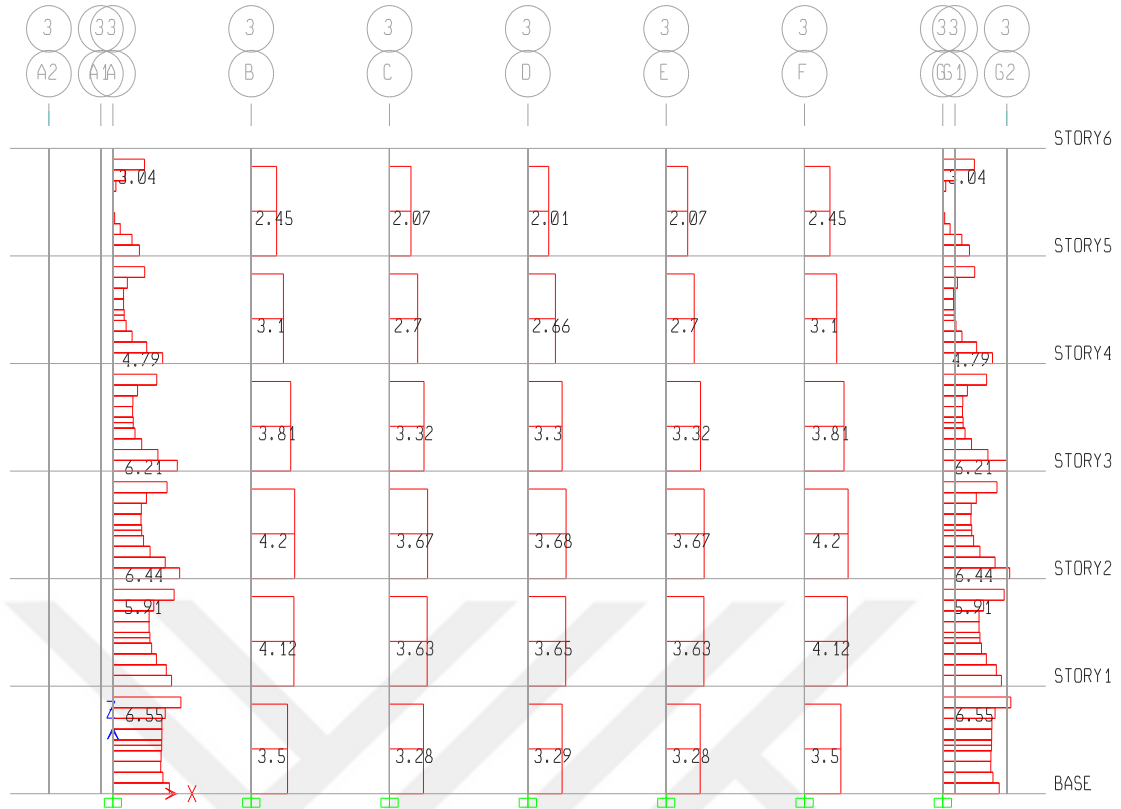
Şekil 4.263. SSB2B-2L binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



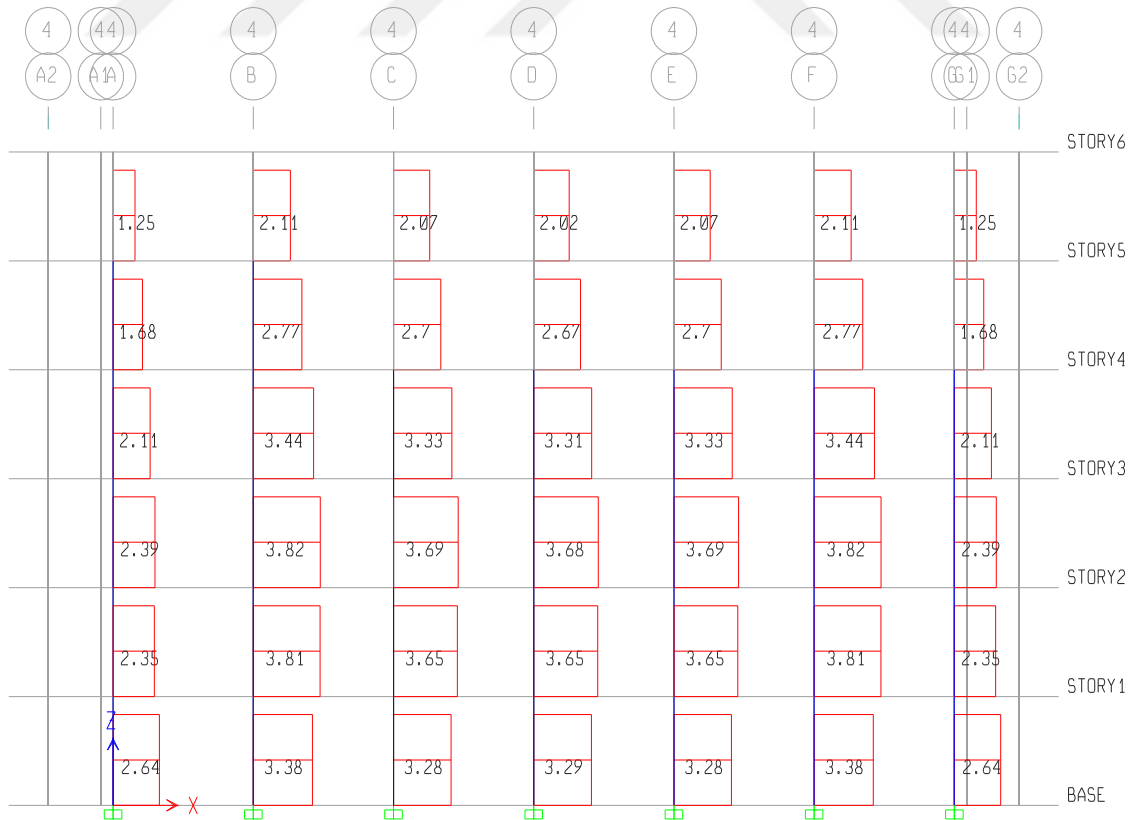
Şekil 4.264. SSB2B-2L binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.265. SSB2B-2L binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



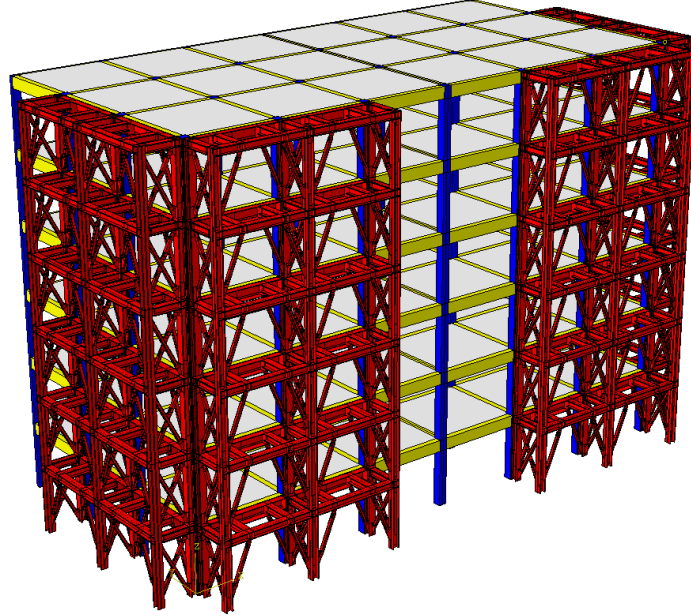
Şekil 4.266. SSB2B-2L binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.267. SSB2B-2L binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

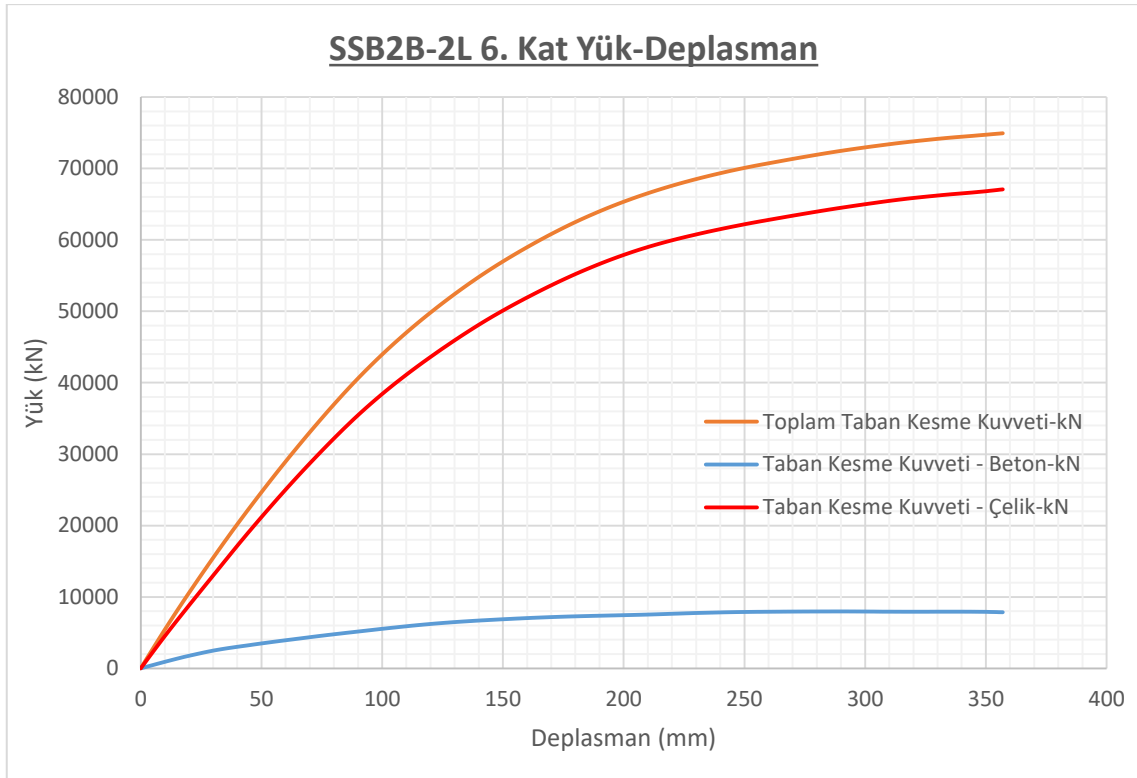
4.3.11.2. Doğrusal olmayan analiz analiz sonuçları

Referans binanın dıştan çift açıklıkta çift katman çelik çerçeve eklenerek güçlendirilmesi ile oluşan yapının üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.268.'da verilmiştir.



Şekil 4.268. SSB2B-2L modeli 3B görünüşü

Şekil 4.269.'da **SSB2B-2L** modelinde yatay itme analizi sonucunda elde edilen tüm sonuçlar betonarme sistem, çelik sistem ve toplam olmak üzere taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği olarak ayrı ayrı tek grafikte gösterilmiştir. Grafikte gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (convergence) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.



Şekil 4.269. SSB2B-2L analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı

SSB2B-2L modelinde yatay itme analizinde maksimum 74932.80 ton yatay yüke kadar analiz yapılmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 357.02 mm deplasmana maruz kalmıştır.

Analiz sonucu meydana gelen değişimi incelemek amacı ile iki adet referans adım belirlenmiştir. Bunlar sırası ile referans model **RB1**'in maksimum yüke ulaştığı an (F^{RB1}_{max} (7255.8 kN)) ve $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına ulaşıldığı (180 mm) andır.

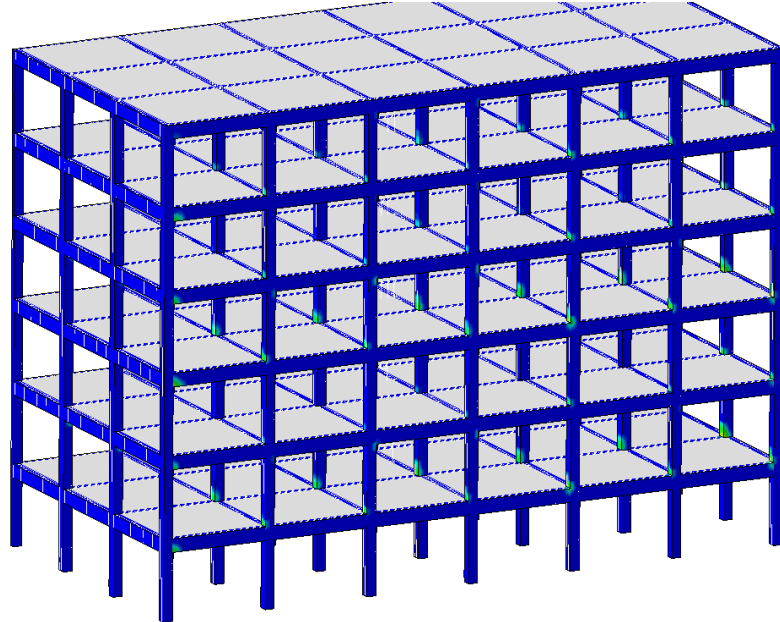
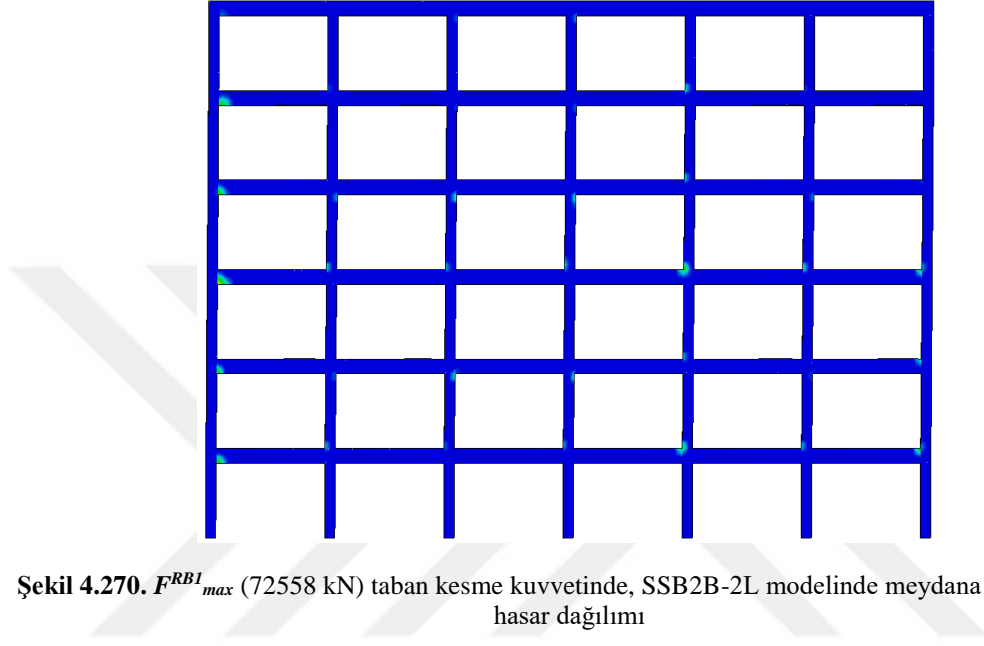
SSB2B-2L modelinde F^{RB1}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.270. ve Şekil 4.271.'de verilmiştir. Şekil 4.270.'deki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemedeki tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

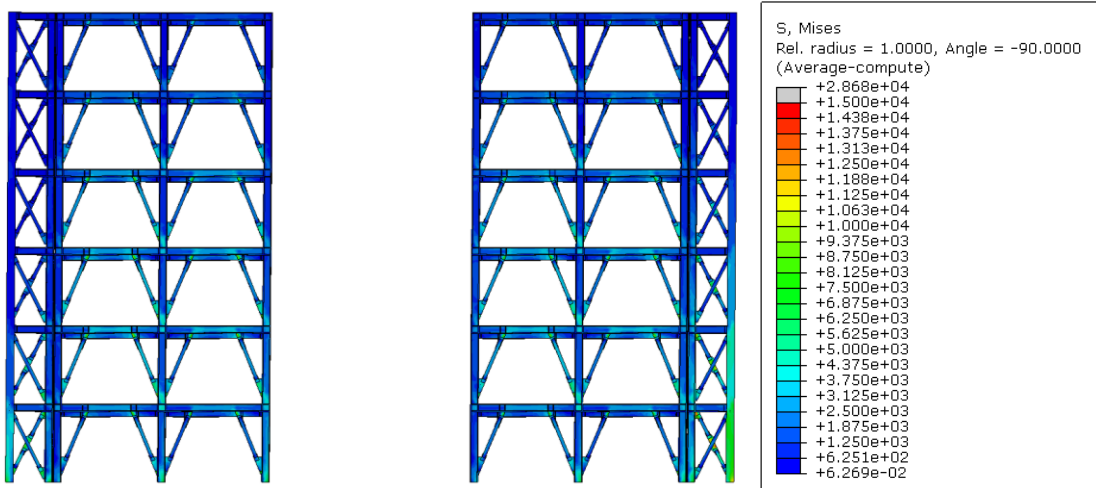
Modelde F^{RB1}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri Şekil 4.272. - Şekil 4.274.de verilmiştir.

Şekil 4.275. ve Şekil 4.276.'de , $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına geldiği analiz adımı betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları, Şekil 4.277. - Şekil

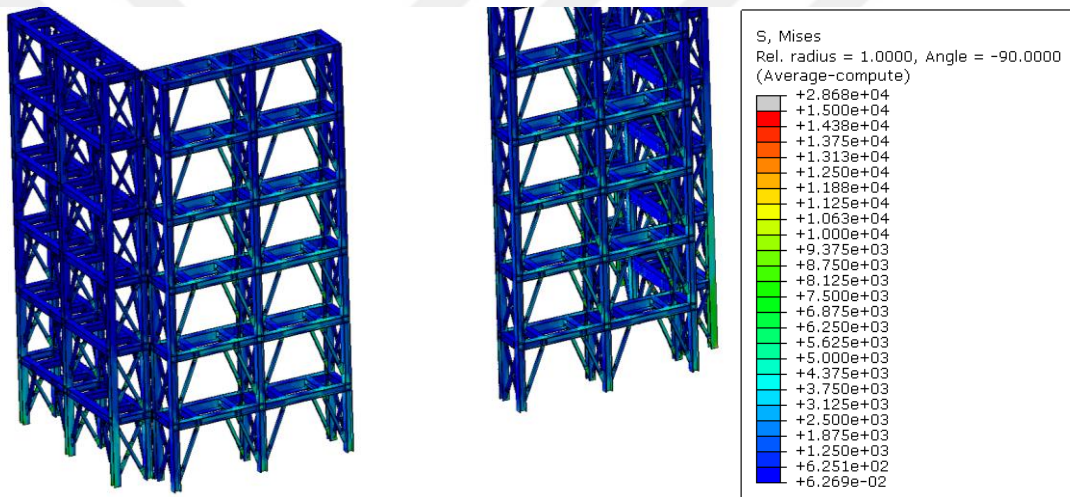
4.279.'de ise yine aynı $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanında dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri verilmiştir.

Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.280. - Şekil 4.293. arasında verilmiştir.

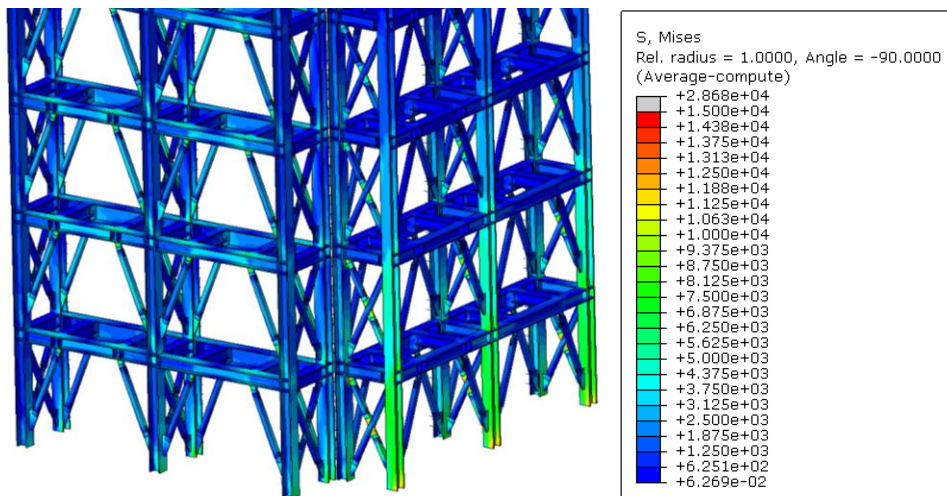




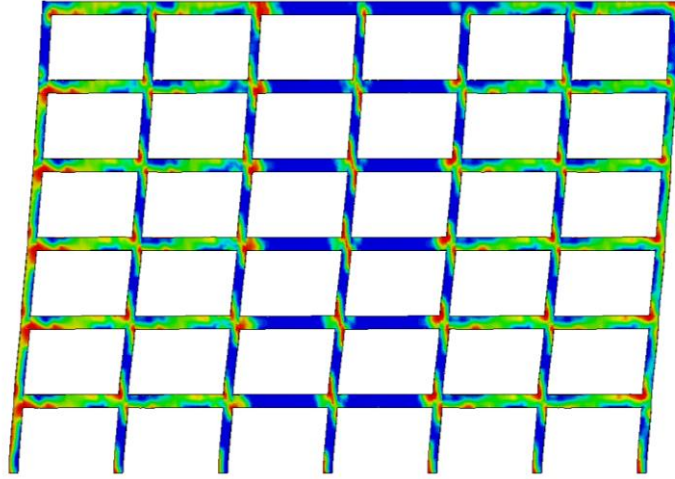
Şekil 4.272. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri



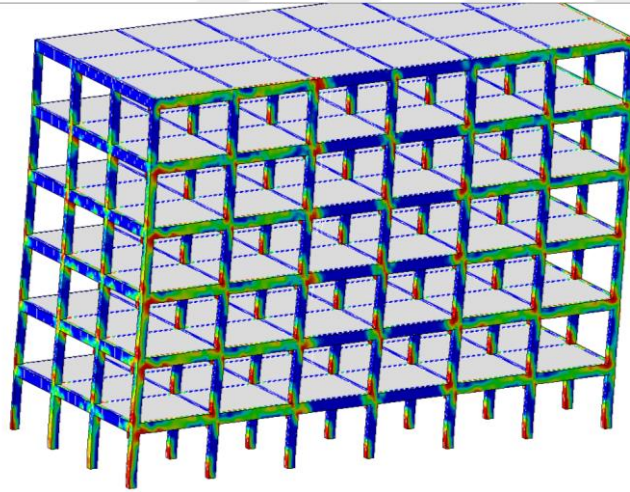
Şekil 4.273. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 1



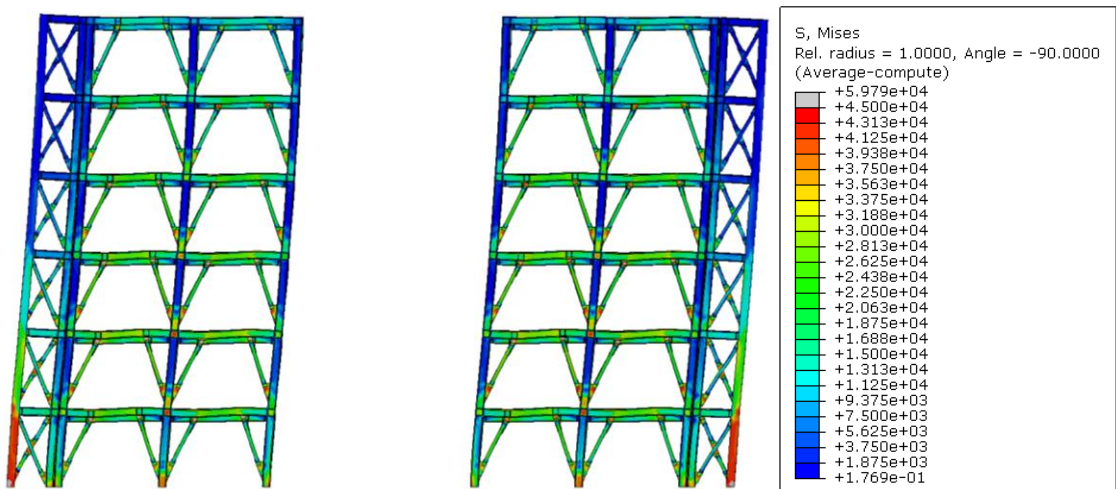
Şekil 4.274. F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Mises gerilmeleri 3B görünüş – 2



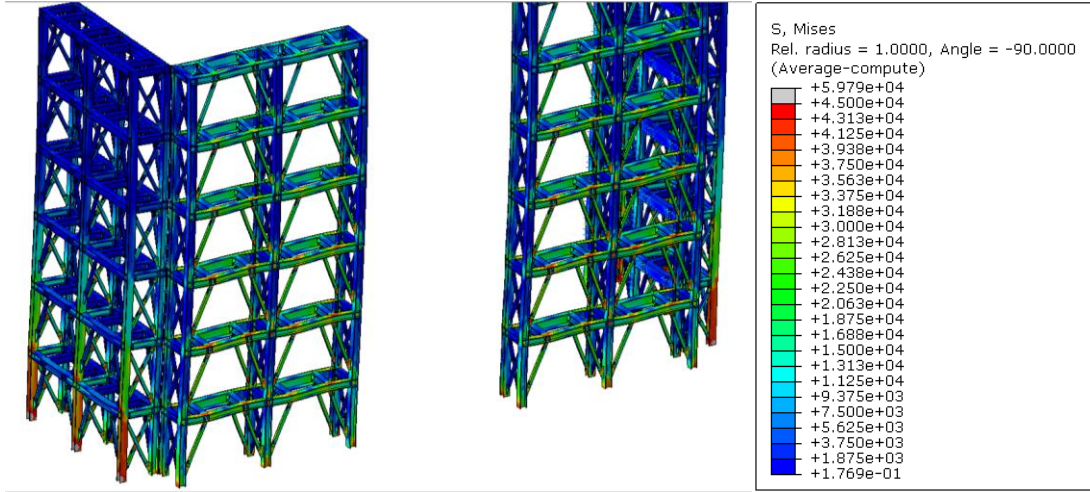
Şekil 4.275. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



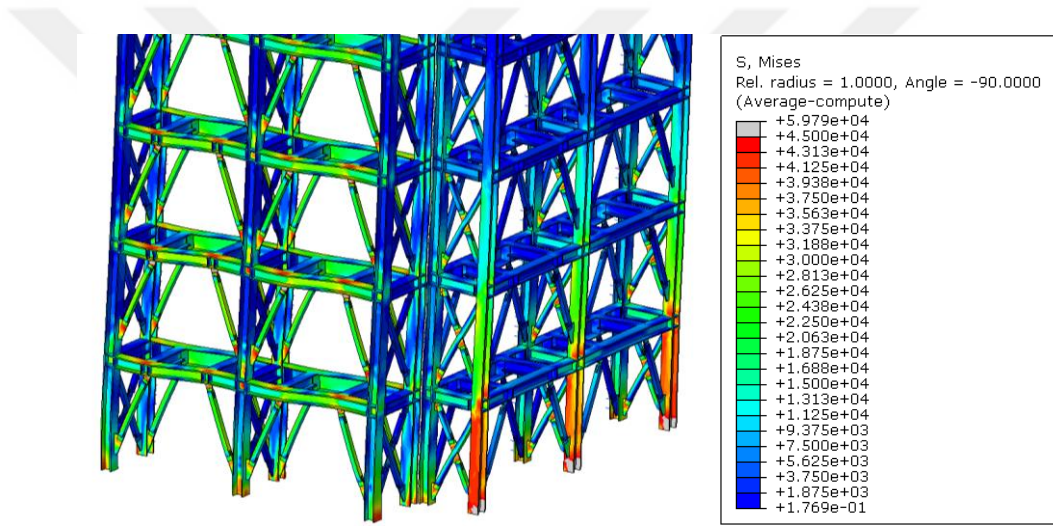
Şekil 4.276. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş



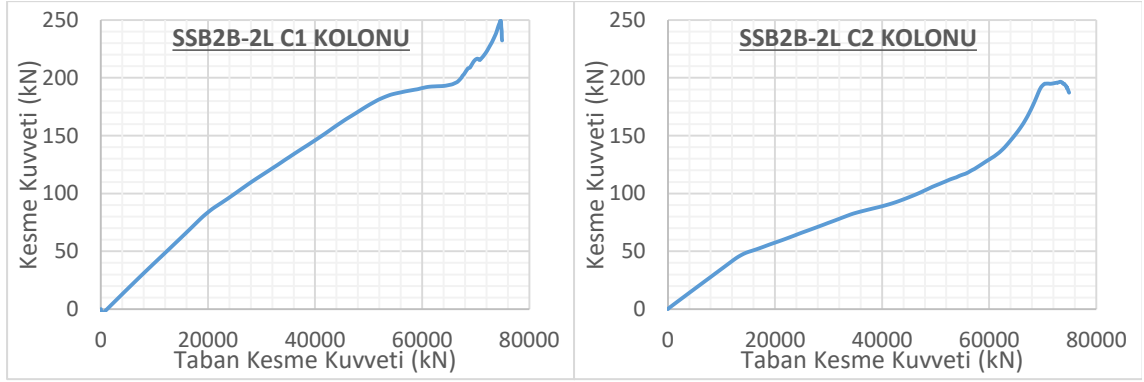
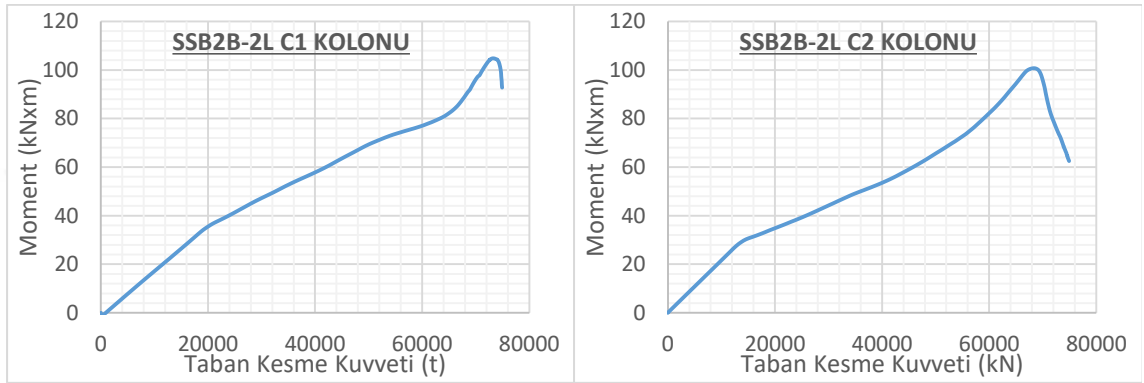
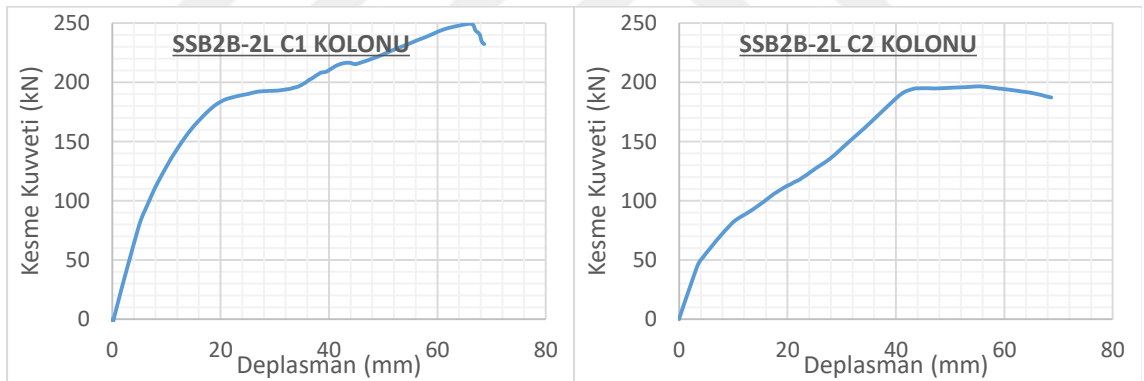
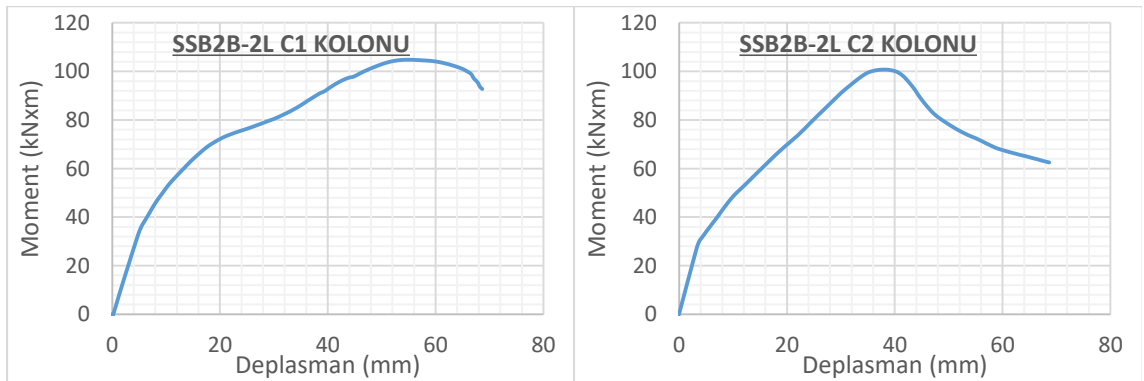
Şekil 4.277. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



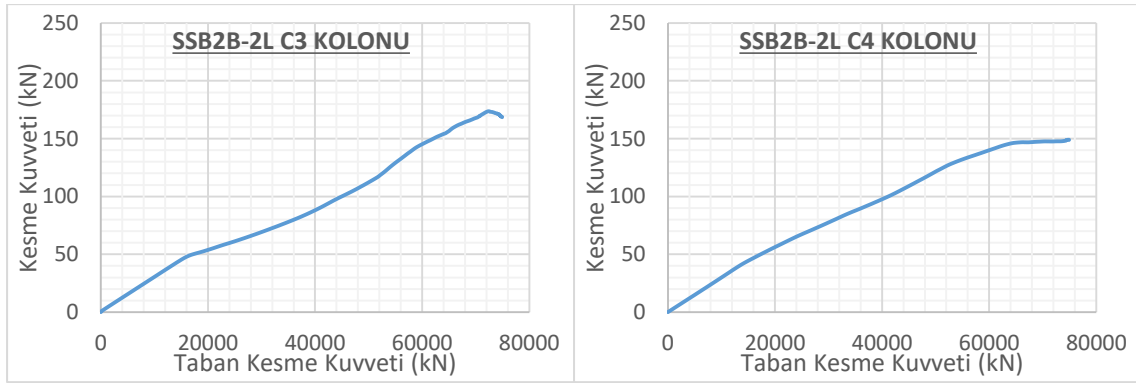
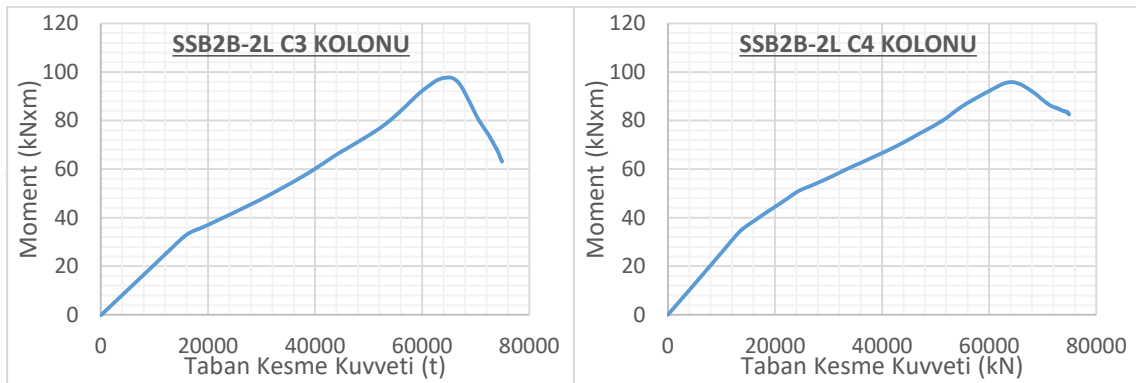
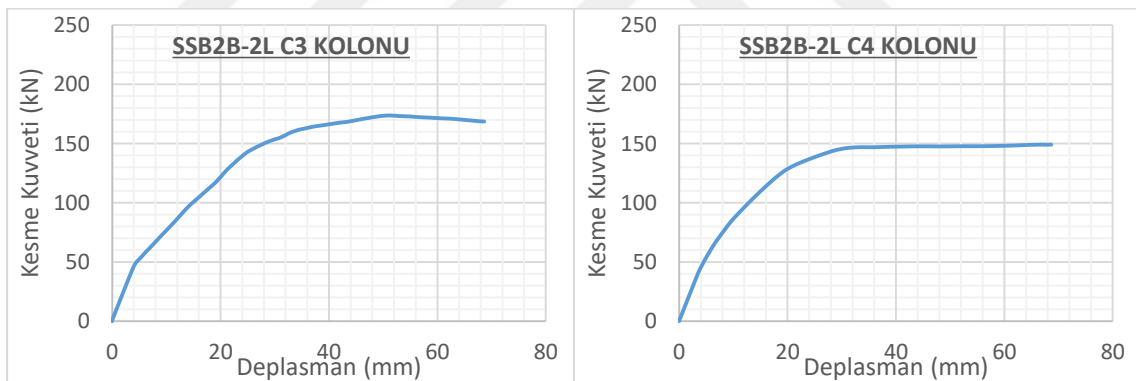
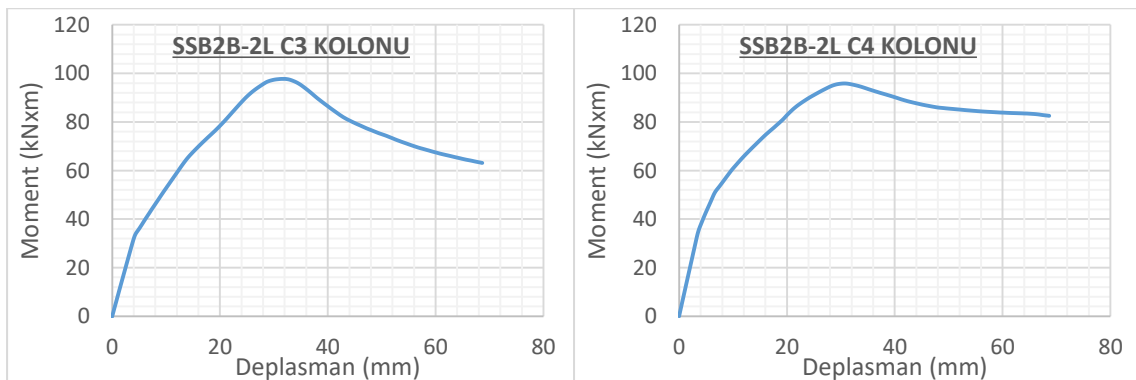
Şekil 4.278. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 1



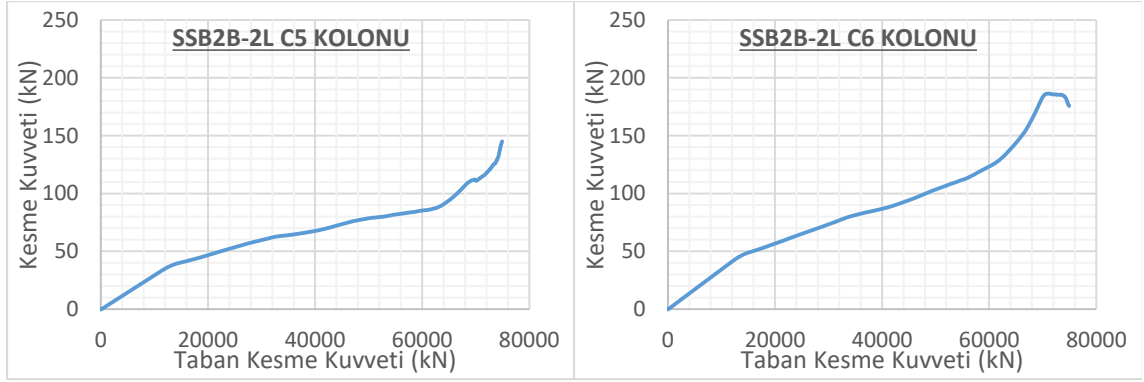
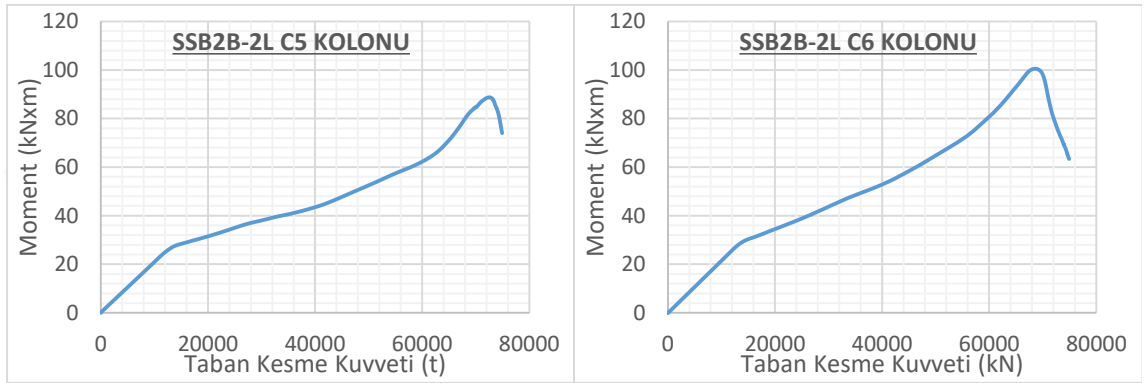
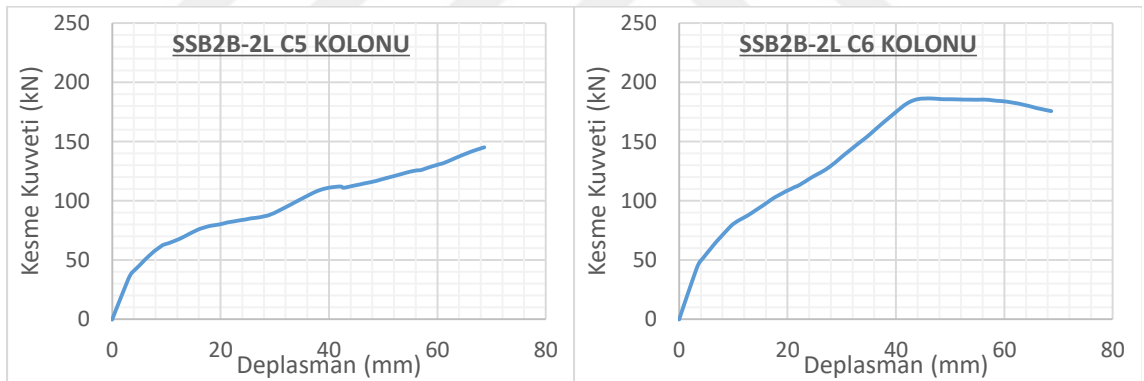
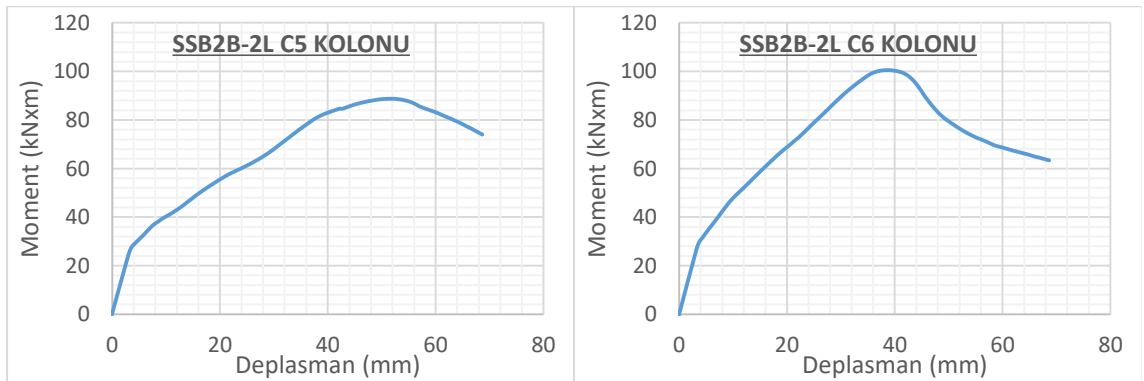
Şekil 4.279. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ tepe deplasmanı seviyesinde, SSB2B-2L modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri – 3B görünüş – 2

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

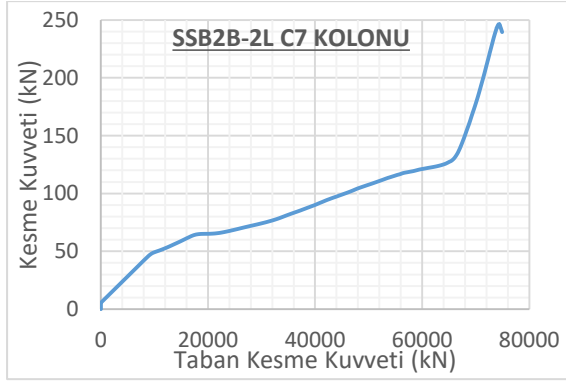
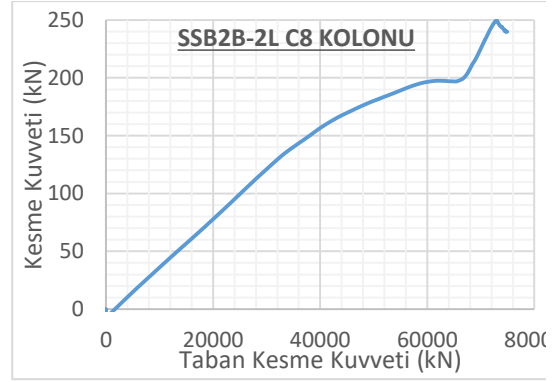
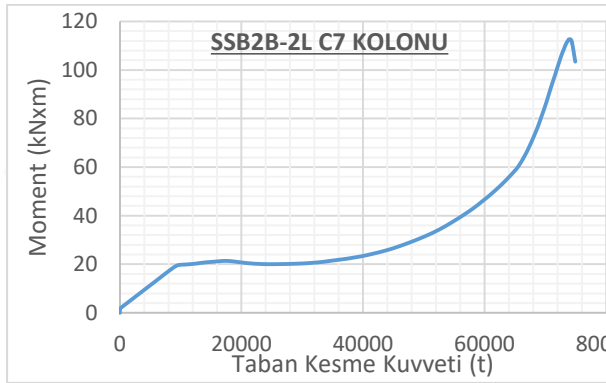
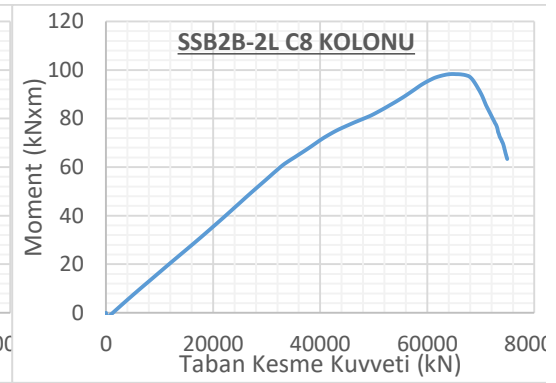
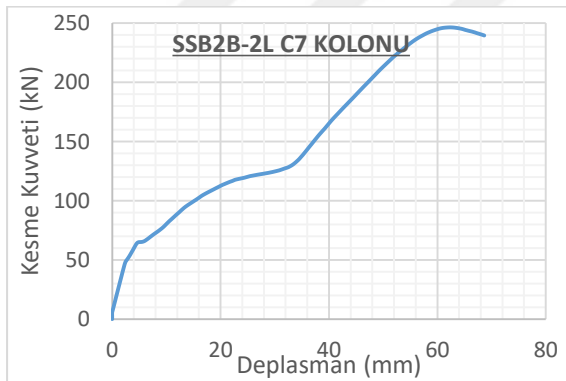
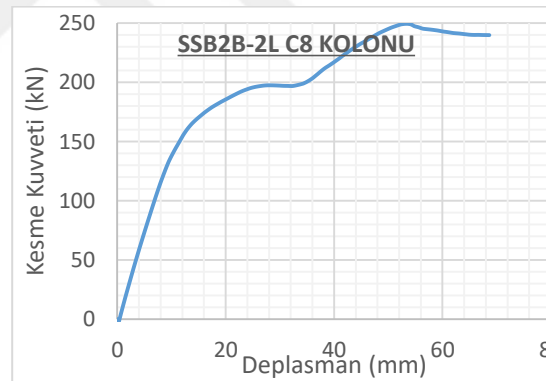
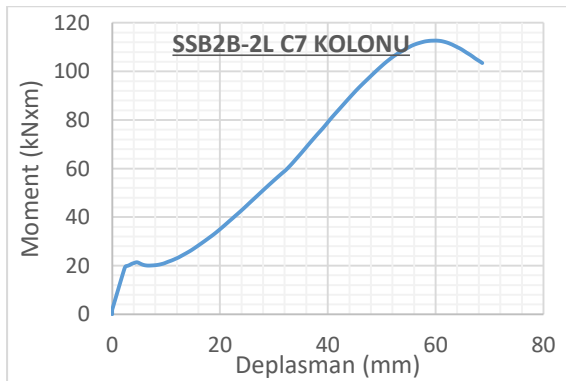
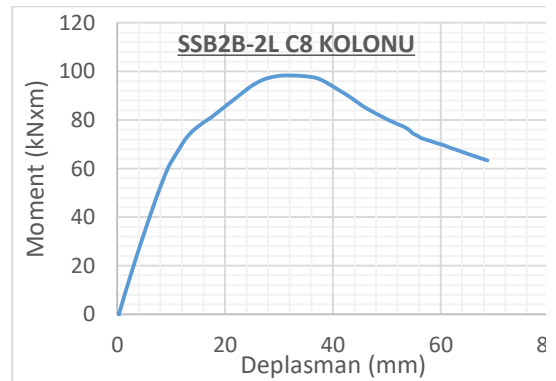
Şekil 4.280. SSB2B-2L modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

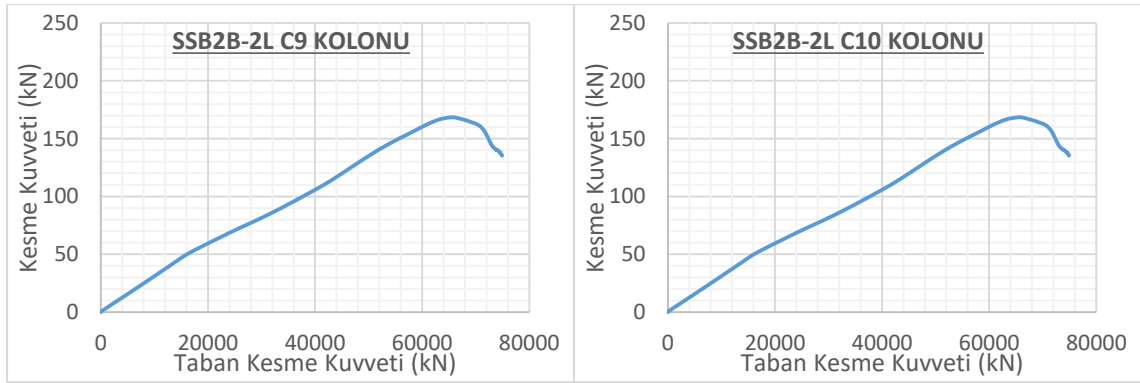
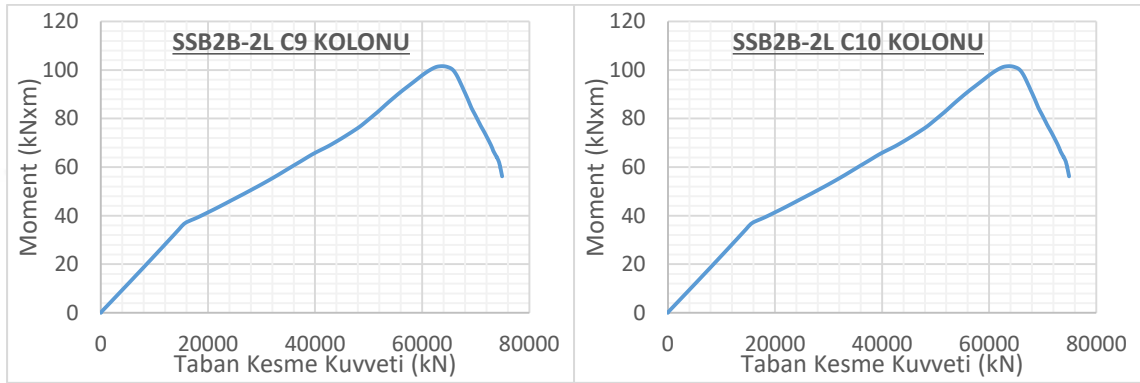
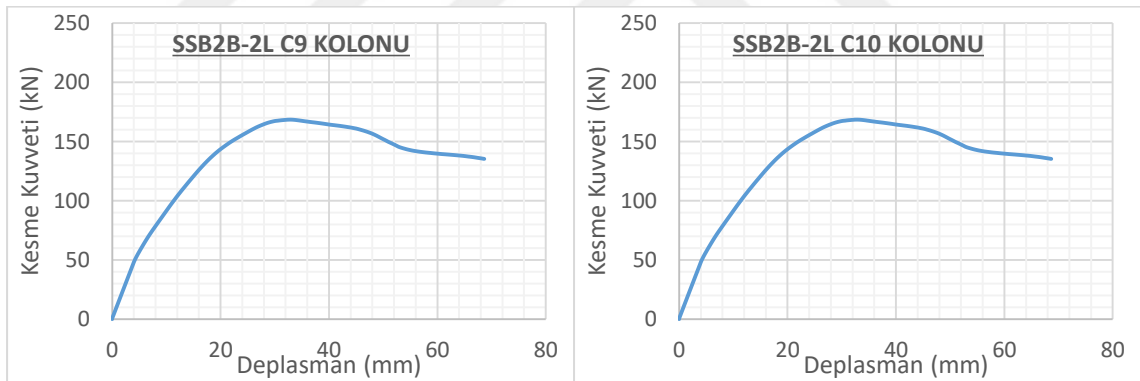
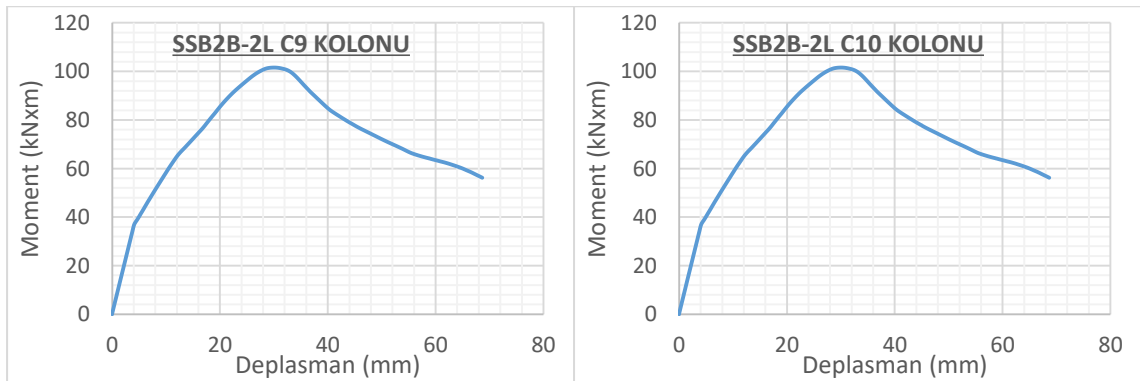
Şekil 4.281. SSB2B-2L modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

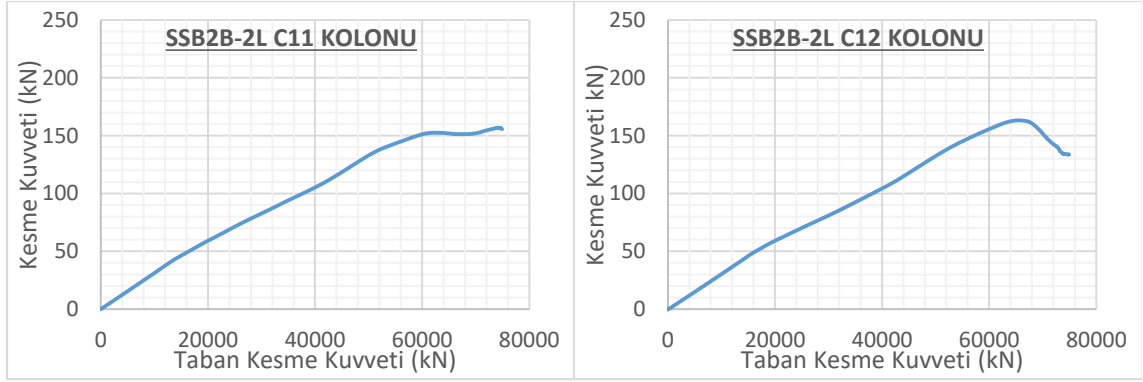
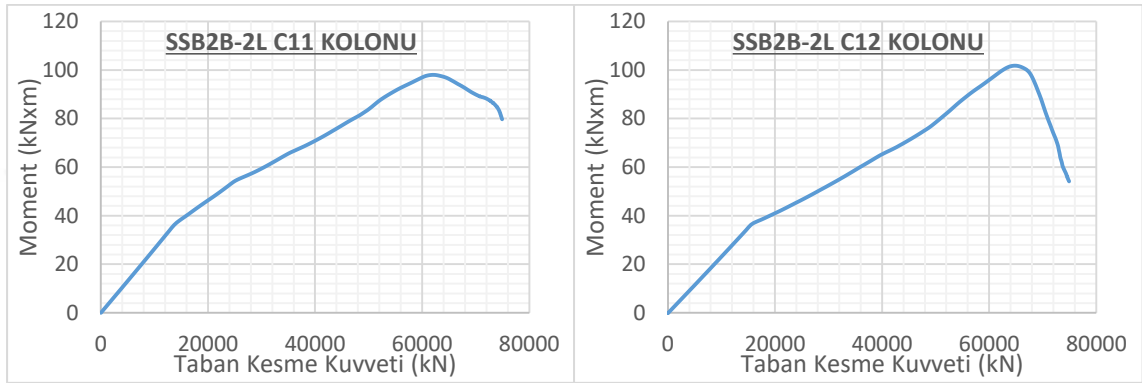
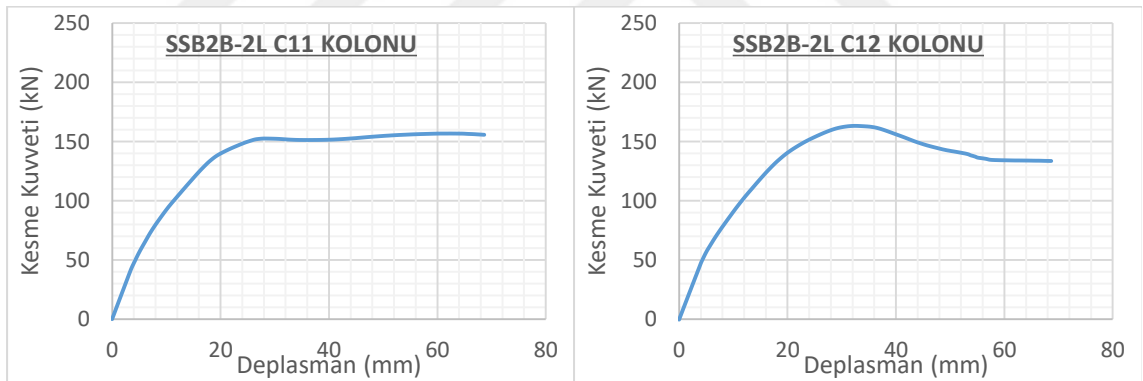
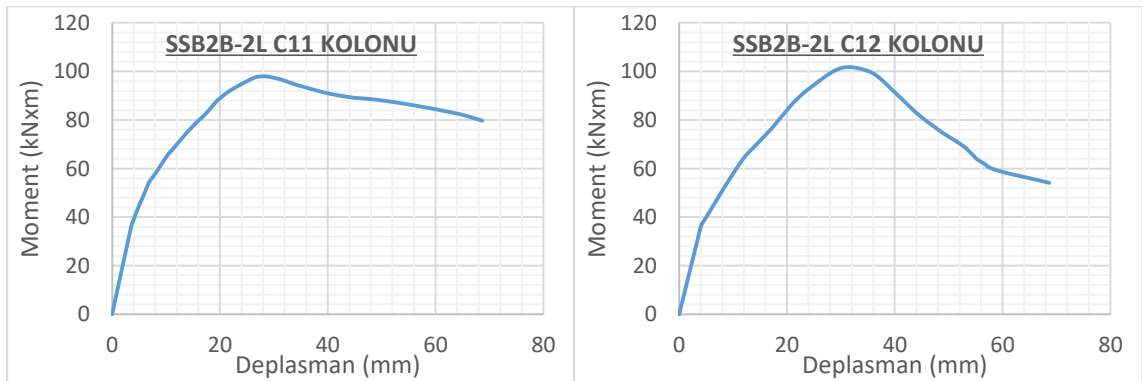
Şekil 4.282. SSB2B-2L modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

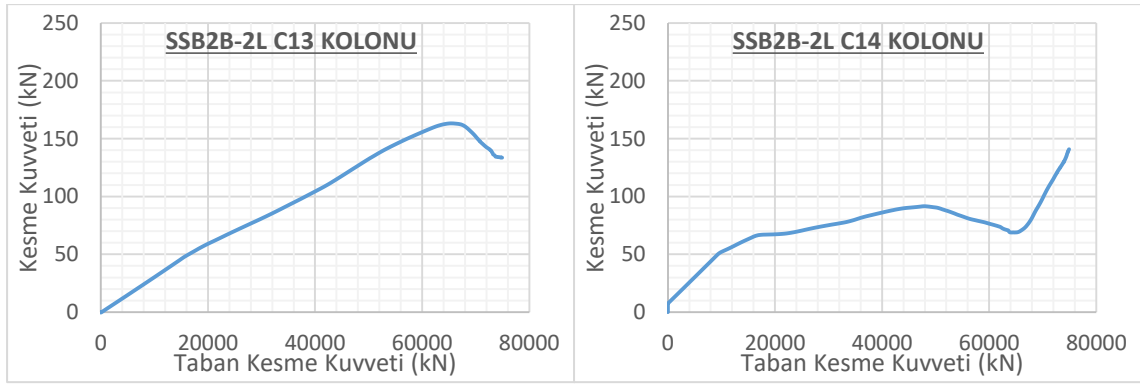
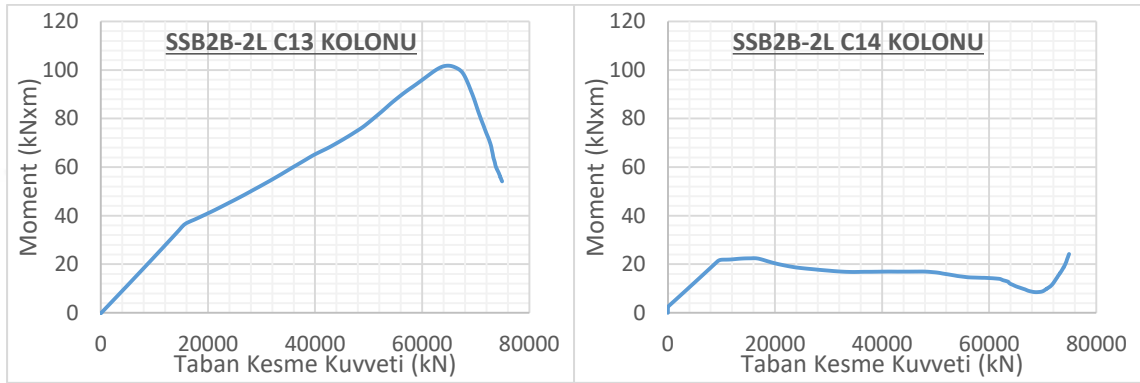
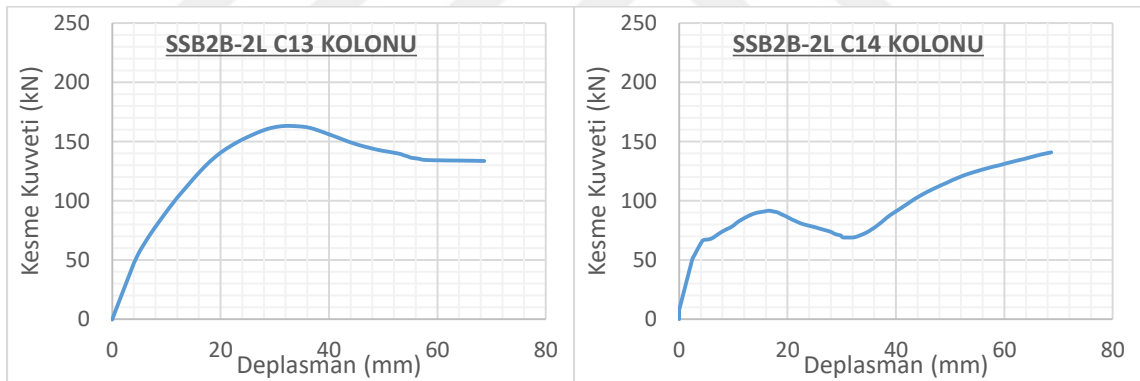
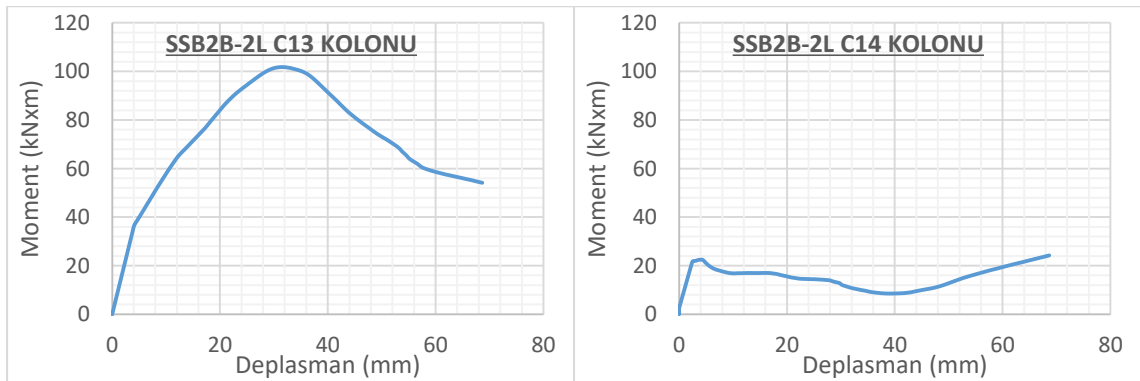
Şekil 4.283. SSB2B-2L modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

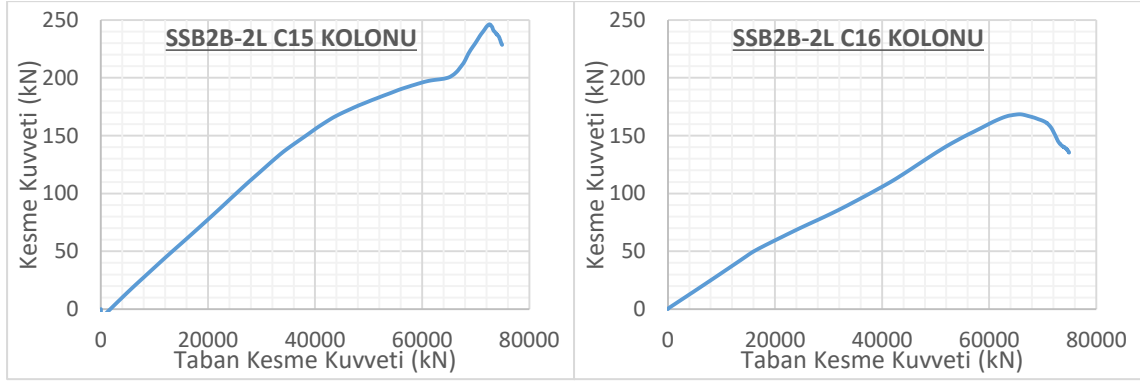
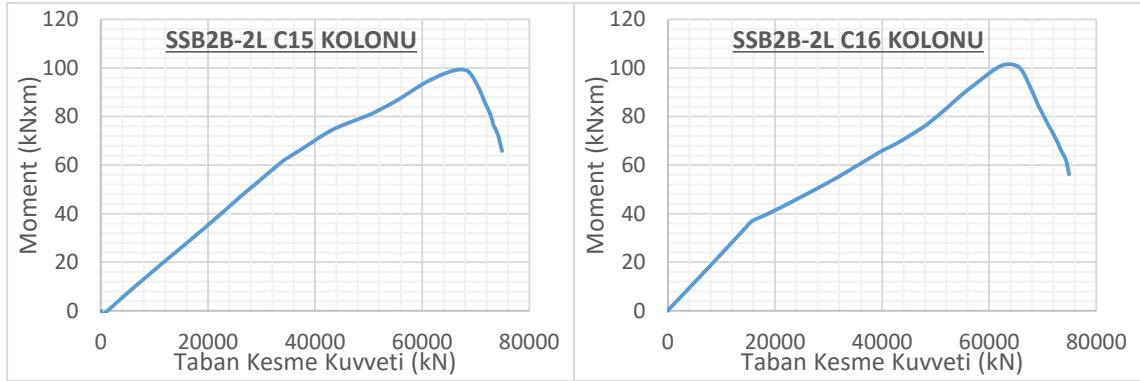
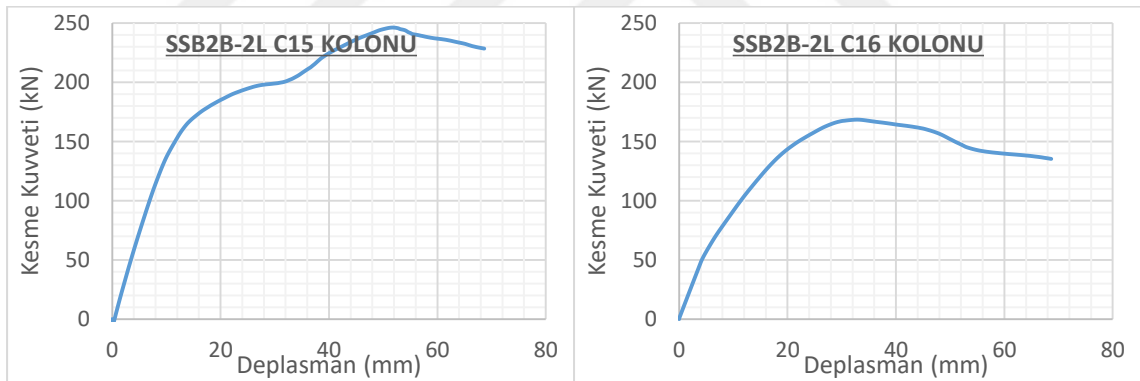
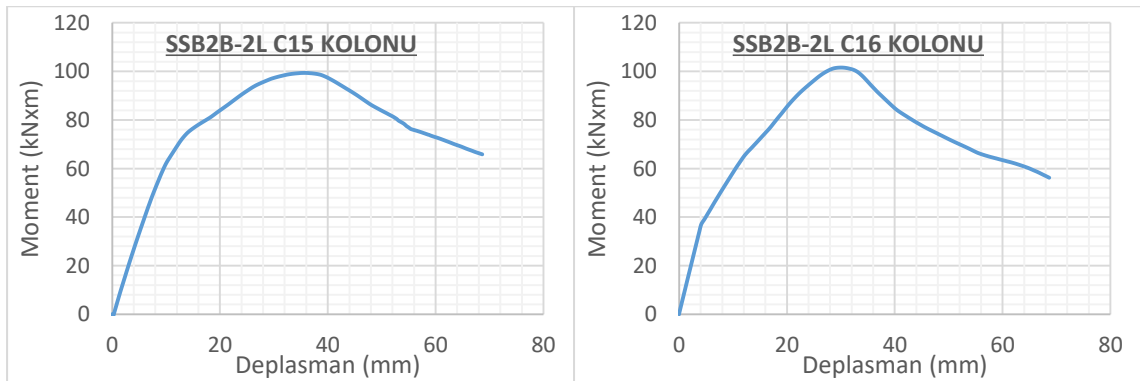
Şekil 4.284. SSB2B-2L modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

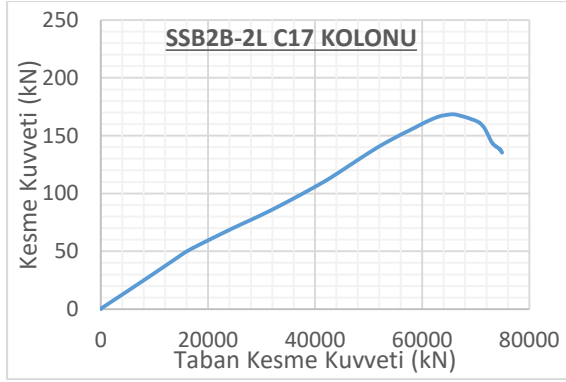
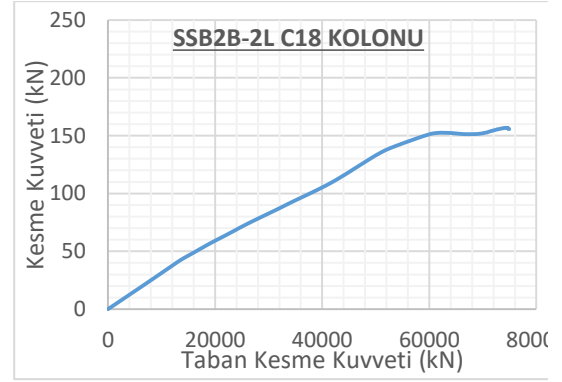
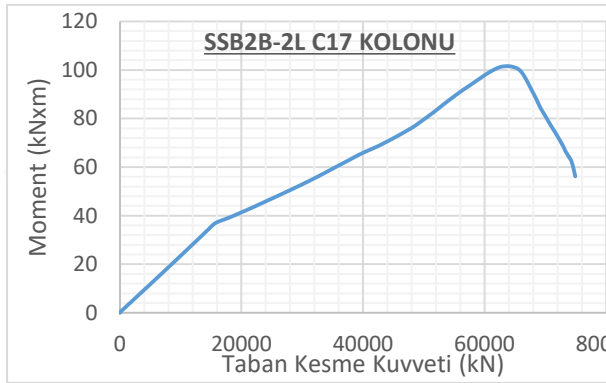
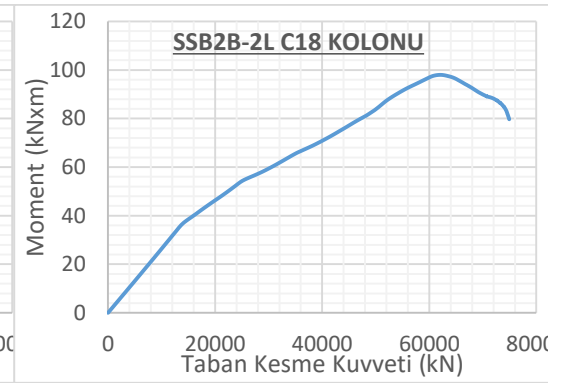
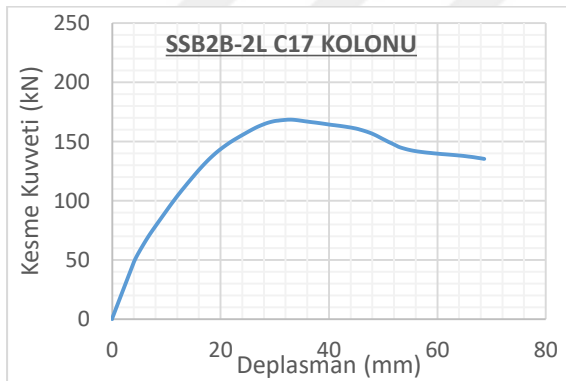
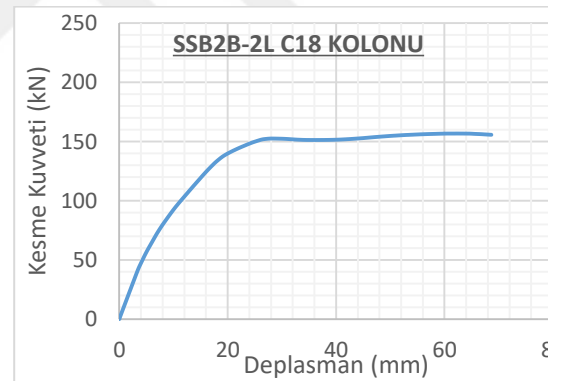
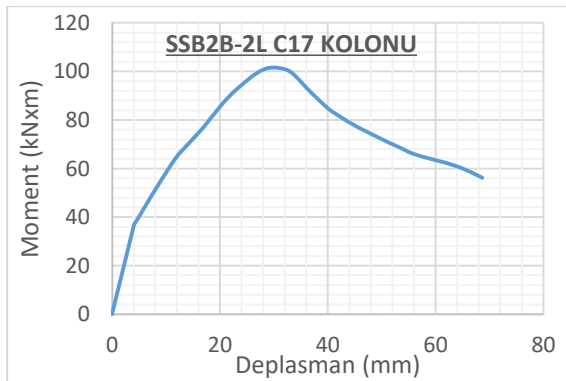
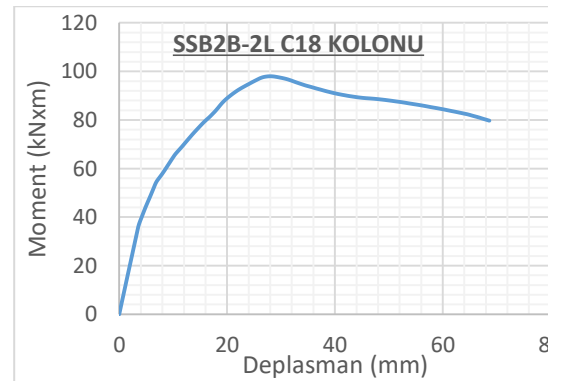
Şekil 4.285. SSB2B-2L modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

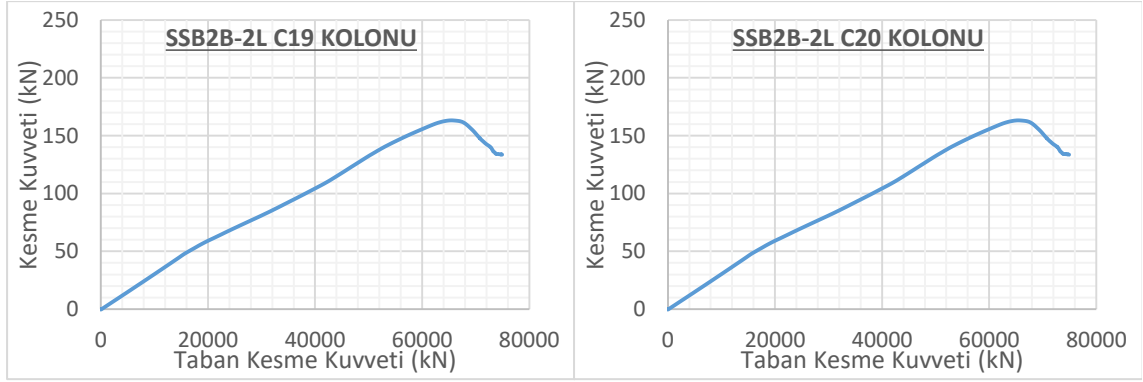
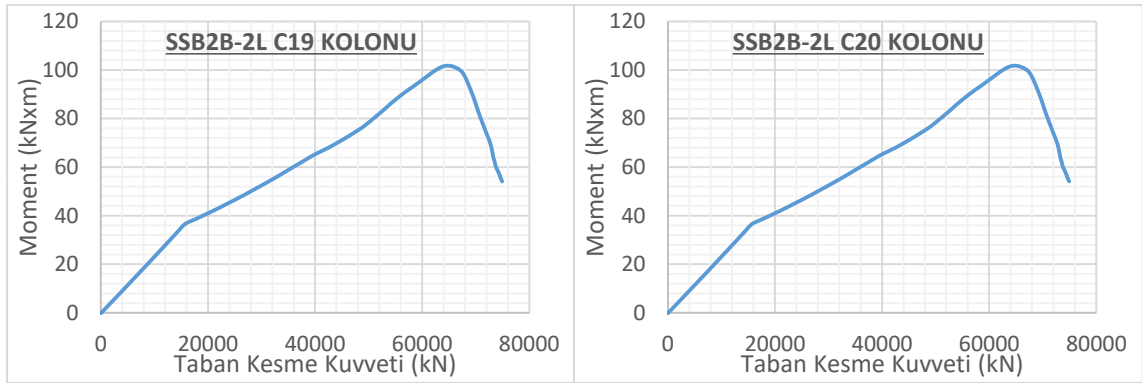
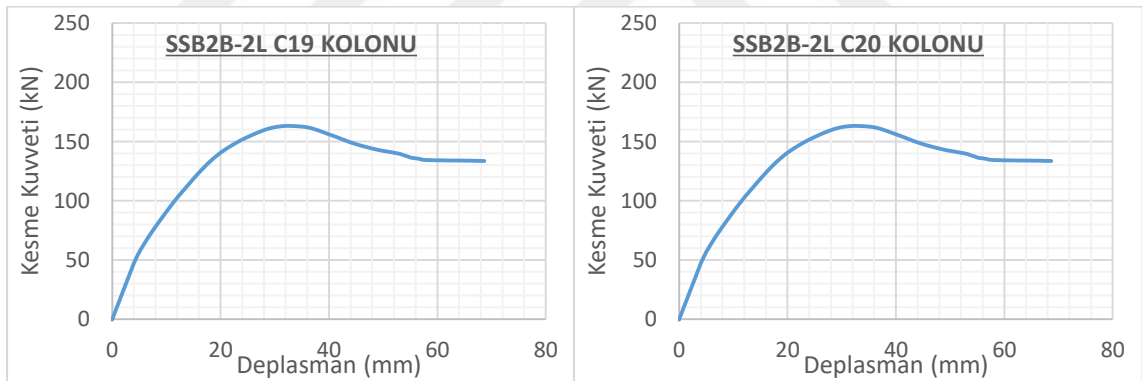
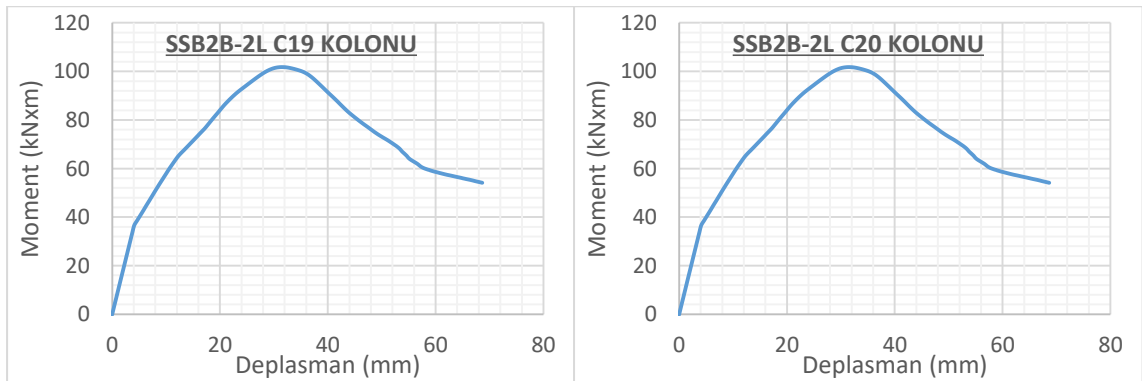
Şekil 4.286. SSB2B-2L modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

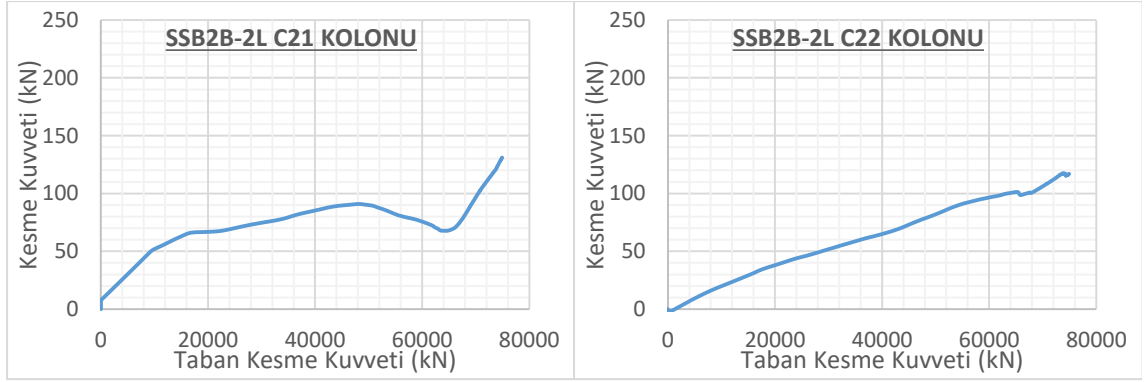
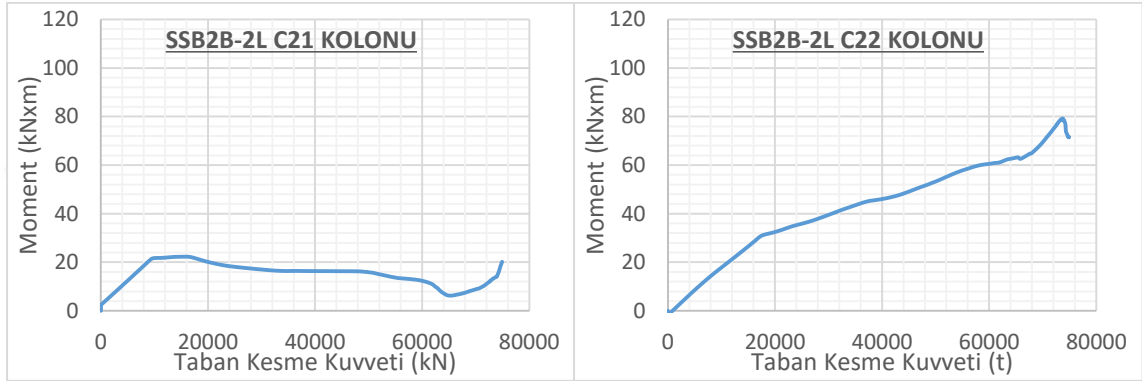
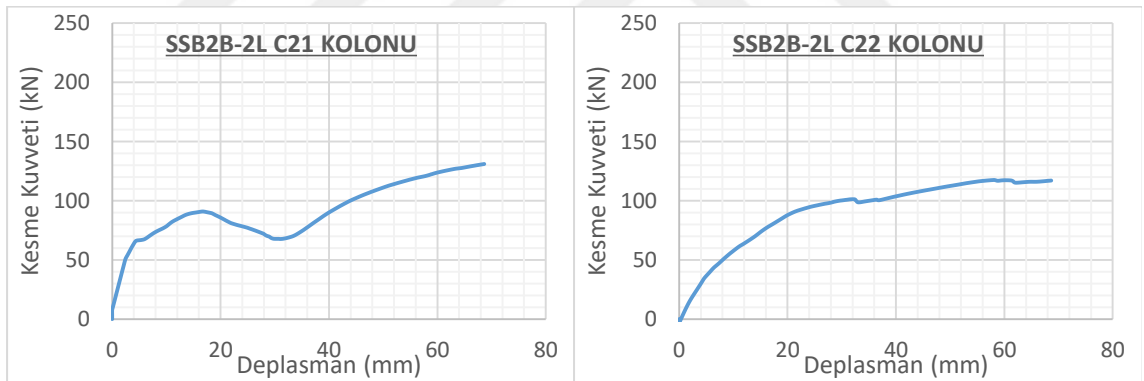
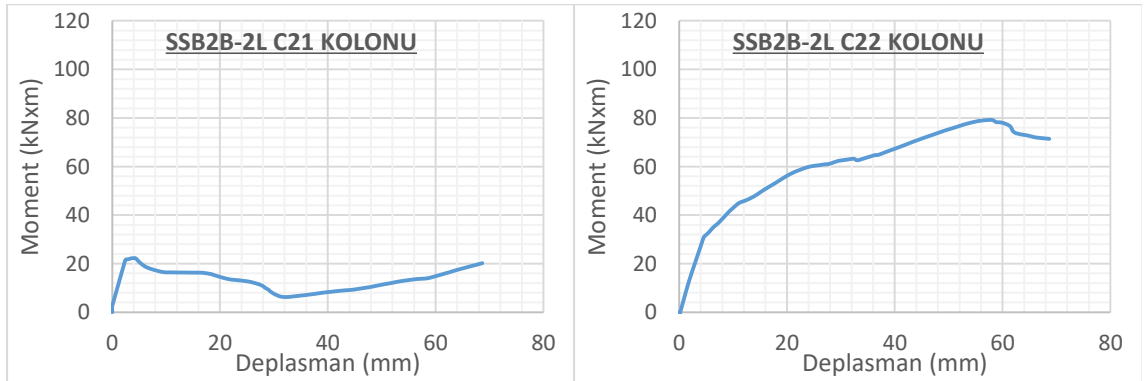
Şekil 4.287. SSB2B-2L modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

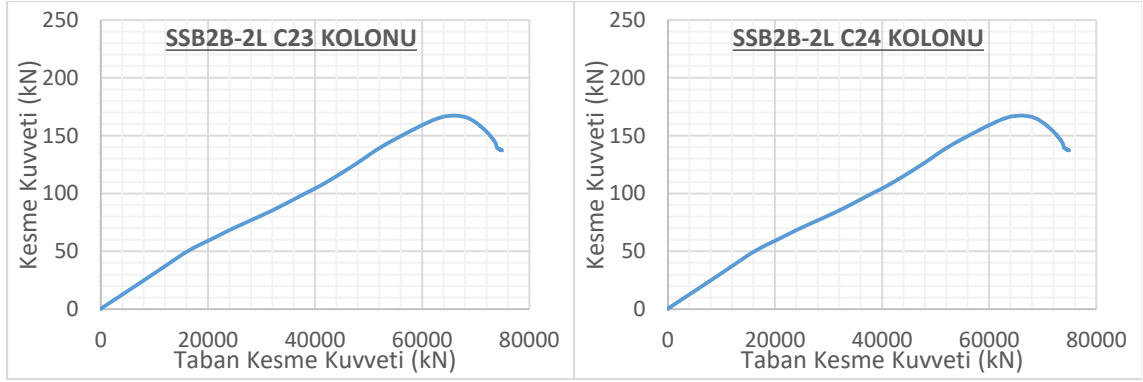
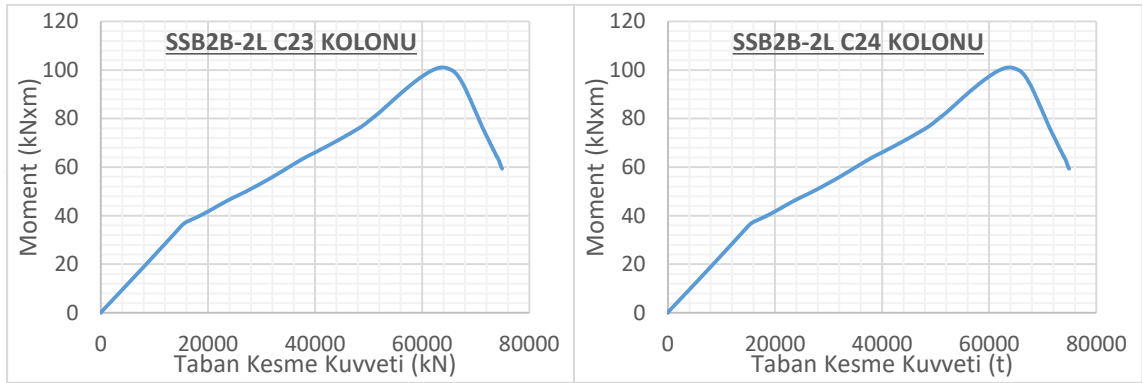
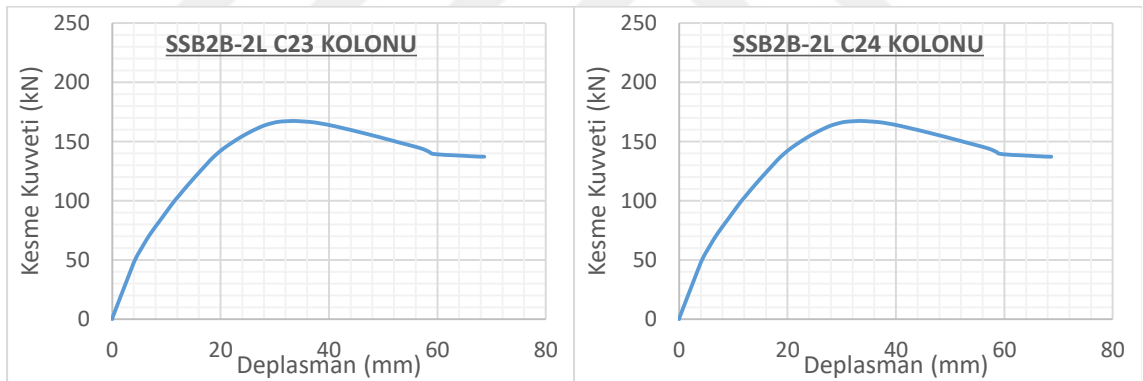
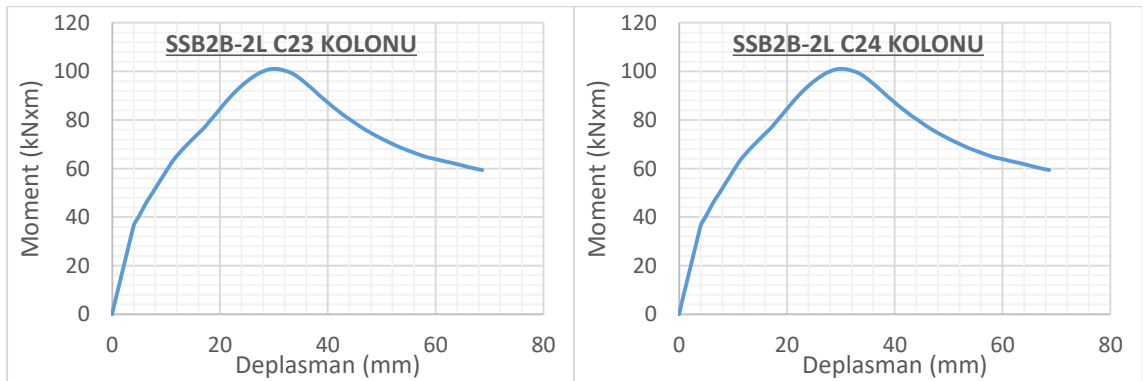
Şekil 4.288. SSB2B-2L modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

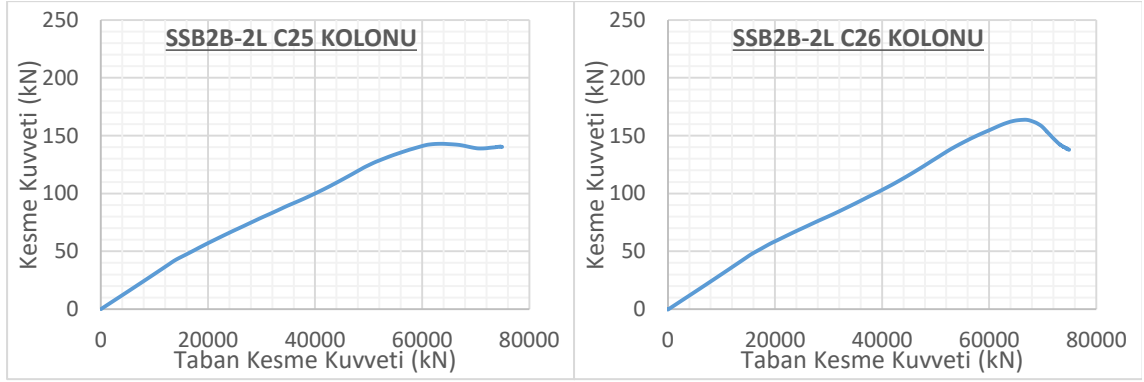
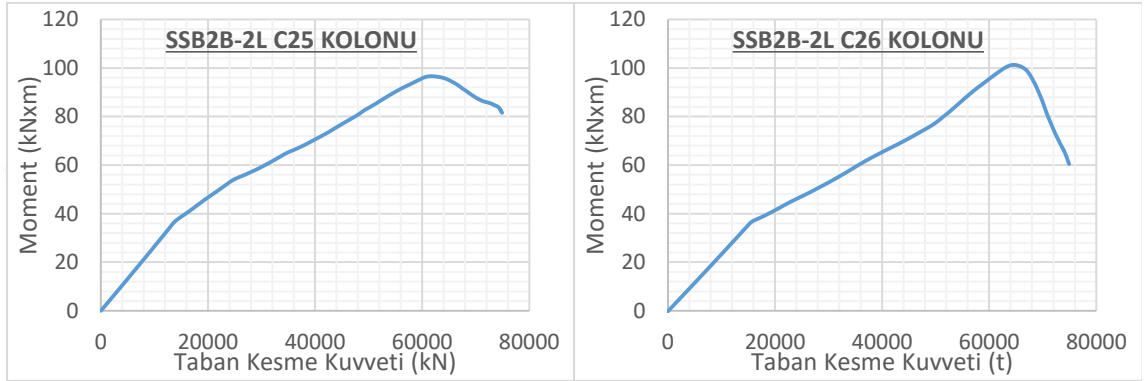
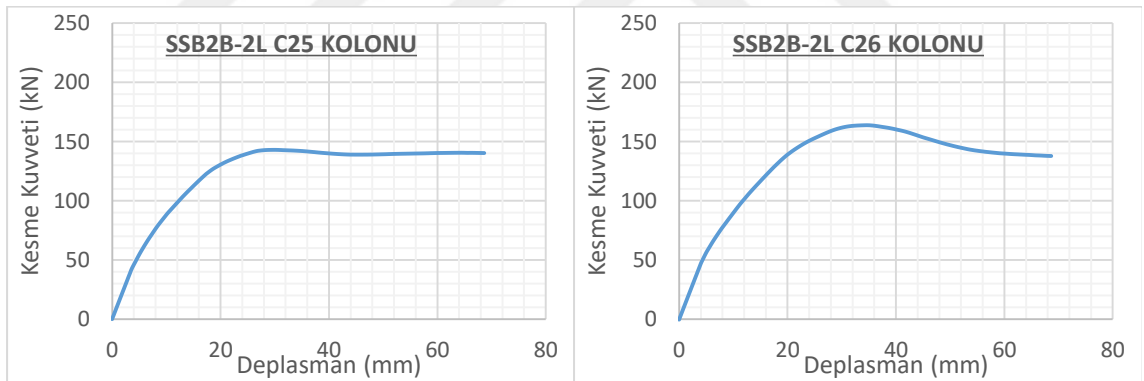
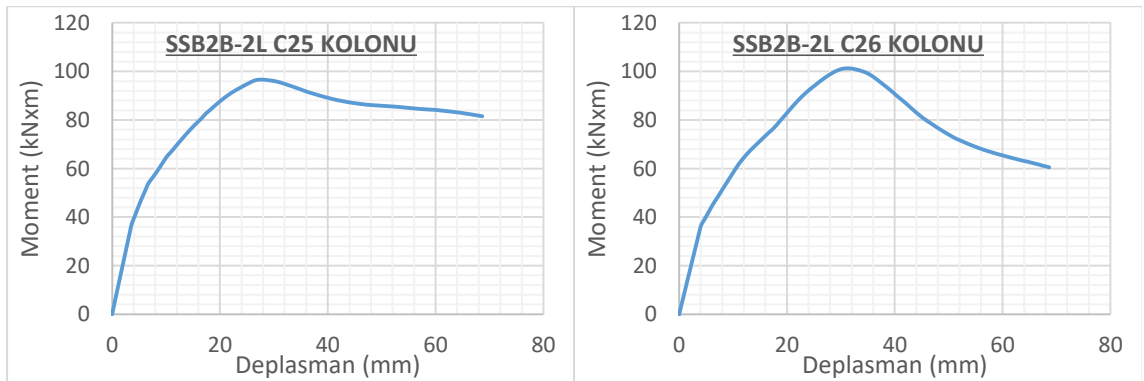
Şekil 4.289. SSB2B-2L modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

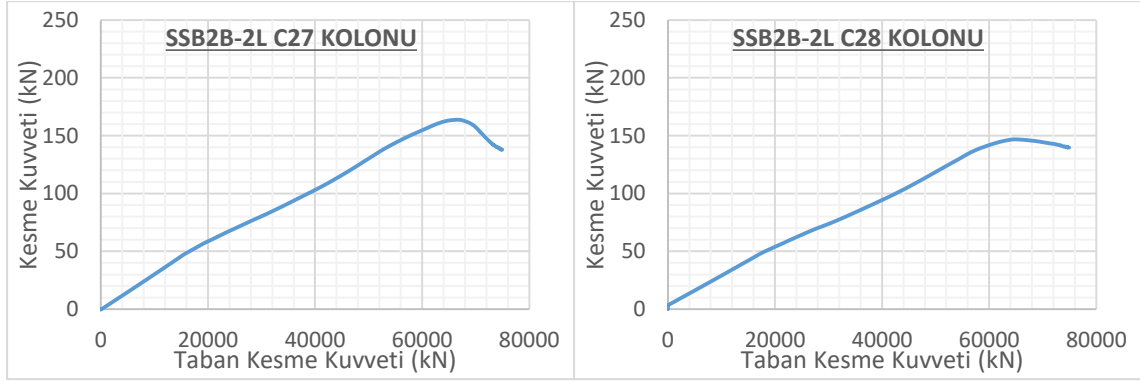
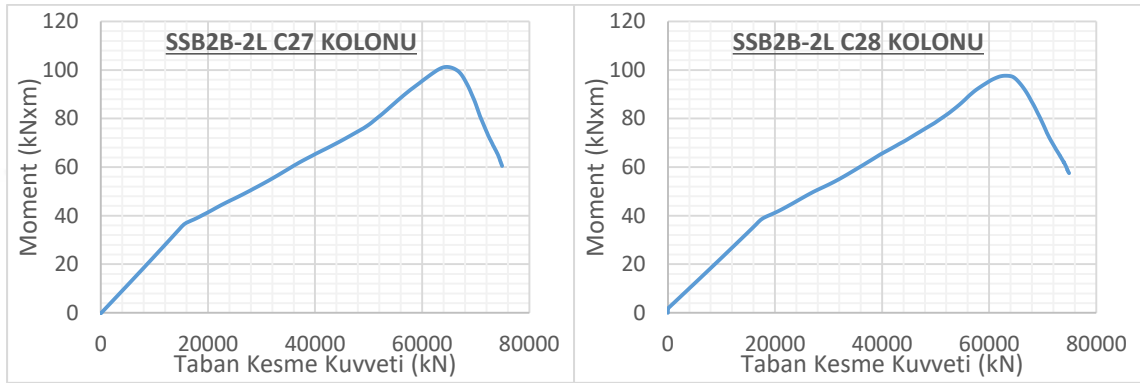
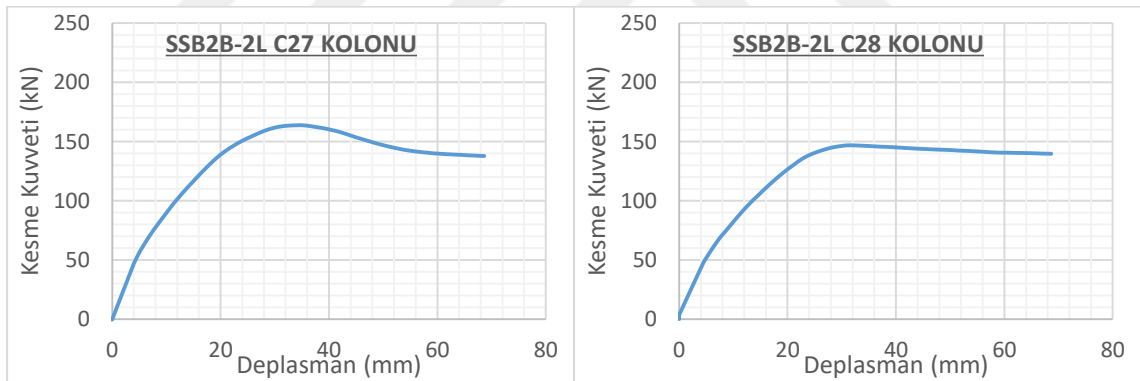
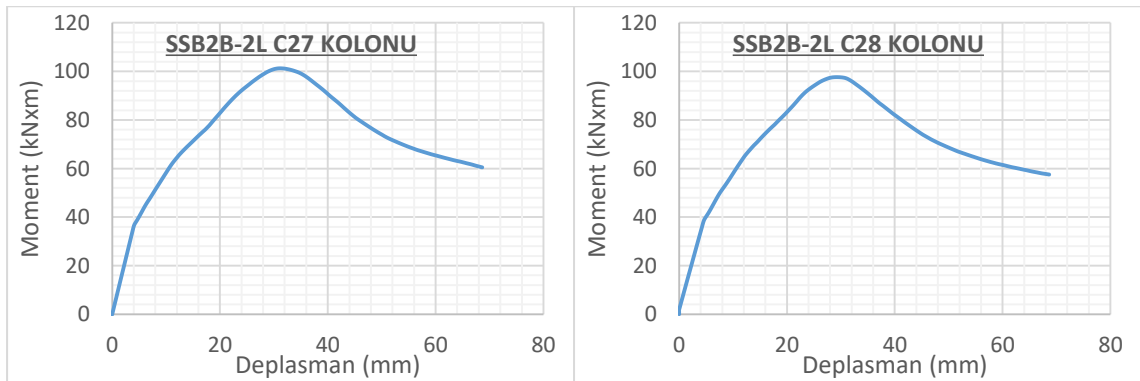
Şekil 4.290. SSB2B-2L modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.291. SSB2B-2L modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

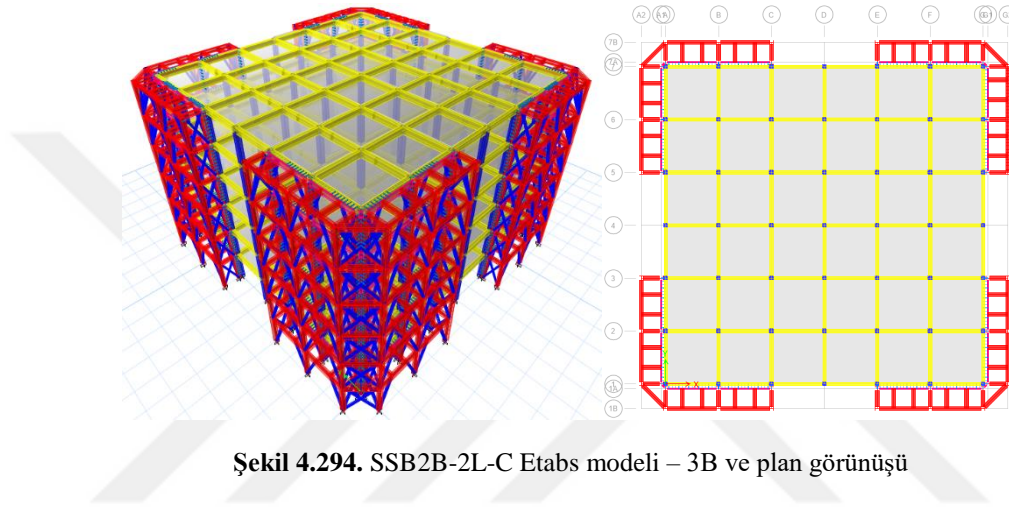
Şekil 4.292. SSB2B-2L modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.293. SSB2B-2L modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.12. SSB2B-2L-C güçlendirilmiş model

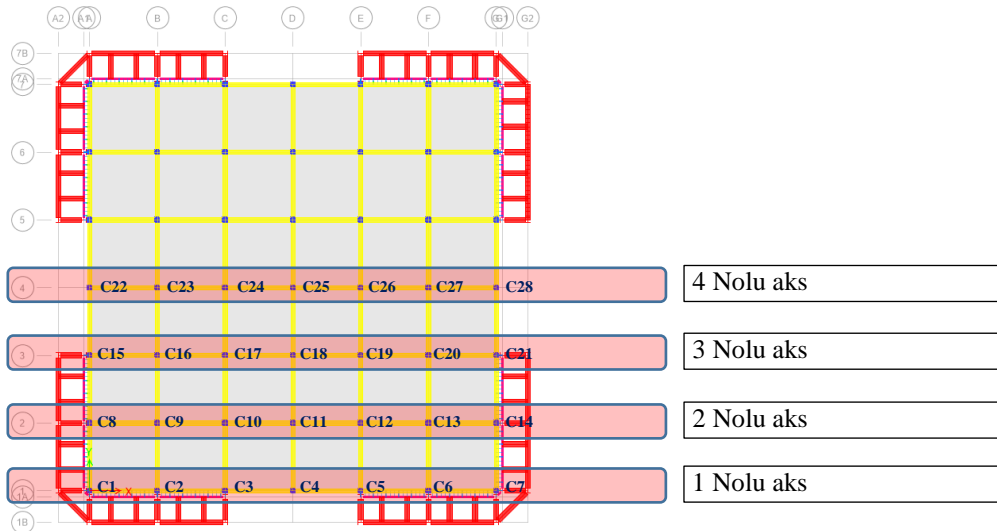
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB2B-2L-C) bina modelinde, **RB1** bina modelinin köşelerinde iki açıklıkta çift katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Ek olarak çelik elemanlar köşelerinden de birleştirilmiştir. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dışmerkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.294.’de sunulmuştur.



Şekil 4.294. SSB2B-2L-C Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.12.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

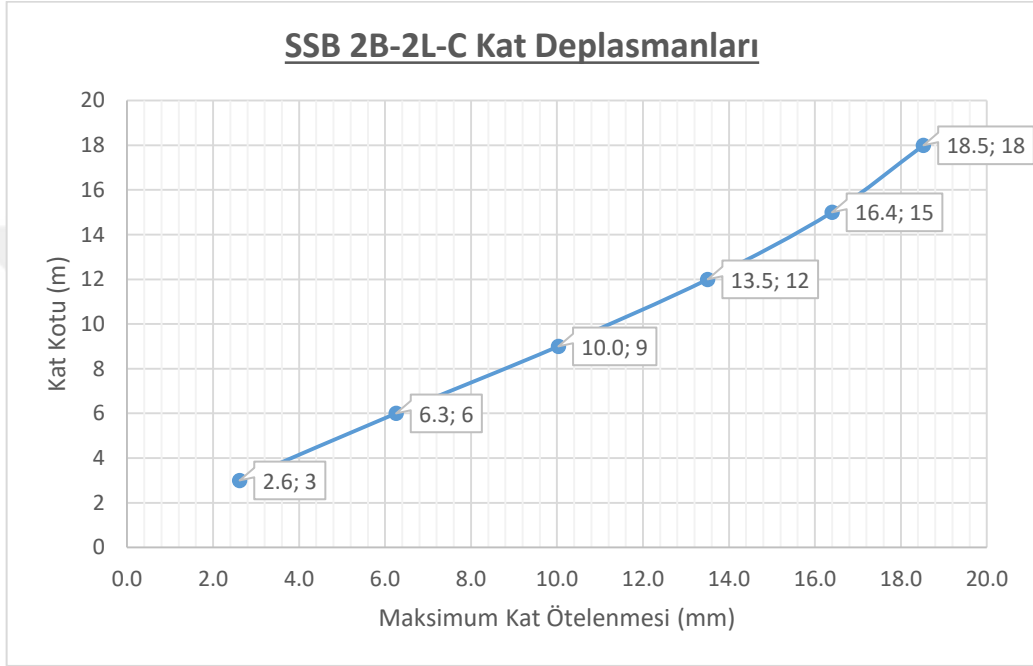
Analiz sonuçları deprem yüklemesi altında verilmiştir. Bina her iki yönde simetrik olduğu için “Y” yönüne ait sonuçlar gösterilmemiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve betonarme kolon isimleri Şekil 4.295.’de verilmiştir.



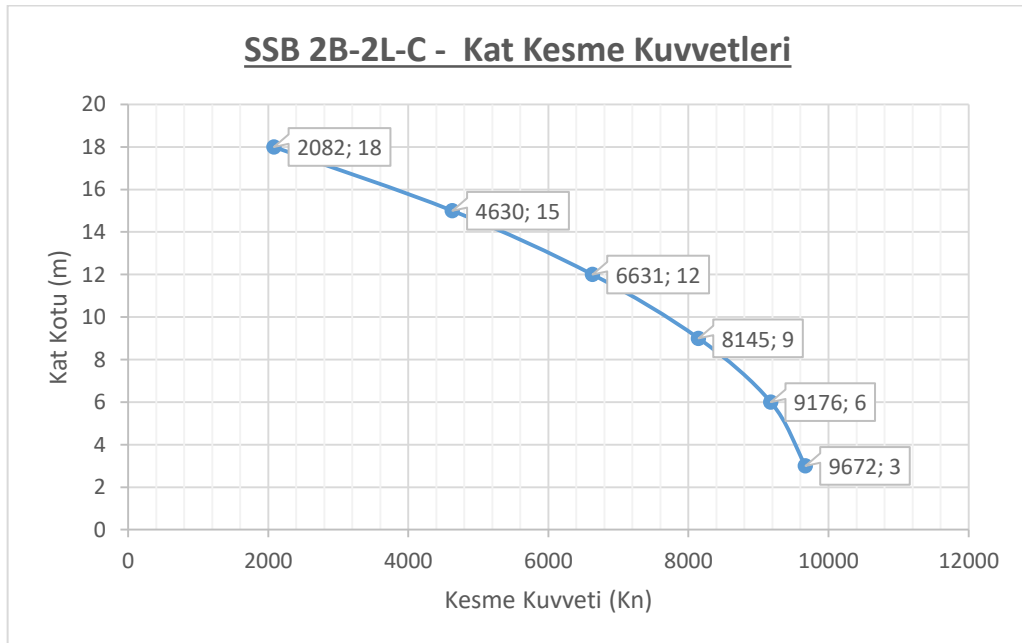
Şekil 4.295. SSB2B-2L-C kolon ve aks isimleri

Şekil 4.296.'de, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.297.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.298.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.14.'de verilmiştir.



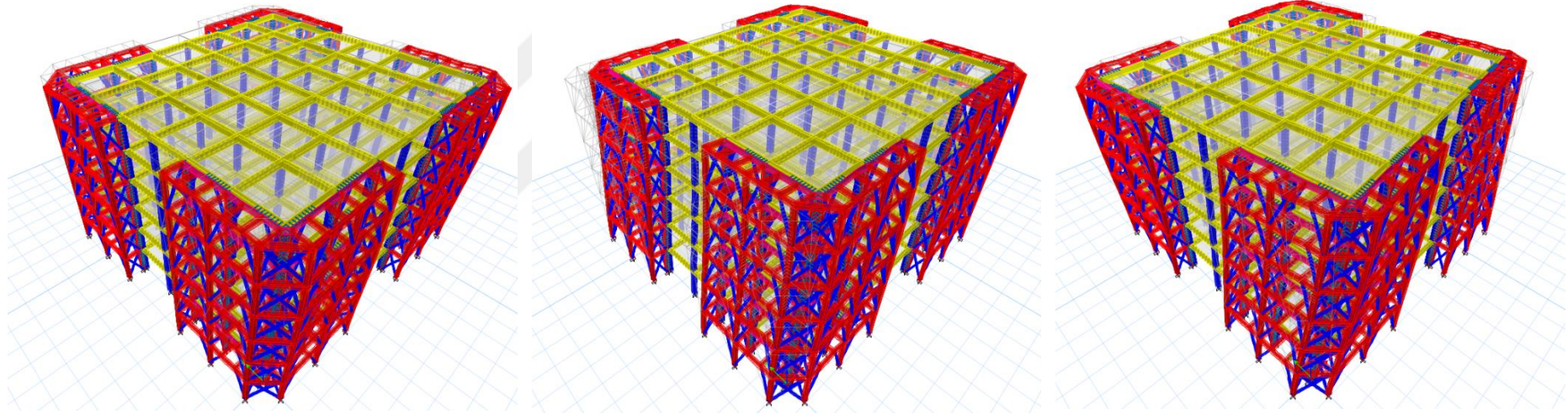
Şekil 4.296. SSB2B-2L-C Kat deplasmanları



Şekil 4.297. SSB2B-2L-C Kat kesme kuvveti

Şekil 4.299. - Şekil 4.302.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.303. - Şekil 4.306.'de sunulmuştur.





a) SSB2B-2L-C – 1. Mod deplasmanı

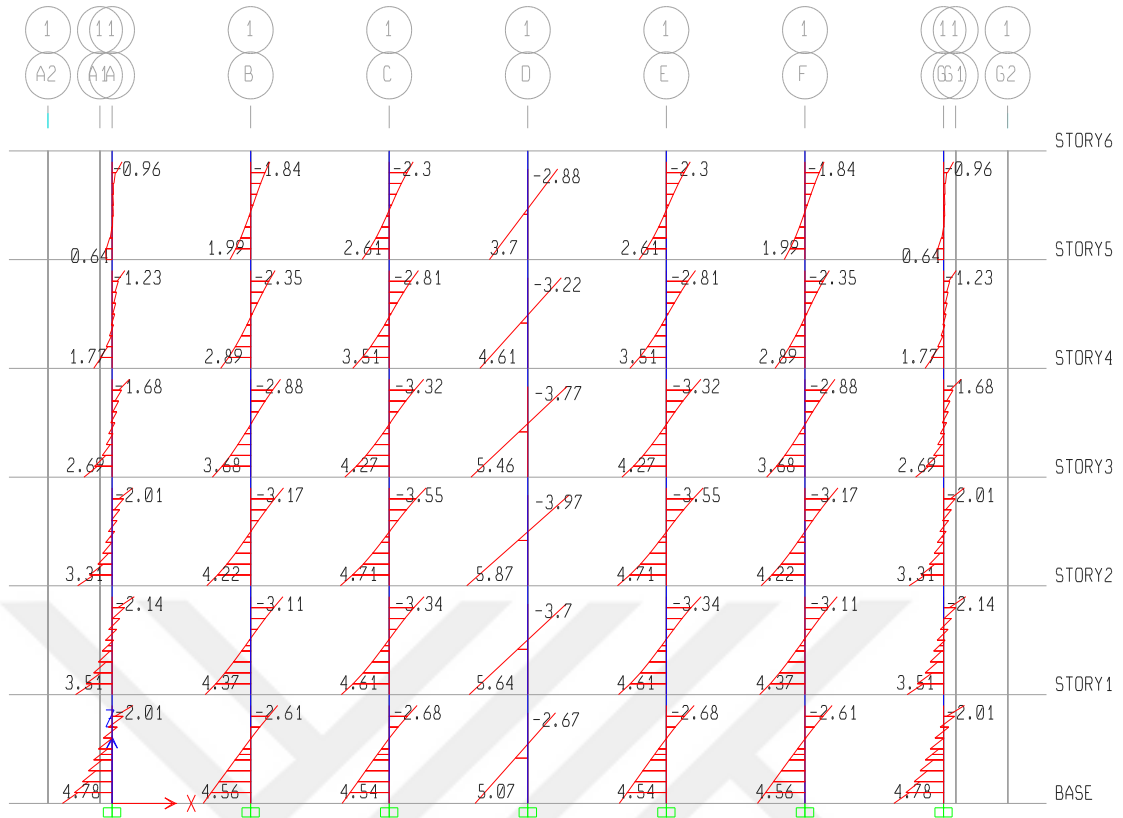
b) SSB2B-2L-C – 2. Mod deplasmanı

c) SSB2B-2L-C – 3. Mod deplasmanı

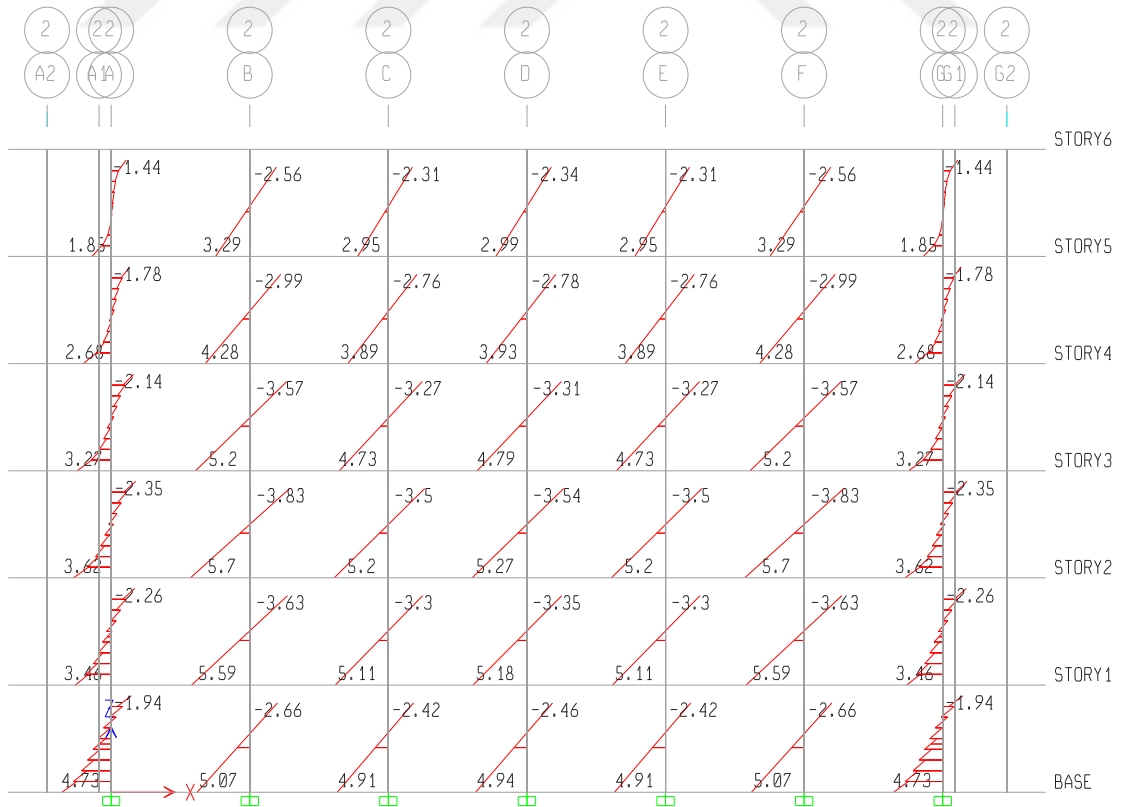
Şekil 4.298. SSB2B-2L-C binası ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	0.459	-	-
Modal	2. Mod	-	0.459	-
Modal	3. Mod	-	-	0.297

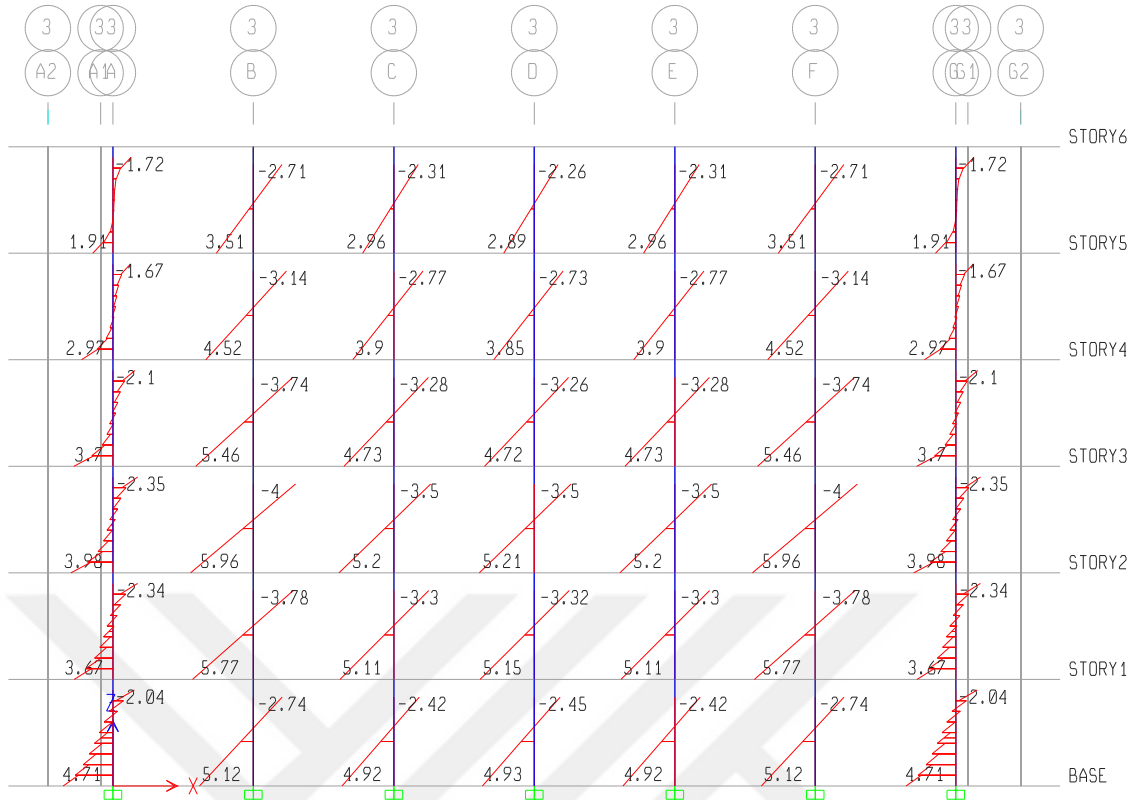
Çizelge 4.14. SSB2B-2L-C Binası ilk 3 moda ait periyodlar



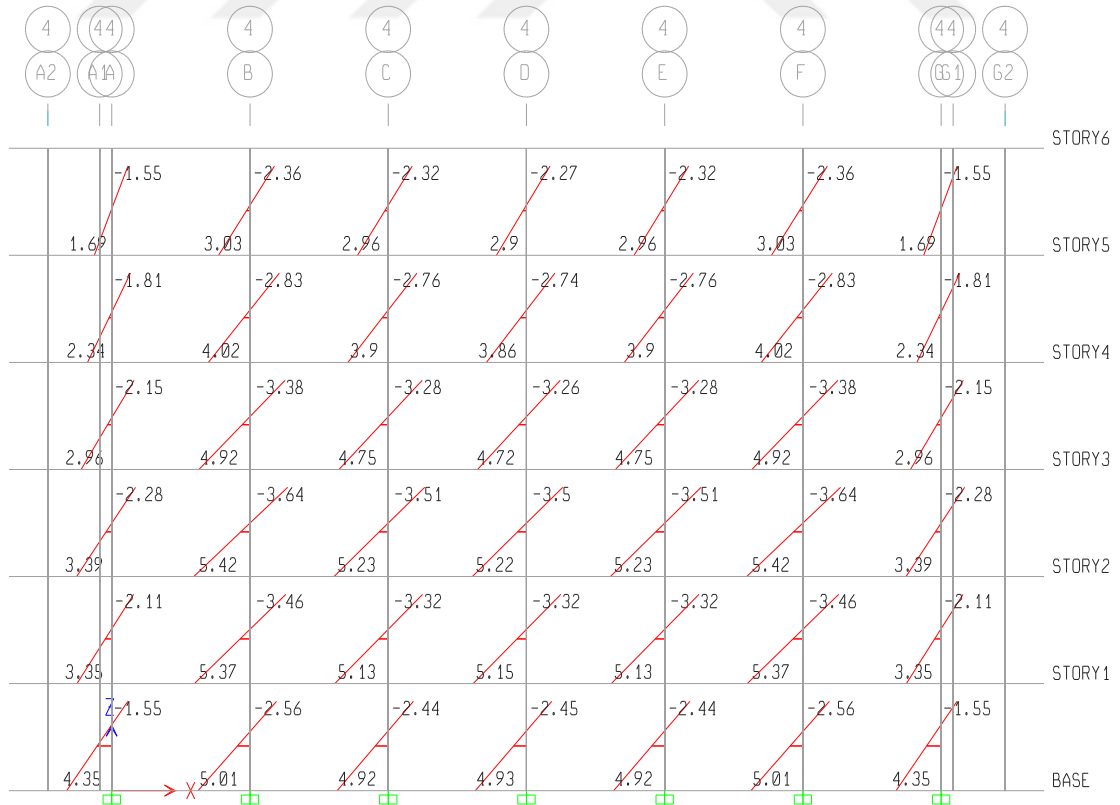
Şekil 4.299. SSB2B-2L-C binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



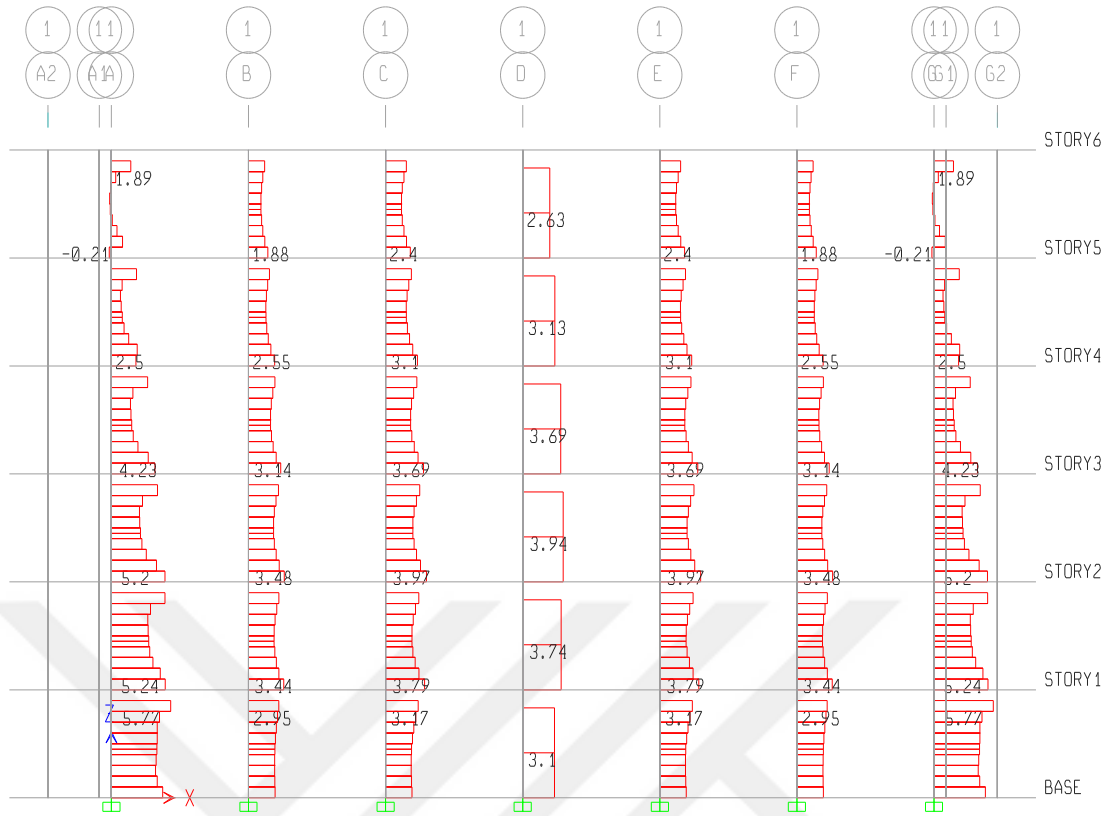
Şekil 4.300. SSB2B-2L-C binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



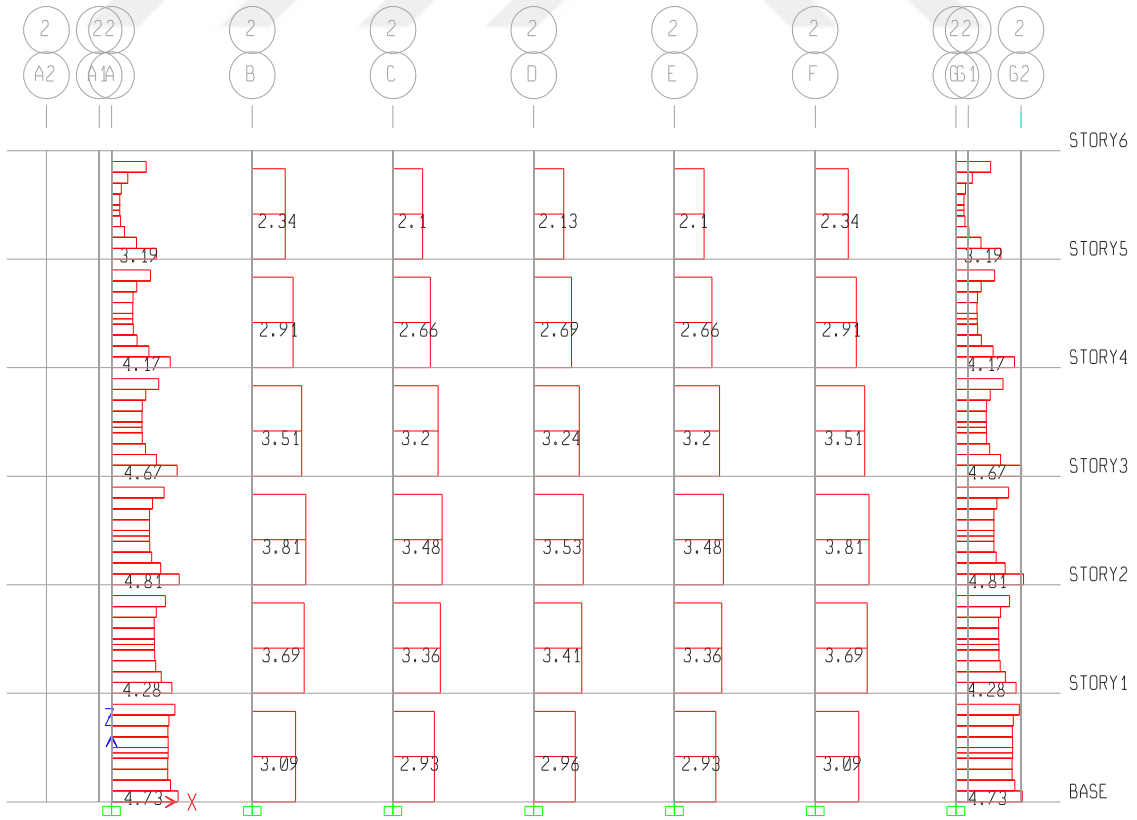
Şekil 4.301. SSB2B-2L-C binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



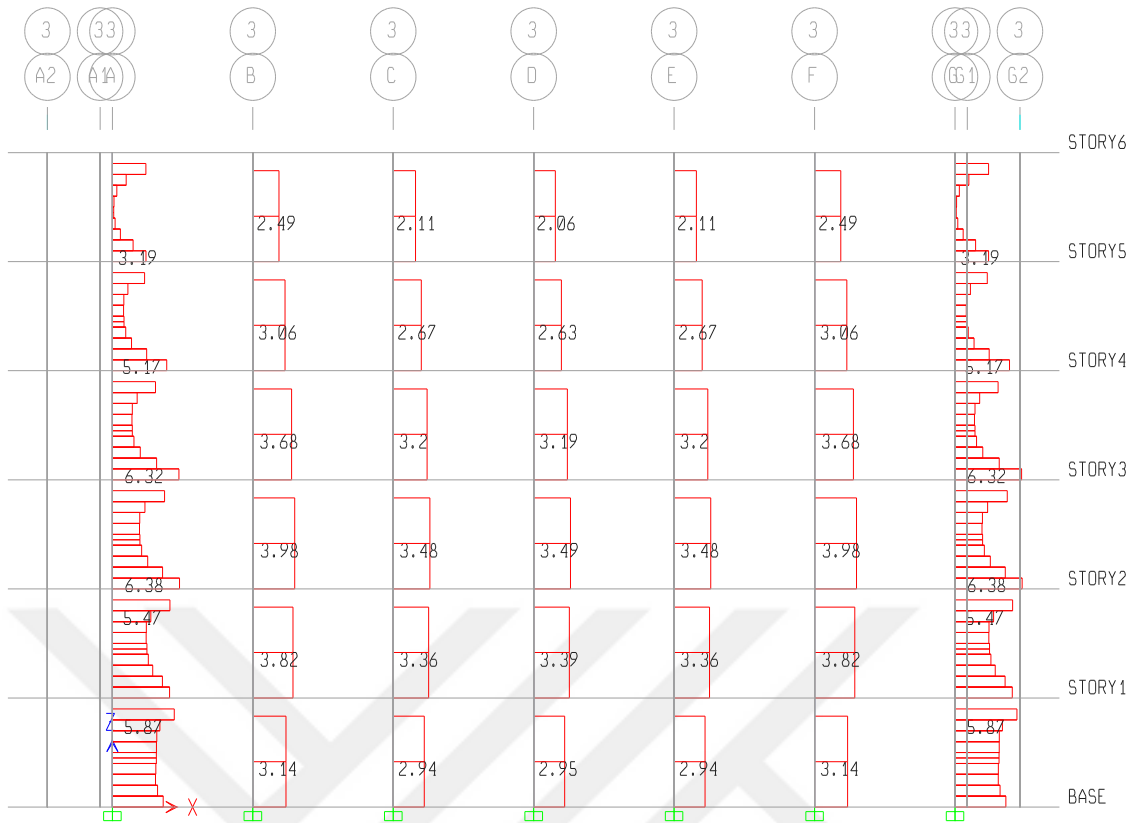
Şekil 4.302. SSB2B-2L-C binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



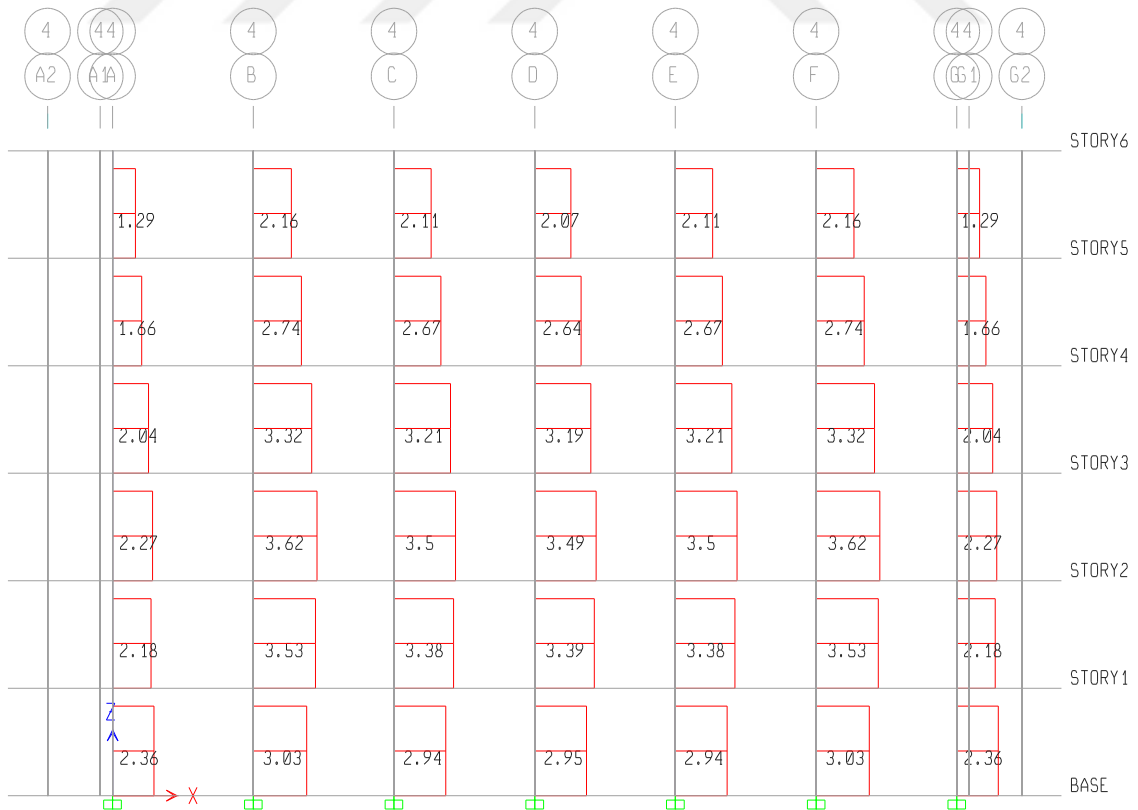
Şekil 4.303. SSB2B-2L-C binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.304. SSB2B-2L-C binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.305. SSB2B-2L-C binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.306. SSB2B-2L-C binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

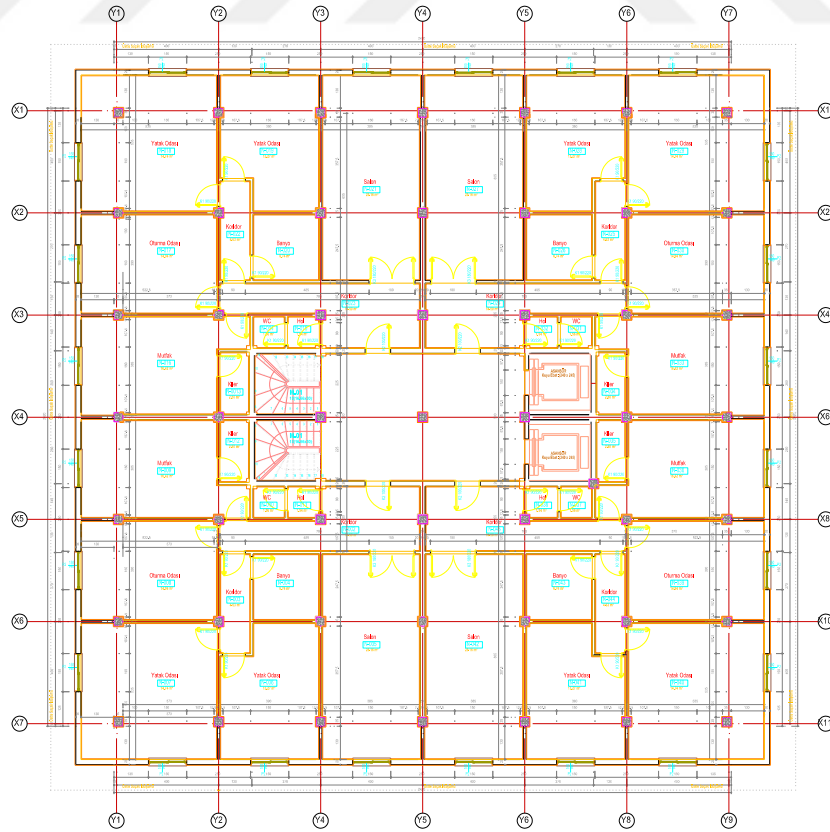
4.3.13. Referans model – RB2

Üçüncü aşama ikinci modelde analiz referans bina modeli olarak birinci modelde olduğu gibi ülkemizde çok kullanıma sahip, deprem sonrasında en fazla hasar gören yapılardan olan konut tipi bina seçilmiştir. Birinci referans bina modelinden farkı bu binanın her iki yönde de 1.50 m konsol çıkmalara sahip olmasıdır. Taşıyıcı sistemi her iki yönde de simetrik olan binaya ait özellikler, 3B görünüş ve tip kat mimari plan Şekil 4.307., Şekil 4.308. ve Şekil 4.309.’de verilmiştir. Bina özellikleri;

- Kat Sayısı : 6
- Kat Yüksekliği : 3.00 m
- Aks Mesafeleri : 4.00 m

şeklindedir. Katta 4 daire olarak tasarlanmıştır. Bina taşıyıcı sistemi X ve Y yönlerinde kendi içinde simetriktir.

Deprem parametreleri, zemin özellikleri, Etabs ve Abaqus modelleme yöntemi gibi tüm diğer parametreler RB1 bina modeli ile aynıdır. Bu yüzden **RB2** modeli için burada tekrar anlatılmayacaktır.



Şekil 4.307. Referans bina 2 – mimari tip kat planı



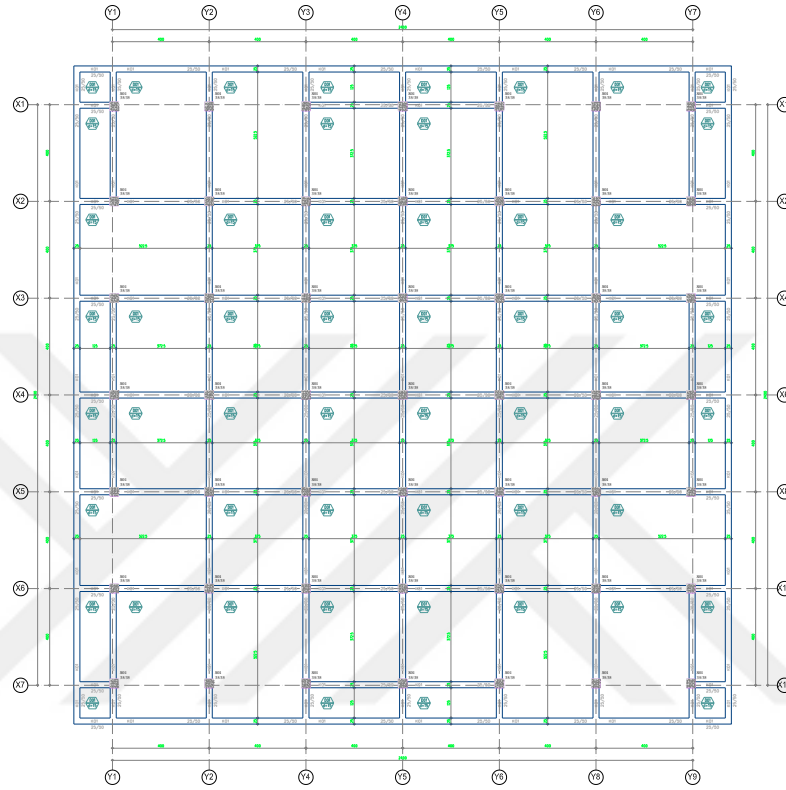
Şekil 4.308. Referans bina 2 – 3B görsel 1



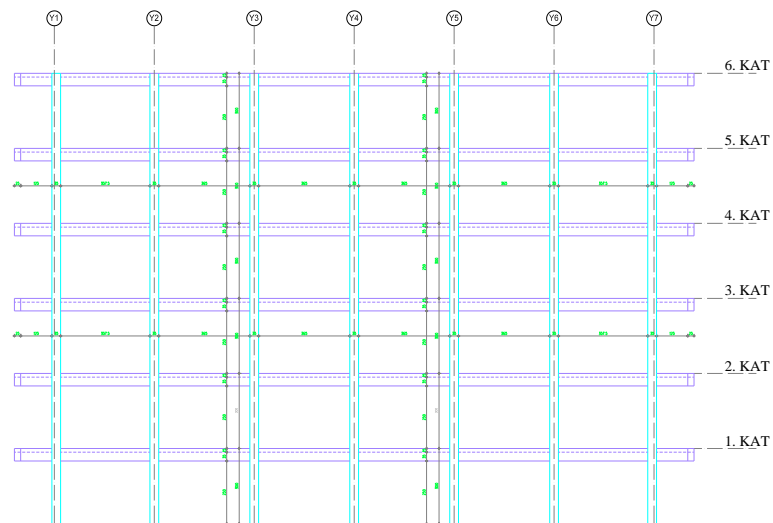
Şekil 4.309. Referans bina 2 – 3B görsel 2

4.3.13.1. Kalıp planı ve görünüşler

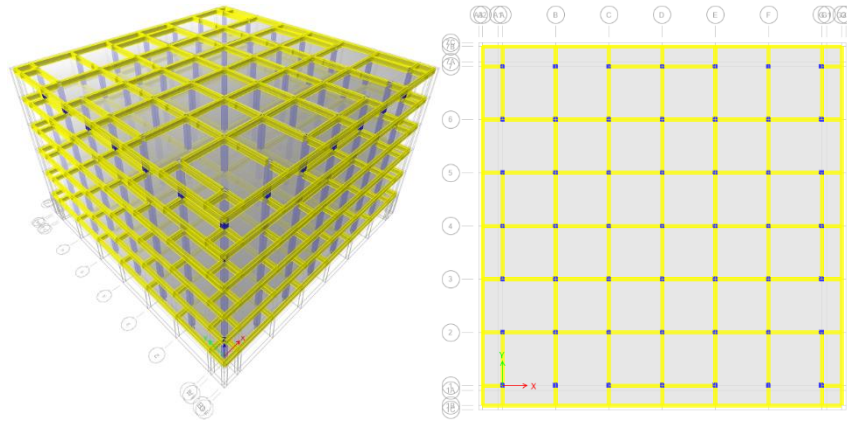
RB2 modeline ait tip kat kalıp planı Şekil 4.310.'de, taşıyıcı sistem kesiti Şekil 4.311.'de, Etabs modeli ise Şekil 4.312.'de verilmiştir.



Şekil 4.310. Referans bina 2 – tip kat kalıp planı



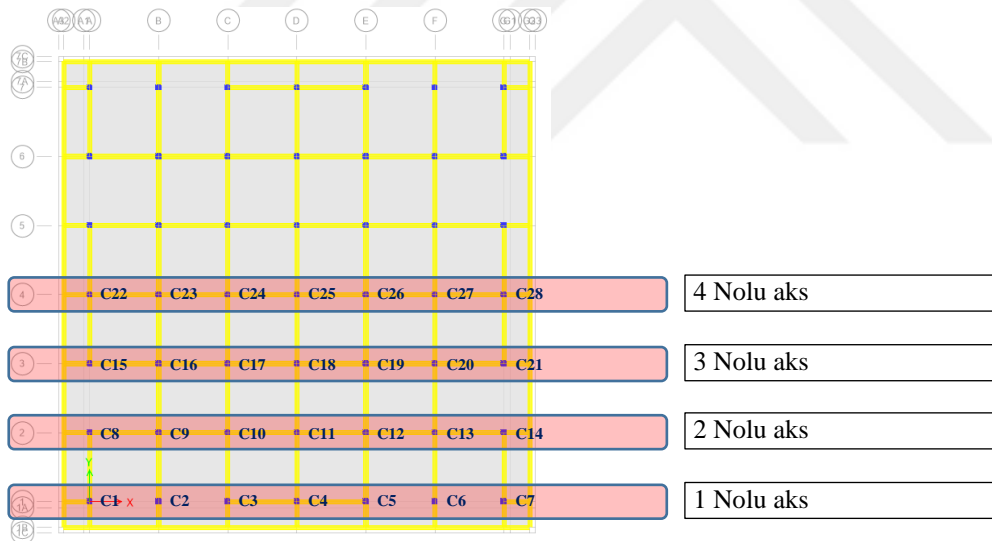
Şekil 4.311. Referans bina 2 – taşıyıcı sistem kesiti



Şekil 4.312. RB2 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.13.2. Doğrusal analiz analiz sonuçları

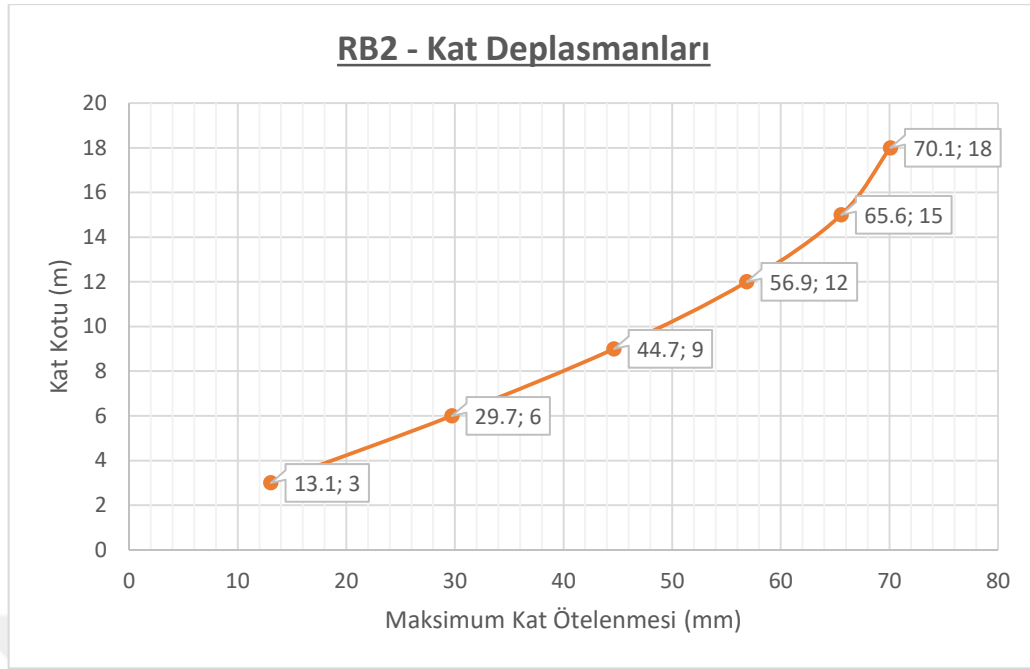
Analiz sonuçları Ex deprem yüklemesi altında verilmiştir. Sadece “X” yönüne ait sonuçlar gösterilmiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve kolon isimleri Şekil 4.313.’de gösterilmiştir



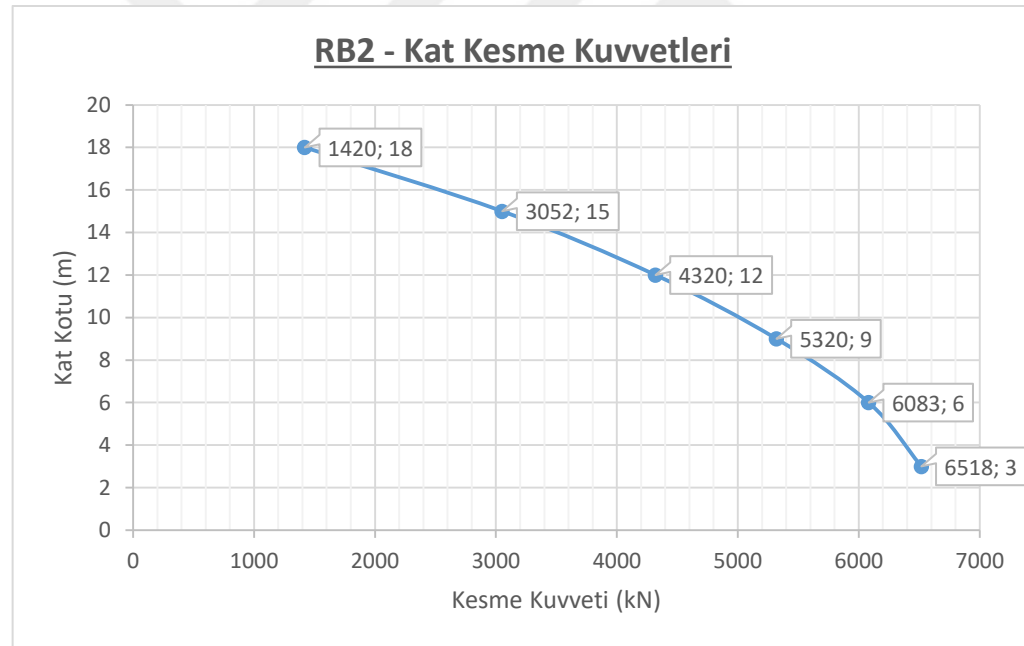
Şekil 4.313. RB2 kolon ve aks isimleri

Şekil 4.314.’da, deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksen), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.315.’de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksen), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.316.’de, periyod değerleri ise Çizelge 4.15.’de verilmiştir.

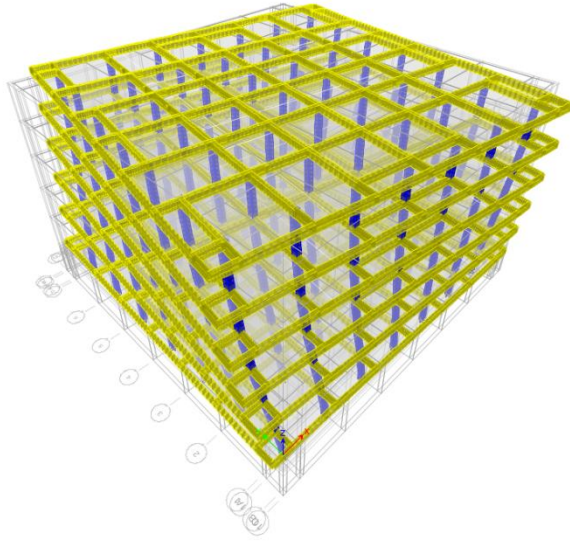


Şekil 4.314. RB2 Kat deplasmanları

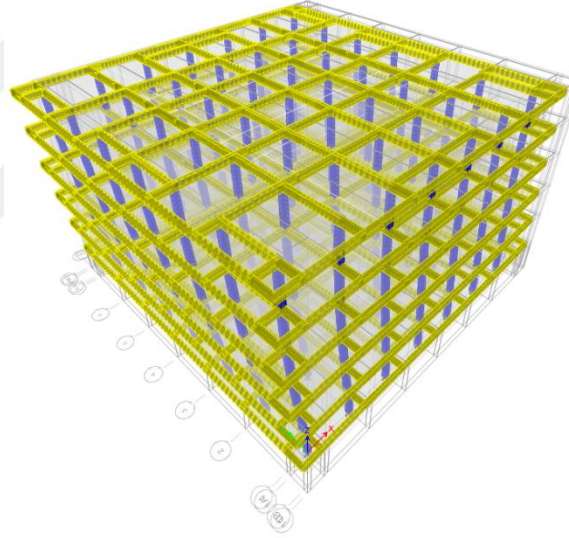


Şekil 4.315. RB2 Kat kesme kuvvetleri

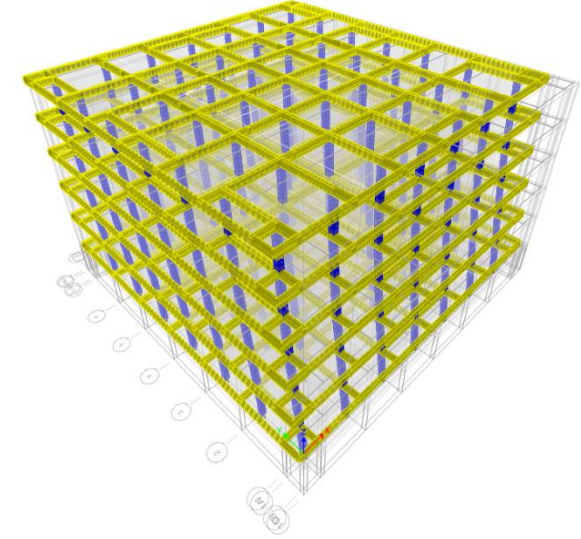
Şekil 4.317. - Şekil 4.320.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.321. -Şekil 4.324.'da sunulmuştur.



a) RB2 – 1. Mod deplasmanı



b) RB2 – 2. Mod deplasmanı

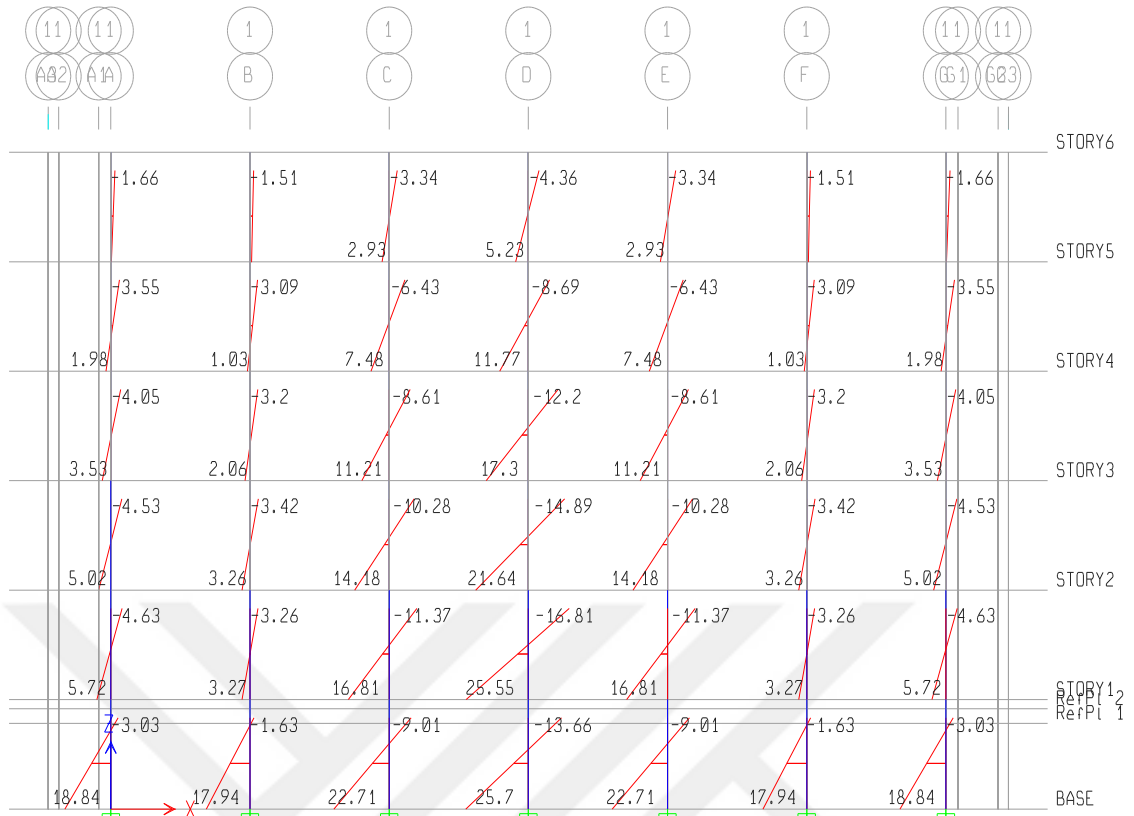


c) RB2 – 3. Mod deplasmanı

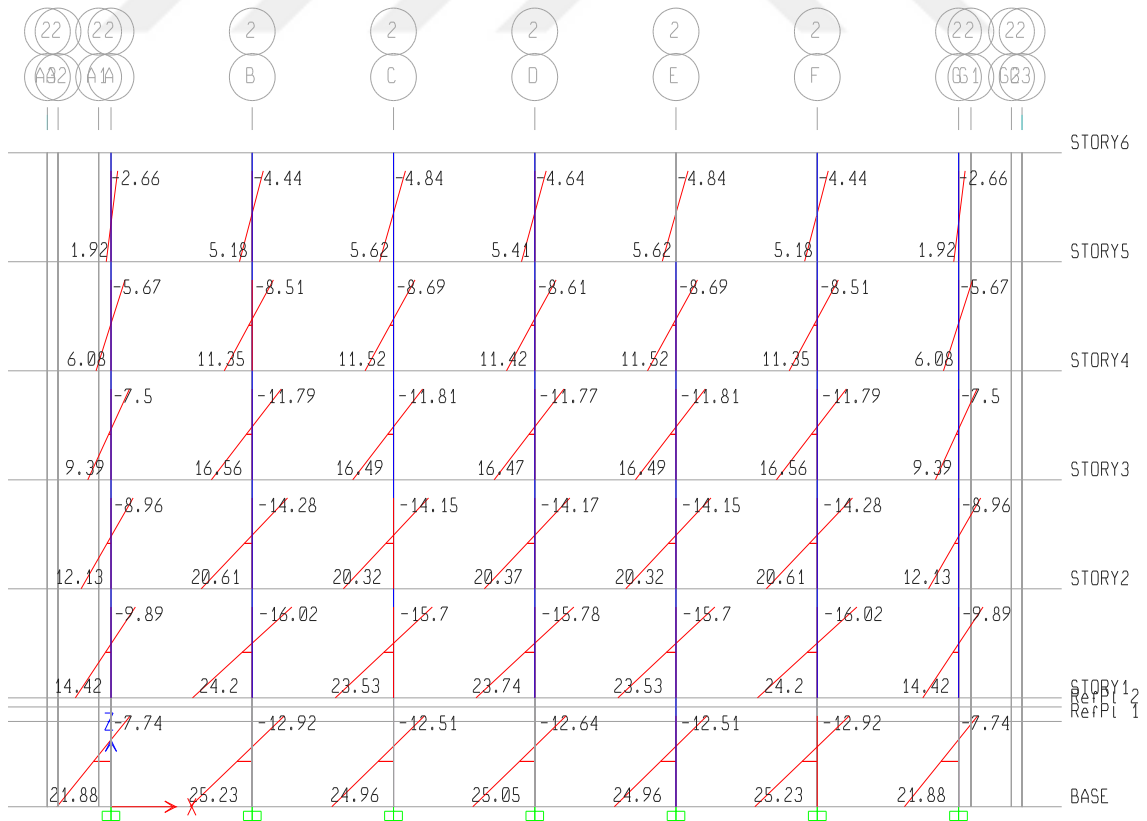
Şekil 4.316. RB2 modeli ilk 3 mod deplasmanları

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	-	-	1.246
Modal	2. Mod	1.205	-	-
Modal	3. Mod	-	1.151	-

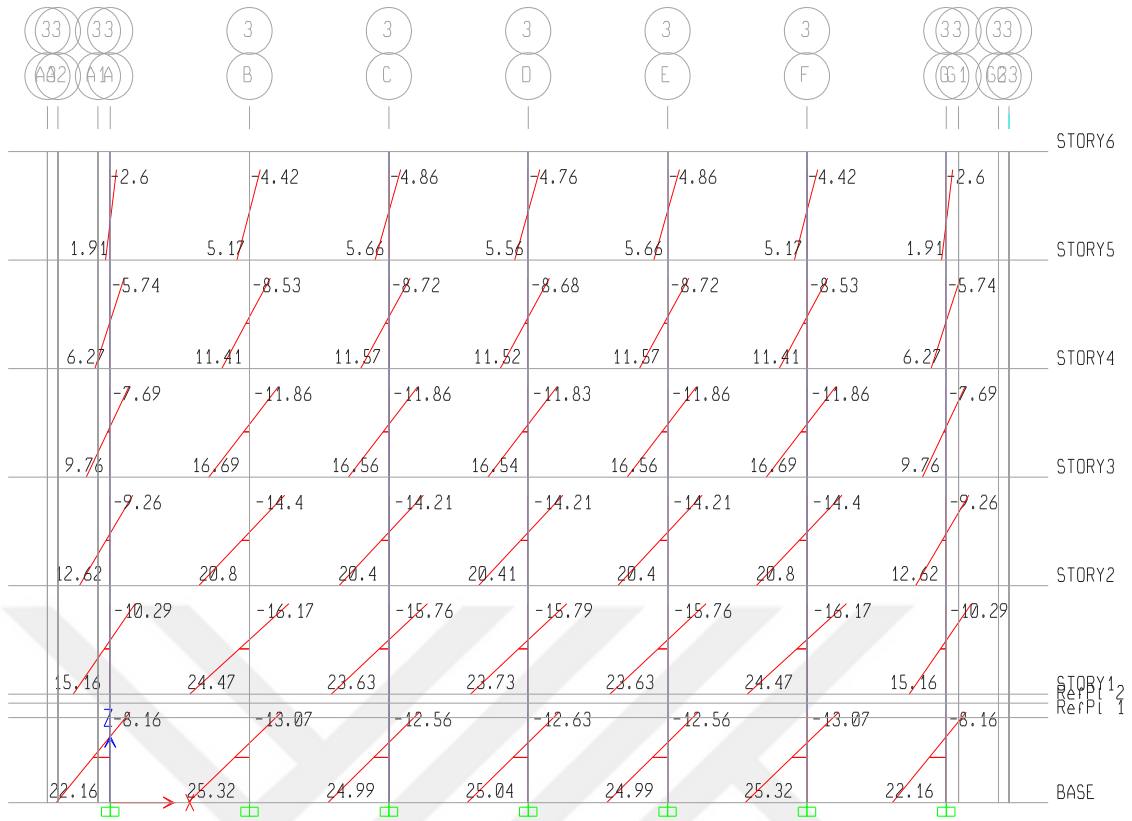
Çizelge 4.15. RB2 modeli ilk 3 moda ait periyodlar



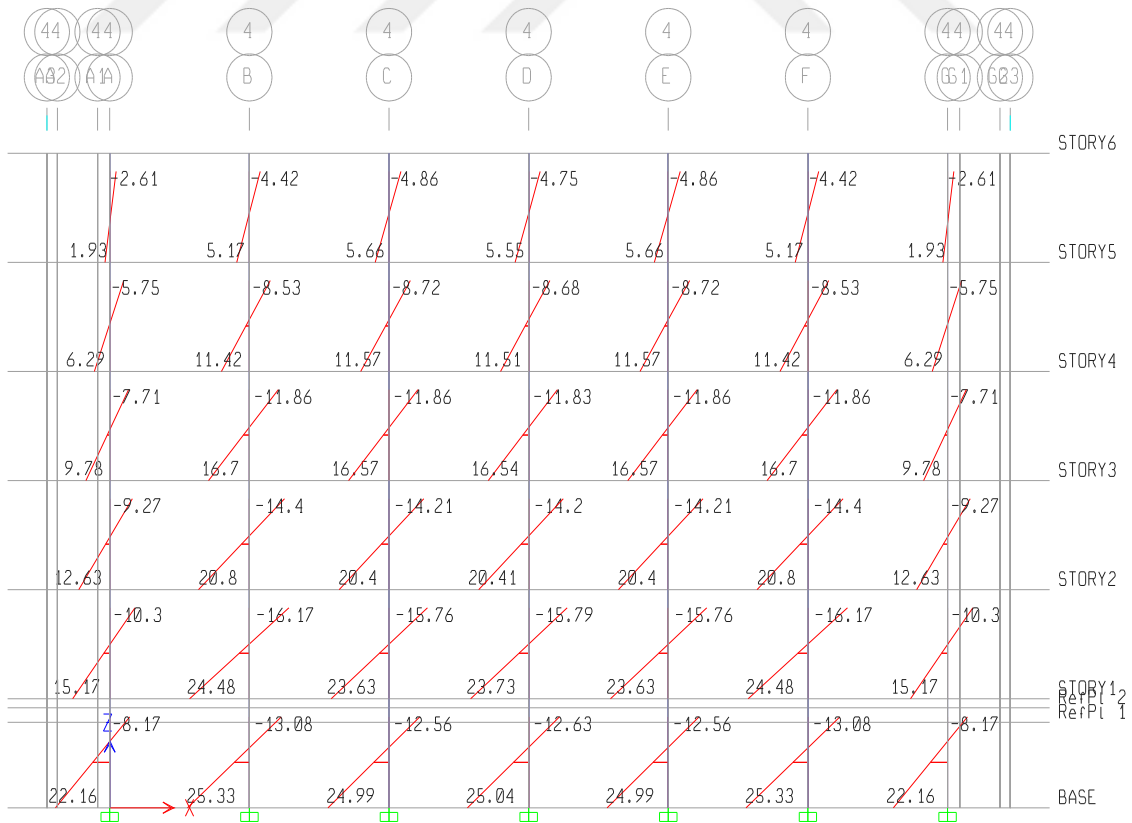
Şekil 4.317. RB2 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



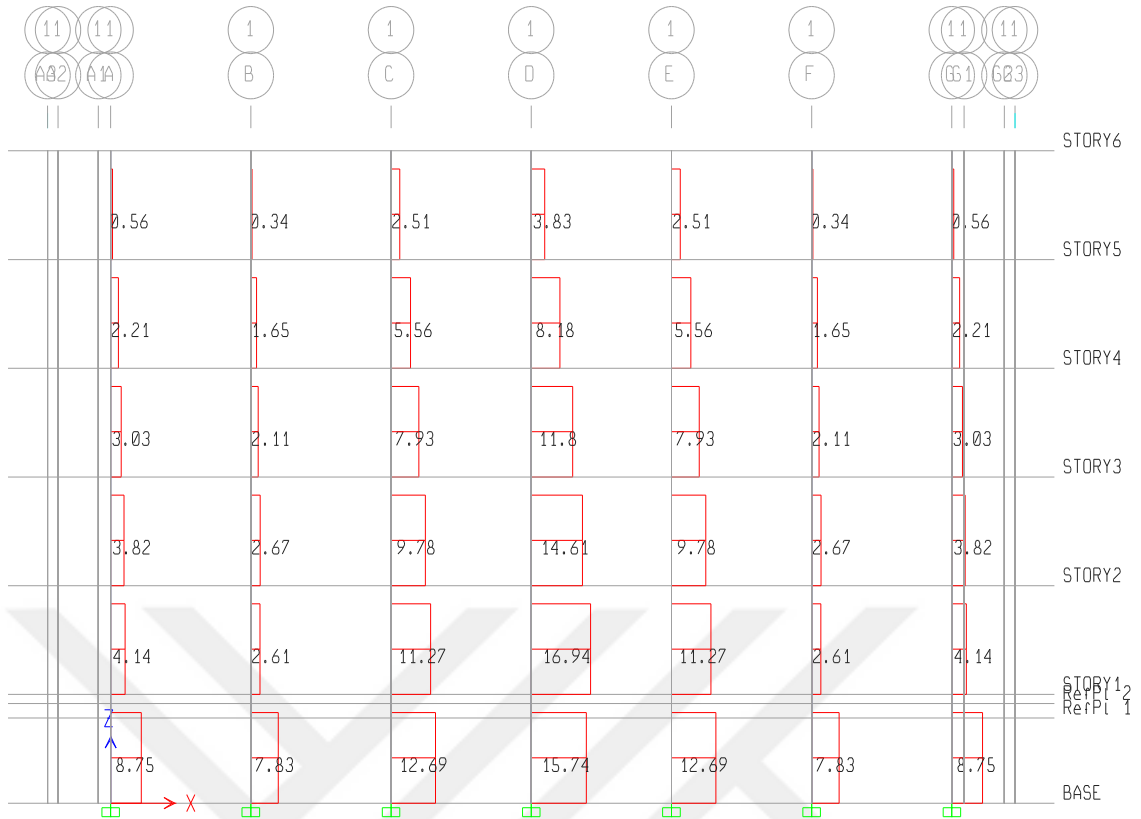
Şekil 4.318. RB2 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNxm)



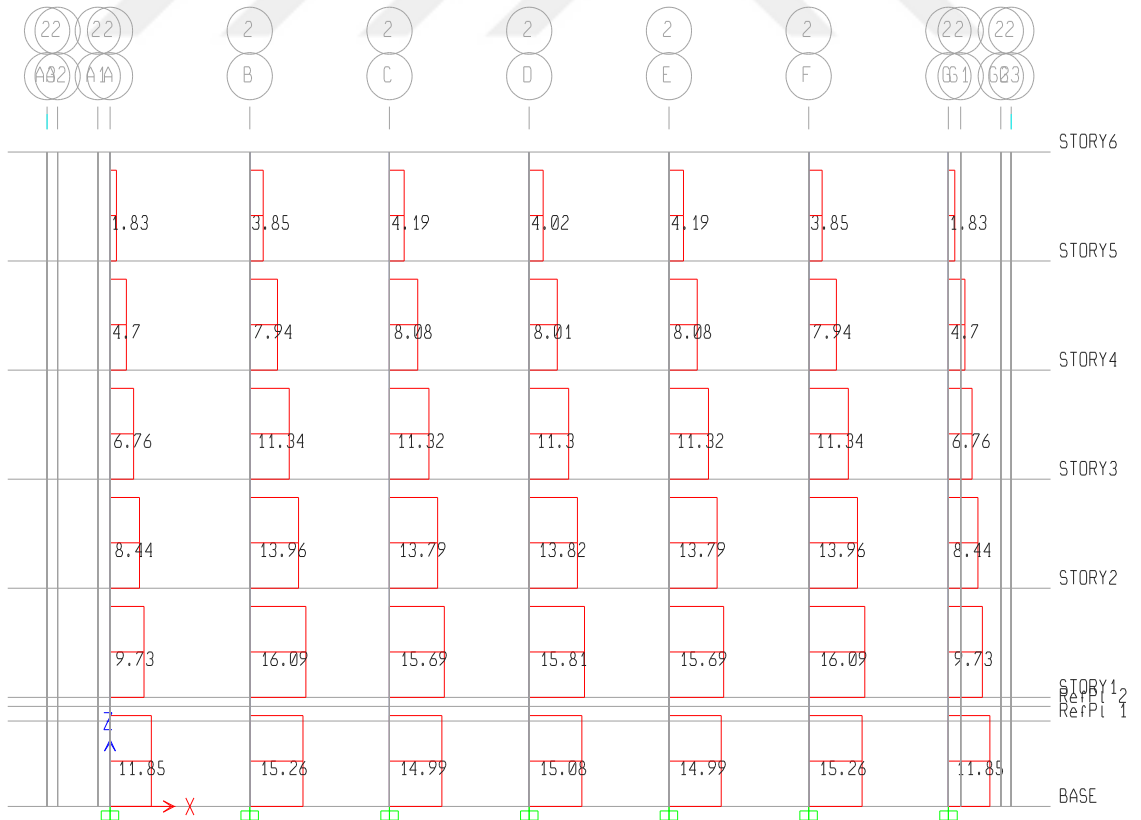
Şekil 4.319. RB2 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



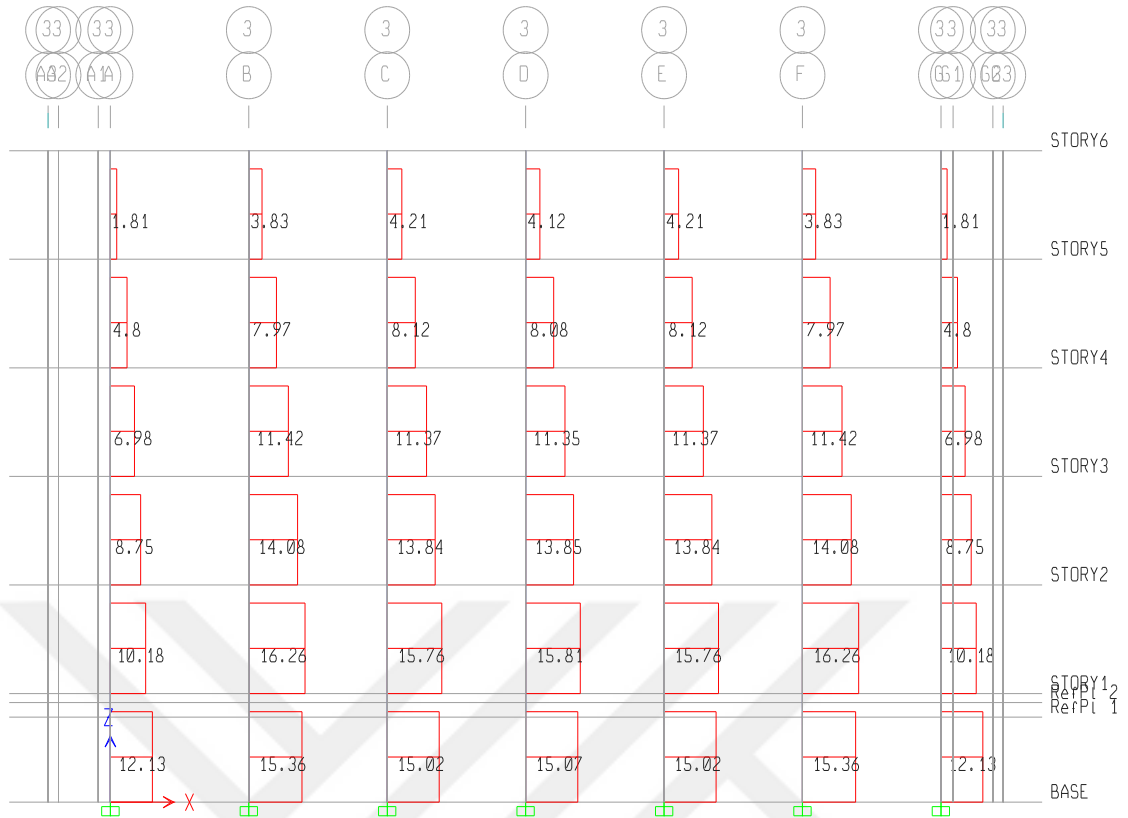
Şekil 4.320. RB2 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



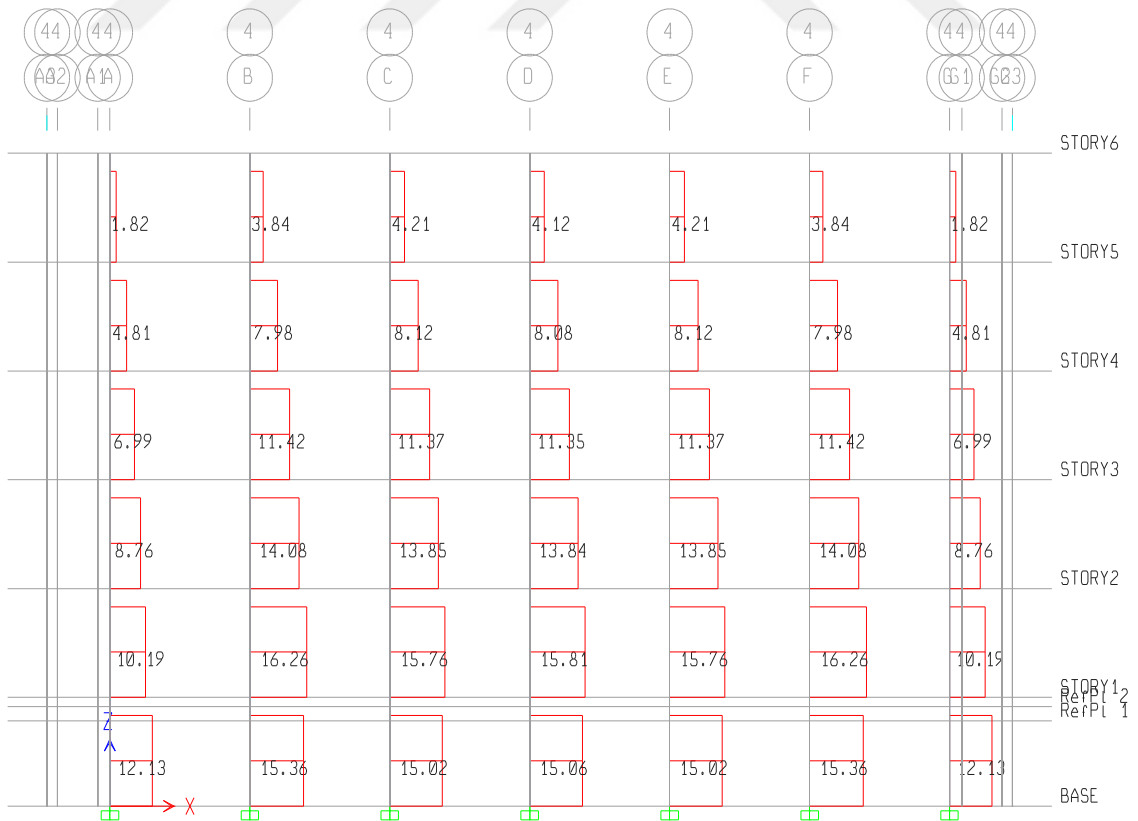
Şekil 4.321. RB2 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.322. RB2 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



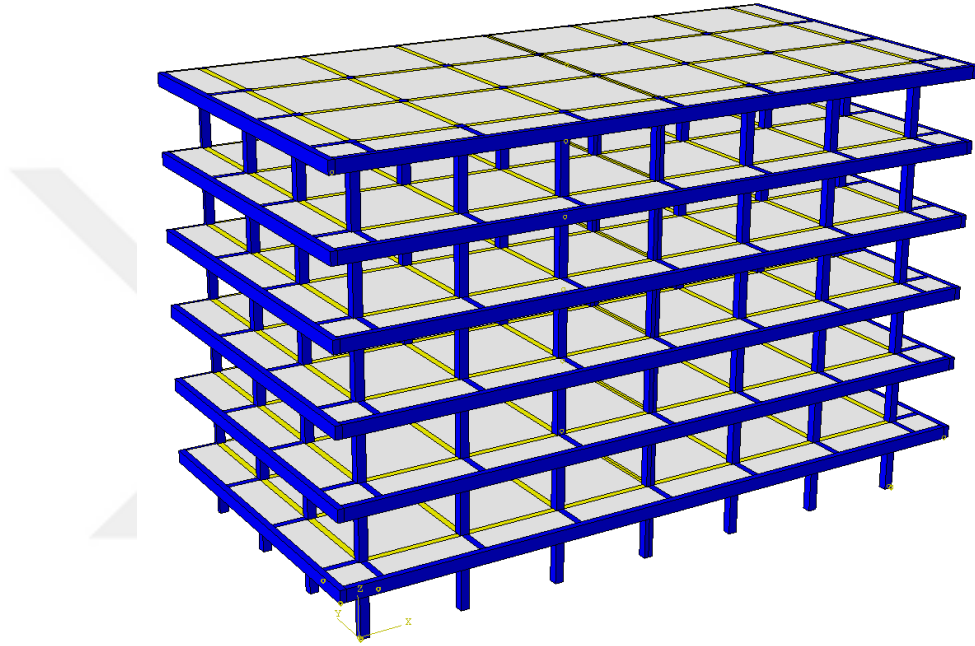
Şekil 4.323. RB2 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.324. RB2 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

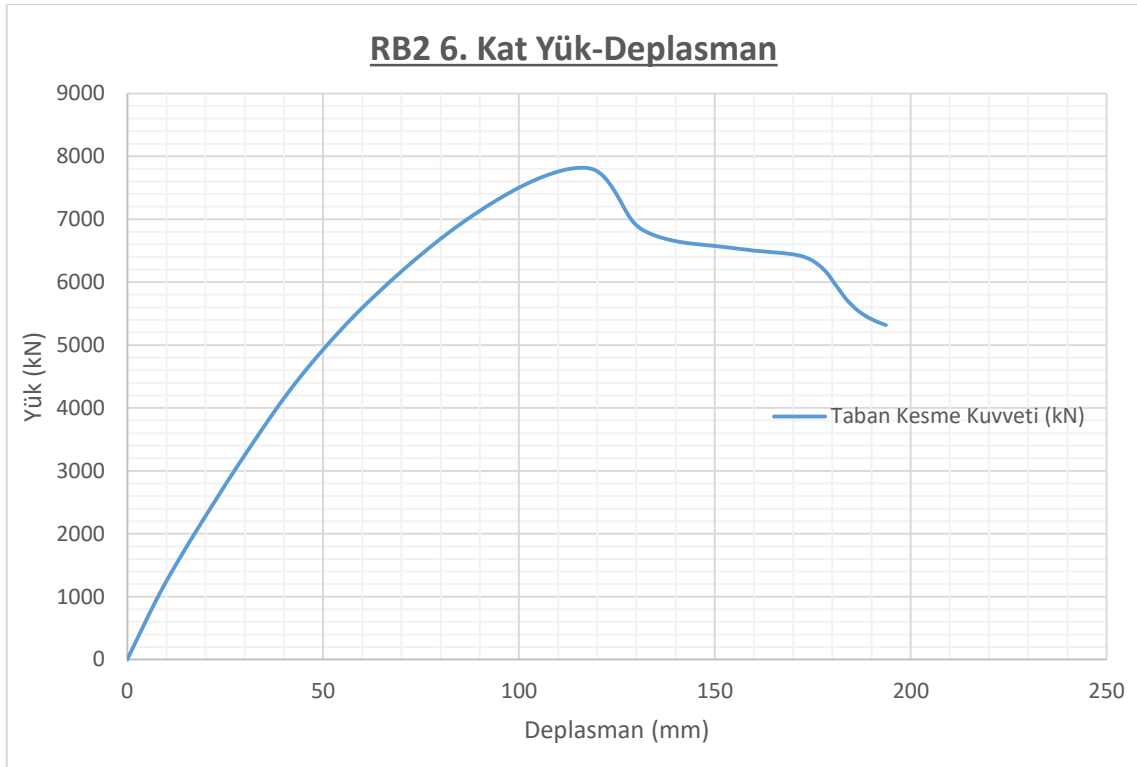
4.3.13.3. Doğrusal olmayan analiz sonuçları

Referans model RB2’de herhangi bir güçlendirme uygulanmamış, sadece betonarme çerçeve modellenmiş ve yatay itme analizine tabi tutulmuştur. Referans binanın üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.325.’de verilmiştir. binanın donatılarından oluşan çerçeve modeli ise Şekil 4.64., Şekil 4.65. ve Şekil 4.66.’da **RB1** modeli için verilen ile aynıdır.



Şekil 4.325. RB2 – 3B Abaqus modeli

RB2 referans bina modelinde binada yatay itme analizi sonucunda elde edilen, toplam taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği Şekil 4.326.’de verilmiştir. Grafikde gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (convergence) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.

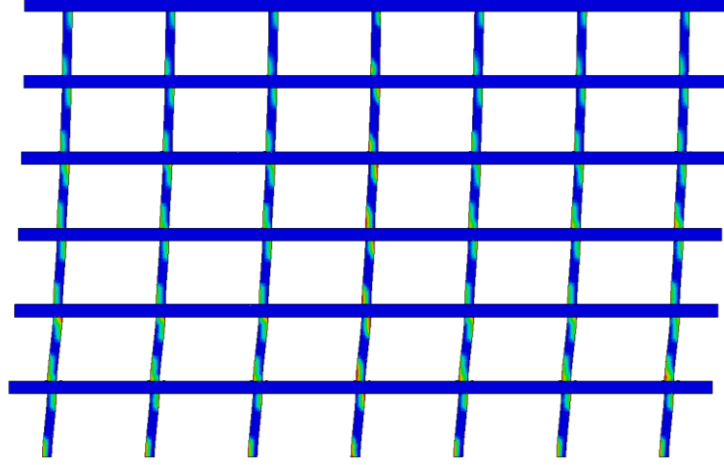


Şekil 4.326. RB2 yük – deplasman grafiği

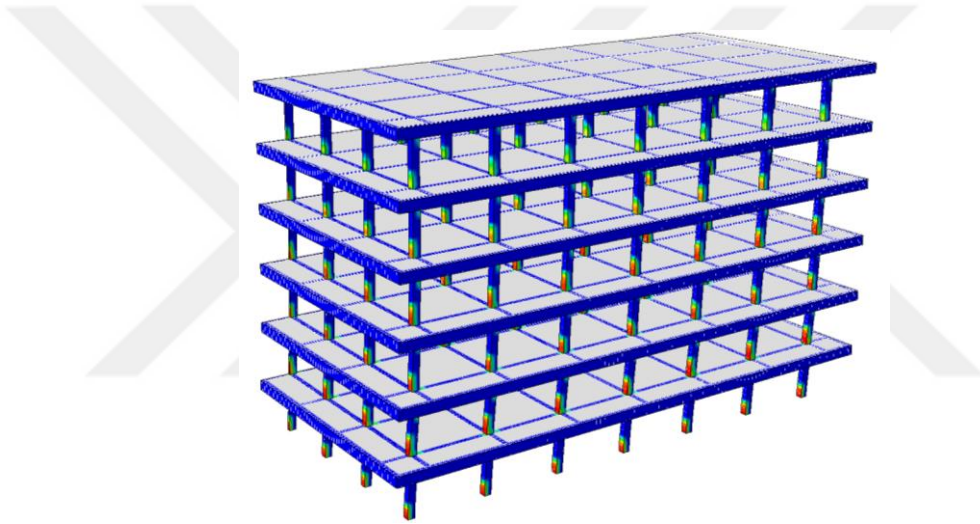
Referans model **RB2**'de yatay itme analizinde maksimum 7817.5 kN yatay yüke dayanmıştır. Maksimum yükleme altında bina üst katı 115.85 mm deplasmana maruz kalmıştır. Binada maksimum yükleme altında, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.327. ve Şekil 4.328.'da verilmiştir. Şekil 4.327.'deki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Şekil 4.329. ve Şekil 4.330.'da ise, binanın $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına geldiği analiz adımı elde edilen ve betonarme elemanlarda meydana gelen çekme hasarı dağılımları verilmiştir.

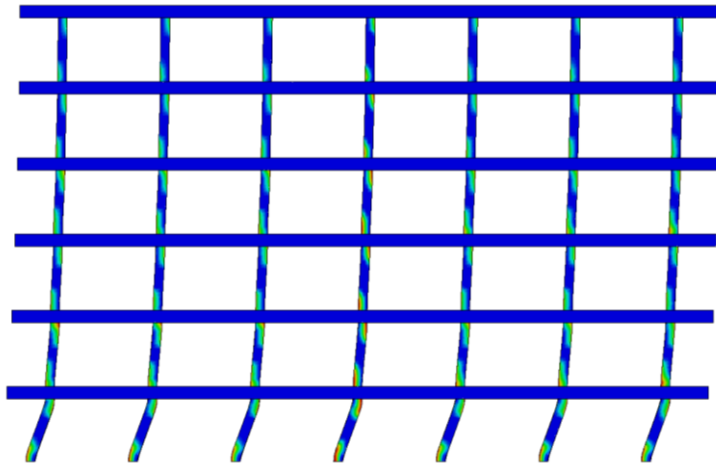
RB2 modelinin güçlendirilmesi sonucunda oluşan **SSB2** modelinde $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına ulaşamamış, 10.24 cm tepe deplasmanına ulaşmıştır. Şekil 4.331. ve Şekil 4.332.'de **RB1** modelinin 10.24 cm tepe deplasmanı altındaki çekme hasarı dağılımları verilmiştir.



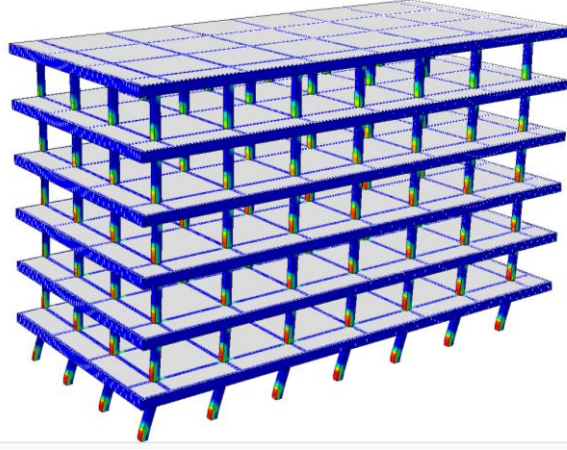
Şekil 4.327. RB2 modelinde F^{RB2}_{max} (7817.5 kN) yatay yük adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı



Şekil 4.328. RB2 modelinde F^{RB2}_{max} (7817.5 kN) yatay yük adımımda, oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü

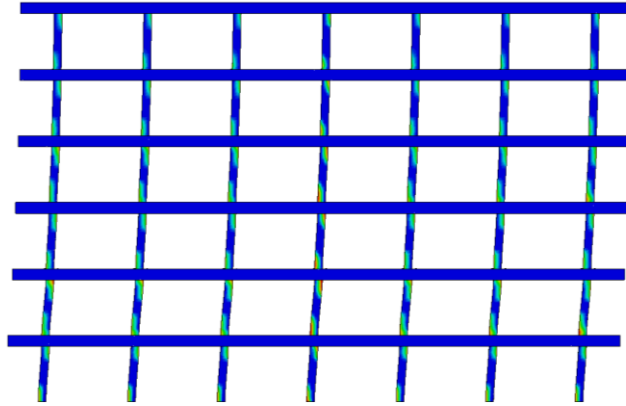


Şekil 4.329. $\Delta^{%1}_{Tep e}$ tepe deplasman yükü adımımda, 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı

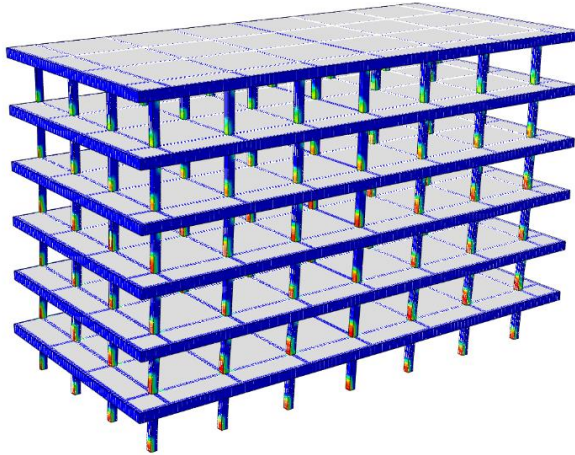


Şekil 4.330. $\Delta^{%1}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü

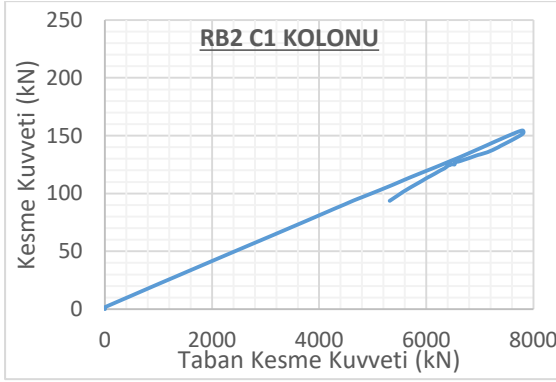
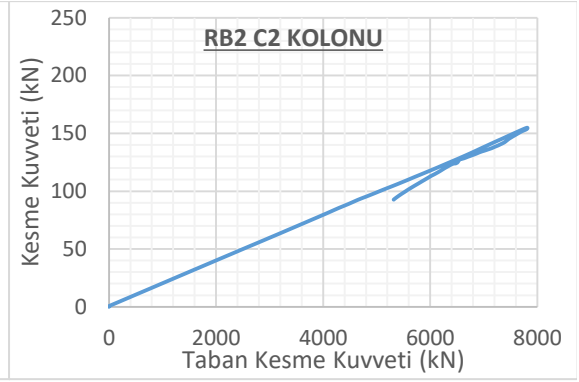
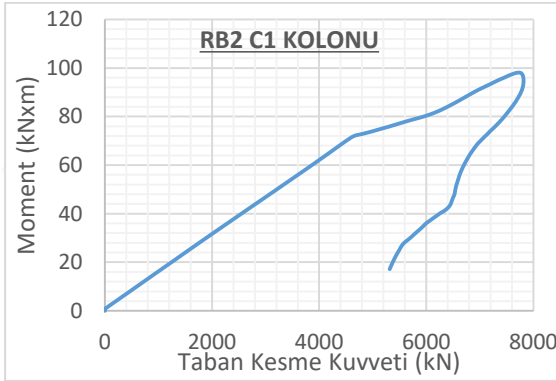
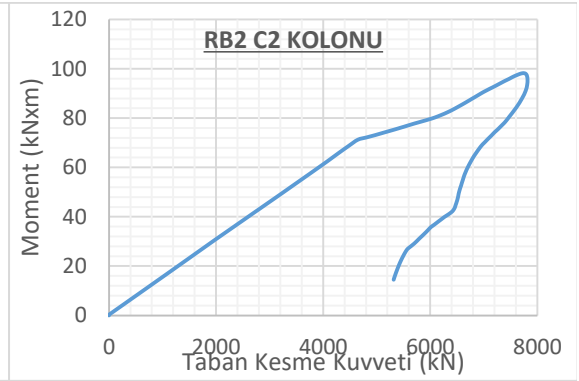
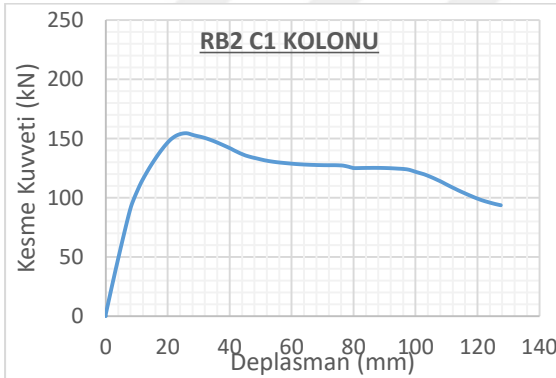
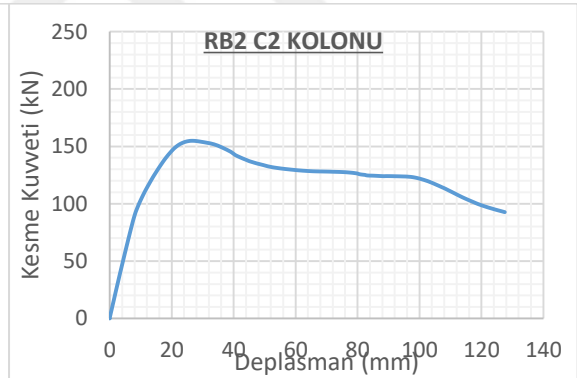
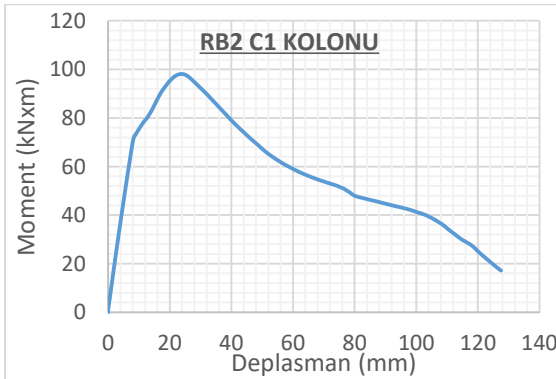
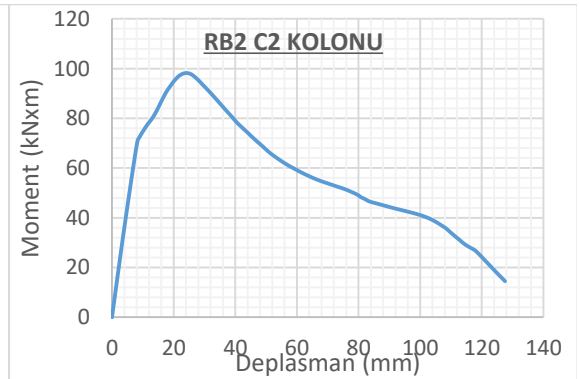
Analiz sonrası elde edilecek kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.333. - Şekil 4.346. arasında verilmiştir.



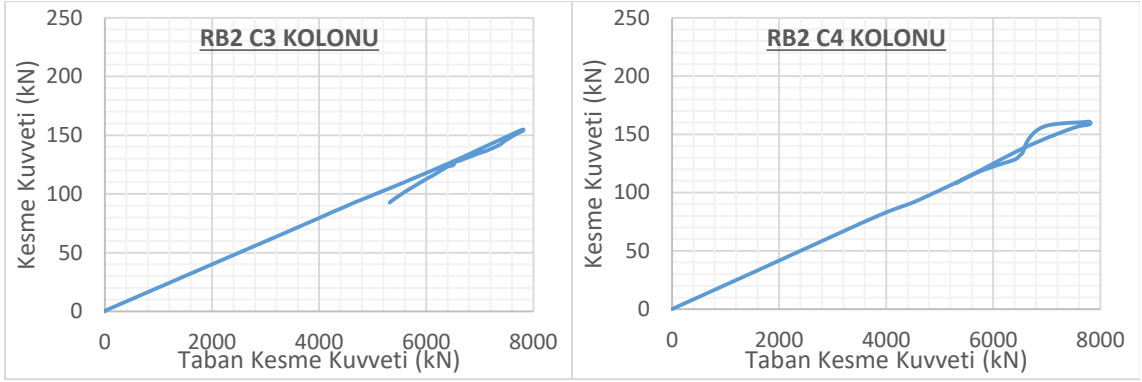
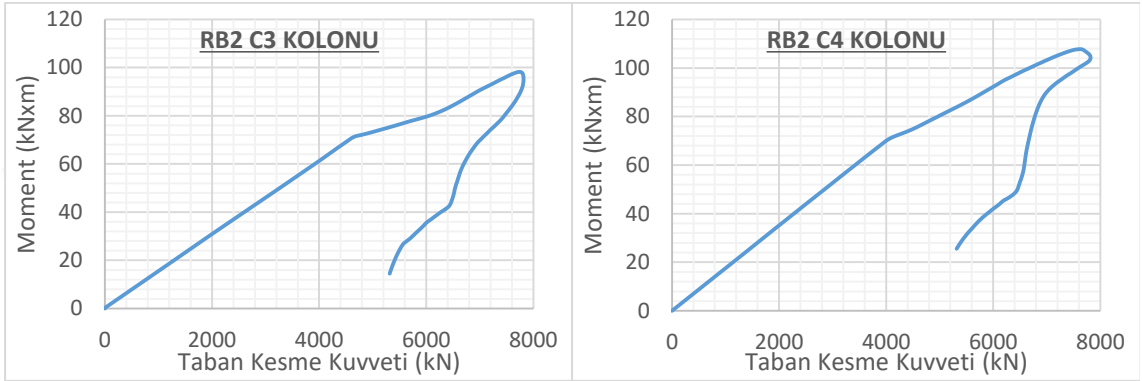
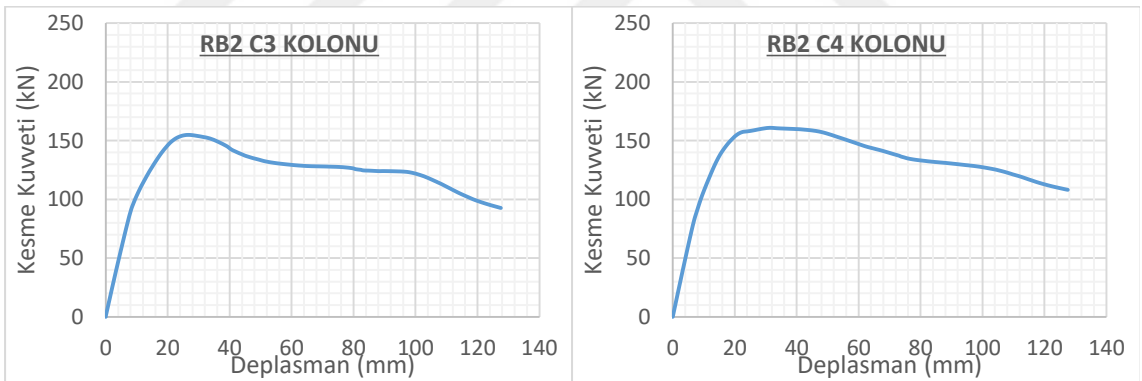
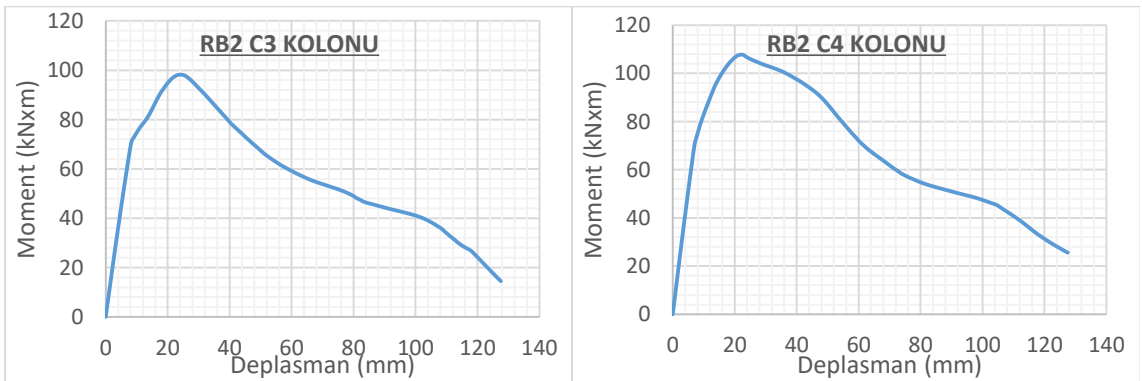
Şekil 4.331. $\Delta^{RB2}_{10.24 Tepe}$ deplasmanı seviyesinde 1 aksındaki elemanlarda oluşan çekme hasarı dağılımı



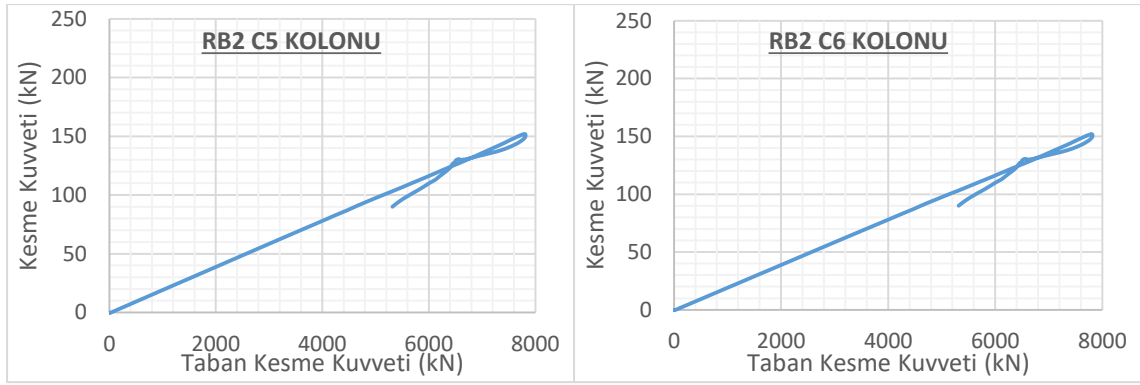
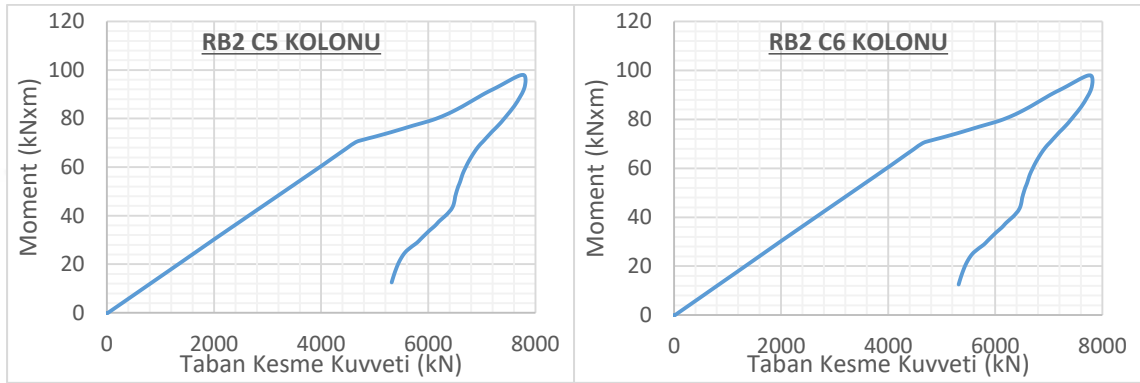
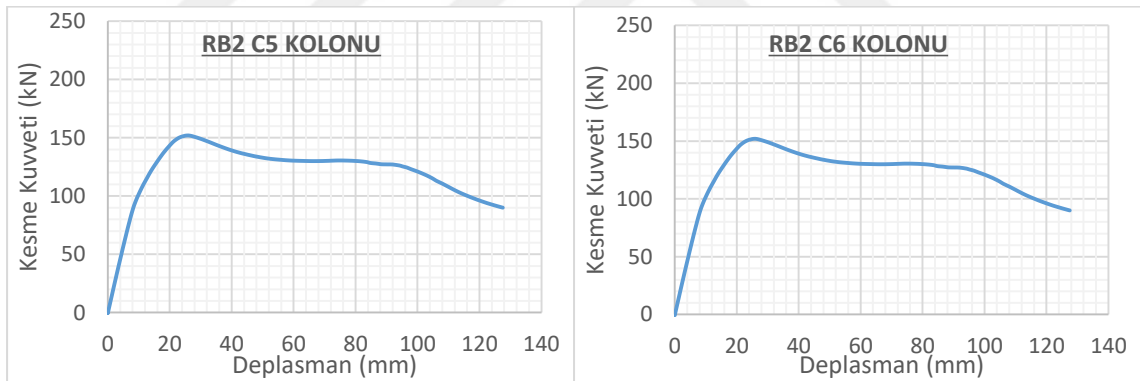
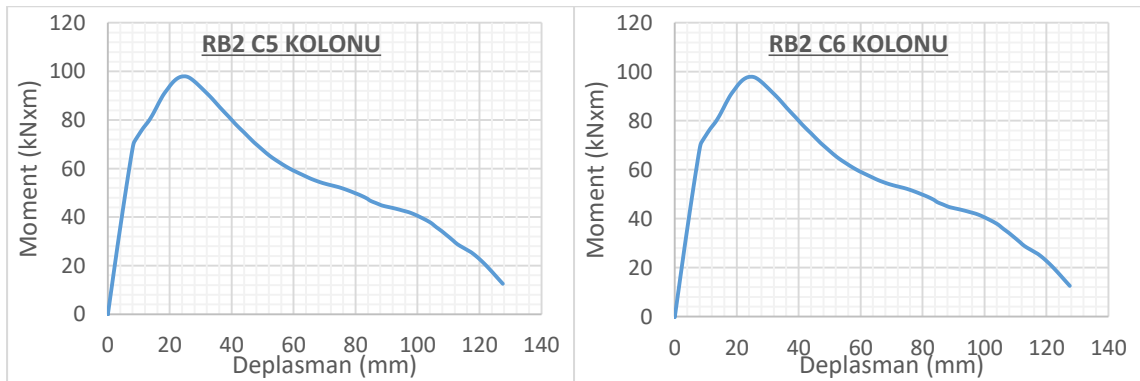
Şekil 4.332. $\Delta^{RB2}_{10.24 Tepe}$ deplasmanı seviyesinde oluşan çekme hasarı dağılımının 3B görüntüsü

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

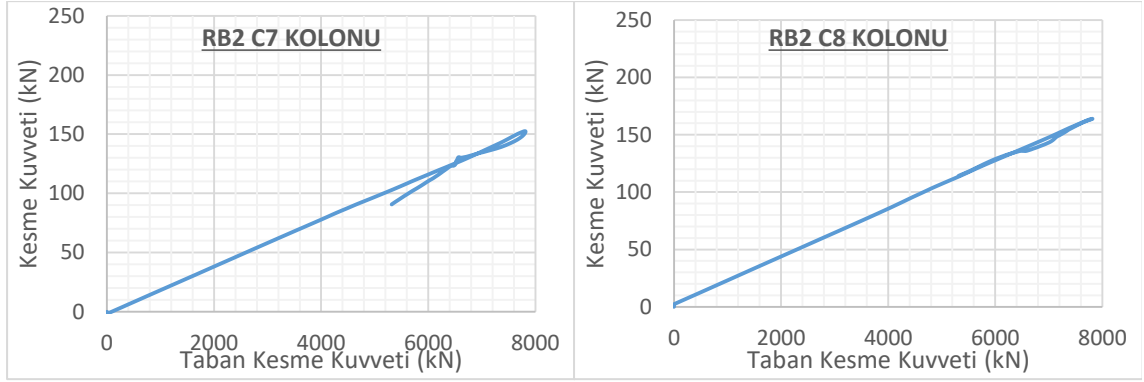
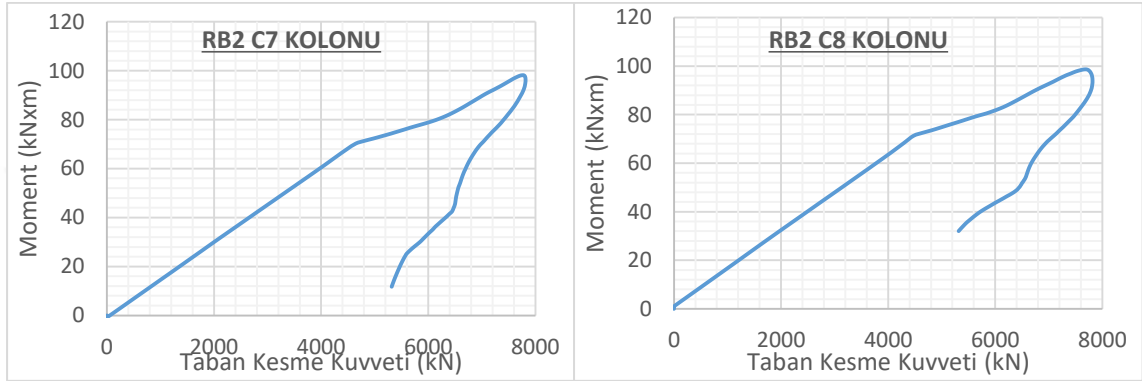
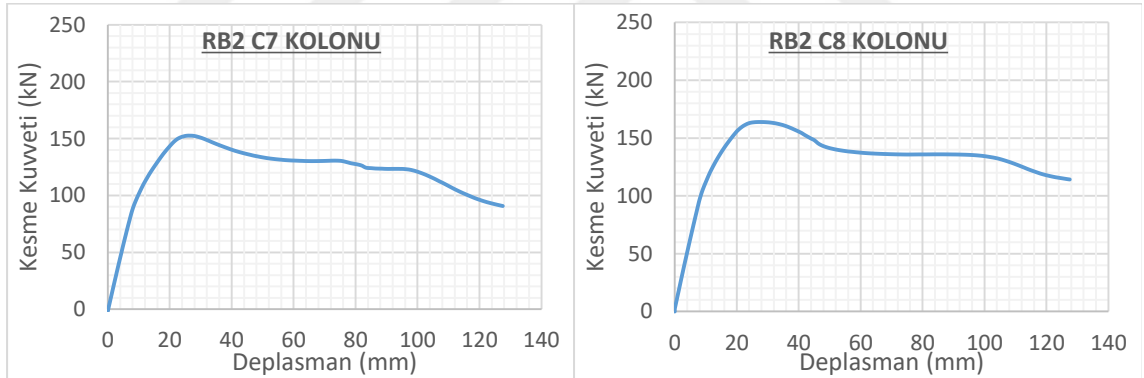
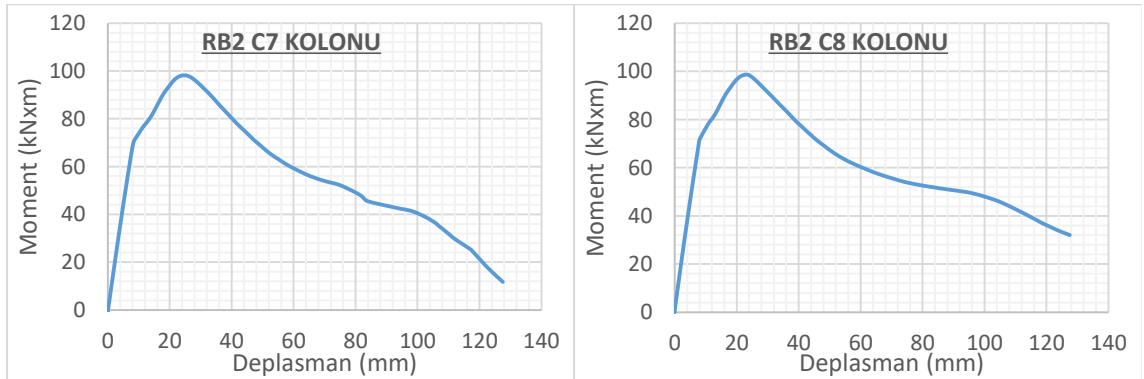
Şekil 4.333. RB2 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

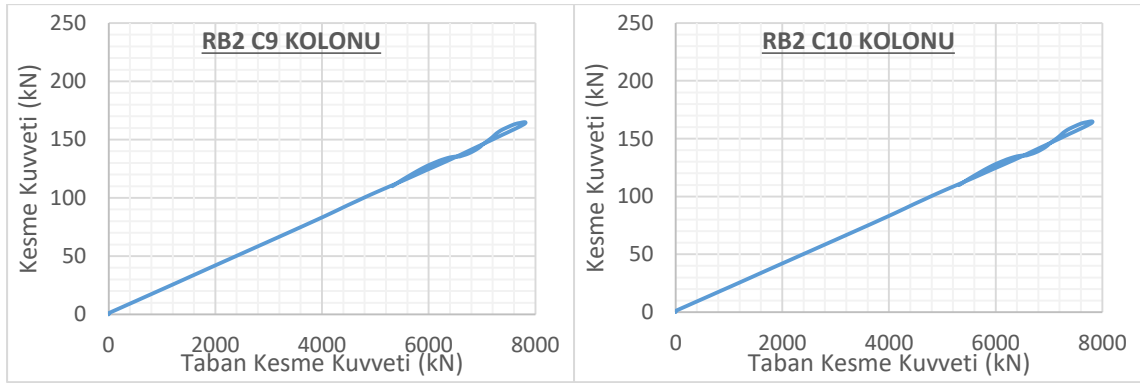
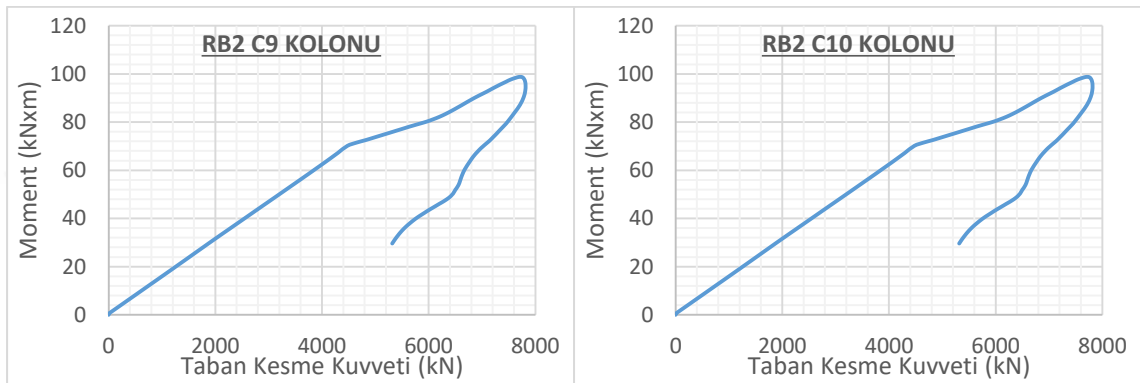
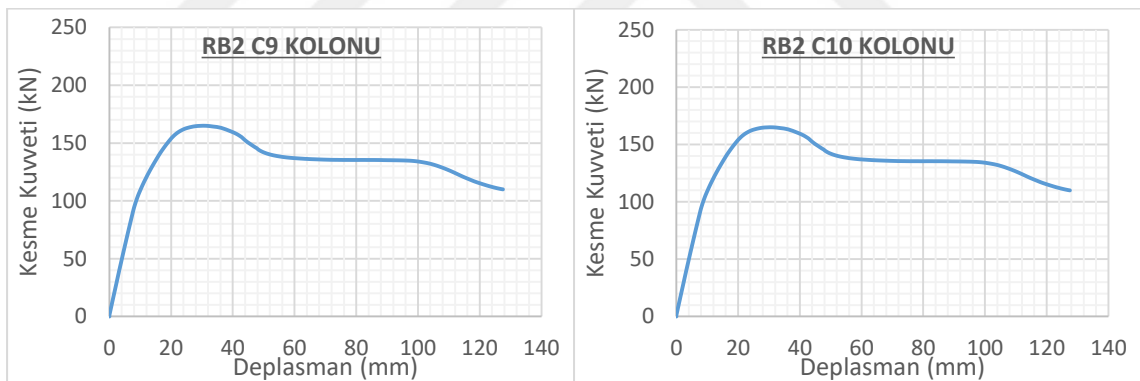
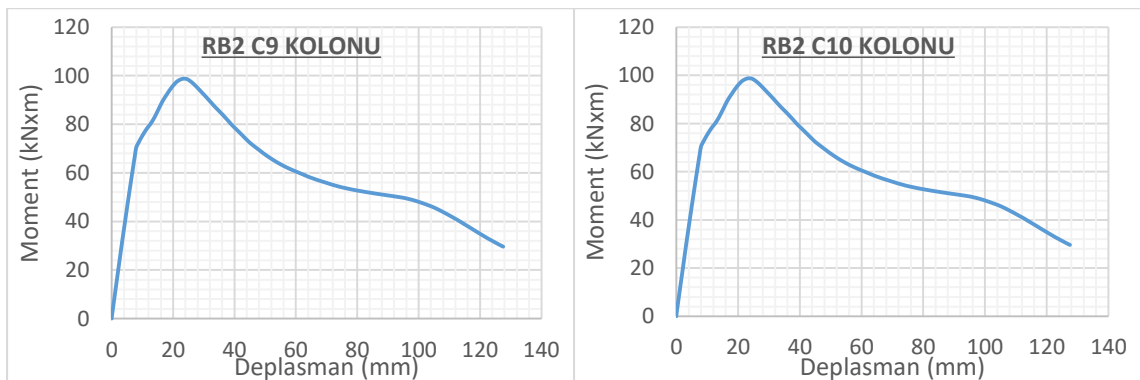
Şekil 4.334. RB2 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

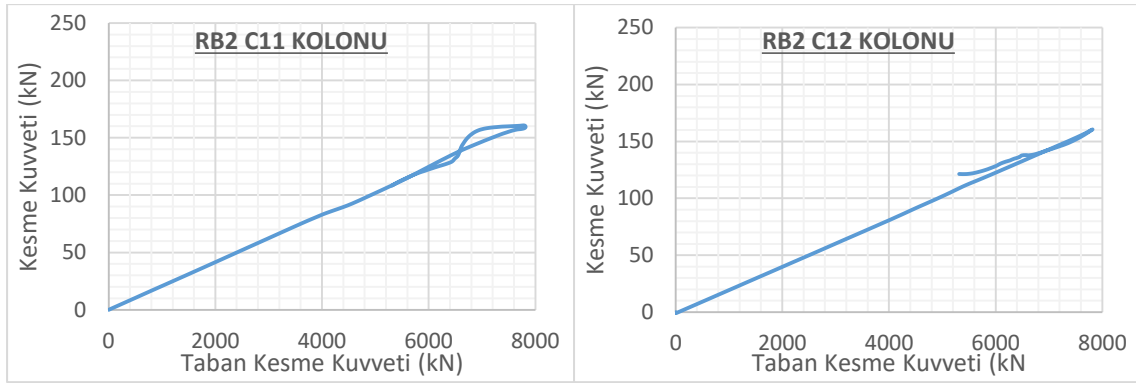
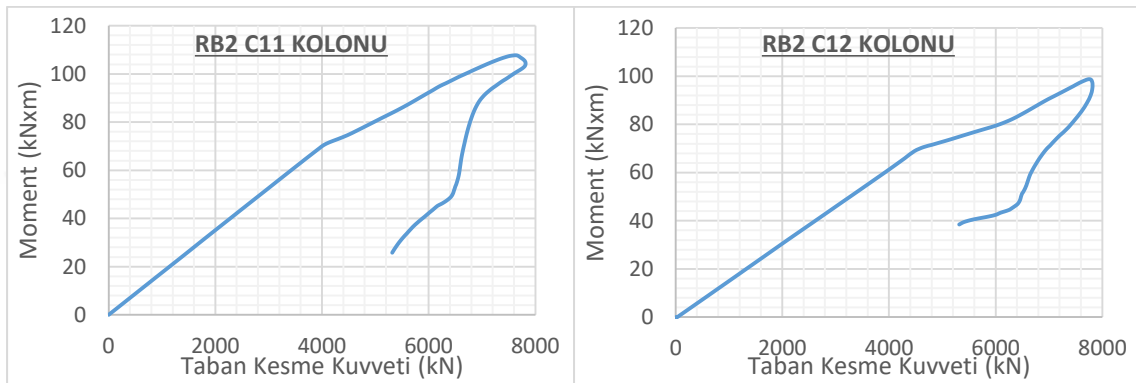
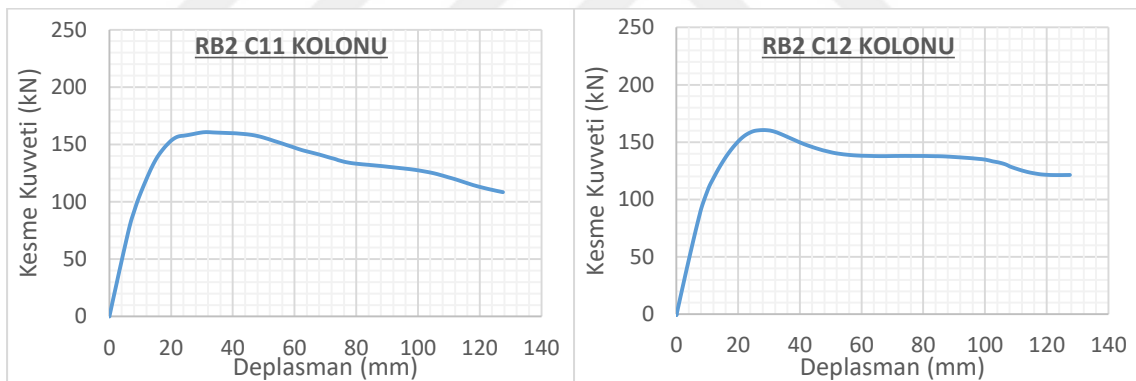
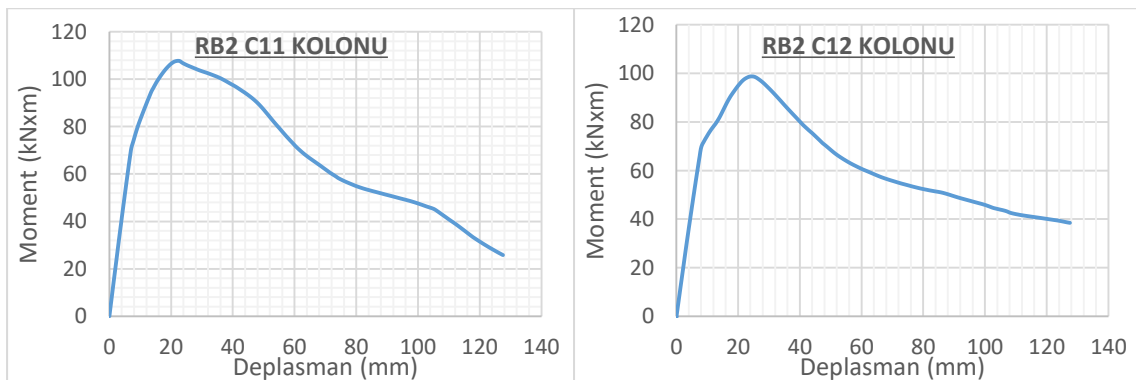
Şekil 4.335. RB2 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

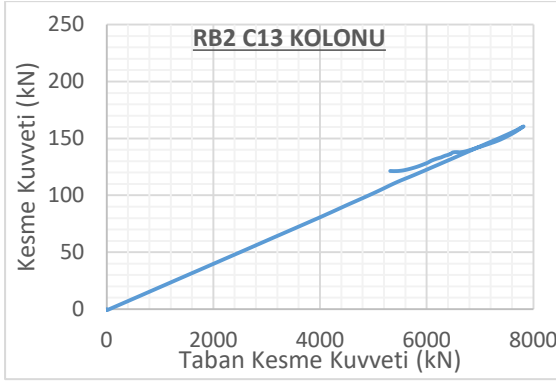
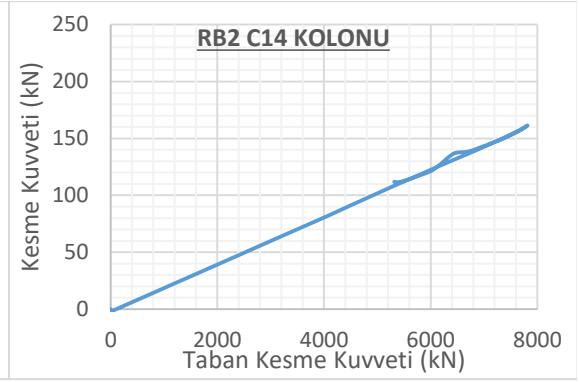
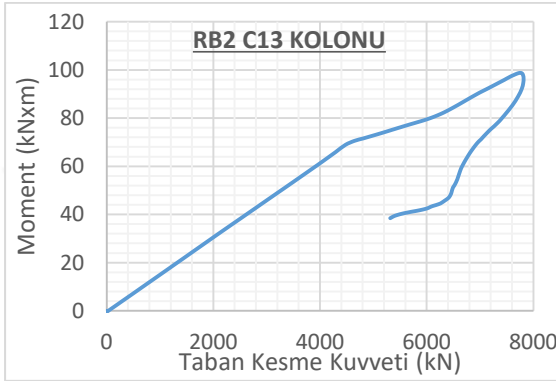
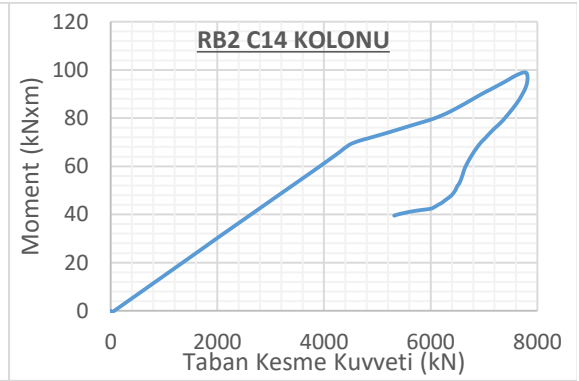
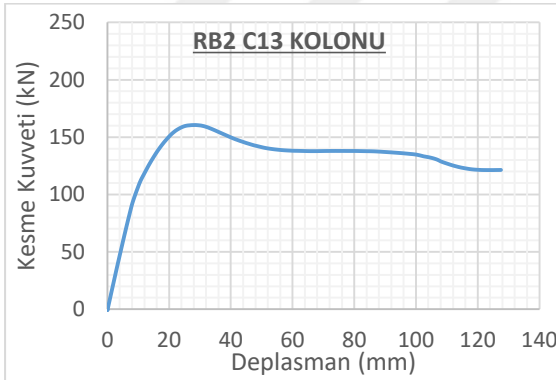
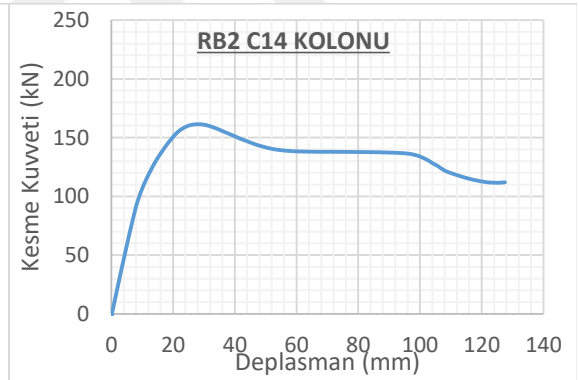
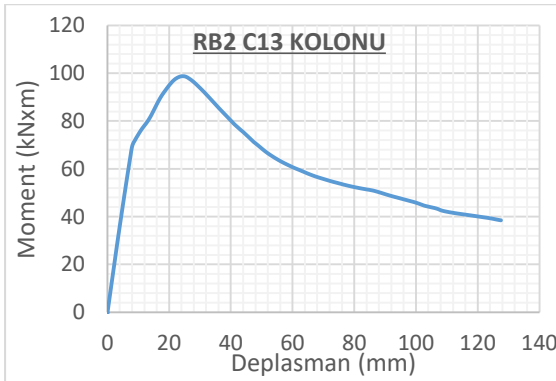
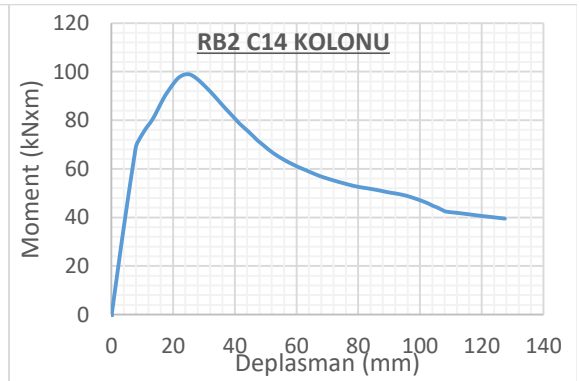
Şekil 4.336. RB2 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

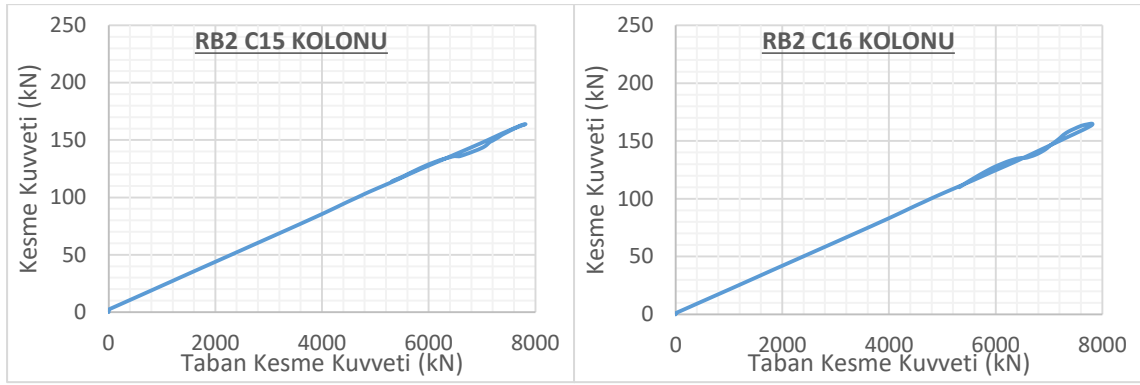
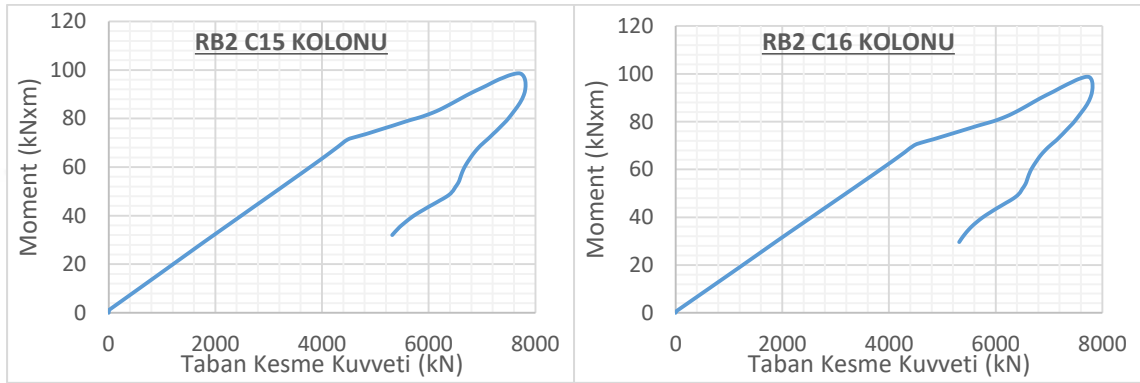
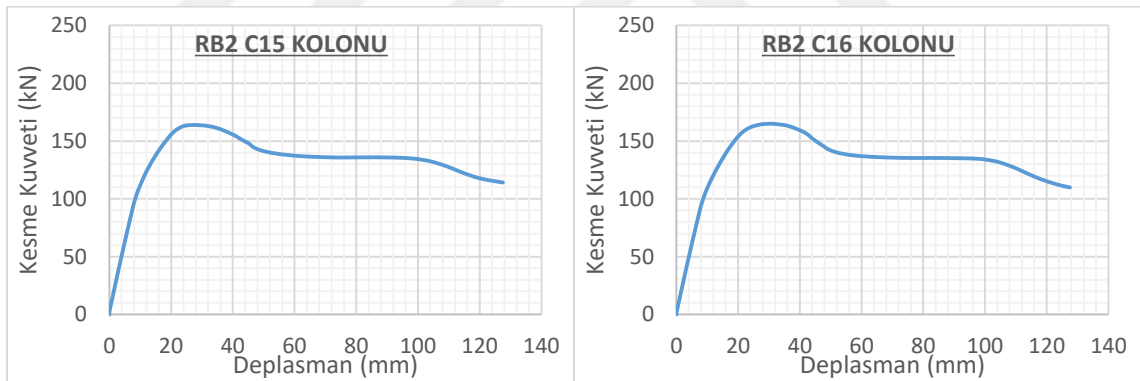
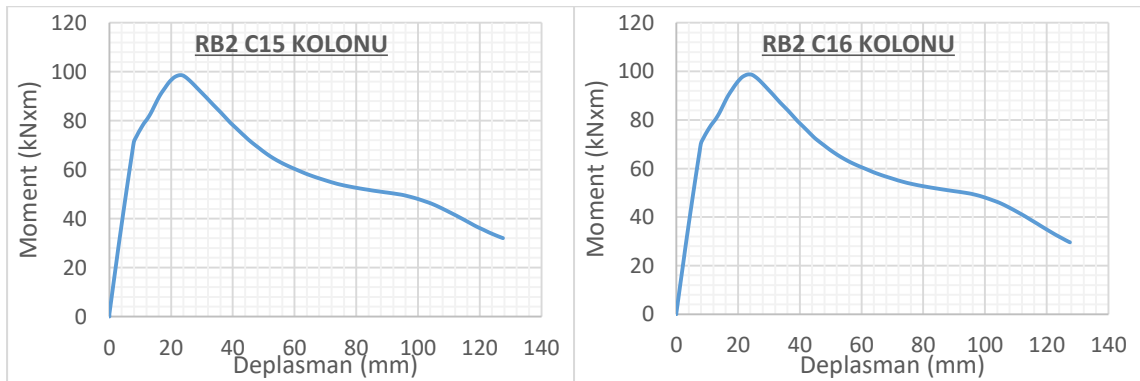
Şekil 4.337. RB2 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

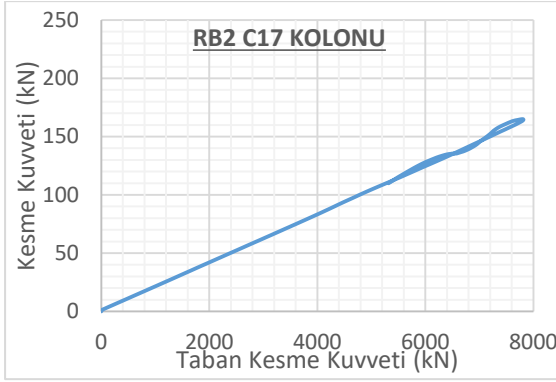
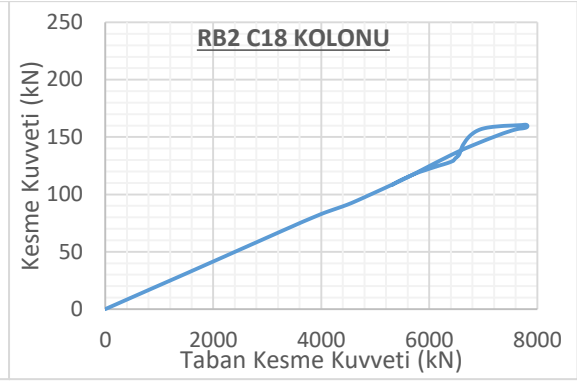
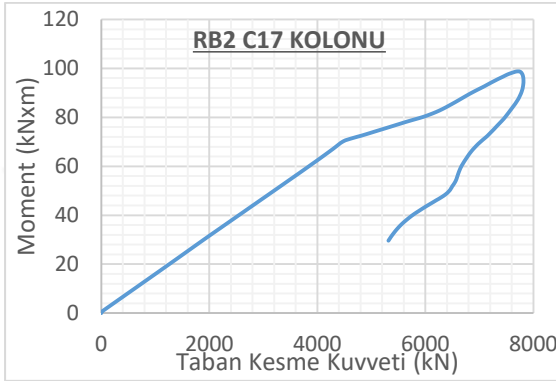
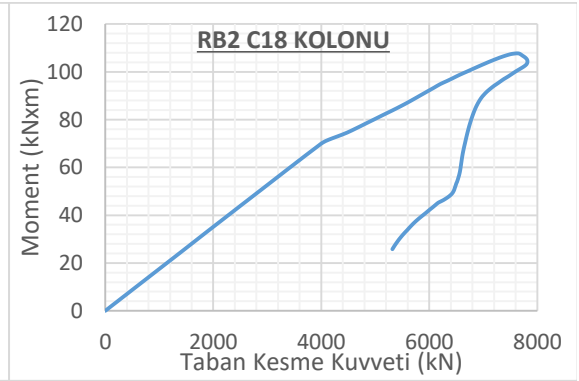
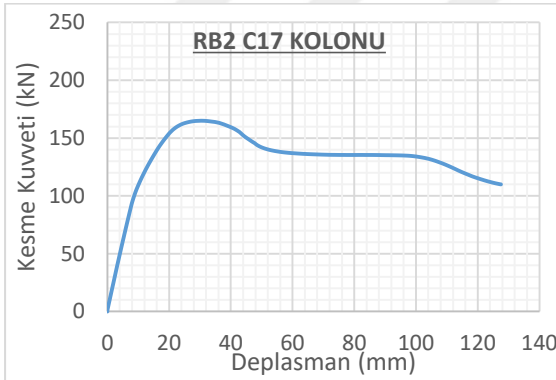
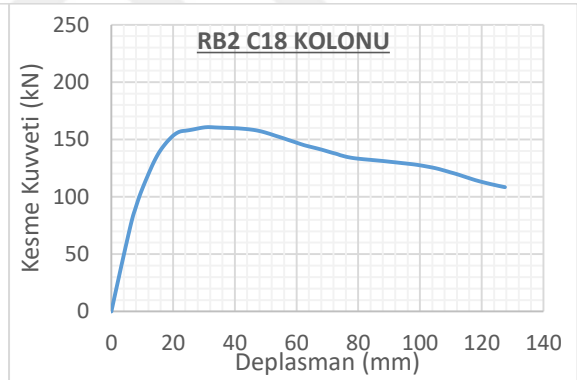
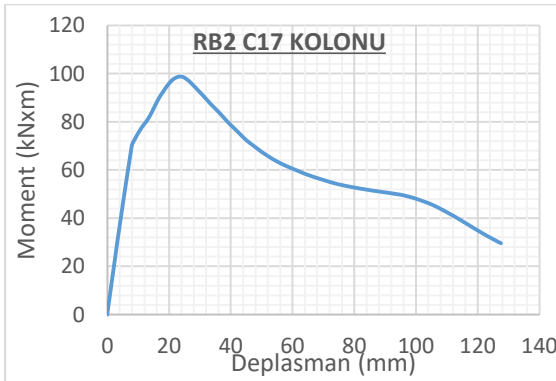
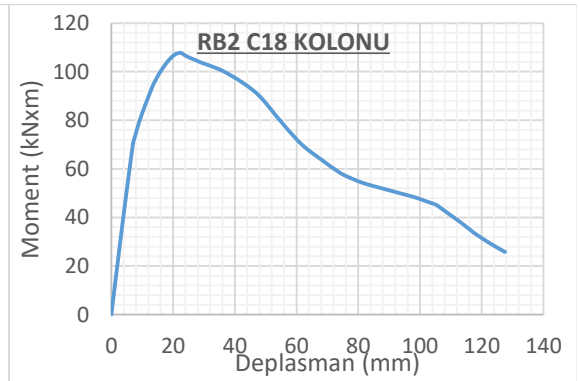
Şekil 4.338. RB2 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

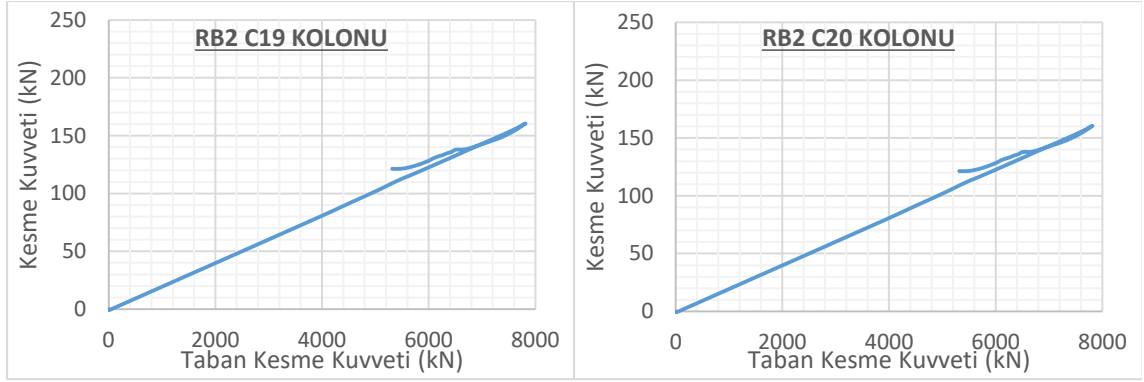
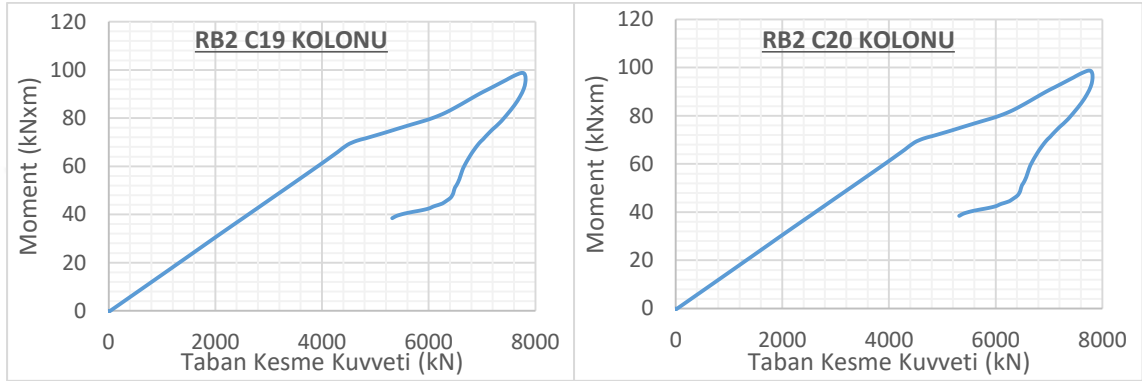
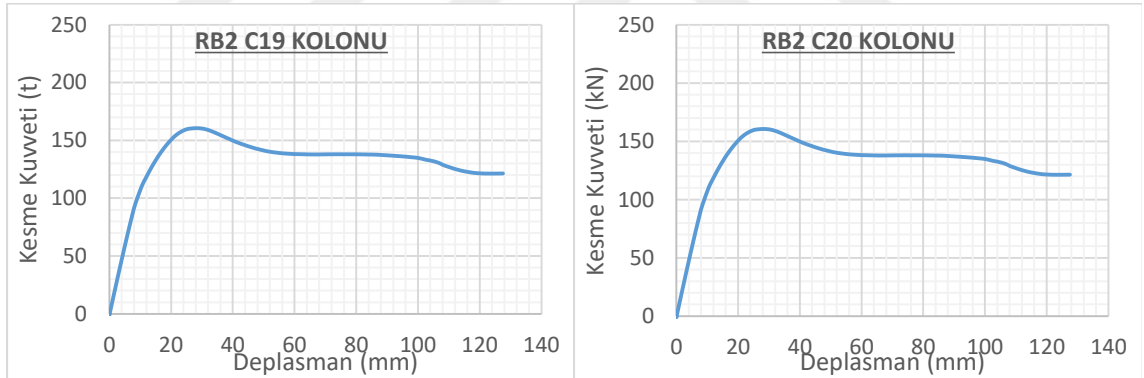
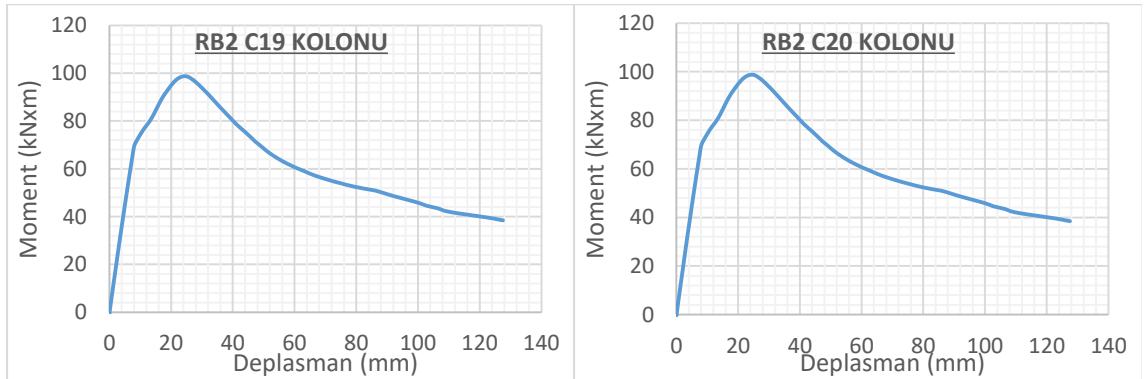
Şekil 4.339. RB2 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

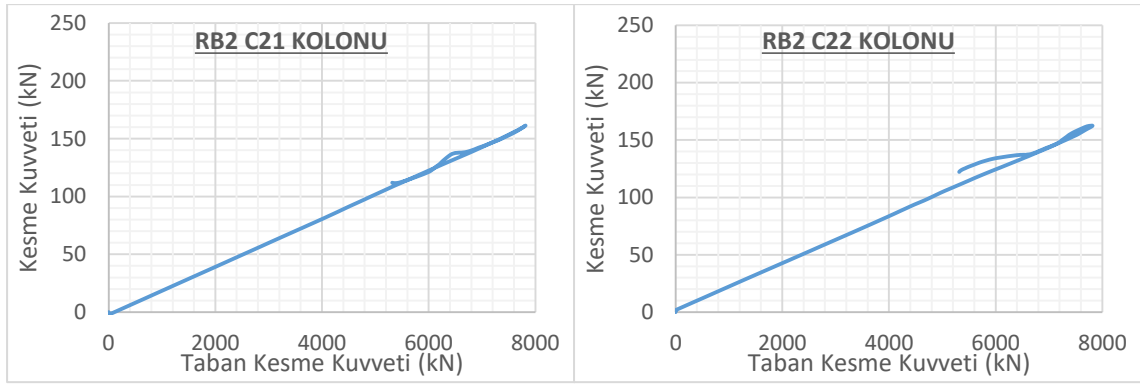
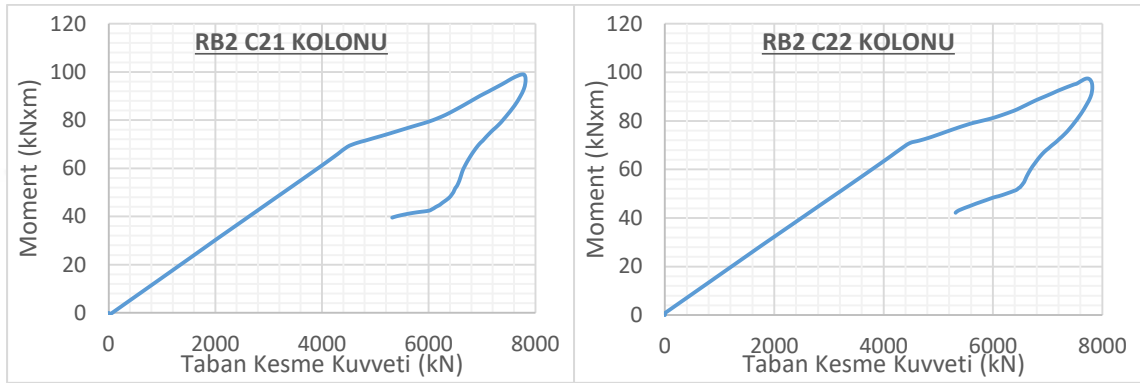
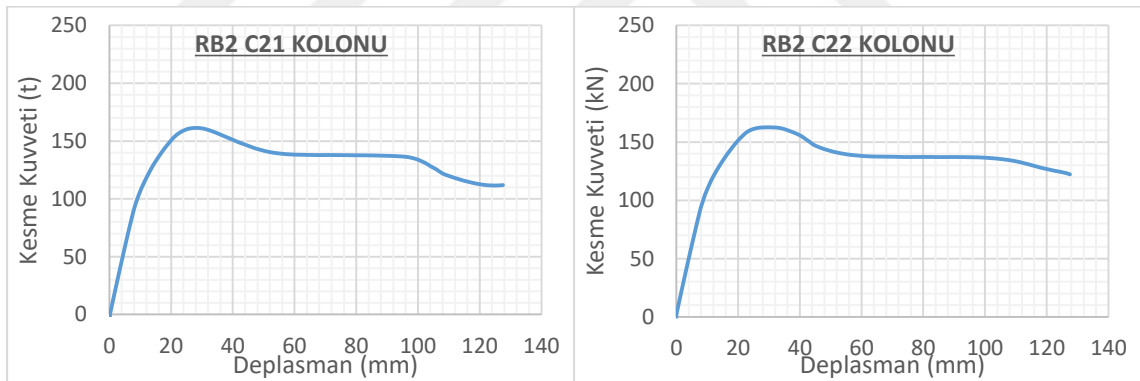
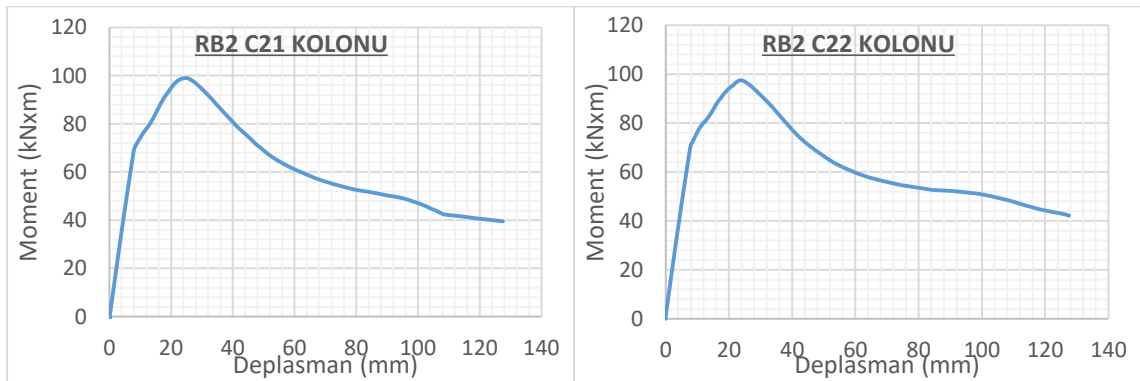
Şekil 4.340. RB2 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

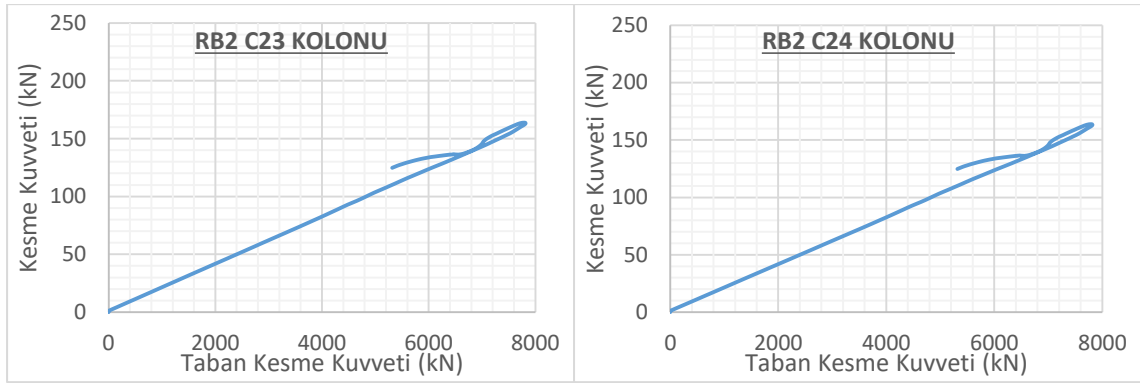
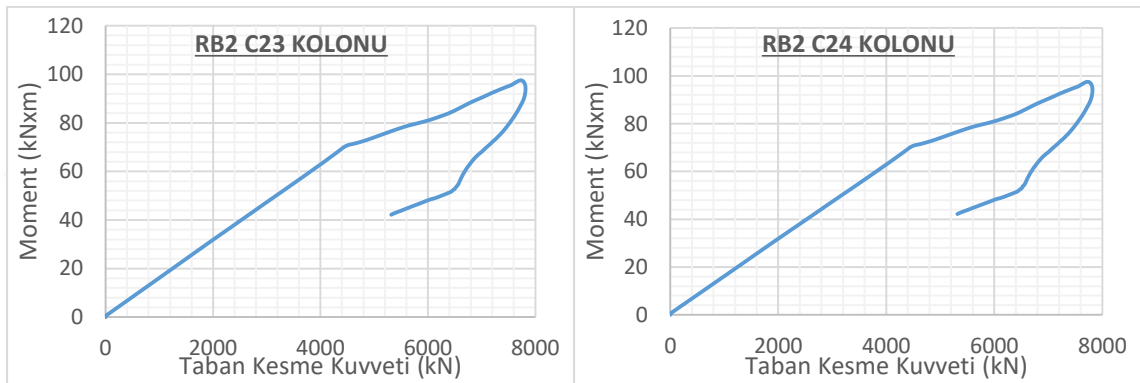
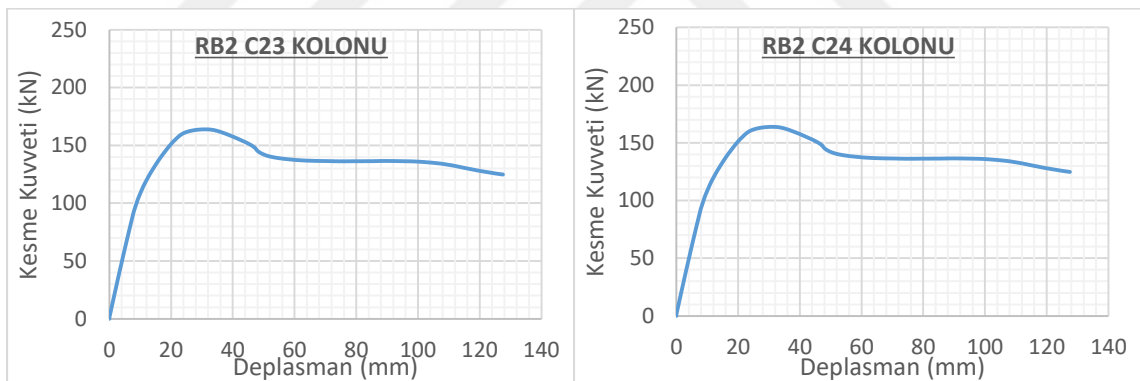
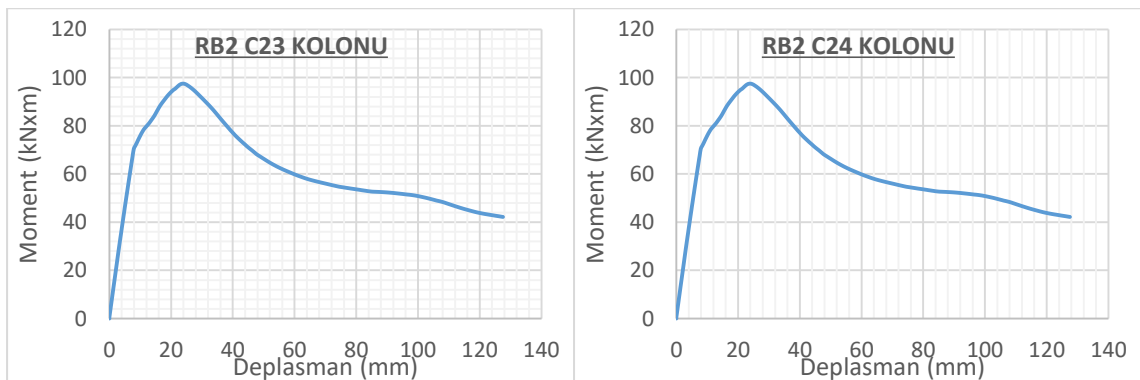
Şekil 4.341. RB2 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

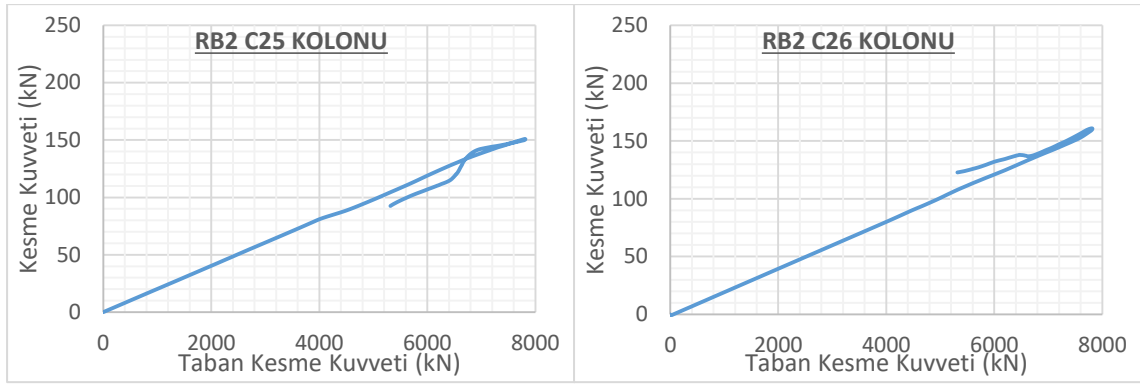
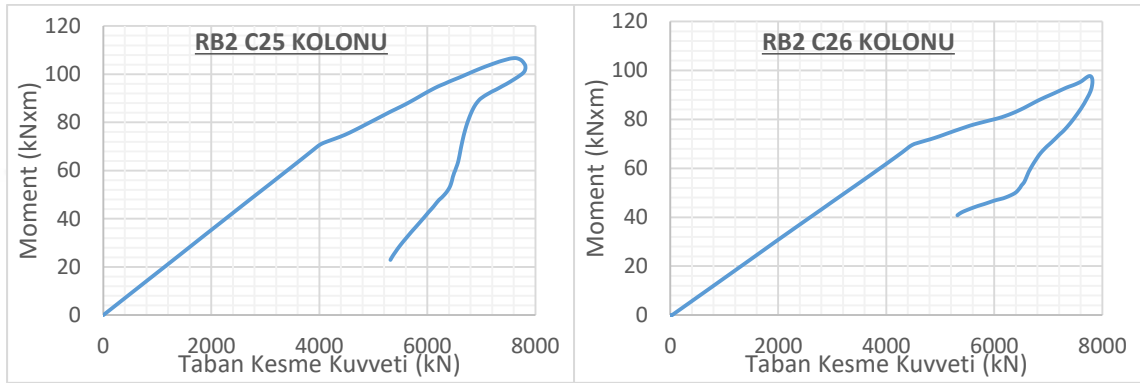
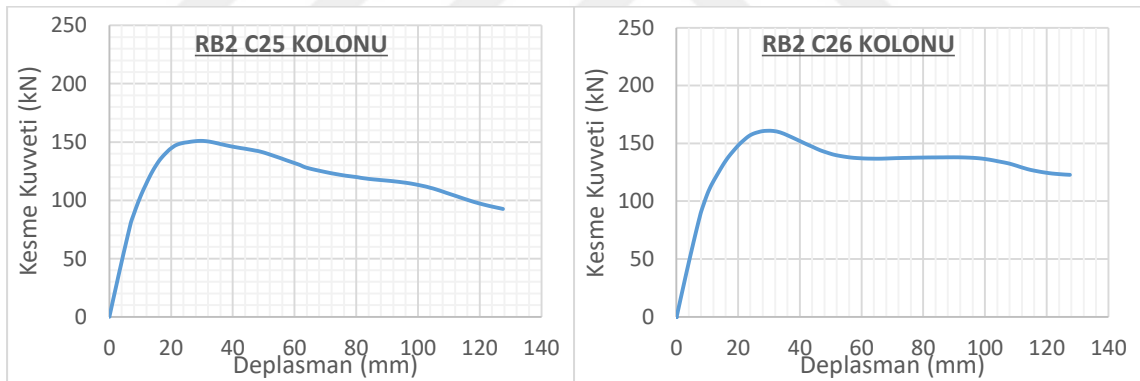
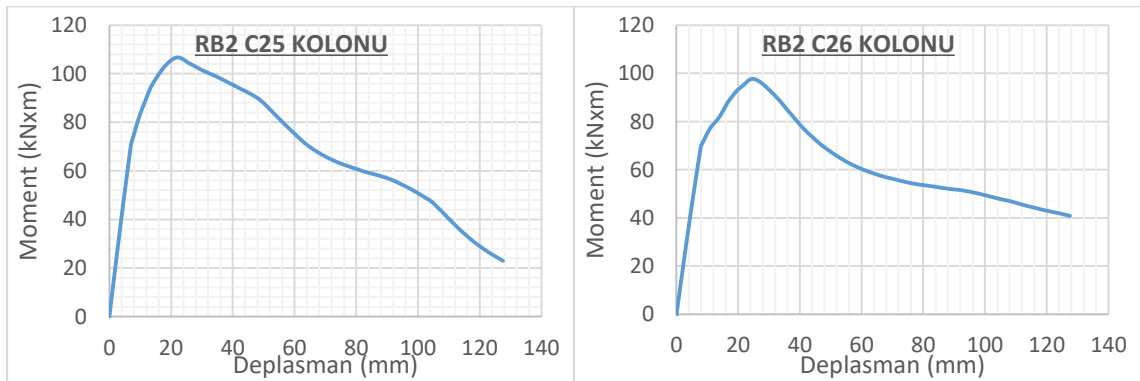
Şekil 4.342. RB2 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

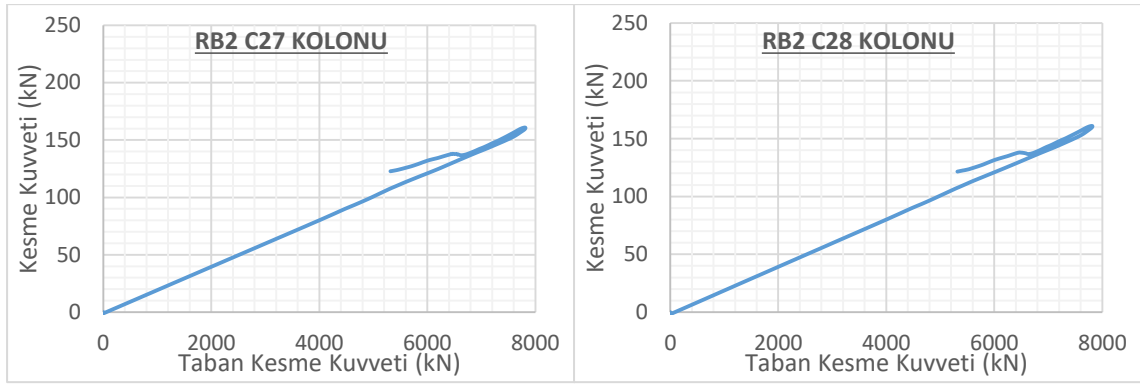
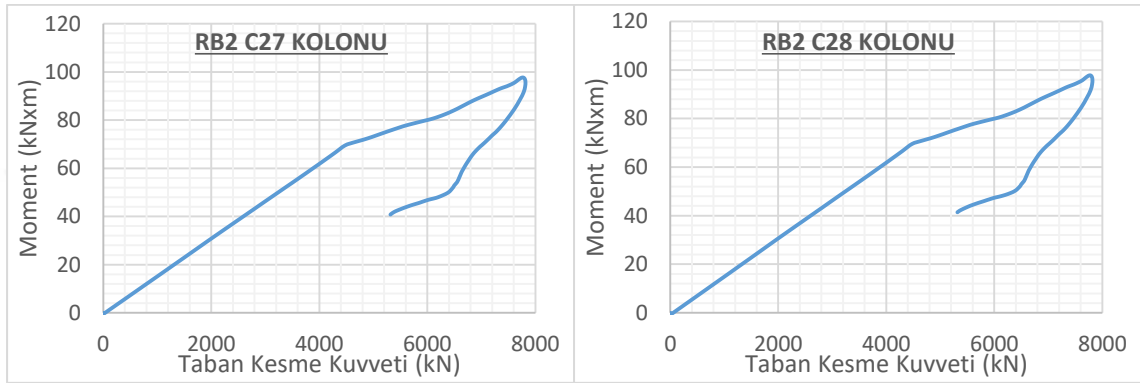
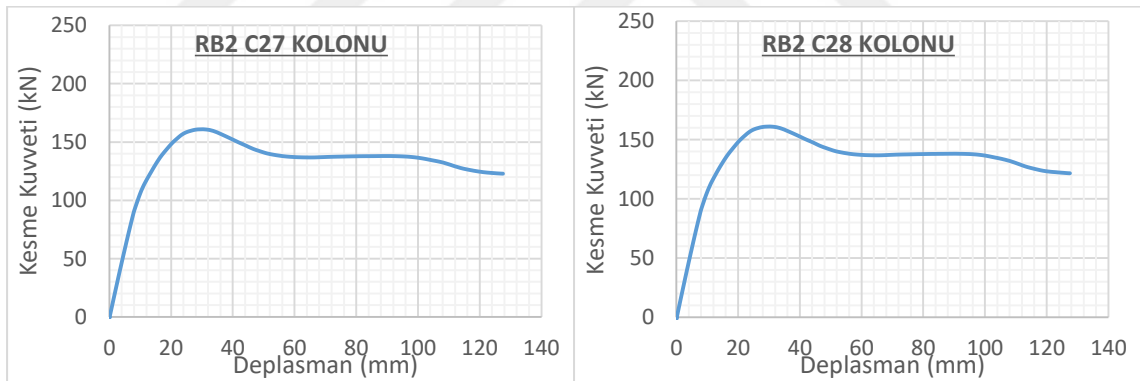
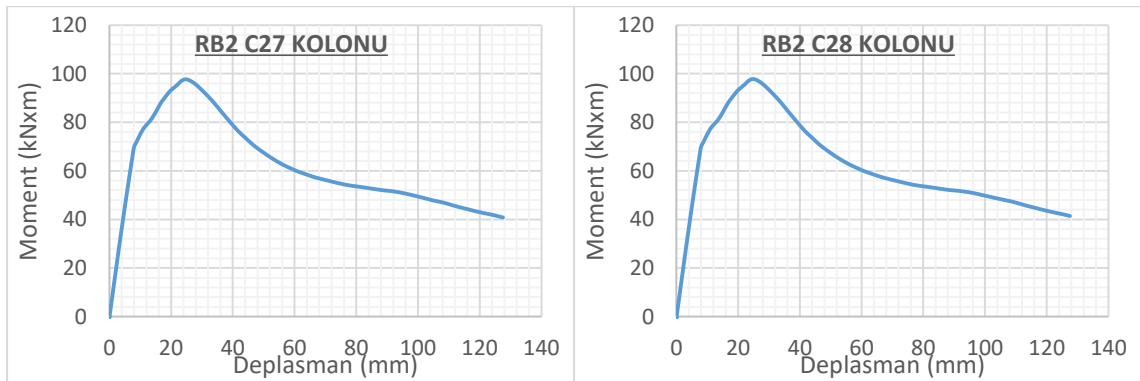
Şekil 4.343. RB2 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.344. RB2 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

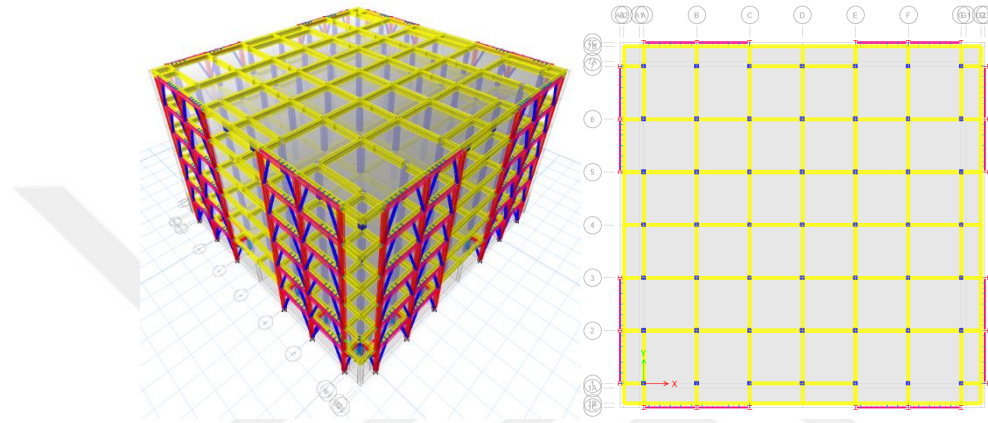
Şekil 4.345. RB2 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.346. RB2 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

4.3.14. SSB2 güçlendirilmiş Model

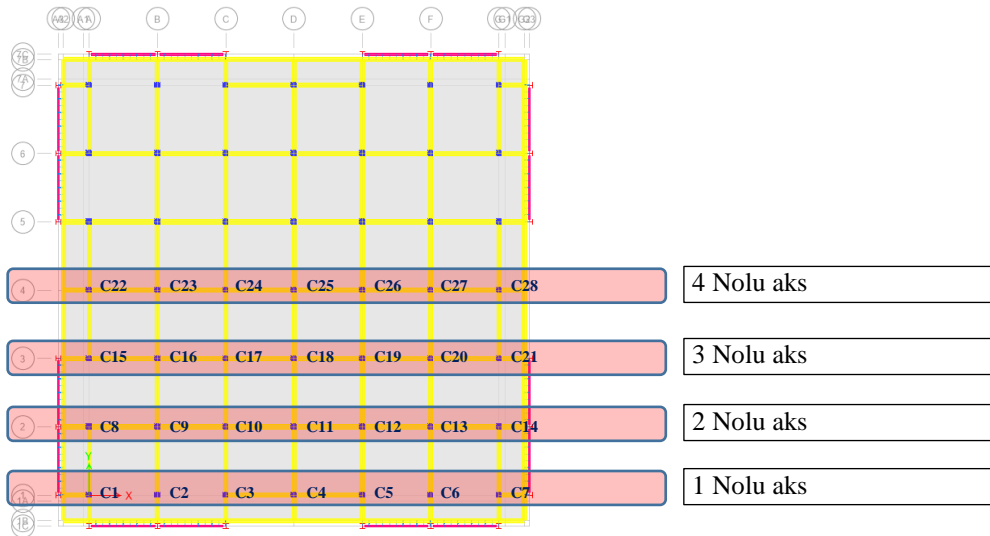
Bina dışı çelik çapraz eklenmesi ile güçlendirilmiş (SSB2) bina modelinde, **RB2** bina modelinin köşelerinde iki açıklıkta tek katman çelik uygulaması düşünülmüştür. Deprem etkileri için tasarlanan çelik sistem “Dışmerkezli Ters V” şeklindedir. Binaya ait Etabs modeli Şekil 4.347.’de sunulmuştur.



Şekil 4.347. SSB2 Etabs modeli – 3B ve plan görünüşü

4.3.14.1. Doğrusal analiz analiz sonuçları

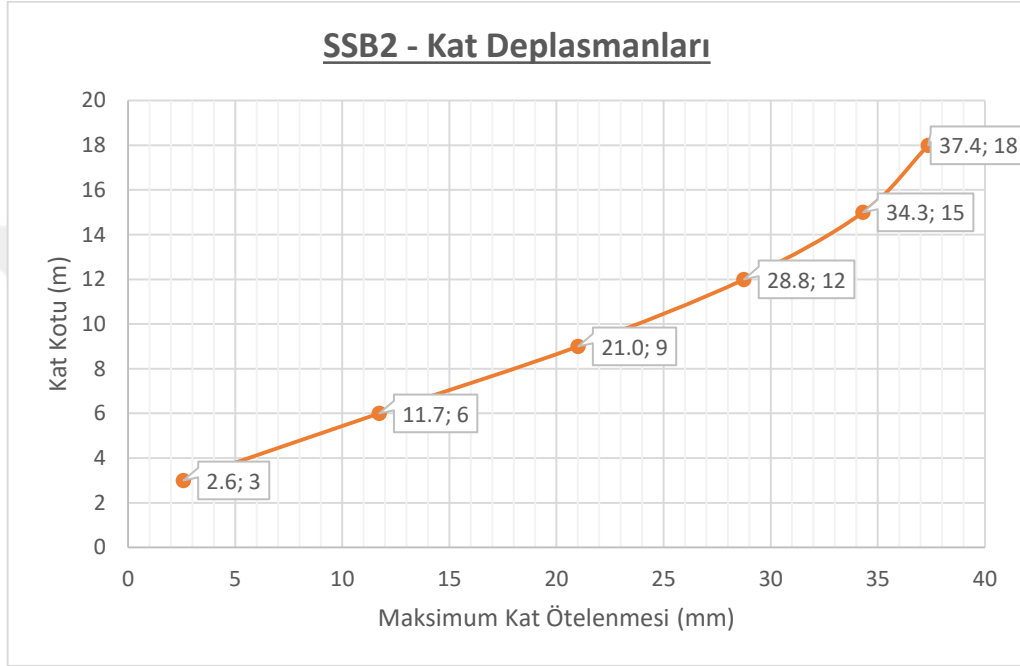
Analiz sonuçları Ex deprem yüklemesi altında verilmiştir. Sadece “X” yönüne ait sonuçlar gösterilmiş olup sonuçlar aks aks verilmiştir. Veriliş sırası ve kolon isimleri Şekil 4.348.’da gösterilmiştir



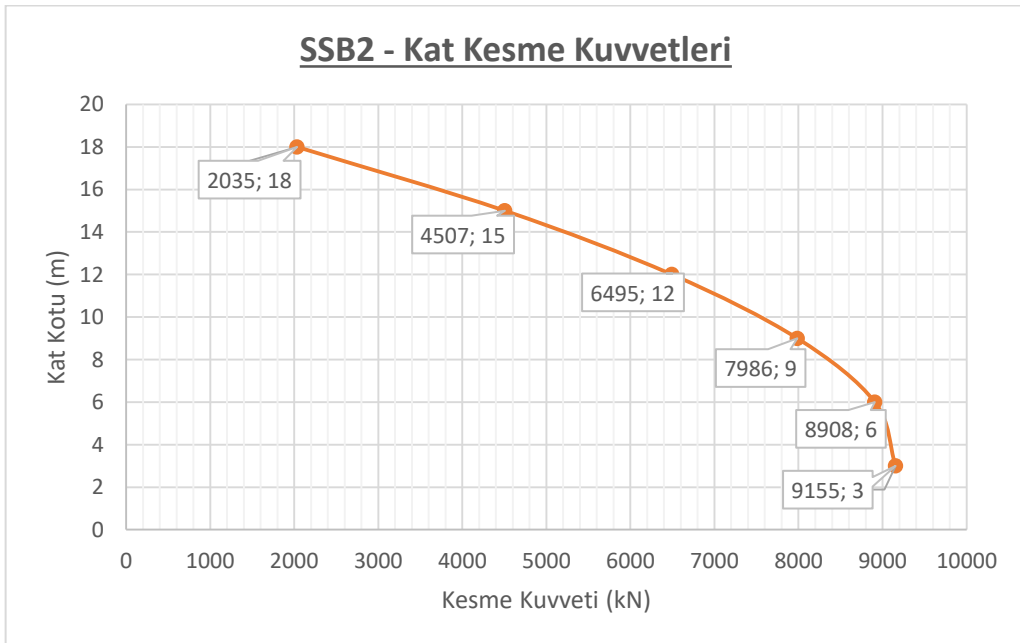
Şekil 4.348. SSB2 kolon ve aks isimleri

Şekil 4.349.'de, X yönü deprem yüklemesi altında, bina katlarında meydana gelen deplasmanların (X eksenini), katın yüksekliğine göre değişimi verilmiştir. Bu şekilden, deprem yüklemesi altında, binanın deplasman profili izlenebilmektedir.

Şekil 4.350.'de ise, kat kesme kuvvetlerinin (Y eksenini), kat kotuna göre değişimi verilmiştir. Binanın ilk üç moduna ait deplasman yapmış şekilleri Şekil 4.351.'de, periyod değerleri ise Çizelge 4.16.'de verilmiştir.



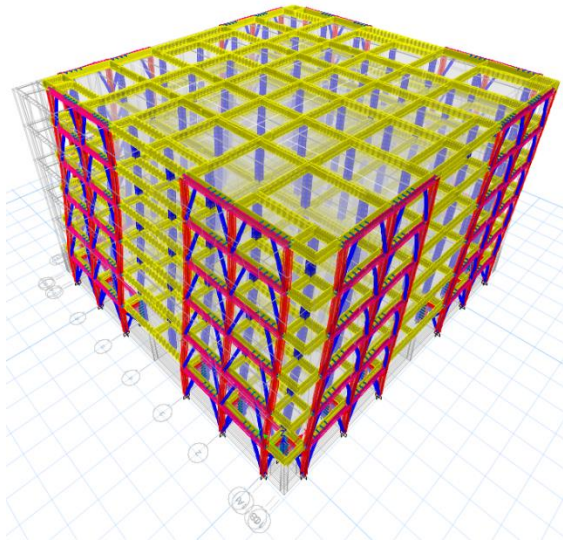
Şekil 4.349. SSB2 Kat deplasmanları



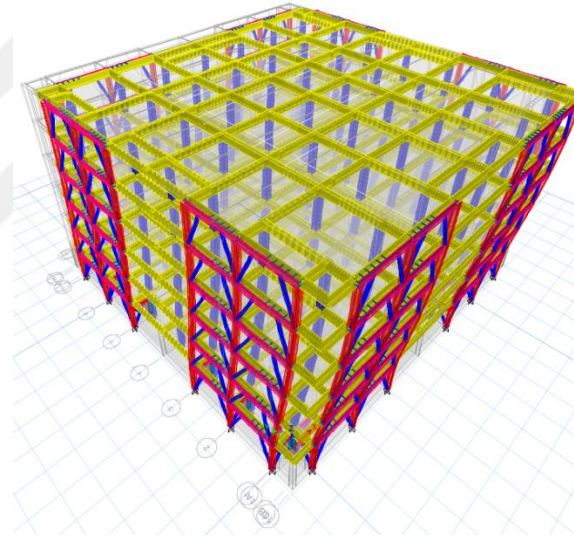
Şekil 4.350. SSB2 Kat kesme kuvvetleri

Şekil 4.352. - Şekil 4.355.'de Ex deprem yüklemesi altında binanın 1., 2., 3., ve 4. akslarında meydana gelen moment grafikleri verilmiştir. Aynı yükleme altında 1., 2., 3., ve 4. çerçevelerde oluşan kesme kuvveti dağılımı ise Şekil 4.356. - Şekil 4.359.'de sunulmuştur.

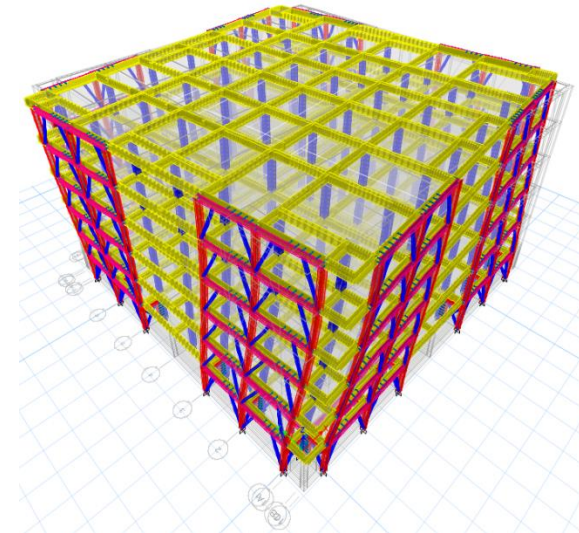




a) SSB2 – 1. Mod deplasmanı



b) SSB2 – 2. Mod deplasmanı

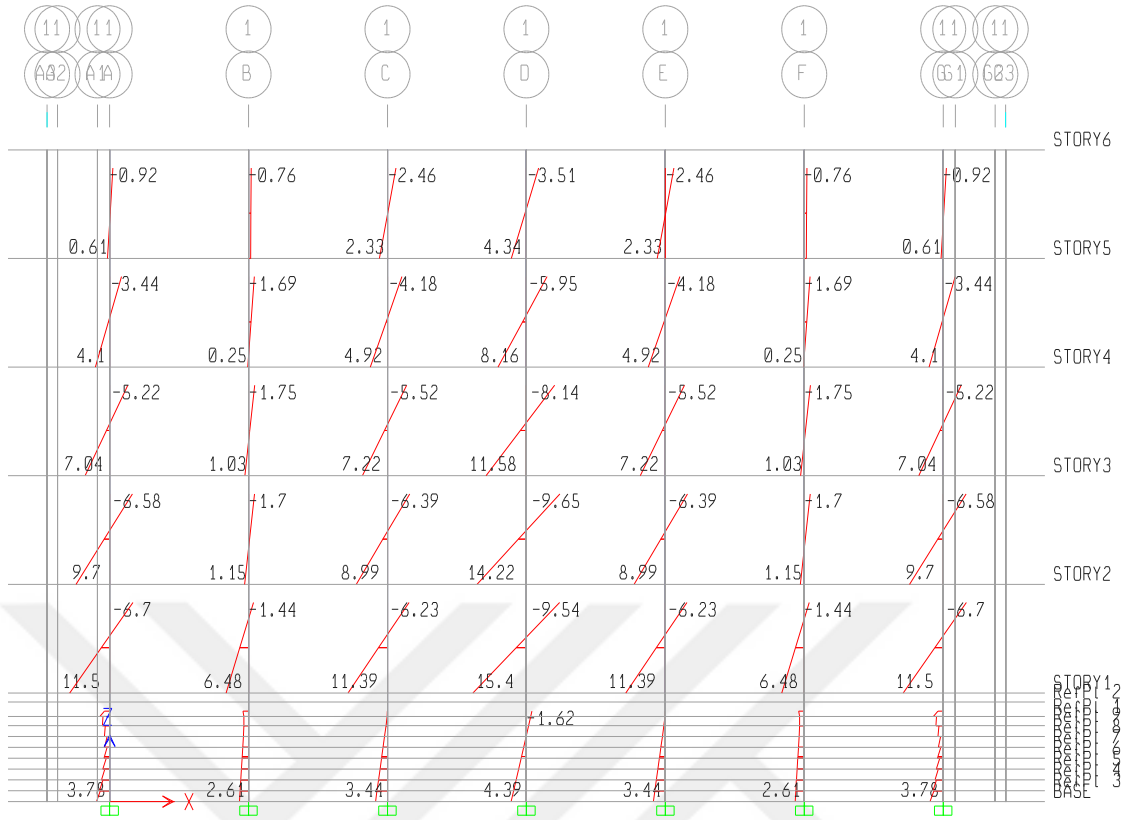


c) SSB2 – 3. Mod deplasmanı

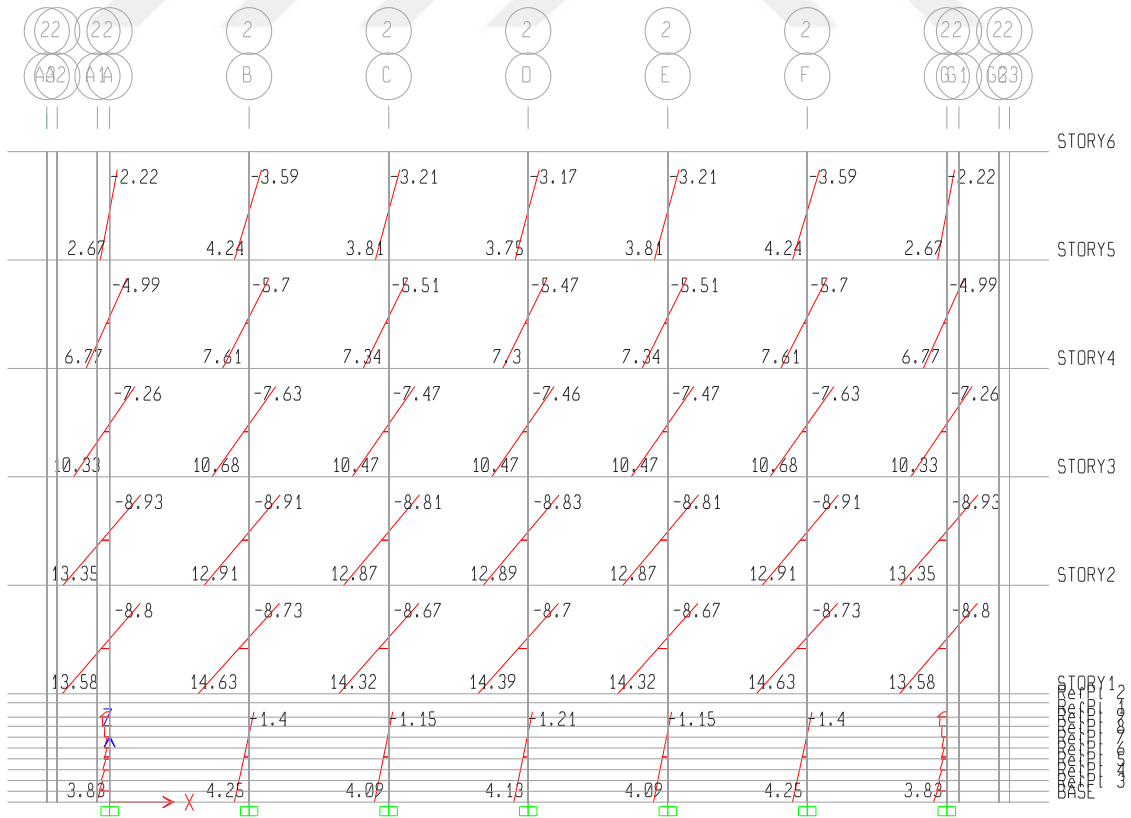
Şekil 4.351. SSB2 modeli ilk 3 mod deplasmanı

		Periyod (sn)		
		X	Y	Burulma
Modal	1. Mod	0.715	-	-
Modal	2. Mod	-	0.703	-
Modal	3. Mod	-	-	0.530

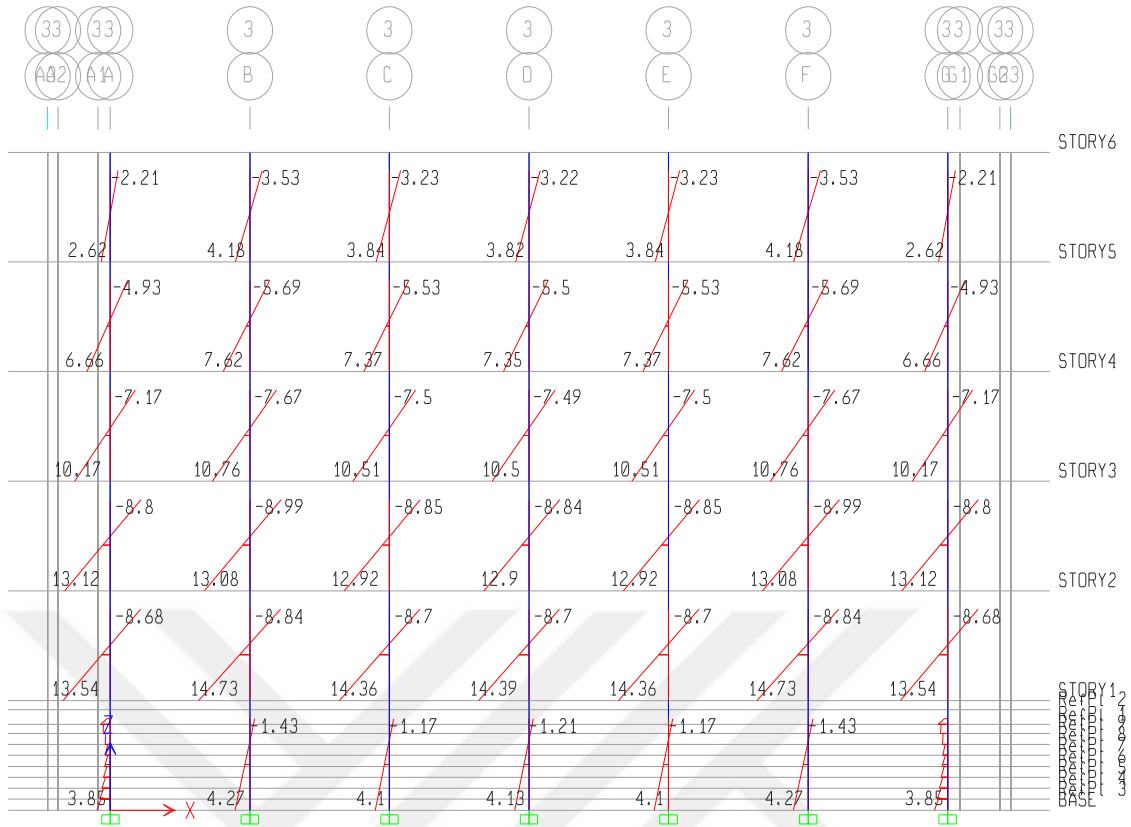
Çizelge 4.16. SSB2 Binası ilk 3 moda ait periyotlar



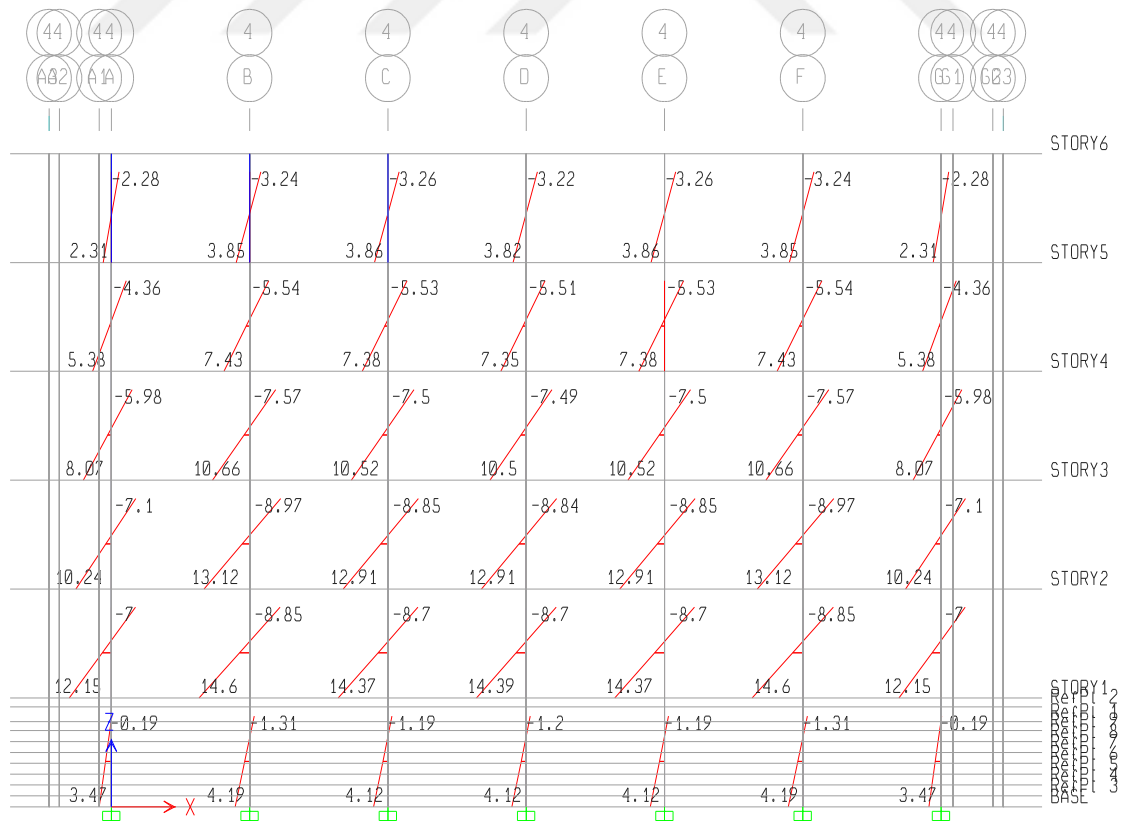
Şekil 4.352. SSB2 binası 1. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



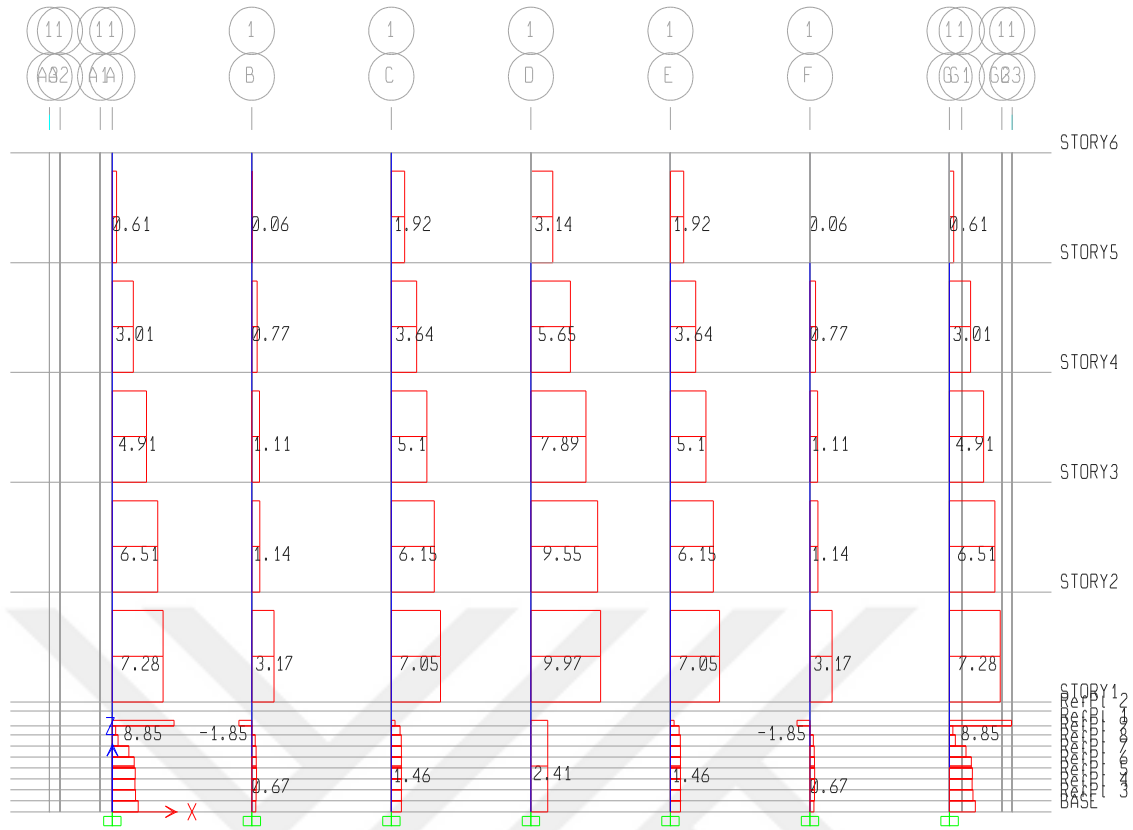
Şekil 4.353. SSB2 binası 2. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



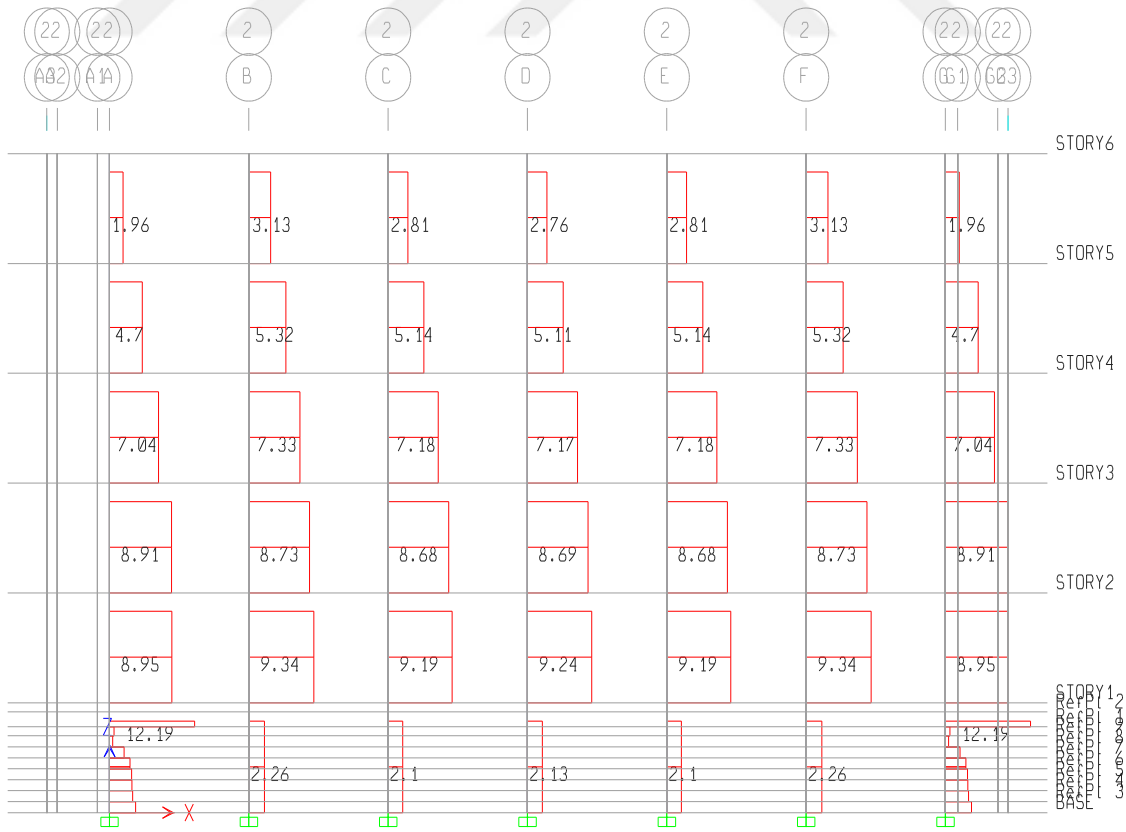
Şekil 4.354. SSB2 binası 3. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



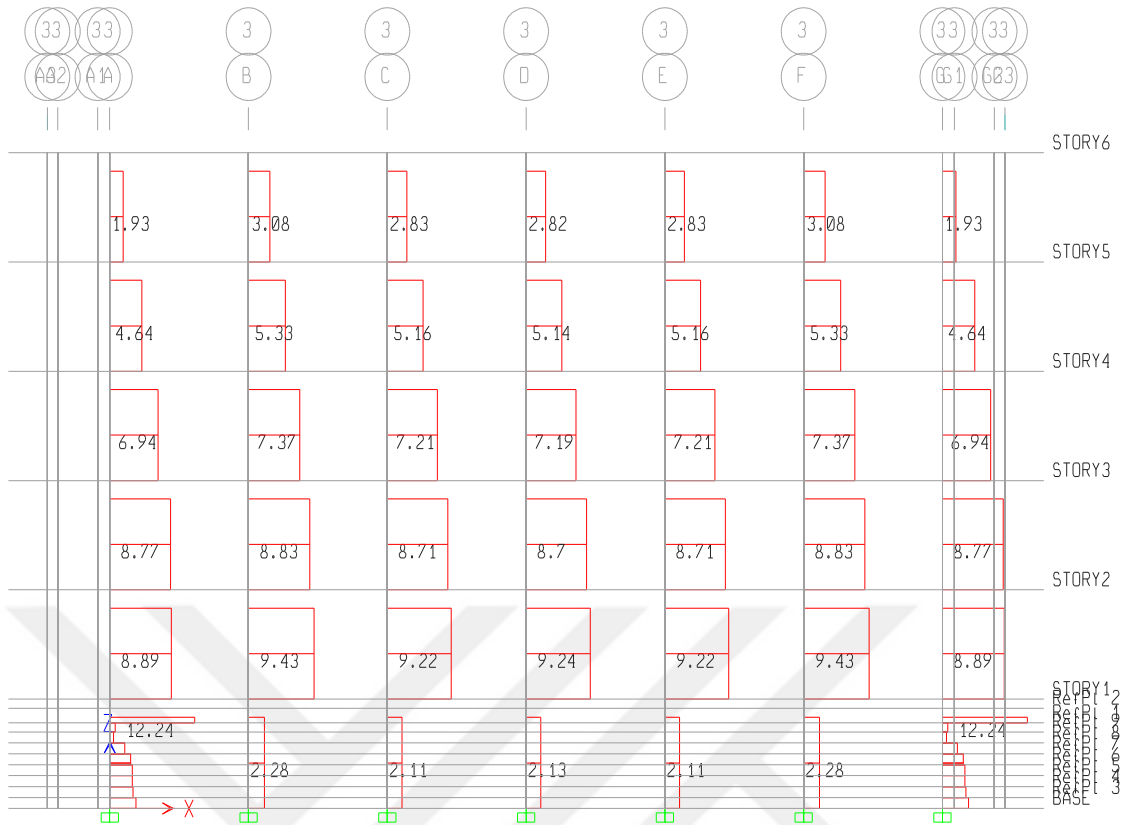
Şekil 4.355. SSB2 binası 4. aks Ex momentleri (birim x 10 kNm)



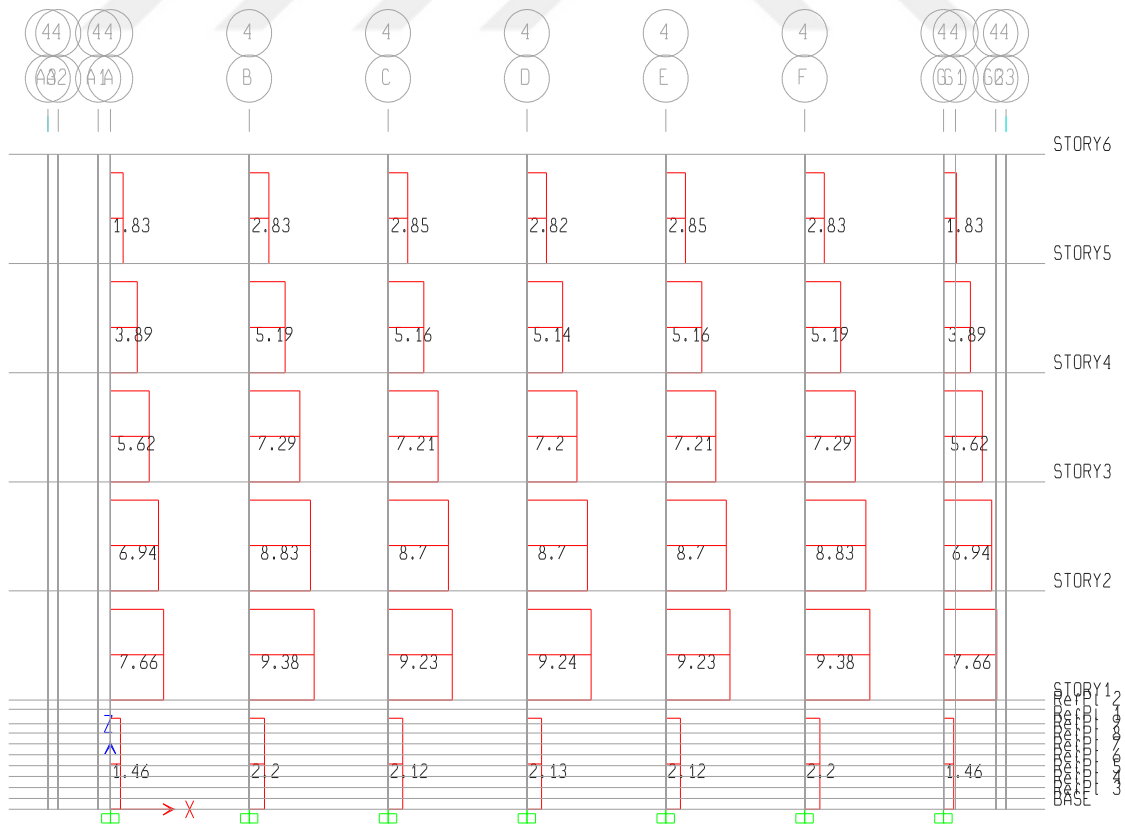
Şekil 4.356. SSB2 binası 1. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



Şekil 4.357. SSB2 binası 2. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



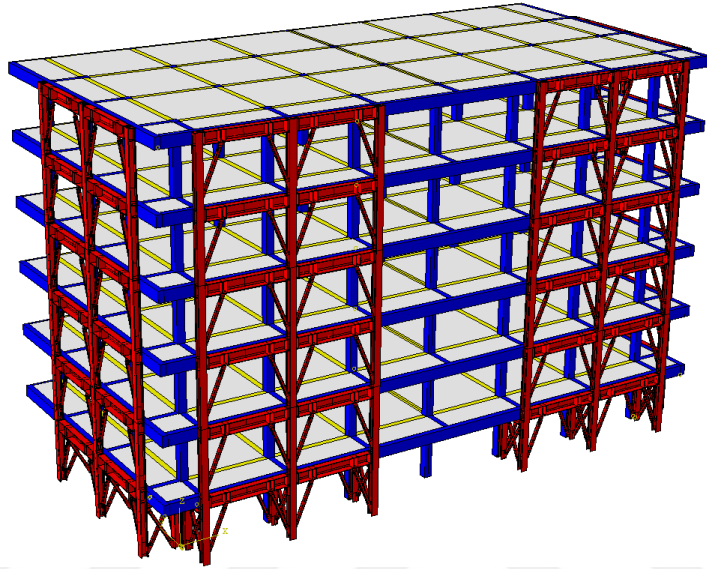
Şekil 4.358. SSB2 binası 3. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)



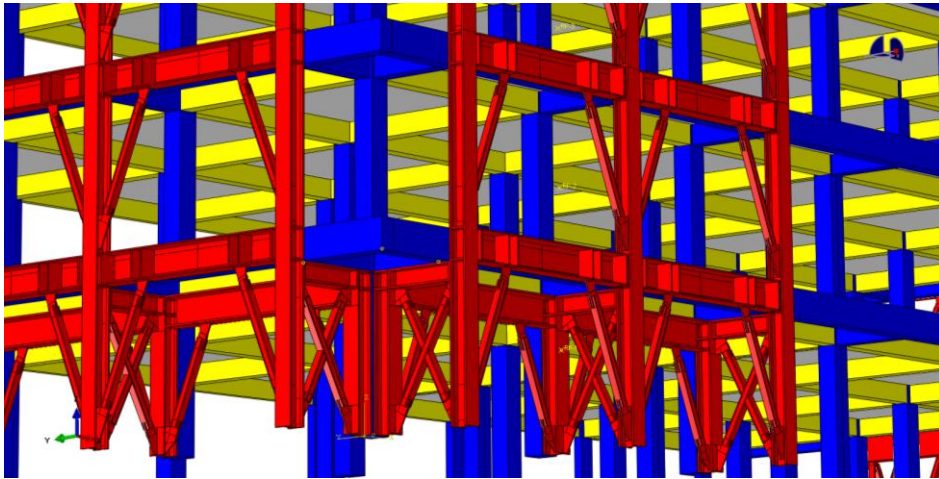
Şekil 4.359. SSB2 binası 4. aks Ex kesme kuvvetleri (birim x 10 kN)

4.3.14.2. Doğrusal olmayan analiz analiz sonuçları

RB2 referans bina modelinin dıştan tek açıklıkta çift katman çelik çerçeve eklenerek güçlendirilmesi ile oluşan yapının üç boyutlu katı Abaqus modeli Şekil 4.360. ve Şekil 4.361.'de verilmiştir.

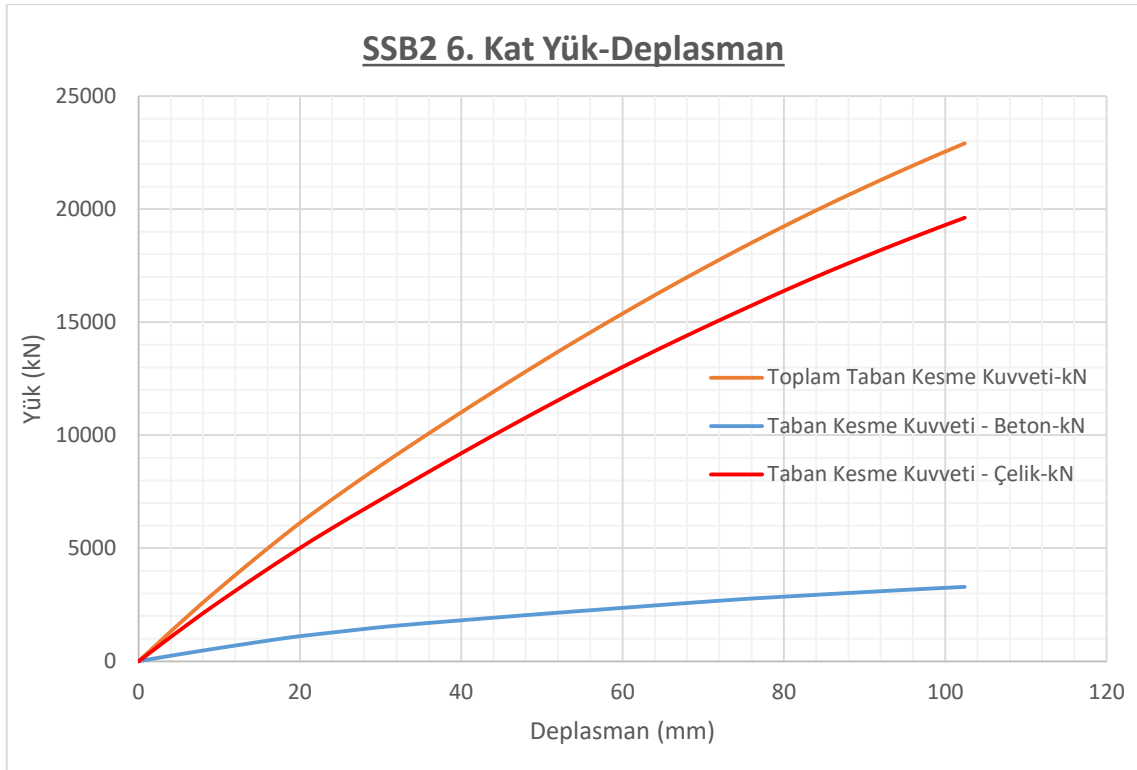


Şekil 4.360. SSB2 modeli 3B görünüşü – 1



Şekil 4.361. SSB2 modeli 3B görünüşü – 2

Şekil 4.362.'de **SSB2** modelinde yatay itme analizi sonucunda elde edilen tüm sonuçlar betonarme sistem, çelik sistem ve toplam olmak üzere taban kesme kuvvetine karşılık üst kat deplasman grafiği olarak ayrı ayrı tek grafikte gösterilmiştir. Grafikte gelinen son nokta, programın analiz sırasında sonuca ulaştığı yakınsama (convergence) noktasıdır. Bu aşamadan sonra iterasyonlarda yakınsama mümkün olamamıştır.



Şekil 4.362. SSB2 analiz modelinde meydana gelen kesme kuvveti ve bu kuvvetin çelik ve betonarme çerçeveler arasında dağılımı

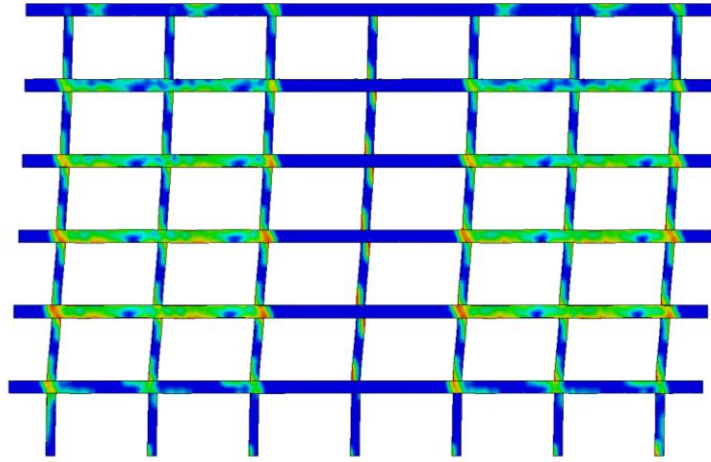
SSB2 analiz modelinde 102.4 mm maksimum tepe deplasmanına ulaşılmıştır. Bu adımdan sonra

SSB2 modelinde yatay itme analizinde maksimum 22910.2 kN yatay yüke kadar analiz yapılabilmektedir. Maksimum yükleme altında bina üst katı 102.4 mm deplasmana maruz kalmıştır. Bu sebeple analiz sonucu meydana gelen değişimi incelemek amacı maksimum yük F^{RB2}_{max} referans adımı olarak seçilmiştir.

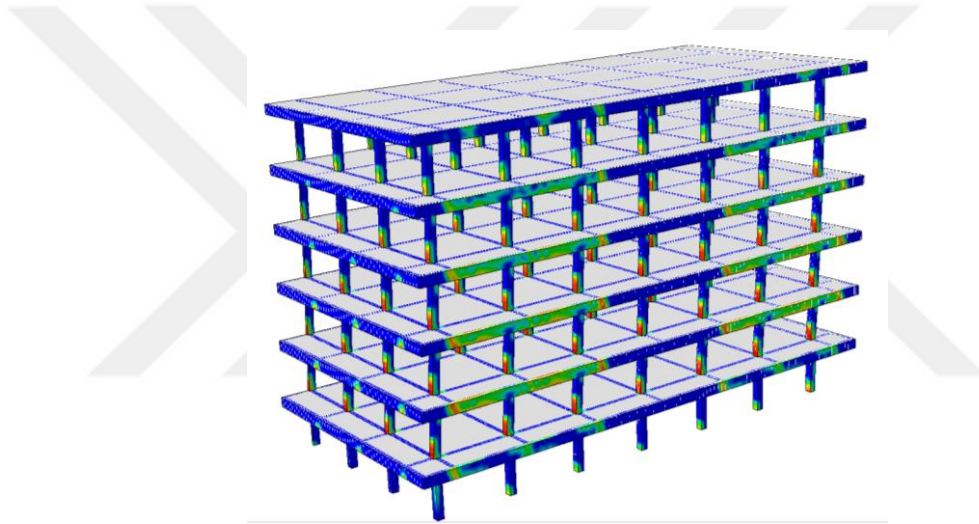
SSB2 modelinde F^{RB2}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, betonarme elemanlarda oluşan çekme hasarının dağılımı Şekil 4.363. ve Şekil 4.364.'da verilmiştir. Şekil 4.363.'deki görüntü, 1 aksına aittir. Çekme hasarı dağılımı grafiklerinde, kırmızı renge karşılık gelen 1 değeri, malzemede tam hasar oluşması durumuna, mavi renkle temsil edilen 0 değeri ise hiçbir hasar oluşmaması aşamasına karşılık gelmektedir. Diğer renkler, malzemenin gerilme durumuna bağlı olarak dağıtılmış ve renk ölçeğinde gösterilmiştir.

Modelde F^{RB2}_{max} yüküne ulaşıldığı anda, dış çelik çerçeve elemanlarında oluşan Von-Misses gerilmeleri Şekil 4.365. - Şekil 4.367.'de verilmiştir.

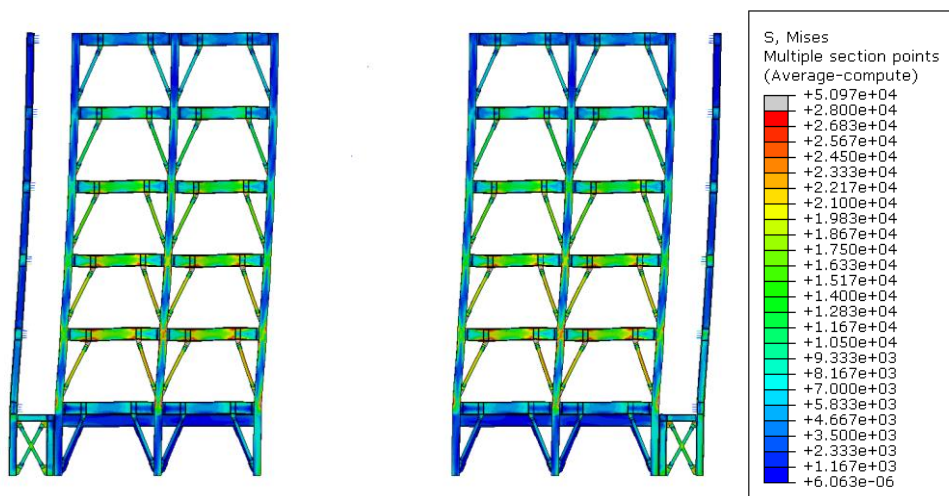
Analiz sonrası elde edilen kolon kesme kuvveti / taban kesme kuvveti, moment / taban kesme kuvveti, kolon kesme kuvveti / deplasman, moment / deplasman grafikleri tüm kolonlar için sırası ile Şekil 4.368. - Şekil 4.381. arasında verilmiştir.



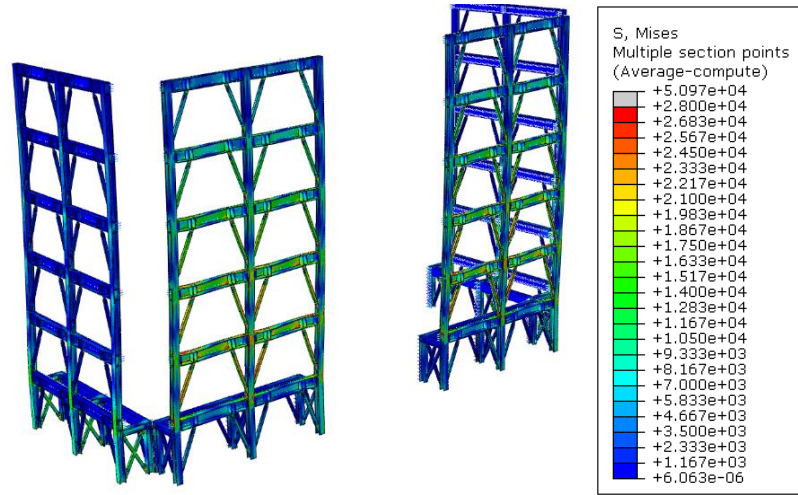
Şekil 4.363. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı



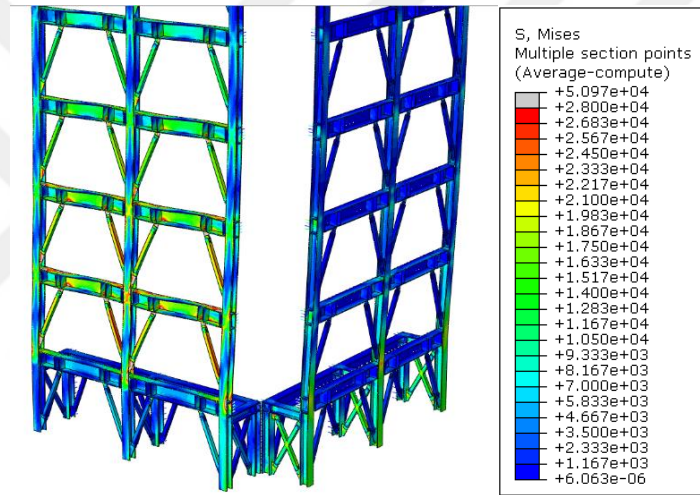
Şekil 4.364. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasar dağılımı – 3B görünüş



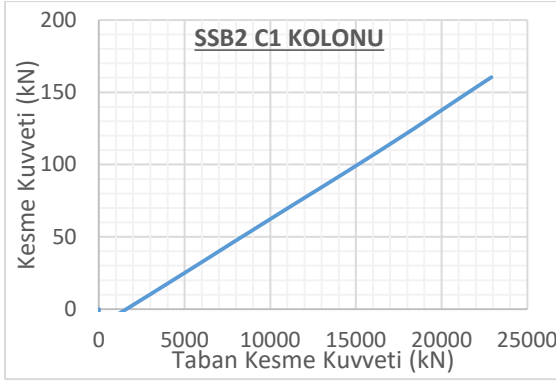
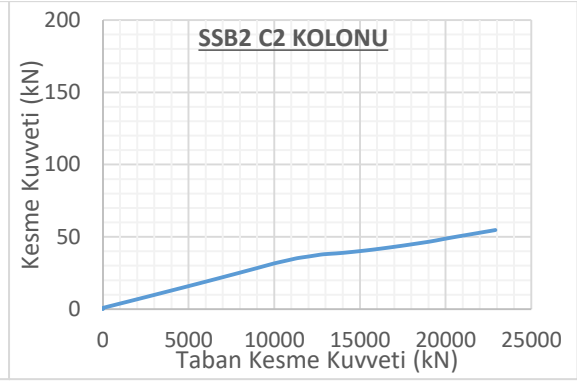
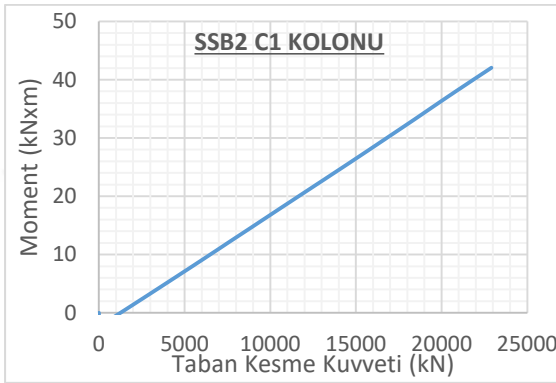
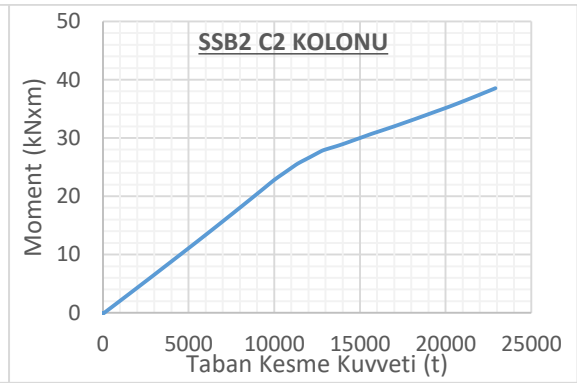
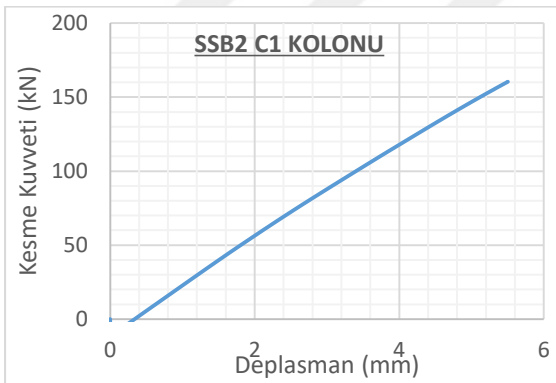
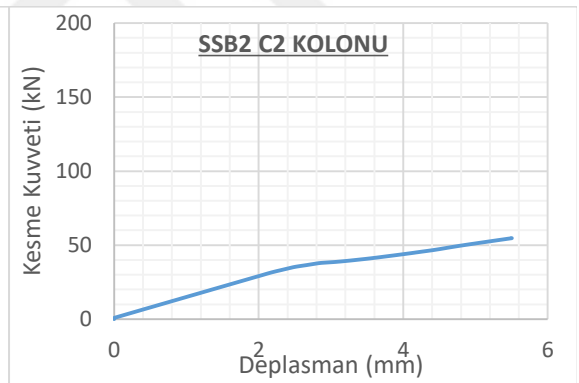
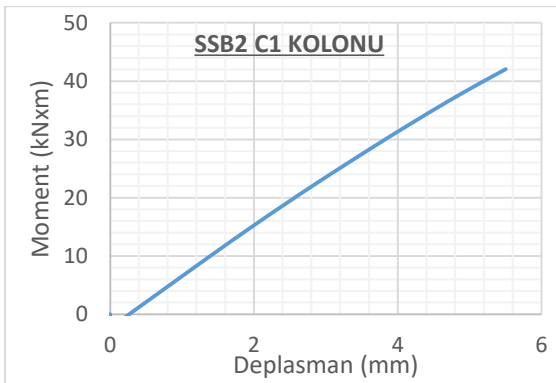
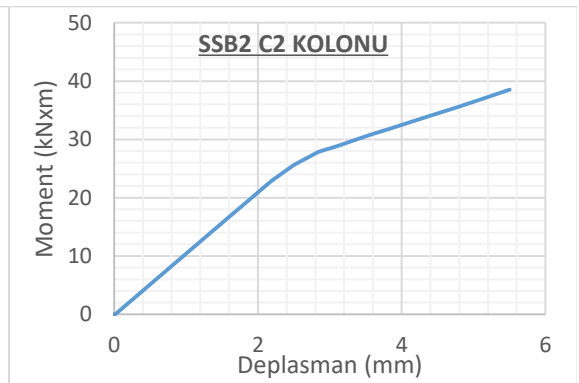
Şekil 4.365. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri



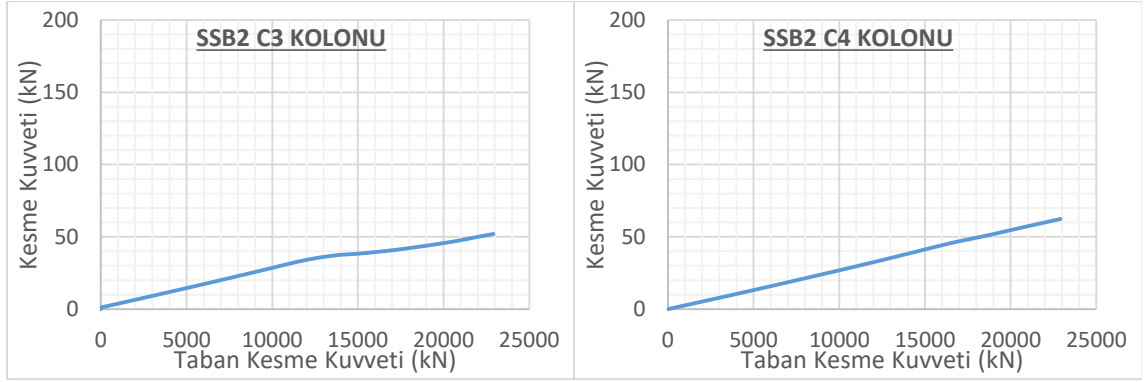
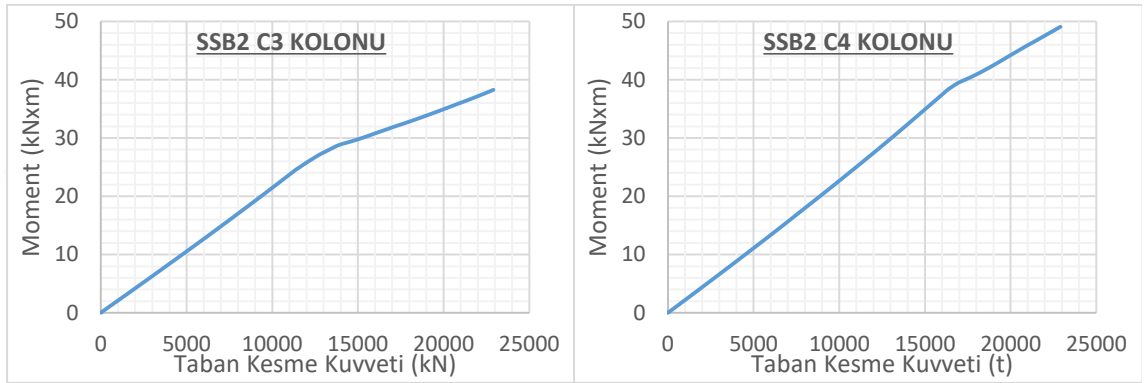
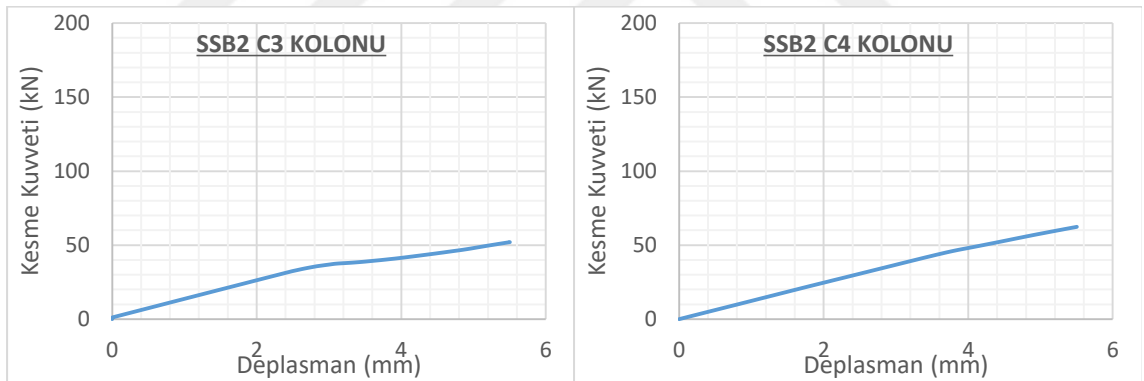
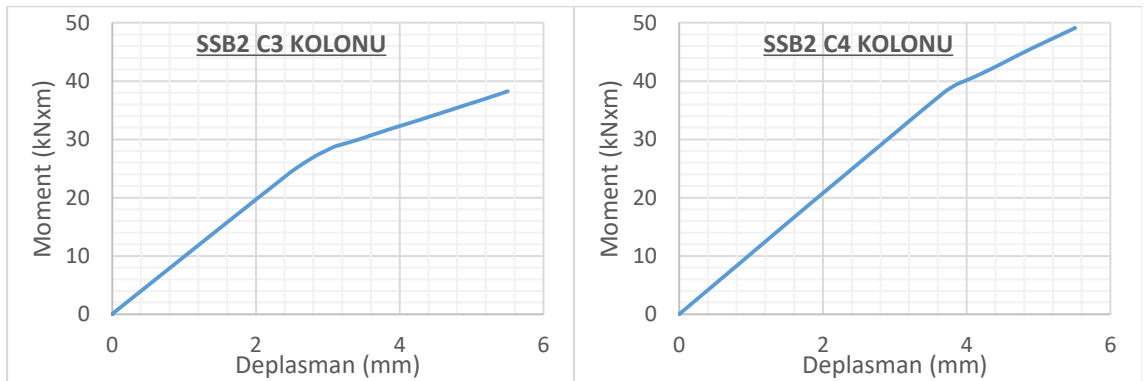
Şekil 4.366. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 1



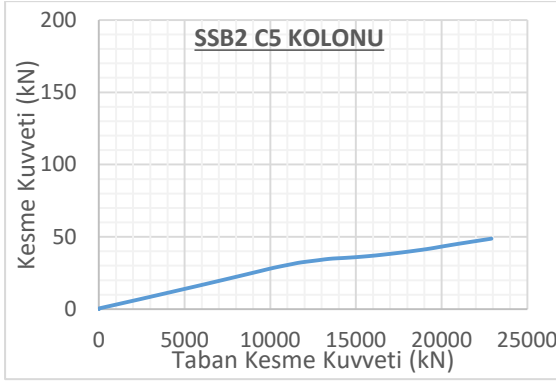
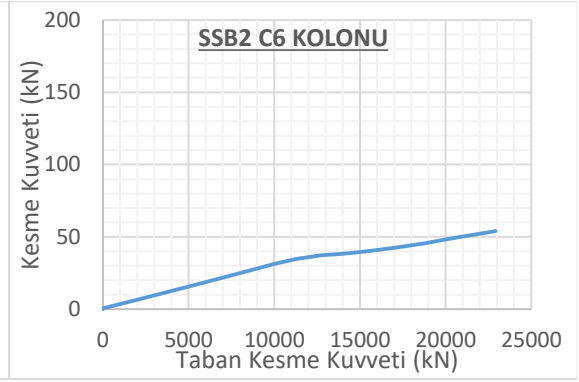
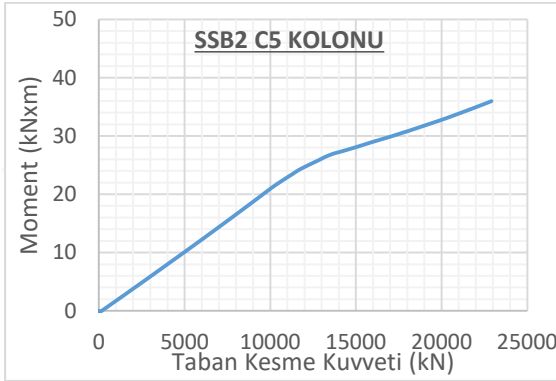
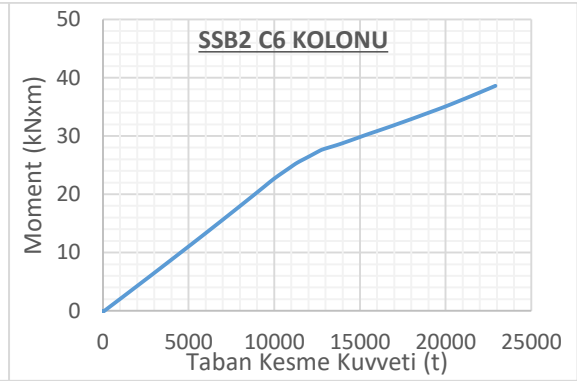
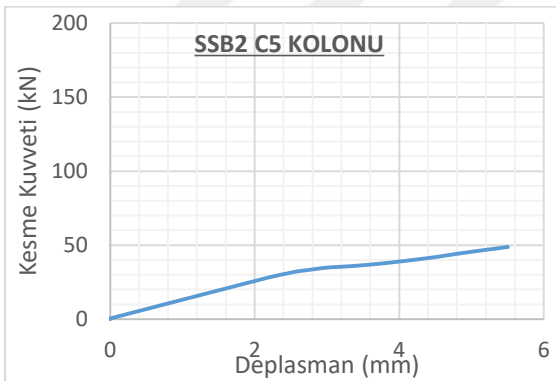
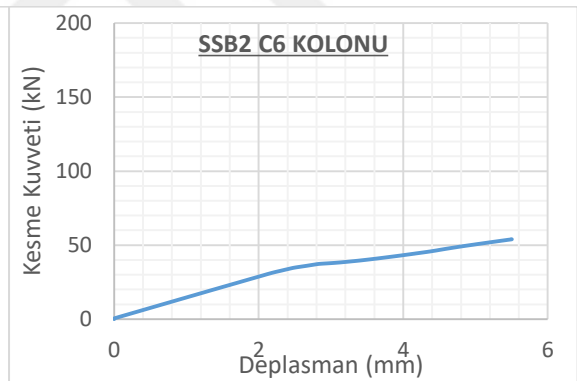
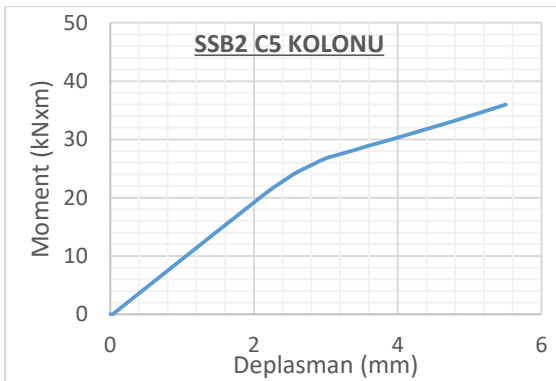
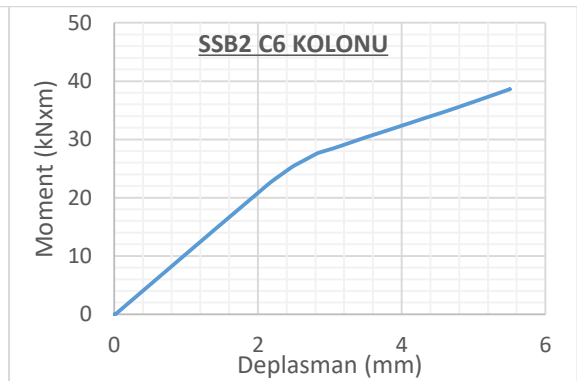
Şekil 4.367. F^{SSB2}_{max} (22910.2 kN) taban kesme kuvvetinde, SSB2 modelinde dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri 3B görünüş – 2

a) C1 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C2 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C1 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C2 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C1 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C2 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C1 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C2 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

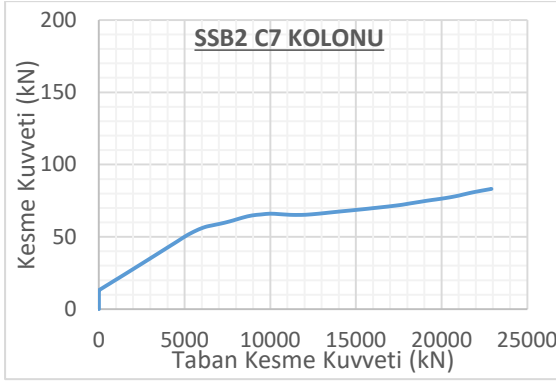
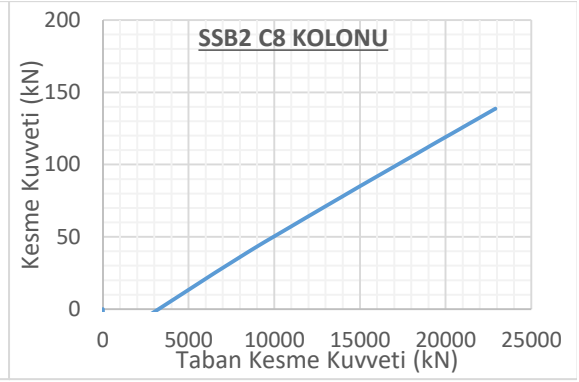
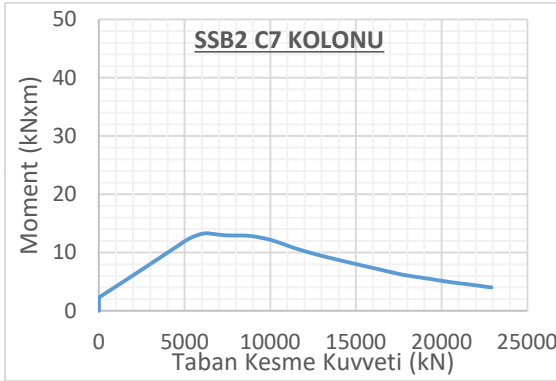
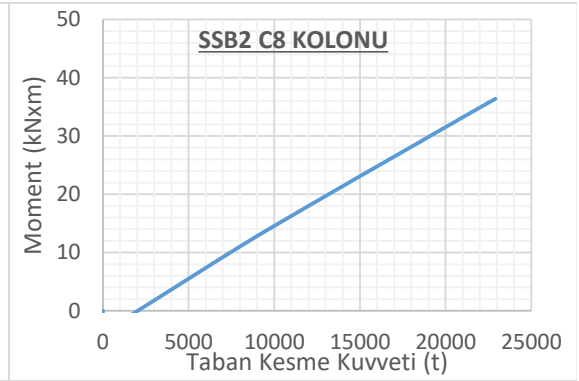
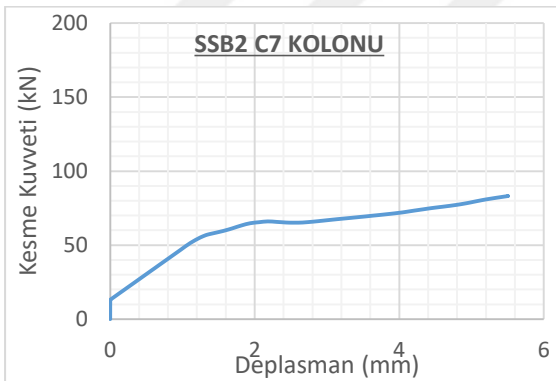
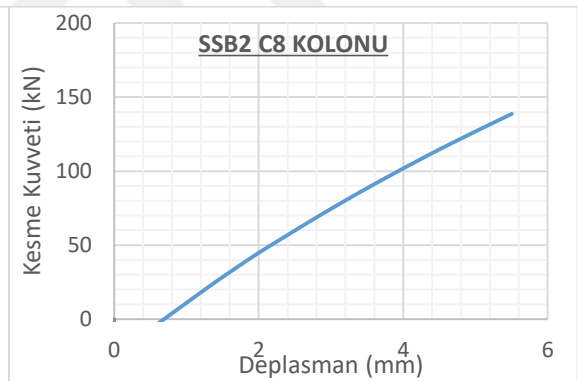
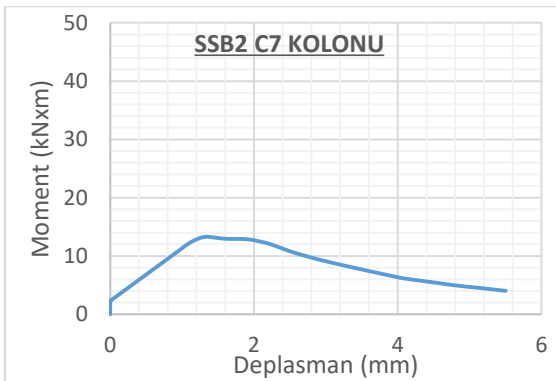
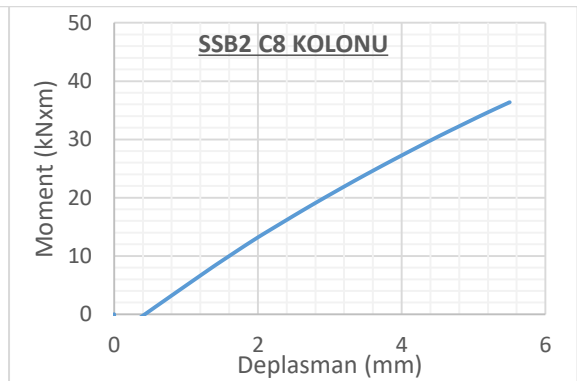
Şekil 4.368. SSB2 modeli C1 ve C2 kolonları grafikleri

a) C3 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C4 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C3 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C4 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C3 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C4 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C3 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C4 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

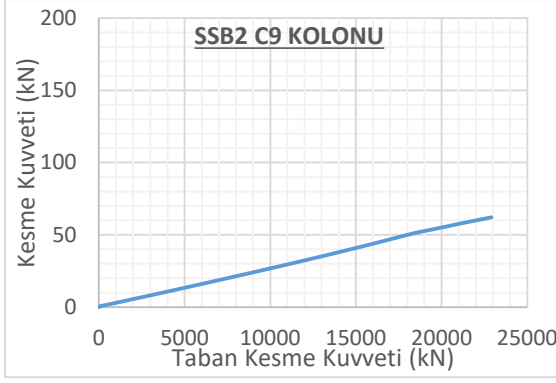
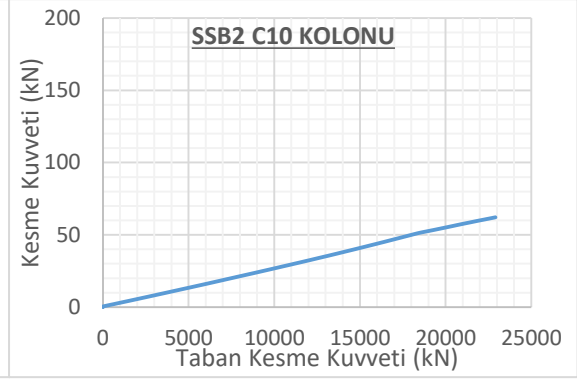
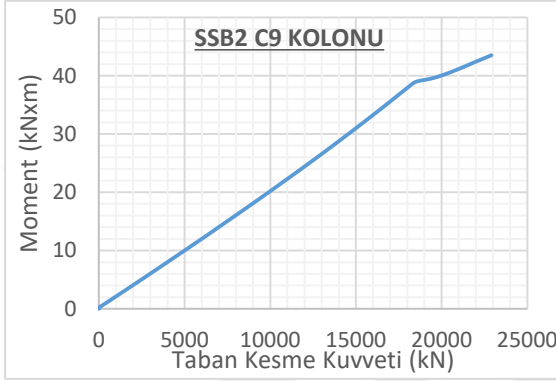
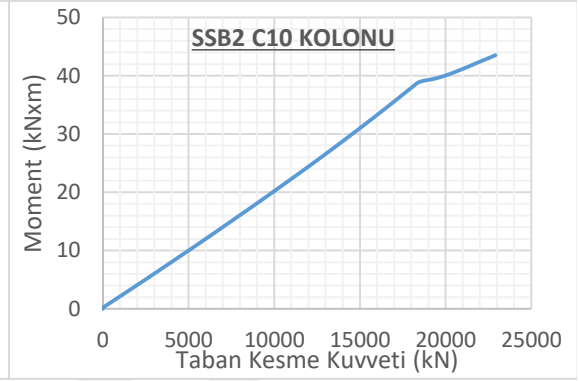
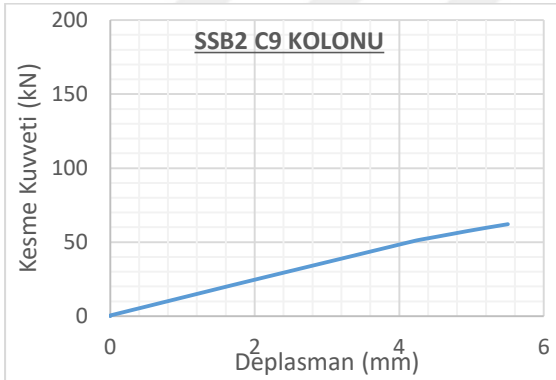
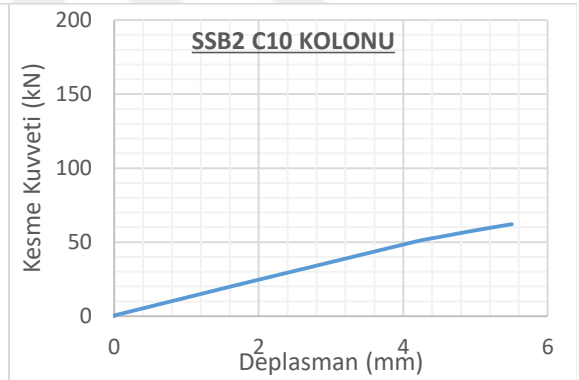
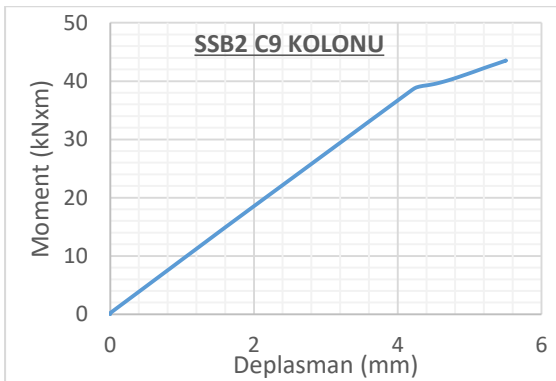
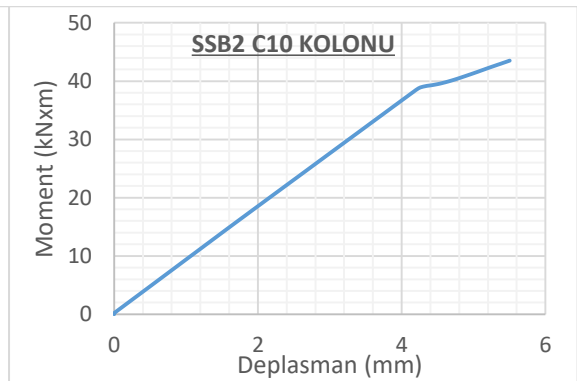
Şekil 4.369. SSB2 modeli C3 ve C4 kolonları grafikleri

a) C5 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C6 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C5 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C6 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C5 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C6 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C5 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C6 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

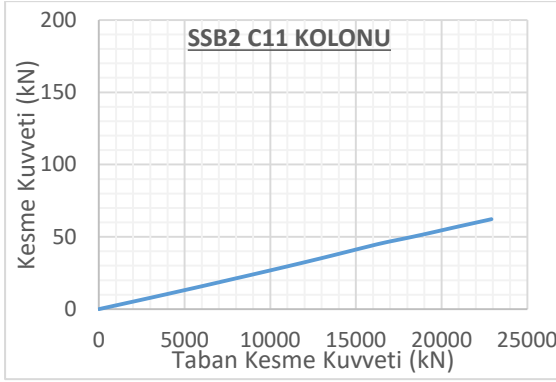
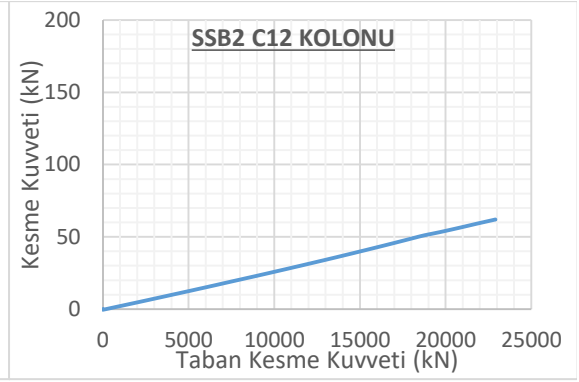
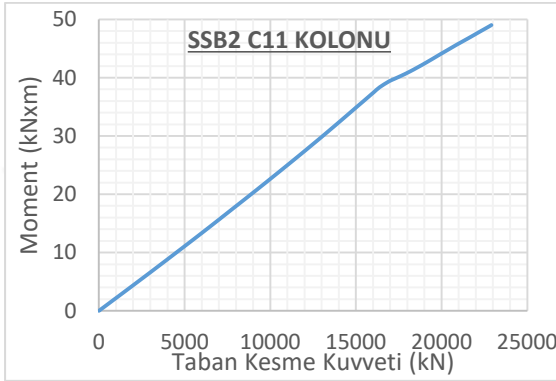
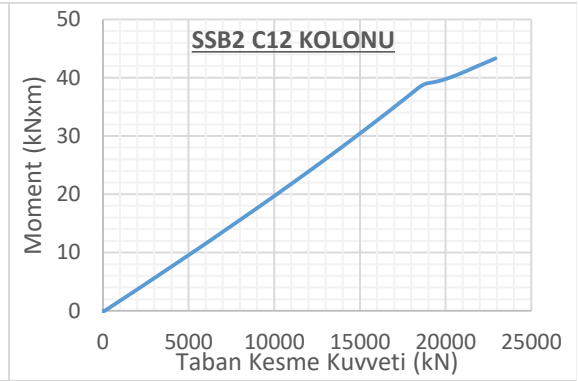
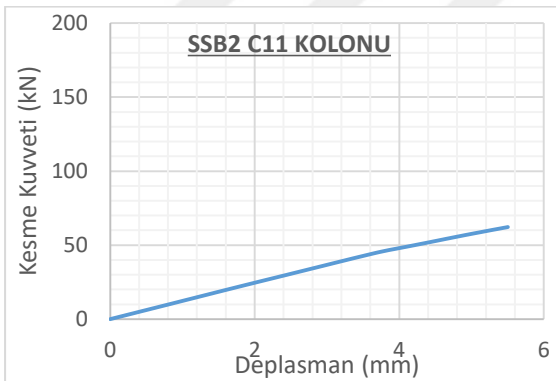
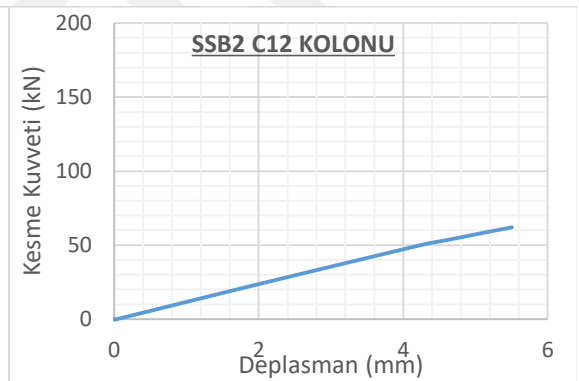
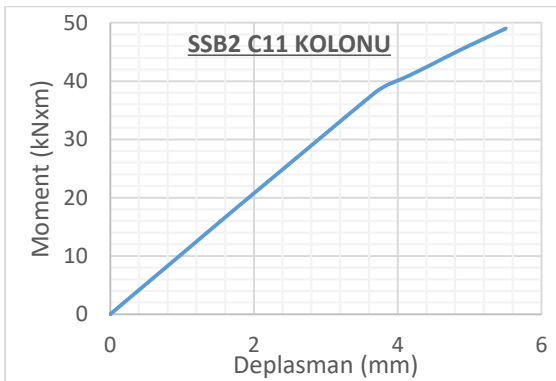
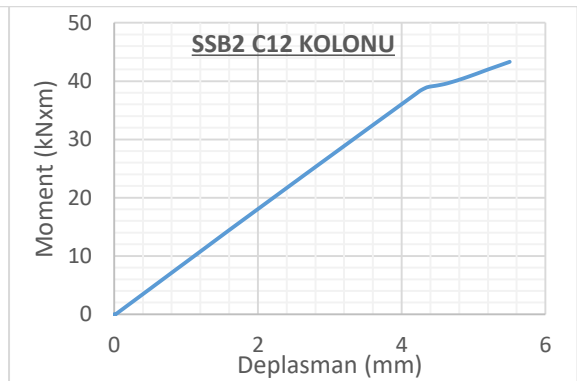
Şekil 4.370. SSB2 modeli C5 ve C6 kolonları grafikleri

a) C7 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C8 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C7 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C8 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C7 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C8 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C7 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C8 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

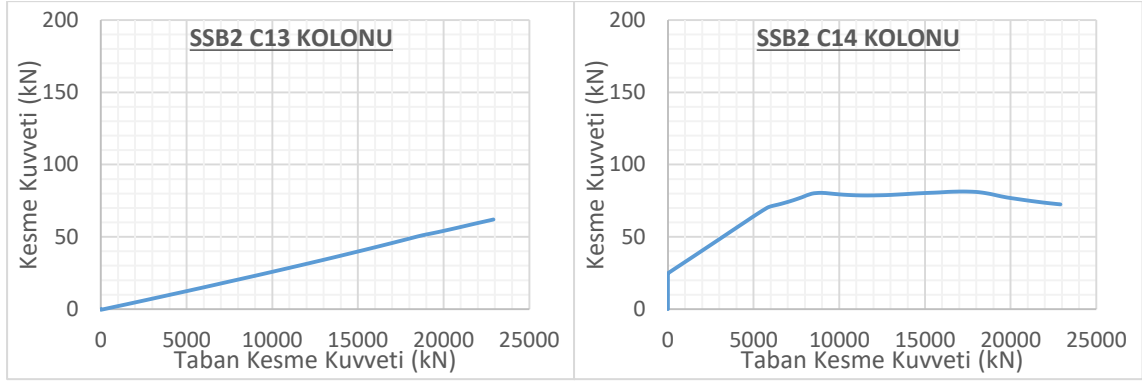
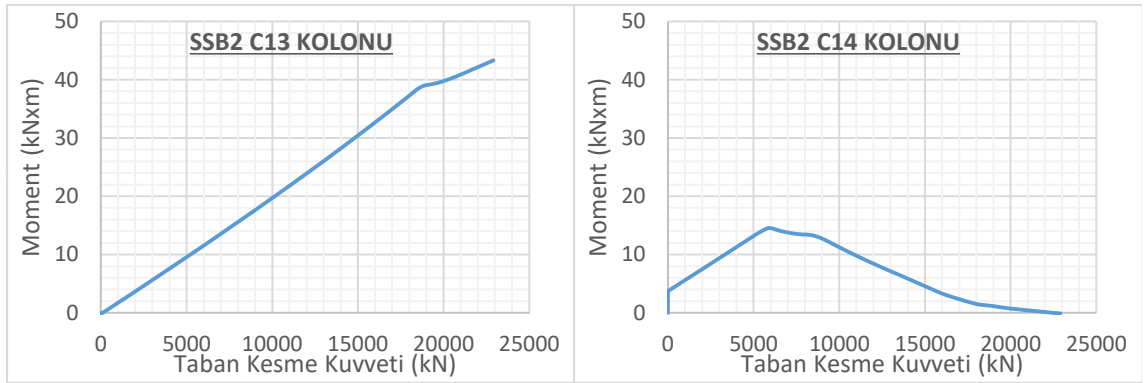
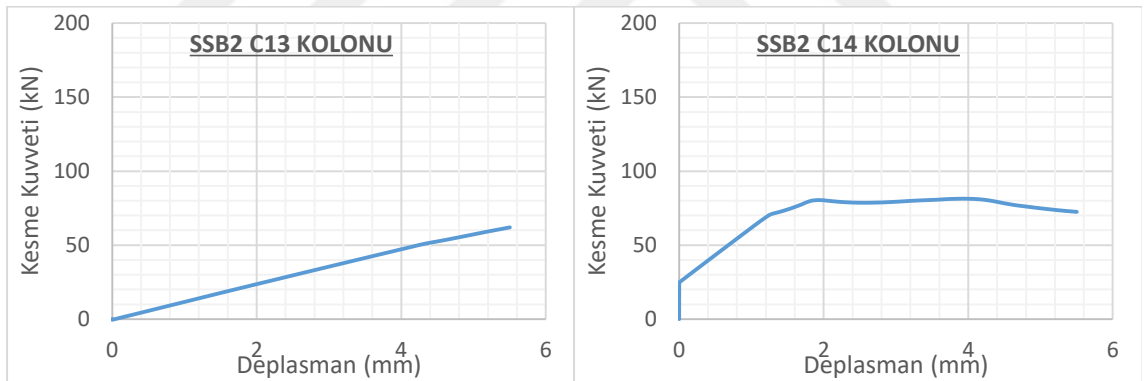
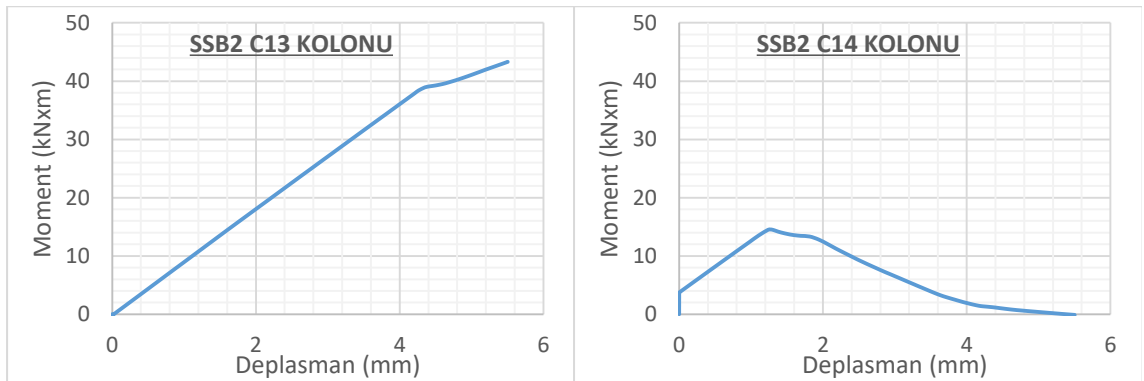
Şekil 4.371. SSB2 modeli C7 ve C8 kolonları grafikleri

a) C9 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C10 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C9 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C10 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C9 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C10 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C9 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C10 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

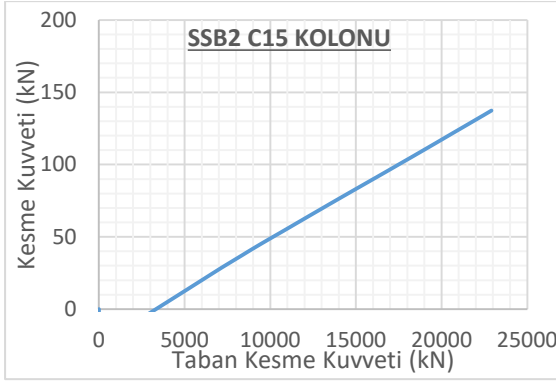
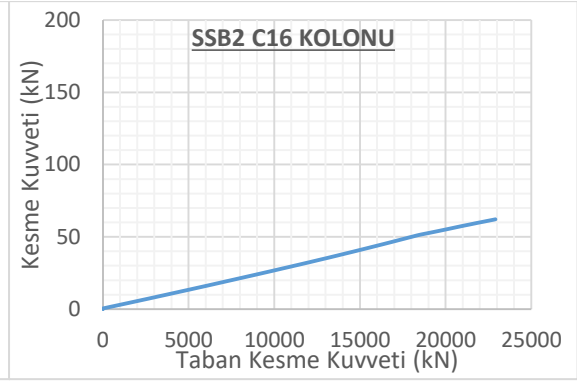
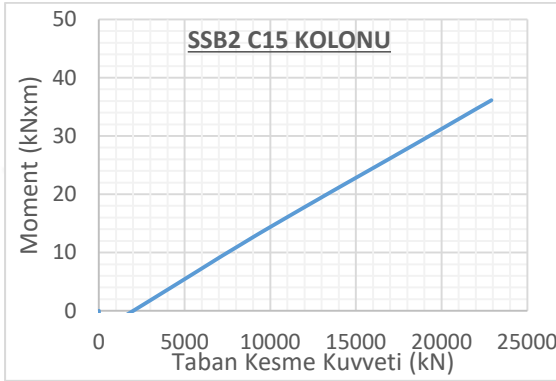
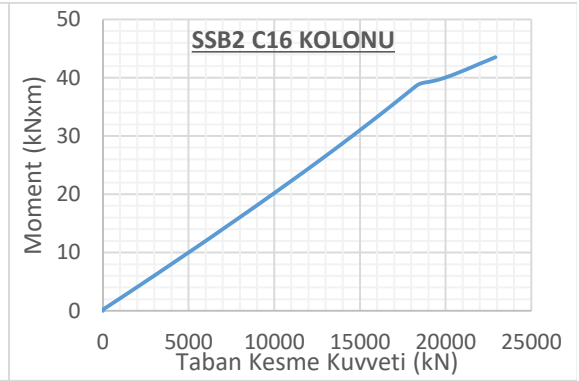
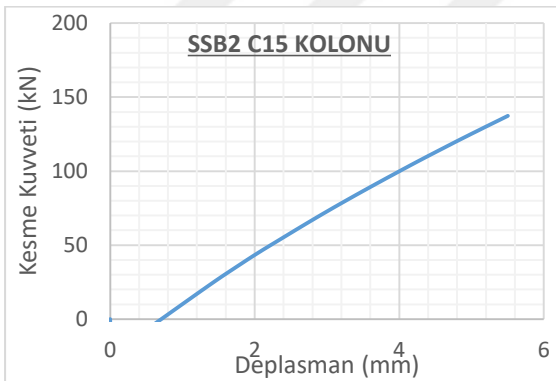
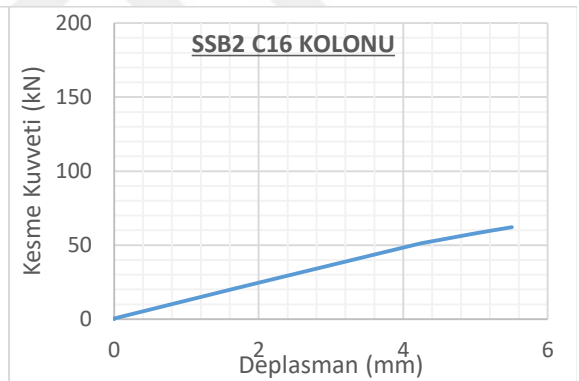
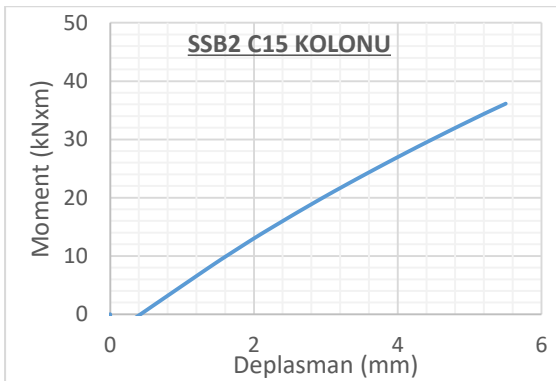
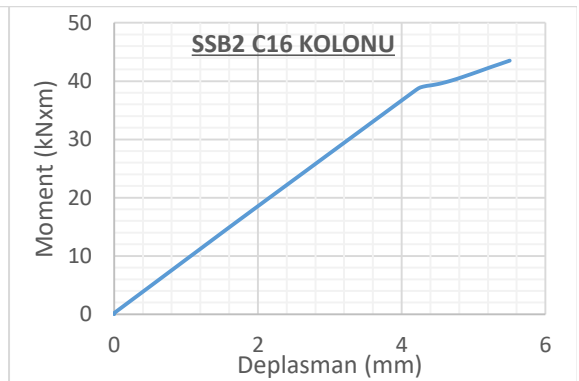
Şekil 4.372. SSB2 modeli C9 ve C10 kolonları grafikleri

a) C11 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C12 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C11 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C12 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C11 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C12 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C11 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C12 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

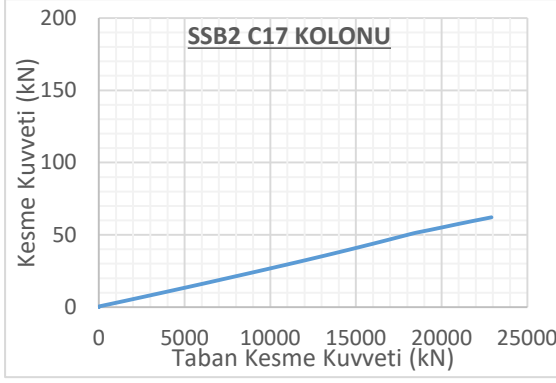
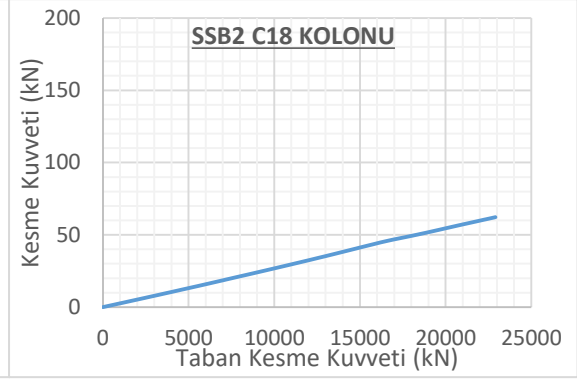
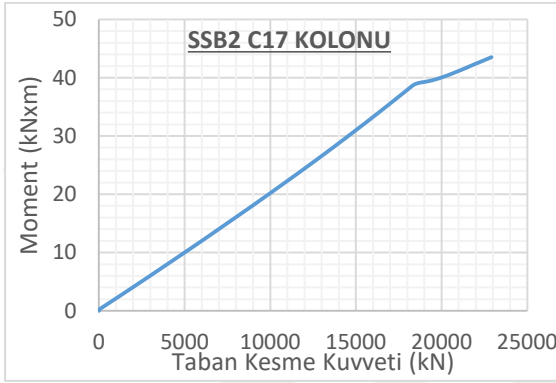
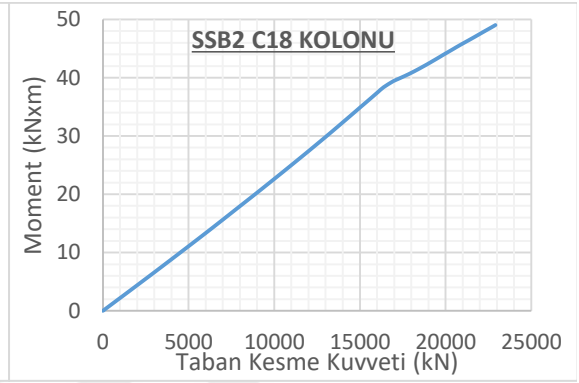
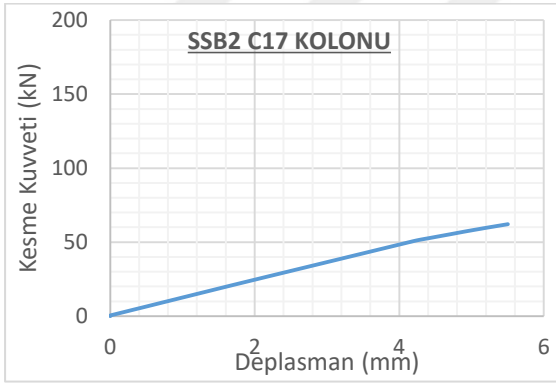
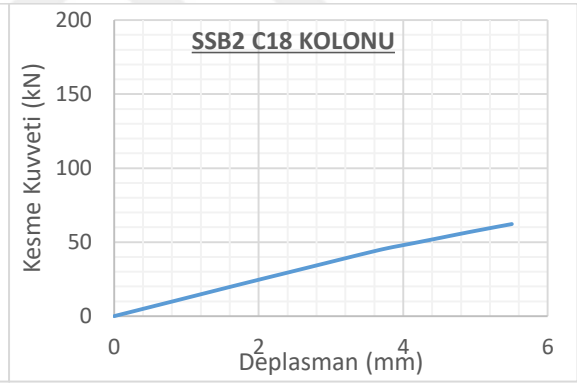
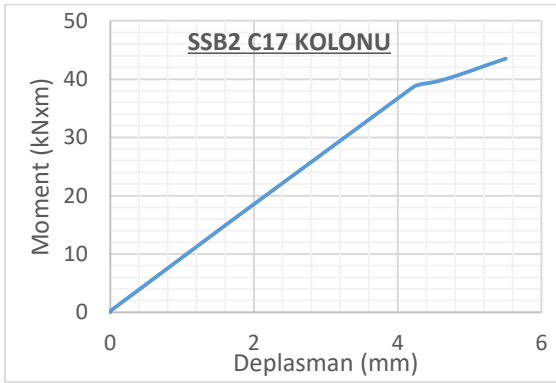
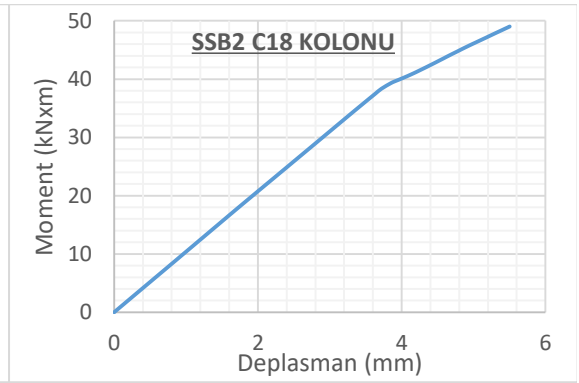
Şekil 4.373. SSB2 modeli C11 ve C12 kolonları grafikleri

a) C13 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C14 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C13 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C14 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C13 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C14 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C13 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C14 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

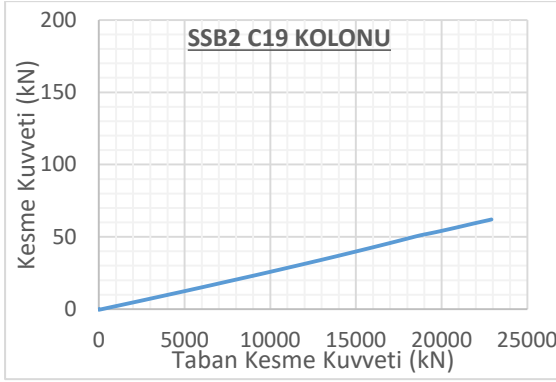
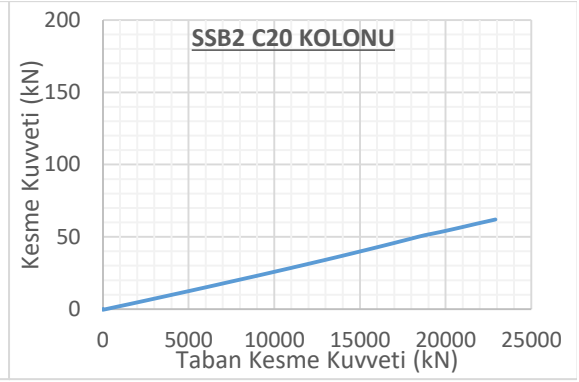
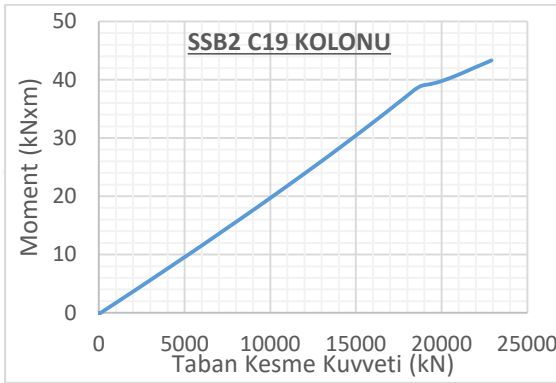
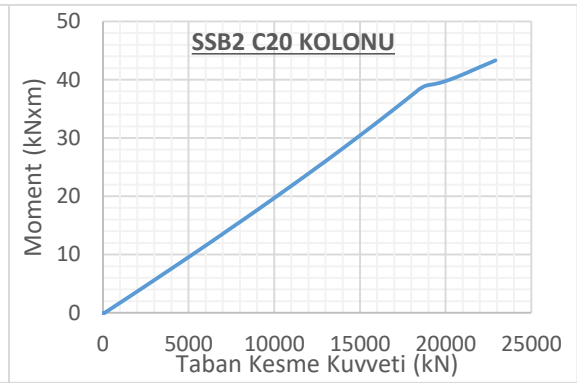
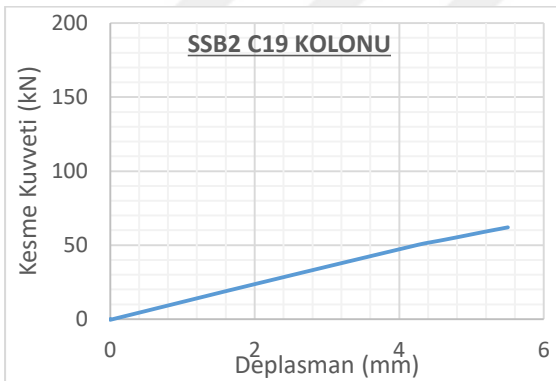
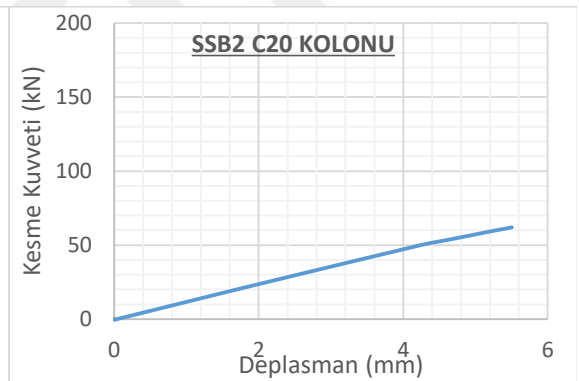
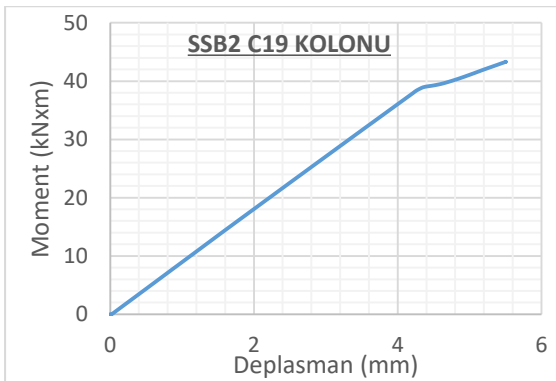
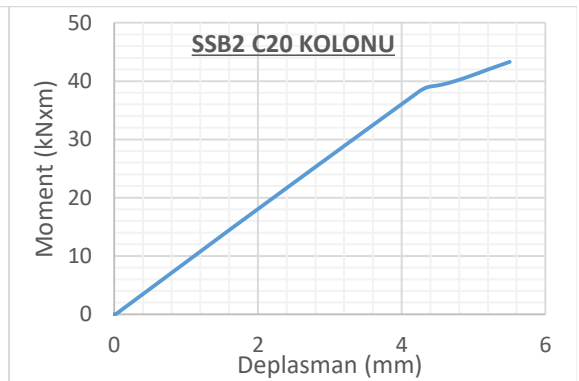
Şekil 4.374. SSB2 modeli C13 ve C14 kolonları grafikleri

a) C15 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C16 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C15 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C16 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C15 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C16 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C15 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C16 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

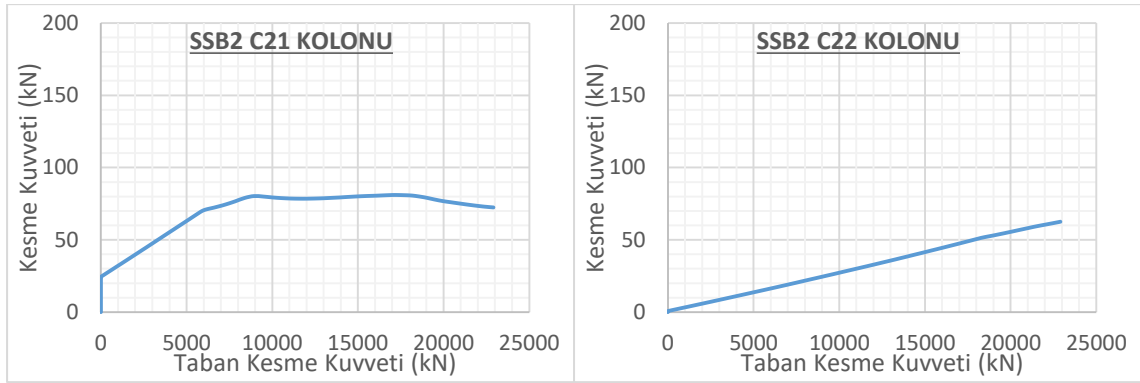
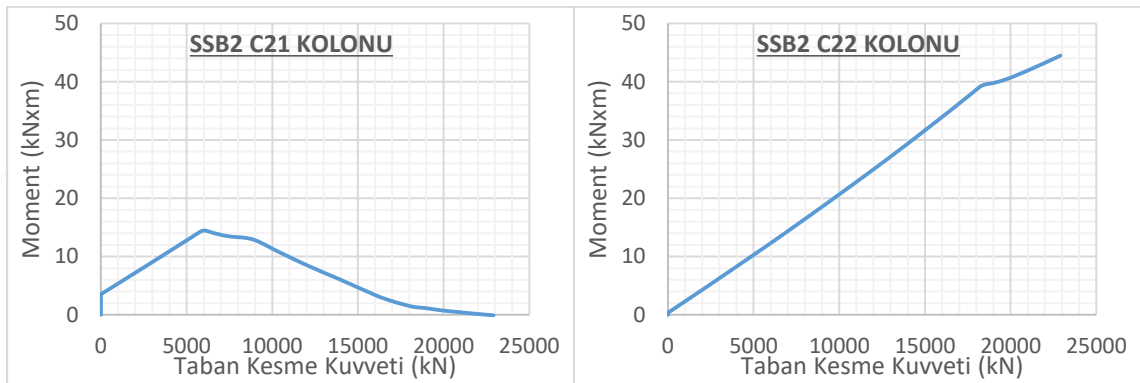
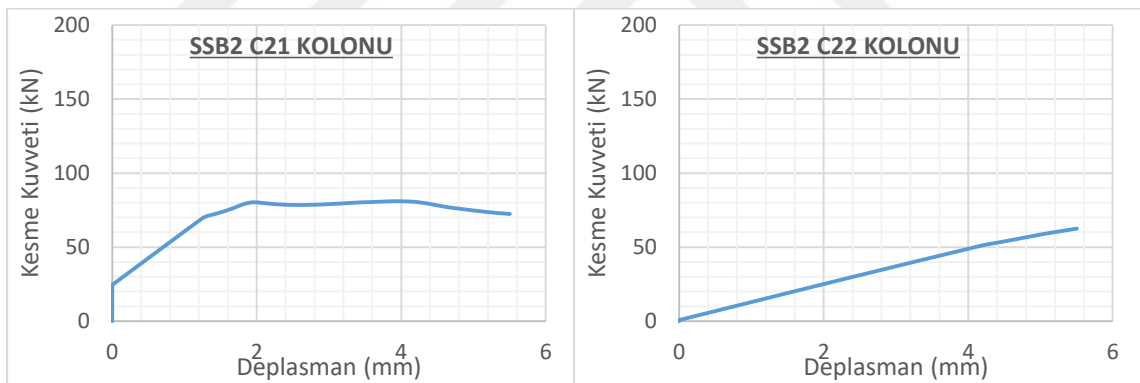
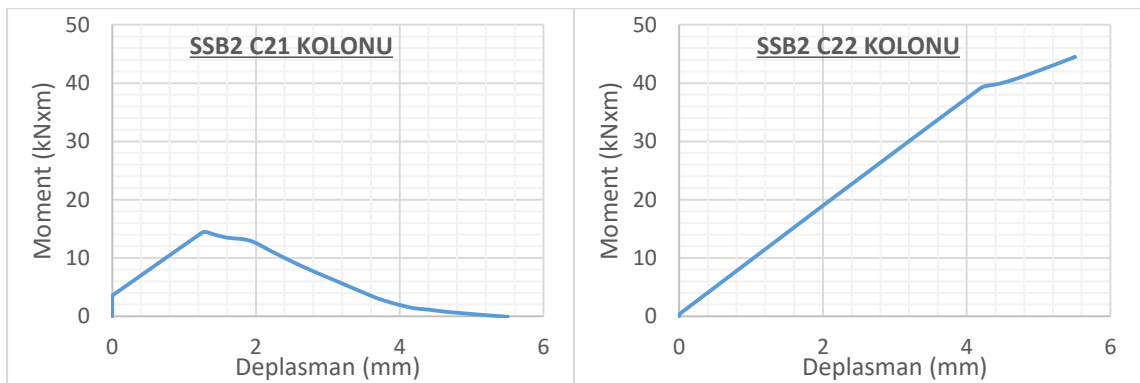
Şekil 4.375. SSB2 modeli C15 ve C16 kolonları grafikleri

a) C17 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C18 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C17 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C18 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C17 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C18 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C17 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C18 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

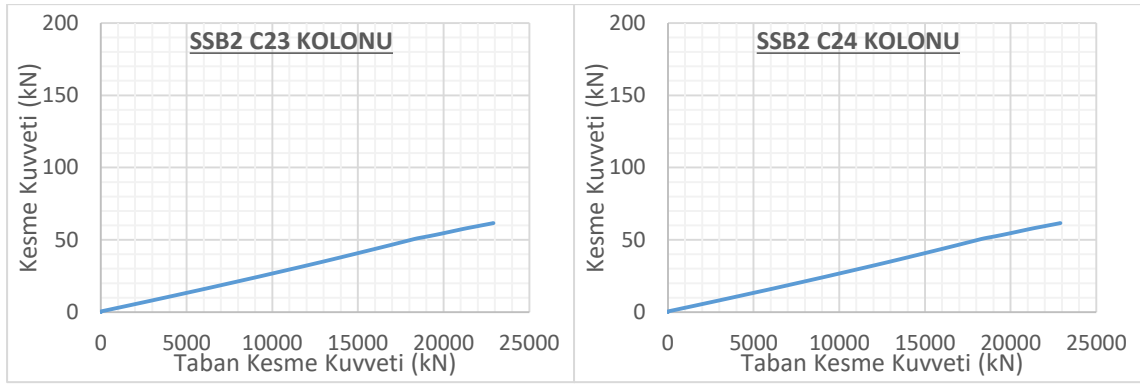
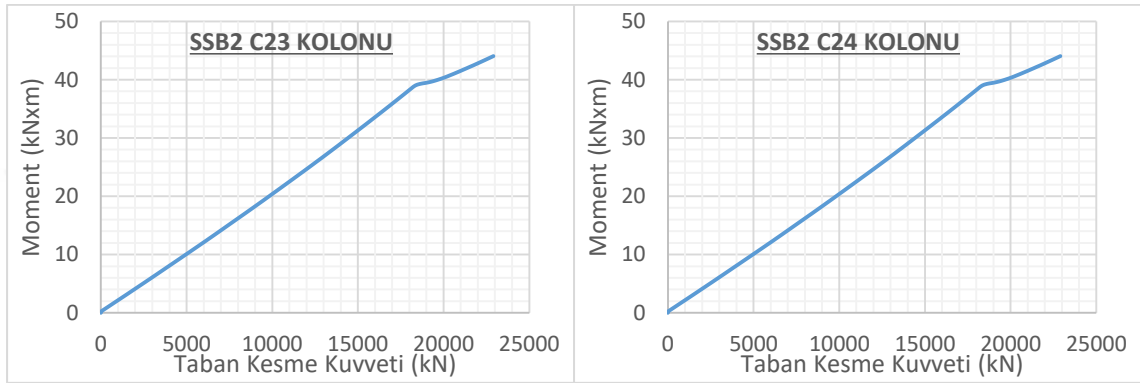
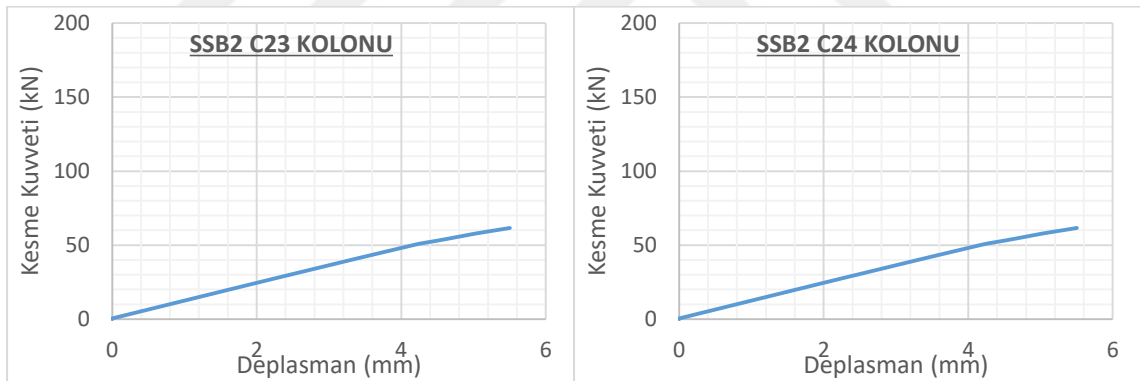
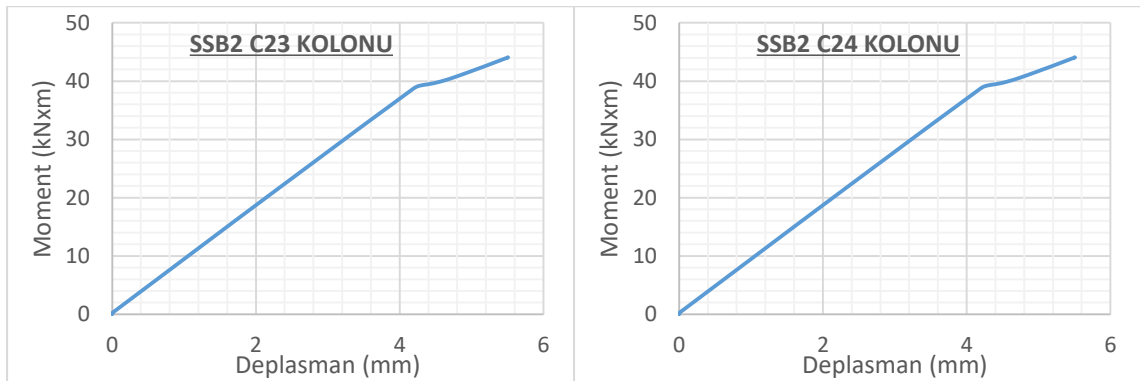
Şekil 4.376. SSB2 modeli C17 ve C18 kolonları grafikleri

a) C19 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C20 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C19 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C20 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C19 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C20 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C19 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C20 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

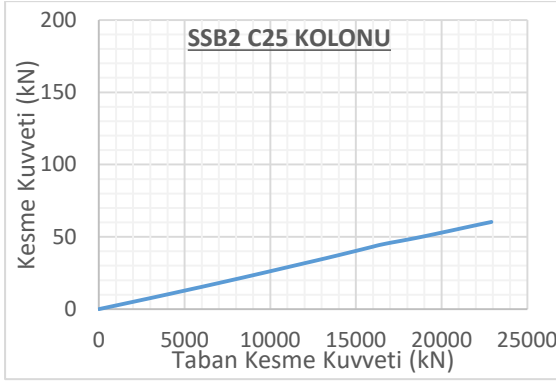
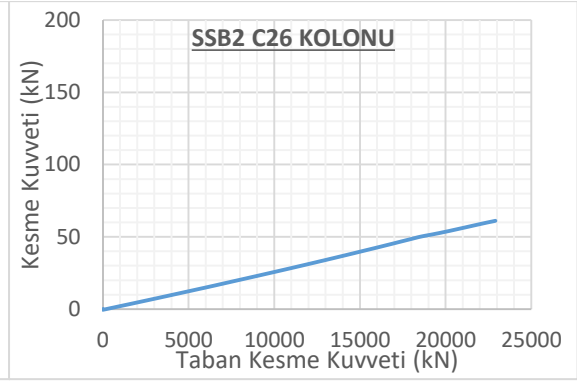
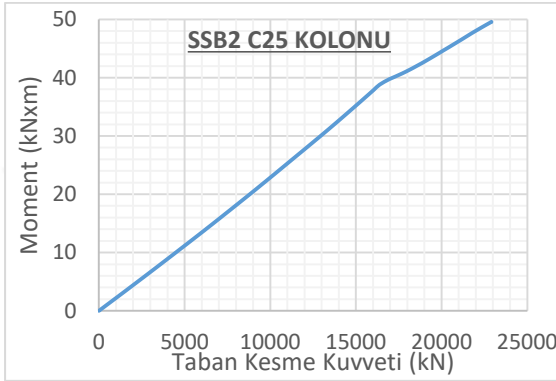
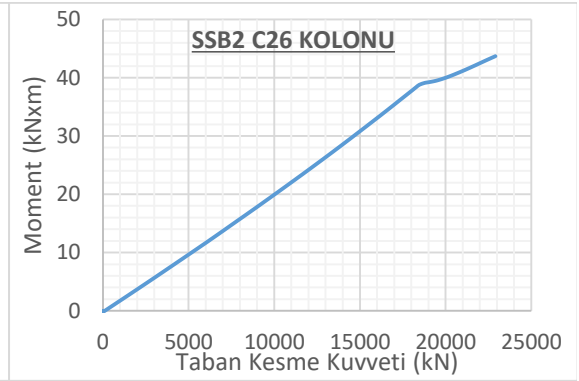
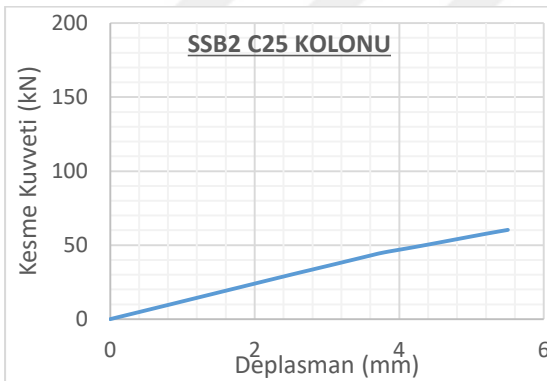
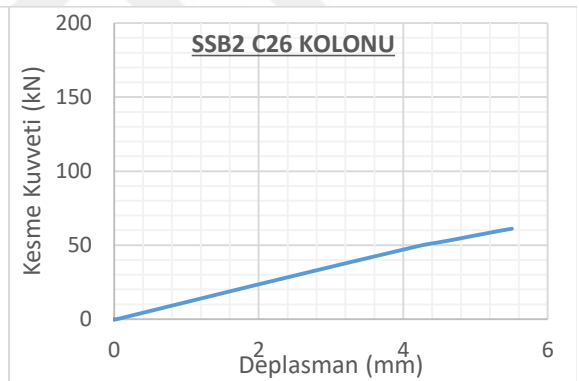
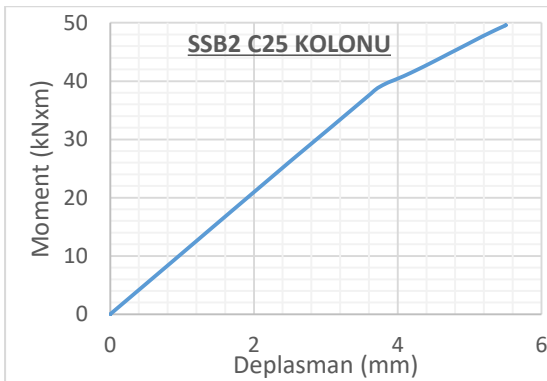
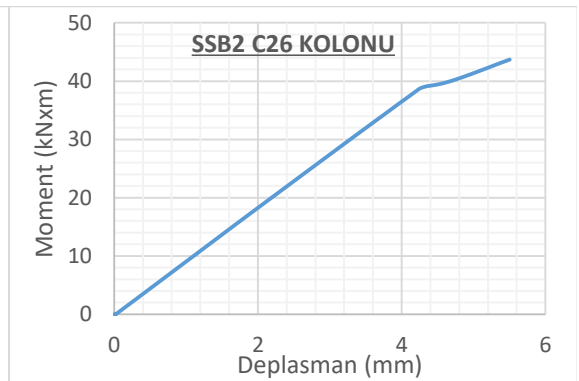
Şekil 4.377. SSB2 modeli C19 ve C20 kolonları grafikleri

a) C21 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C22 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C21 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C22 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C21 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C22 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C21 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C22 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

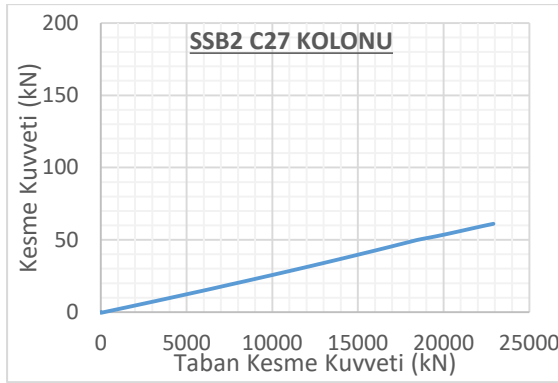
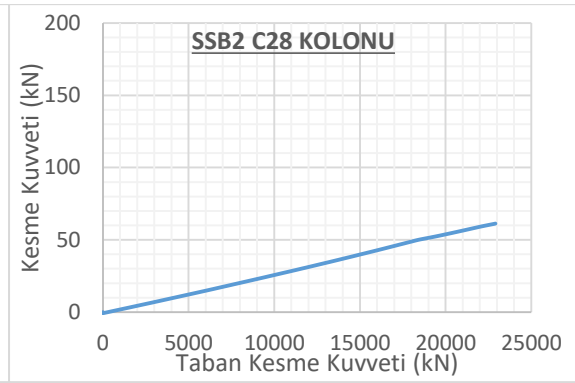
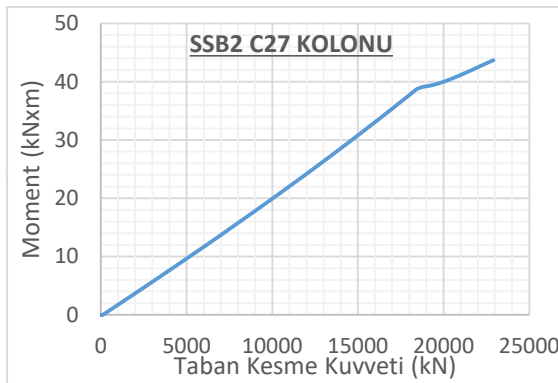
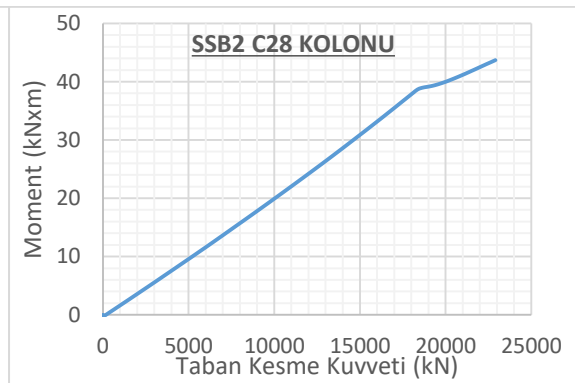
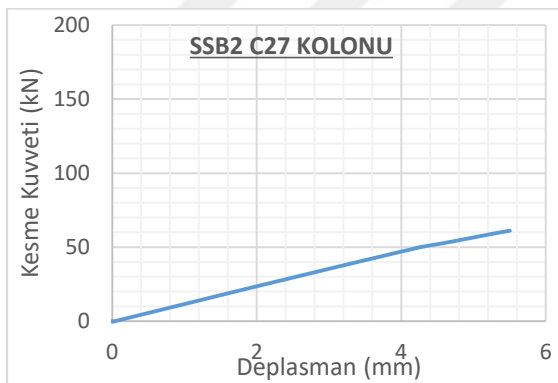
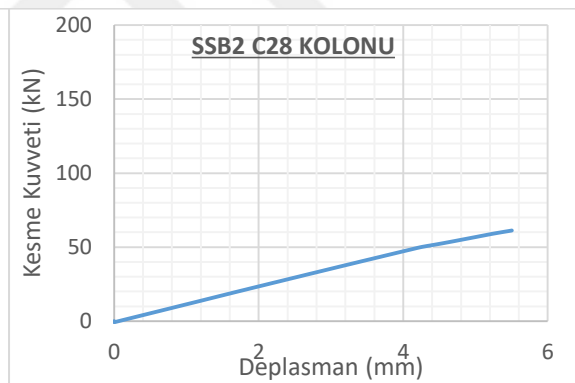
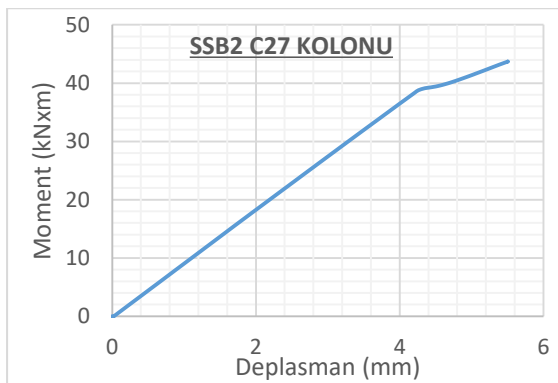
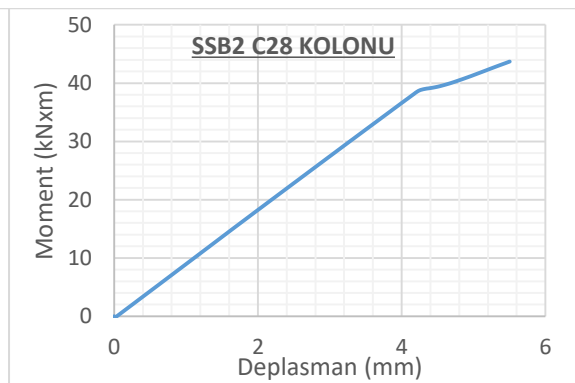
Şekil 4.378. SSB2 modeli C21 ve C22 kolonları grafikleri

a) C23 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C24 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C23 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C24 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C23 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C24 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C23 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C24 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.379. SSB2 modeli C23 ve C24 kolonları grafikleri

a) C25 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C26 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C25 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C26 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C25 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C26 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C25 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C26 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.380. SSB2 modeli C25 ve C26 kolonları grafikleri

a) C27 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğib) C28 Kolonu **KK. / TKK.** Grafiğic) C27 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğid) C28 Kolonu **Mom. / TKK.** Grafiğie) C27 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğif) C28 Kolonu **KK. / Dep.** Grafiğig) C27 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiğih) C28 Kolonu **Mom. / Dep.** Grafiği

Şekil 4.381. SSB2 modeli C27 ve C28 kolonları grafikleri

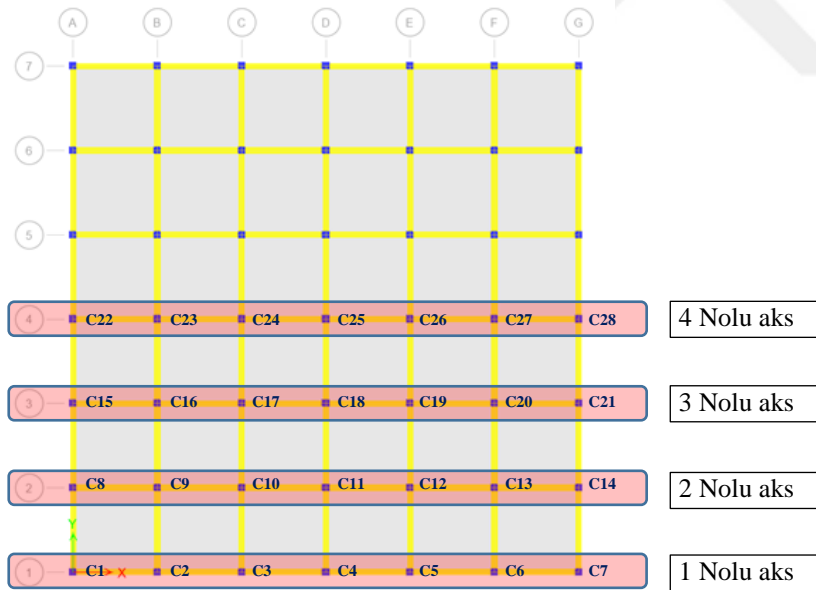
5. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4. bölümde yapılan analitik çalışma sonucunda referans bina modellerinde ve daha sonrasında güçlendirme önerileri ile taşıyıcı sistemi değiştirilmiş, yatay rijitliği artırılmış modellerde meydana gelen değişimler bu bölümde incelenmiştir. İncelenen parametreler sırası ile;

- Yapı 1. mod periyodu
- Elastik deprem kuvveti
- Yapı tepe deplasmanı
- Kolonlarda moment ve kesme kuvveti

olarak sıralanabilir. RB1 ve RB2 modelleri için oluşturulan tüm grafiklerde ve tablolarda Şekil 5.1.'de verilen sıra ve kolon isimleri takip edilmiştir.

İlk olarak seçilen analiz referans modellerine ait doğrusal çözüm sonuçları, daha sonra ise doğrusal olmayan analiz sonuç karşılaştırmaları verilmiştir.



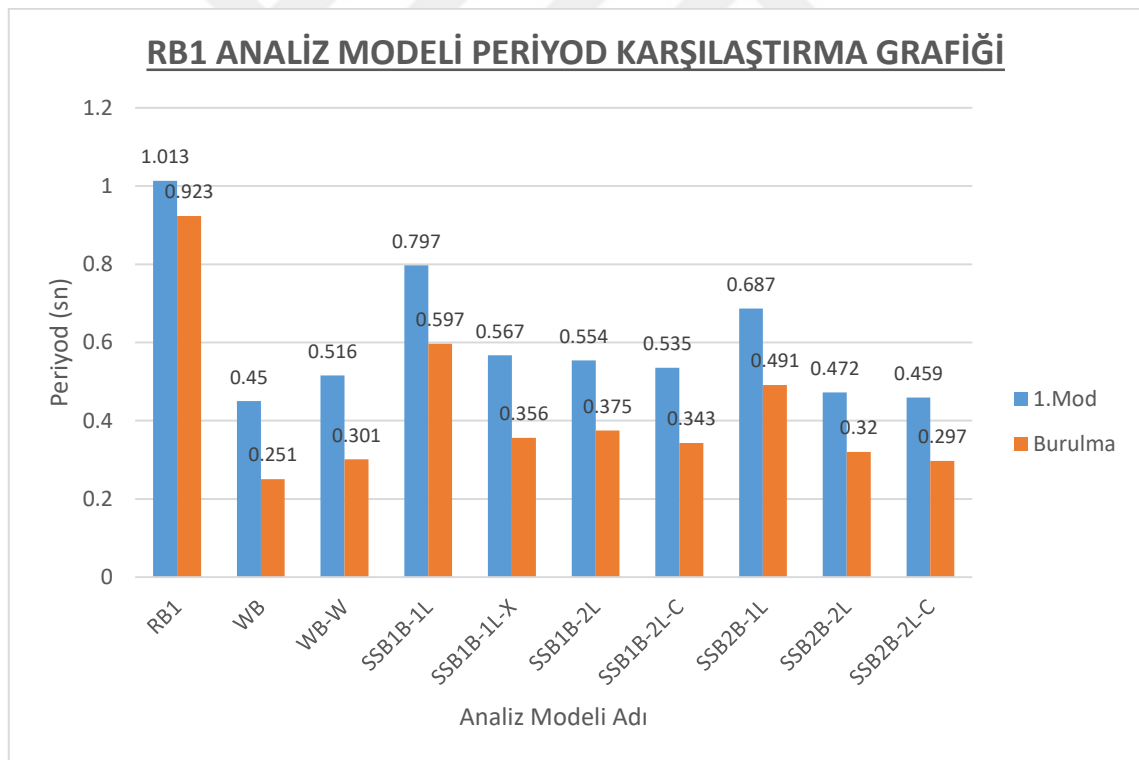
Şekil 5.1. Eleman iç kuvvetlerinin karşılaştırmasında kullanılan aks ve kolon isimlendirmeleri

5.1. RB1 Modeli – Doğrusal Analiz

Bu bölümde **Referans Model (RB1)** ve bu modele ait güçlendirilmiş bina modellerinin Etabs modelleri arasında karşılaştırma yapılarak, güçlendirme uygulamasının yapının davranış ve dayanımında meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarından elde edilen moment ve kesme diyagramları aşağıda karşılaştırmalı verilmiştir.

5.1.1. RB1 modeli periyod

Referans ve güçlendirilmiş bina Etabs modellerinin doğrusal dinamik analizleri sonucu yapı periyodunda (1. Mod (X yönü) ve burulma modu) meydana gelen değişiklikler Şekil 5.2.'de verilmiştir.



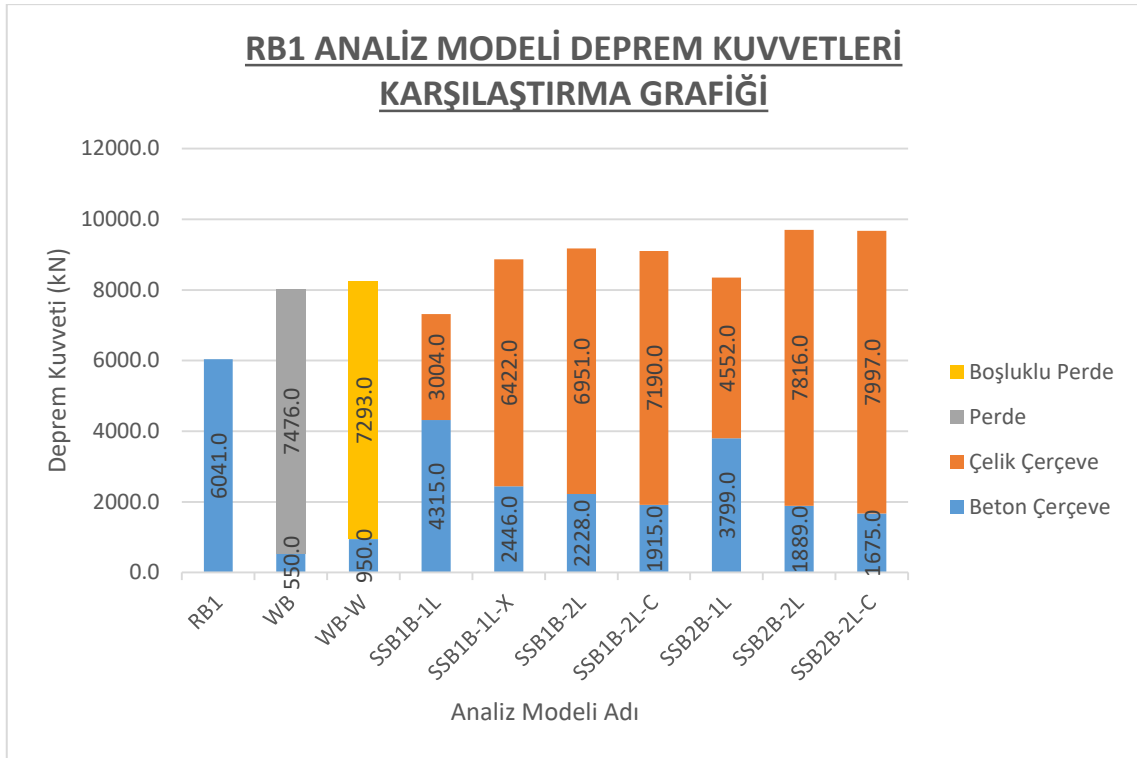
Şekil 5.2. Referans ve güçlendirilmiş bina modelleri hakim periyod karşılaştırması

Referans bina periyodu 1 sn seviyesinde iken, dıştan çelik çerçeve uygulaması ile güçlendirilmiş bina modellerinde 0.8-0.45 sn aralıklarına kadar düştüğü görülmektedir. Güçlendirme uygulaması binanın yatay rijitliğini artırdığı için bina periyodunda azalma

beklenmektedir. Güçlendirme işleminin bina kütlelerinde meydana getirdiği artış ise sınırlı olduğu için güçlendirilmiş bina periyodları azalmıştır. Binanın köşelerinde perde duvar düşünüldüğü **WB** binasının periyodu ise binanın 2 aks ve 2 katmanlı olarak güçlendirildiği (**SSB2B-2L**) modellere yakındır. Bina köşelerinde pencere boşluklu perde duvarların bulunduğu **WB-W** binasının serbest titreşim değerleri ise tek aks ve çift katmanlı olarak güçlendirilen **SSB1B-2L** binasının periyod değerlerine yakındır. Bina köşelerinde uygulanan ve birbirine dik olan çelik çerçevelerin köşelerinden birbirine birleştirilmesi işlemi, köşeleri birleştirilmemiş modellere göre daha düşük periyod değerleri vermekte olup, farkın düşük seviyede olduğu (0.47 sn- 0.45 sn) değerlendirilmiştir.

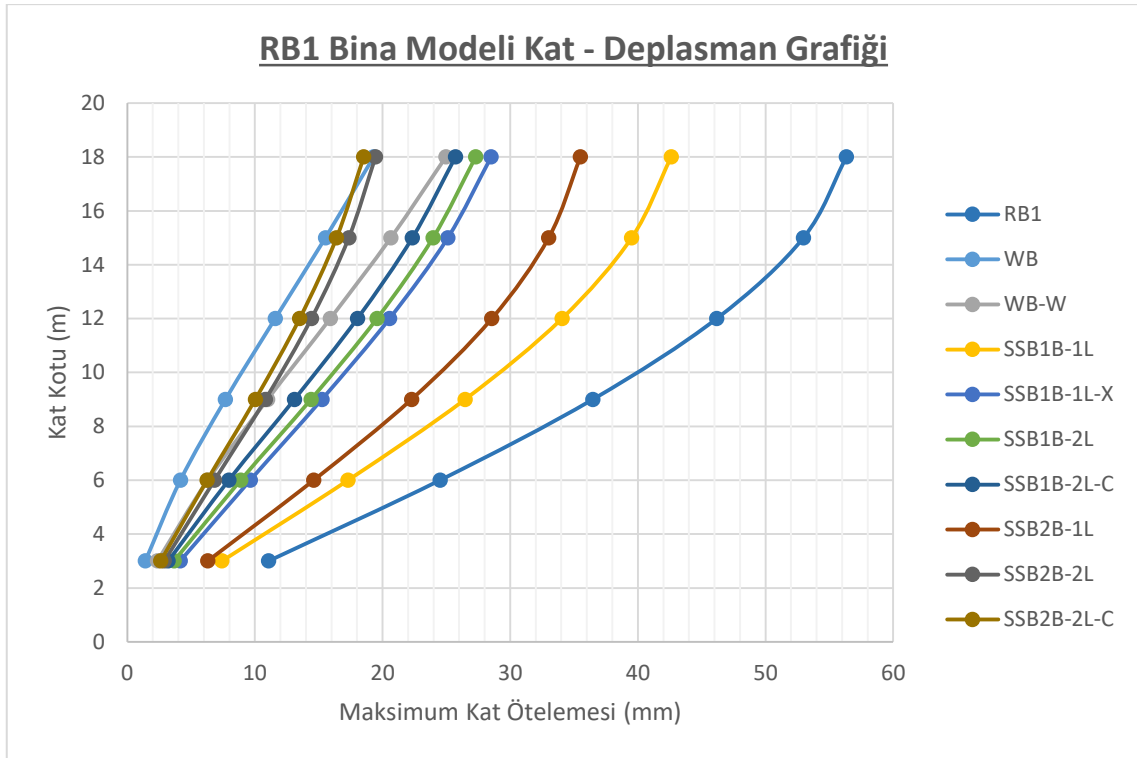
5.1.2. RB1 modeli deprem kuvvetleri – deplasmanlar

Şekil 5.3.'de referans ve güçlendirilmiş binalarda, betonarme çerçeve, çelik güçlendirme çerçevesi ya da deprem perdelerinin tabanında meydana gelen ve yatay yüklemekten dolayı oluşan deprem kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5.3.'de, toplam taban kesme kuvvetinden, betonarme ve çelik çerçevelerin aldığı pay renkli olarak belirtilmiştir. Çelik güçlendirmenin binaya uygulanması ile artan bina periyodu ve rijitlik dolayısıyla, binanın toplam deprem kuvveti de artmaktadır. Buna karşılık betonarme kolonlar tarafından karşılanan yatay taban kesme kuvveti tüm güçlendirme alternatiflerinde azalmıştır. En fazla kazanım 2 açıklık ve 2 katmanlı (**SSB2B-2L**) sistemle güçlendirilmiş modellerde elde edilirken, nispeten en düşük kazanım ise tek açıklık ve tek katmanlı çelik sistemle güçlendirilmiş (**SSB1B-1L**) modelde elde edilmiştir. Binanın köşelerinde pencerelessi ya da penceresiz betonarme perdelerin uygulandığı modellerde ise, betonarme kolonlara gelen taban kesme kuvveti, çelik sistemlerle güçlendirilmiş modellerde, betonarme kolonlara gelen taban kesme kuvvetine göre, daha düşük seviyededir. Bu bakımdan, bina köşelerine uygulanan çelik çerçeve sistemlerinden dolayı betonarme çerçevenin kazanımı, bina köşelerine perde duvar yerleşimi ile elde edilecek kazanıma göre sınırlı kalmıştır.



Şekil 5.3. RB1 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerinde, betonarme çerçeve kolonlarının, toplam taban kesme kuvvetinden aldığı pay

Şekil 5.4.'de de Etabs model binalarında, doğrusal elastik analiz sonucunda, yatay deprem kuvvetleri altında, katlarda meydana gelen yatay deplasmanların kat yüksekliğine göre karşılaştırması verilmiştir. Bu grafikten, uygulanan güçlendirme alternatiflerinin, bina yatay ötelenmesi ve rijitliğine yaptığı etki izlenebilir. Güçlendirilmemiş referans binanın yatay ötelenmesi diğer modellere göre daha fazladır. Güçlendirmenin uygulanması ile yatay ötelenmeler azalmaktadır. En fazla yatay rijitlik artışı, binanın köşelerinde pencerelessi ya da penceresiz betonarme perdede duvar ve 2 açıklık ve 2 katmanlı (**SSB2B-2L**) sistemle güçlendirilmiş modellerde elde edilirken, nispeten en düşük kazanım ise tek katmanlı çelik sistemle güçlendirilmiş (**SSB1B-1L** ve **SSB2B-1L**) modellerde elde edilmiştir. Grafikteki kat ötelenmeleri incelenirken, güçlendirme neticesinde binaya etkiyen yatay deprem kuvvetinde Şekil 5.3.'de verildiği oranda arttığı da gözönüne alınmalıdır. Çelik çerçeve eklenmesi ile yapılan güçlendirme sonucu elde edilen en etkili sistemde elde edilen maksimum kat ötelenmesi, referans binaya göre yaklaşık %33 kadar daha azdır.



Şekil 5.4. RB1 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modellerinin doğrusal analizi sonucu katlarda oluşan ötelenme profillerinin karşılaştırması

5.1.3. RB1 modeli kolon moment ve kesme kuvvetleri

Doğrusal analiz sonrası sadece çerçeve sistemden (güçlendirilmemiş) oluşan **Referans Model (RB1)** binası ve bu model üzerinde dıştan çelik çapraz çerçeve ile güçlendirme önerileri yapılarak oluşturulan bina sonuçlarından elde edilen moment ve kesme diyagramları aşağıda karşılaştırmalı olarak tablo ve grafik halinde verilmiştir.

Çizelge 5.1. ve Çizelge 5.2.'de, referans ve güçlendirilmiş binalarda, kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri tablo olarak verilmiştir. Şekil 5.5. - Şekil 5.8. arasında ise referans ve güçlendirilmiş binalarda, kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri karşılaştırılmıştır. Kolonlarda kesme kuvveti, kolon altında ve üstünde ayrı olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Kolon iç kuvvet değerlerinin karşılaştırılmasından, güçlendirme uygulanması ile, kolon maksimum moment ve kesme değerlerinin, referans boş binaya göre azaldığı, en fazla azalmanın ise 2 katmanlı ve 2 açıklıklı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş (**SSB2B-2L**) sistemde elde edildiği görülmüştür. Ancak, 1 nolu aks köşe kolonları C1 ve C7 için farklı bir durum ortaya çıkmıştır. Bu kolonlarda, güçlendirme sonrası maksimum kesme kuvveti, referans binaya göre artmaktadır. En fazla artışın ise tek katmanlı ve tek açıklıklı sistemde (**SSB1B-1L**) meydana geldiği görülmektedir. 2 nolu aksa geçildiğinde ise, köşe

kolonlarda güçlendirme sonrası meydana gelen kesme kuvveti artışının daha az miktarda gerçekleştiği izlenmiştir. Doğrusal analiz sonucunda, köşe kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti artışı, bu kolonların güçlendirme uygulamasından önce, ek kesme kuvvetlerine karşı farklı bir güçlendirme yöntemi ile ilave olarak takviye edilmesinin gerekebileceğini göstermiştir. Kolonların kesme kuvvetine karşı ilave olarak güçlendirilmesi, kolonun L şeklinde köşebent ve lamalarla takviyesi ile yapılabilir. Bu ek güçlendirme tedbirinin detayları bu tez kapsamında değerlendirilmemiştir. Çizelge 5.3. ve Çizelge 5.4.'de ise, kolonlarda meydana gelen iç kuvvet değişimleri, referans binanın iç kuvvet değerlerine göre oran olarak verilmiştir. İç kuvvetin güçlendirme sonrasında arttığını gösteren 1 den büyük değerler kırmızı ve kalın olarak vurgulanmıştır.

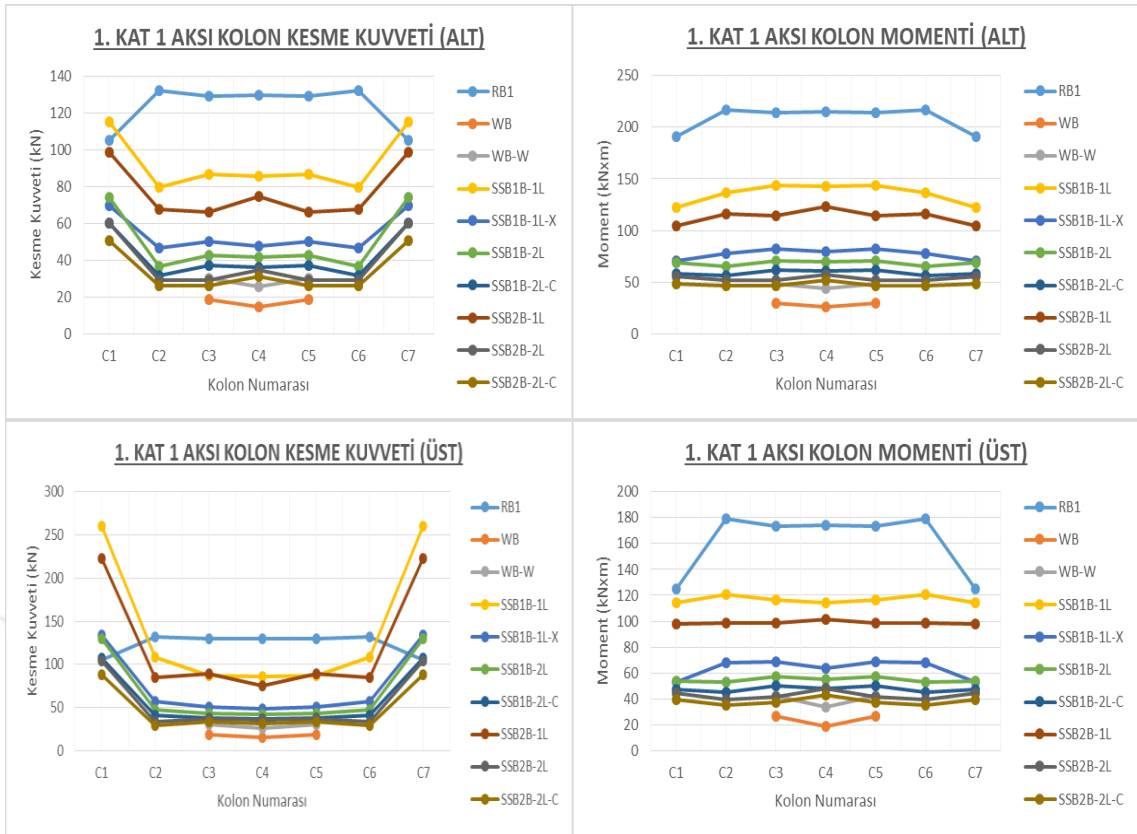


	RB1				WB				WB-W				SSB1B-1L				SSB1B-1L-X			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	105.10	190.80	105.10	124.70									115.40	122.60	260.60	114.10	69.60	70.20	134.10	53.00
C2	132.20	217.30	132.20	179.30									79.90	136.20	108.30	121.00	46.50	78.10	56.70	67.90
C3	129.30	214.40	129.30	173.50	18.70	29.50	18.70	26.50	30.30	48.40	30.30	42.40	86.60	143.60	86.60	116.10	50.20	82.00	50.20	68.50
C4	129.70	214.80	129.70	174.20	14.90	25.80	14.90	18.80	25.90	44.10	25.90	33.60	85.50	142.60	85.50	114.00	47.80	79.70	47.80	63.80
C5	129.30	214.40	129.30	173.50	18.70	29.50	18.70	26.50	30.30	48.40	30.30	42.40	86.60	143.60	86.60	116.10	50.20	82.00	50.20	68.50
C6	132.20	217.30	132.20	179.30									79.90	136.20	108.30	121.00	46.50	78.10	56.70	67.90
C7	105.10	190.80	105.10	124.70									115.40	122.60	260.60	114.10	69.60	70.20	134.10	53.00
C8	105.10	190.80	105.10	124.70									110.50	121.10	260.20	117.40	61.20	67.40	144.40	64.50
C9	132.20	217.30	132.20	179.30	14.30	25.30	14.30	17.70	25.30	43.50	25.30	32.30	89.80	146.80	89.80	122.70	49.90	81.70	49.90	67.90
C10	129.30	214.40	129.30	173.50	15.40	26.30	15.40	19.90	26.50	44.80	26.50	34.90	85.20	142.30	85.20	113.40	47.90	79.80	47.90	63.90
C11	129.70	214.80	129.70	174.20	15.20	26.10	15.20	19.40	26.30	44.50	26.30	34.30	85.70	142.80	85.70	114.30	48.00	79.80	48.00	64.10
C12	129.30	214.40	129.30	173.50	15.40	26.30	15.40	19.90	26.50	44.80	26.50	34.90	85.20	142.30	85.20	113.40	47.90	79.80	47.90	63.90
C13	132.20	217.30	132.20	179.30	14.30	25.30	14.30	17.70	25.30	43.50	25.30	32.30	89.80	146.80	89.80	122.70	49.90	81.70	49.90	67.90
C14	105.10	190.80	105.10	124.70									110.50	121.10	260.20	117.40	61.20	67.40	144.40	64.50
C15	105.10	190.80	105.10	124.70	11.30	22.20	11.30	11.50	20.30	38.70	20.30	22.30	68.30	125.70	68.30	79.20	38.20	70.30	38.20	44.40
C16	132.20	217.30	132.20	179.30	15.30	26.20	15.30	19.70	26.60	44.80	26.60	35.00	87.50	144.50	87.50	117.90	48.80	80.70	48.80	65.80
C17	129.30	214.40	129.30	173.50	15.10	26.00	15.10	19.30	26.20	44.40	26.20	34.20	85.40	142.50	85.40	113.70	47.80	79.70	47.80	63.70
C18	129.70	214.80	129.70	174.20	15.20	26.10	15.20	19.40	26.30	44.50	26.30	34.30	85.60	142.70	85.60	114.20	47.90	79.80	47.90	64.00
C19	129.30	214.40	129.30	173.50	15.10	26.00	15.10	19.30	26.20	44.40	26.20	34.20	85.40	142.50	85.40	113.70	47.80	79.70	47.80	63.70
C20	132.20	217.30	132.20	179.30	15.30	26.20	15.30	19.70	26.60	44.80	26.60	35.00	87.50	144.50	87.50	117.90	48.80	80.70	48.80	65.80
C21	105.10	190.80	105.10	124.70	11.30	22.20	11.30	11.50	20.30	38.70	20.30	22.30	68.30	125.70	68.30	79.20	38.20	70.30	38.20	44.40
C22	105.10	190.80	105.10	124.70	11.20	22.20	11.20	11.40	20.20	38.50	20.20	22.00	68.50	125.90	68.50	79.50	38.40	70.40	38.40	44.60
C23	132.20	217.30	132.20	179.30	15.40	26.30	15.40	19.90	26.70	44.90	26.70	35.20	87.30	144.40	87.30	117.60	48.80	80.60	48.80	65.70
C24	129.30	214.40	129.30	173.50	15.10	26.10	15.10	19.40	26.20	44.50	26.20	34.20	85.40	142.50	85.40	113.70	47.80	79.70	47.80	63.70
C25	129.70	214.80	129.70	174.20	15.20	26.10	15.20	19.40	26.30	44.50	26.30	34.30	85.60	142.70	85.60	114.20	47.90	79.80	47.90	64.00
C26	129.30	214.40	129.30	173.50	15.10	26.10	15.10	19.40	26.20	44.50	26.20	34.20	85.40	142.50	85.40	113.70	47.80	79.70	47.80	63.70
C27	132.20	217.30	132.20	179.30	15.40	26.30	15.40	19.90	26.70	44.90	26.70	35.20	87.30	144.40	87.30	117.60	48.80	80.60	48.80	65.70
C28	105.10	190.80	105.10	124.70	11.20	22.20	11.20	11.40	20.20	38.50	20.20	22.00	68.50	125.90	68.50	79.50	38.40	70.40	38.40	44.60

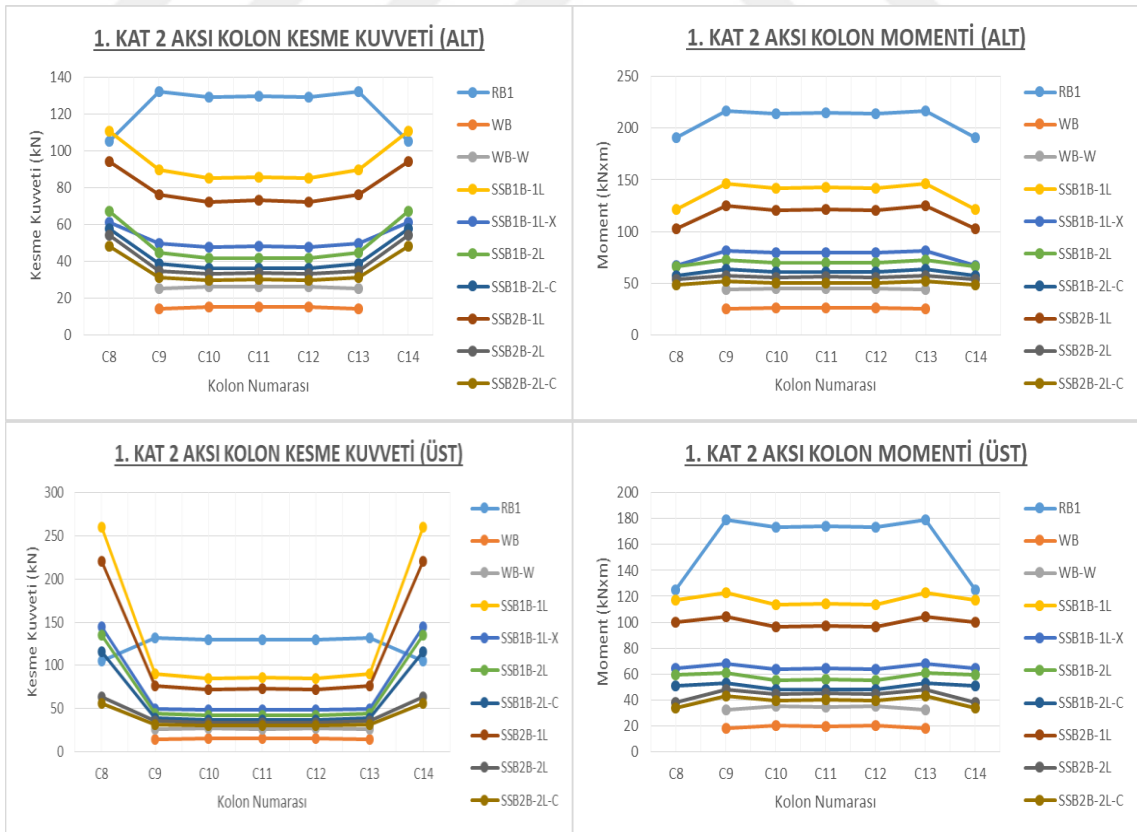
Çizelge 5.1. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri – 1 (Birimler kN-m)

	SSB1B-2L				SSB1B-2L-C				SSB2B-1L				SSB2B-2L				SSB2B-2L-C			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	74.20	68.60	129.20	53.80	60.00	58.20	106.90	47.10	98.60	104.40	223.20	98.10	60.30	55.20	104.40	44.00	50.60	48.40	88.20	39.50
C2	36.90	64.80	46.70	52.70	31.80	56.20	40.30	45.30	67.70	115.80	84.80	98.80	29.30	51.70	32.80	39.60	26.30	46.40	29.10	35.30
C3	42.80	71.00	42.80	57.50	37.30	61.90	37.30	50.00	66.20	114.10	88.80	98.70	29.30	51.50	36.90	41.70	26.20	46.10	32.90	37.10
C4	41.70	69.90	41.70	55.20	36.20	60.80	36.20	47.80	74.80	123.20	74.80	101.30	35.00	57.30	35.00	47.70	31.50	51.60	31.50	42.80
C5	42.80	71.00	42.80	57.50	37.30	61.90	37.30	50.00	66.20	114.10	88.80	98.70	29.30	51.50	36.90	41.70	26.20	46.10	32.90	37.10
C6	36.90	64.80	46.70	52.70	31.80	56.20	40.30	45.30	67.70	115.80	84.80	98.80	29.30	51.70	32.80	39.60	26.30	46.40	29.10	35.30
C7	74.20	68.60	129.20	53.80	60.00	58.20	106.90	47.10	98.60	104.40	223.20	98.10	60.30	55.20	104.40	44.00	50.60	48.40	88.20	39.50
C8	67.40	66.20	135.40	59.30	57.70	57.20	115.90	50.70	94.20	103.00	220.70	100.30	54.10	53.90	62.80	37.70	48.00	48.10	56.30	33.50
C9	44.50	72.60	44.50	60.80	38.70	63.30	38.70	52.80	76.40	124.80	76.40	104.50	35.00	57.40	35.00	47.80	31.40	51.50	31.40	42.70
C10	41.70	69.90	41.70	55.20	36.20	60.90	36.20	47.80	72.30	120.80	72.30	96.20	33.30	55.60	33.30	44.20	29.80	50.00	29.80	39.50
C11	41.80	70.00	41.80	55.50	36.30	61.00	36.30	48.00	73.00	121.40	73.00	97.50	33.60	55.90	33.60	44.80	30.10	50.20	30.10	40.10
C12	41.70	69.90	41.70	55.20	36.20	60.90	36.20	47.80	72.30	120.80	72.30	96.20	33.30	55.60	33.30	44.20	29.80	50.00	29.80	39.50
C13	44.50	72.60	44.50	60.80	38.70	63.30	38.70	52.80	76.40	124.80	76.40	104.50	35.00	57.40	35.00	47.80	31.40	51.50	31.40	42.70
C14	67.40	66.20	135.40	59.30	57.70	57.20	115.90	50.70	94.20	103.00	220.70	100.30	54.10	53.90	62.80	37.70	48.00	48.10	56.30	33.50
C15	33.20	61.50	33.20	38.00	28.70	53.50	28.70	32.50	94.50	103.10	221.00	99.90	55.20	53.50	108.60	48.00	49.00	47.80	96.20	42.50
C16	42.70	70.90	42.70	57.30	37.10	61.80	37.10	49.60	76.50	124.90	76.50	104.60	35.60	58.00	35.60	49.00	32.00	52.10	32.00	43.90
C17	41.70	69.90	41.70	55.30	36.30	60.90	36.30	47.90	72.40	120.80	72.40	96.30	33.30	55.70	33.30	44.20	29.80	50.00	29.80	39.50
C18	41.80	70.00	41.80	55.50	36.30	61.00	36.30	48.00	72.80	121.30	72.80	97.20	33.50	55.80	33.50	44.60	30.00	50.10	30.00	39.90
C19	41.70	69.90	41.70	55.30	36.30	60.90	36.30	47.90	72.40	120.80	72.40	96.30	33.30	55.70	33.30	44.20	29.80	50.00	29.80	39.50
C20	42.70	70.90	42.70	57.30	37.10	61.80	37.10	49.60	76.50	124.90	76.50	104.60	35.60	58.00	35.60	49.00	32.00	52.10	32.00	43.90
C21	33.20	61.50	33.20	38.00	28.70	53.50	28.70	32.50	94.50	103.10	221.00	99.90	55.20	53.50	108.60	48.00	49.00	47.80	96.20	42.50
C22	33.10	61.40	33.10	37.80	28.60	53.40	28.60	32.30	58.00	106.70	58.00	67.20	26.90	49.30	26.90	31.20	24.00	44.20	24.00	27.70
C23	42.60	70.70	42.60	57.00	37.00	61.70	37.00	49.40	74.50	122.90	74.50	100.50	34.30	56.70	34.30	46.30	30.80	50.90	30.80	41.40
C24	41.70	69.90	41.70	55.30	36.30	60.90	36.30	47.90	72.60	121.00	72.60	96.70	33.40	55.80	33.40	44.40	29.90	50.10	29.90	39.70
C25	41.80	70.00	41.80	55.50	36.40	61.00	36.40	48.10	72.80	121.20	72.80	97.20	33.50	55.80	33.50	44.60	30.00	50.10	30.00	39.90
C26	41.70	69.90	41.70	55.30	36.30	60.90	36.30	47.90	72.60	121.00	72.60	96.70	33.40	55.80	33.40	44.40	29.90	50.10	29.90	39.70
C27	42.60	70.70	42.60	57.00	37.00	61.70	37.00	49.40	74.50	122.90	74.50	100.50	34.30	56.70	34.30	46.30	30.80	50.90	30.80	41.40
C28	33.10	61.40	33.10	37.80	28.60	53.40	28.60	32.30	58.00	106.70	58.00	67.20	26.90	49.30	26.90	31.20	23.60	43.50	23.60	27.20

Çizelge 5.2. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri – 2 (Birimler kN-m)



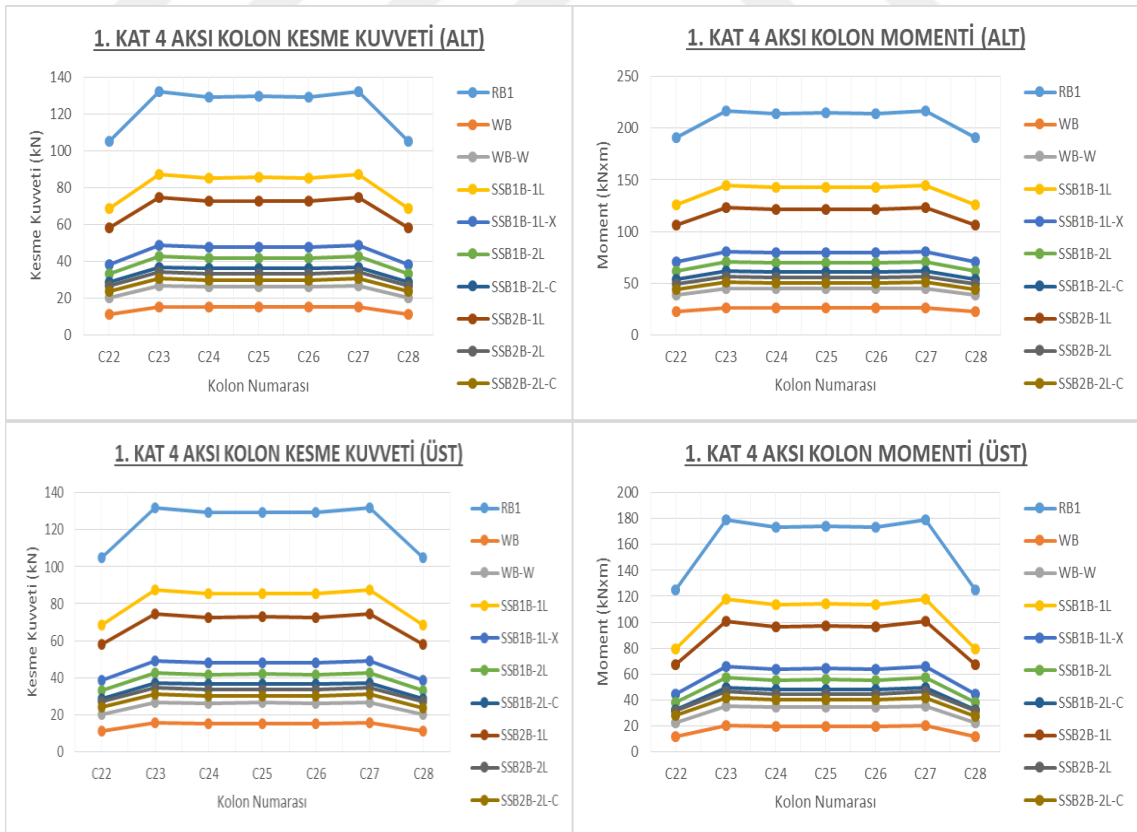
Şekil 5.5. 1. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.6. 1. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.7. 1. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.8. 1. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması

	RB1				WB				WB-W				SSB1B-1L				SSB1B-1L-X			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	10.51	19.08	10.51	12.47									1.10	0.64	2.48	0.91	0.66	0.37	1.28	0.43
C2	13.22	21.73	13.22	17.93									0.60	0.63	0.82	0.67	0.35	0.36	0.43	0.38
C3	12.93	21.44	12.93	17.35	0.14	0.14	0.14	0.15	0.23	0.23	0.23	0.24	0.67	0.67	0.67	0.67	0.39	0.38	0.39	0.39
C4	12.97	21.48	12.97	17.42	0.11	0.12	0.11	0.11	0.20	0.21	0.20	0.19	0.66	0.66	0.66	0.65	0.37	0.37	0.37	0.37
C5	12.93	21.44	12.93	17.35	0.14	0.14	0.14	0.15	0.23	0.23	0.23	0.24	0.67	0.67	0.67	0.67	0.39	0.38	0.39	0.39
C6	13.22	21.73	13.22	17.93									0.60	0.63	0.82	0.67	0.35	0.36	0.43	0.38
C7	10.51	19.08	10.51	12.47									1.10	0.64	2.48	0.91	0.66	0.37	1.28	0.43
C8	10.51	19.08	10.51	12.47									1.05	0.63	2.48	0.94	0.58	0.35	1.37	0.52
C9	13.22	21.73	13.22	17.93	0.11	0.12	0.11	0.10	0.19	0.20	0.19	0.18	0.68	0.68	0.68	0.68	0.38	0.38	0.38	0.38
C10	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.65	0.37	0.37	0.37	0.37
C11	12.97	21.48	12.97	17.42	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C12	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.65	0.37	0.37	0.37	0.37
C13	13.22	21.73	13.22	17.93	0.11	0.12	0.11	0.10	0.19	0.20	0.19	0.18	0.68	0.68	0.68	0.68	0.38	0.38	0.38	0.38
C14	10.51	19.08	10.51	12.47									1.05	0.63	2.48	0.94	0.58	0.35	1.37	0.52
C15	10.51	19.08	10.51	12.47	0.11	0.12	0.11	0.09	0.19	0.20	0.19	0.18	0.65	0.66	0.65	0.64	0.36	0.37	0.36	0.36
C16	13.22	21.73	13.22	17.93	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C17	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C18	12.97	21.48	12.97	17.42	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C19	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C20	13.22	21.73	13.22	17.93	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C21	10.51	19.08	10.51	12.47	0.11	0.12	0.11	0.09	0.19	0.20	0.19	0.18	0.65	0.66	0.65	0.64	0.36	0.37	0.36	0.36
C22	10.51	19.08	10.51	12.47	0.11	0.12	0.11	0.09	0.19	0.20	0.19	0.18	0.65	0.66	0.65	0.64	0.37	0.37	0.37	0.36
C23	13.22	21.73	13.22	17.93	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C24	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C25	12.97	21.48	12.97	17.42	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C26	12.93	21.44	12.93	17.35	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C27	13.22	21.73	13.22	17.93	0.12	0.12	0.12	0.11	0.20	0.21	0.20	0.20	0.66	0.66	0.66	0.66	0.37	0.37	0.37	0.37
C28	10.51	19.08	10.51	12.47	0.11	0.12	0.11	0.09	0.19	0.20	0.19	0.18	0.65	0.66	0.65	0.64	0.37	0.37	0.37	0.36

Çizelge 5.3. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları – 1

	SSB1B-2L				SSB1B-2L-C				SSB2B-1L				SSB2B-2L				SSB2B-2L-C			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	0.71	0.36	1.23	0.43	0.57	0.31	1.02	0.38	0.94	0.55	2.12	0.79	0.57	0.29	0.99	0.35	0.48	0.25	0.84	0.32
C2	0.28	0.30	0.35	0.29	0.24	0.26	0.30	0.25	0.51	0.53	0.64	0.55	0.22	0.24	0.25	0.22	0.20	0.21	0.22	0.20
C3	0.33	0.33	0.33	0.33	0.29	0.29	0.29	0.29	0.51	0.53	0.69	0.57	0.23	0.24	0.29	0.24	0.20	0.22	0.25	0.21
C4	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.27	0.58	0.57	0.58	0.58	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.24	0.24	0.25
C5	0.33	0.33	0.33	0.33	0.29	0.29	0.29	0.29	0.51	0.53	0.69	0.57	0.23	0.24	0.29	0.24	0.20	0.22	0.25	0.21
C6	0.28	0.30	0.35	0.29	0.24	0.26	0.30	0.25	0.51	0.53	0.64	0.55	0.22	0.24	0.25	0.22	0.20	0.21	0.22	0.20
C7	0.71	0.36	1.23	0.43	0.57	0.31	1.02	0.38	0.94	0.55	2.12	0.79	0.57	0.29	0.99	0.35	0.48	0.25	0.84	0.32
C8	0.64	0.35	1.29	0.48	0.55	0.30	1.10	0.41	0.90	0.54	2.10	0.80	0.51	0.28	0.60	0.30	0.46	0.25	0.54	0.27
C9	0.34	0.33	0.34	0.34	0.29	0.29	0.29	0.29	0.58	0.57	0.58	0.58	0.26	0.26	0.26	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24
C10	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.55	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23
C11	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.57	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C12	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.55	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23
C13	0.34	0.33	0.34	0.34	0.29	0.29	0.29	0.29	0.58	0.57	0.58	0.58	0.26	0.26	0.26	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24
C14	0.64	0.35	1.29	0.48	0.55	0.30	1.10	0.41	0.90	0.54	2.10	0.80	0.51	0.28	0.60	0.30	0.46	0.25	0.54	0.27
C15	0.32	0.32	0.32	0.30	0.27	0.28	0.27	0.26	0.90	0.54	2.10	0.80	0.53	0.28	1.03	0.38	0.47	0.25	0.92	0.34
C16	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.58	0.57	0.58	0.58	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24
C17	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23
C18	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C19	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.23
C20	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.58	0.57	0.58	0.58	0.27	0.27	0.27	0.27	0.24	0.24	0.24	0.24
C21	0.32	0.32	0.32	0.30	0.27	0.28	0.27	0.26	0.90	0.54	2.10	0.80	0.53	0.28	1.03	0.38	0.47	0.25	0.92	0.34
C22	0.31	0.32	0.31	0.30	0.27	0.28	0.27	0.26	0.55	0.56	0.55	0.54	0.26	0.26	0.26	0.25	0.23	0.23	0.23	0.22
C23	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.57	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C24	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C25	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C26	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.56	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C27	0.32	0.33	0.32	0.32	0.28	0.28	0.28	0.28	0.56	0.57	0.56	0.56	0.26	0.26	0.26	0.26	0.23	0.23	0.23	0.23
C28	0.31	0.32	0.31	0.30	0.27	0.28	0.27	0.26	0.55	0.56	0.55	0.54	0.26	0.26	0.26	0.25	0.22	0.23	0.22	0.22

Çizelge 5.4. Konsolsuz bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları – 2

5.1.4. RB1 modeli kolon aksel kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları

Doğrusal analiz sonrası sadece çerçeve sistemden (güçlendirilmemiş) oluşan **Referans Model (RB1)** binası ve bu model üzerinde dıştan çelik çapraz çerçeve ile güçlendirme önerileri yapılarak oluşturulan bina sonuçlarından elde edilen kuvvetlerden Şekil 5.9.'da aksel yükün kolon aksel yük kapasitesine oranı, Şekil 5.10.'da moment kuvvetinin kolon moment kapasitesine oranı, Şekil 5.11.'de ise kolon kesme kuvvetinin kolon kesme kapasitesine oranı verilmiştir.

Kapasite hesaplarında (TS500, 2000)'de verilen formüller kullanılmıştır. Malzeme dayanımı olarak ise doğrusal olmayan analizde gerçek malzeme modelleri tanımlandığı için karakteristik dayanımlar, malzeme katsayılarına bölünmeden kullanılmıştır. Kullanılan formüller ve dayanımlar aşağıda verilmiştir.

Aksel yük etkisi ihmal edilerek kesme kapasitesi;

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} \times f_{ywd} \times d$$

Momentsiz durumda aksel yük kapasitesi;

$$N_{cap} = 0.85 \times f_{ck} \times A_c + f_{yk} \times A_{st}$$

Buna göre C20, S420a beton ve donatı sınıfına sahip, 35 x 35 cm boyutlarında, 8φ16 boyuna donatı ve φ8/25 etriye bulunan kolon için aksel yük kapasitesi ve kesme dayanımı;

$$V_{cr} = 0.65 \times 1.6 \times 350 \times 325$$

$$V_{cr} = 118 \text{ kN}$$

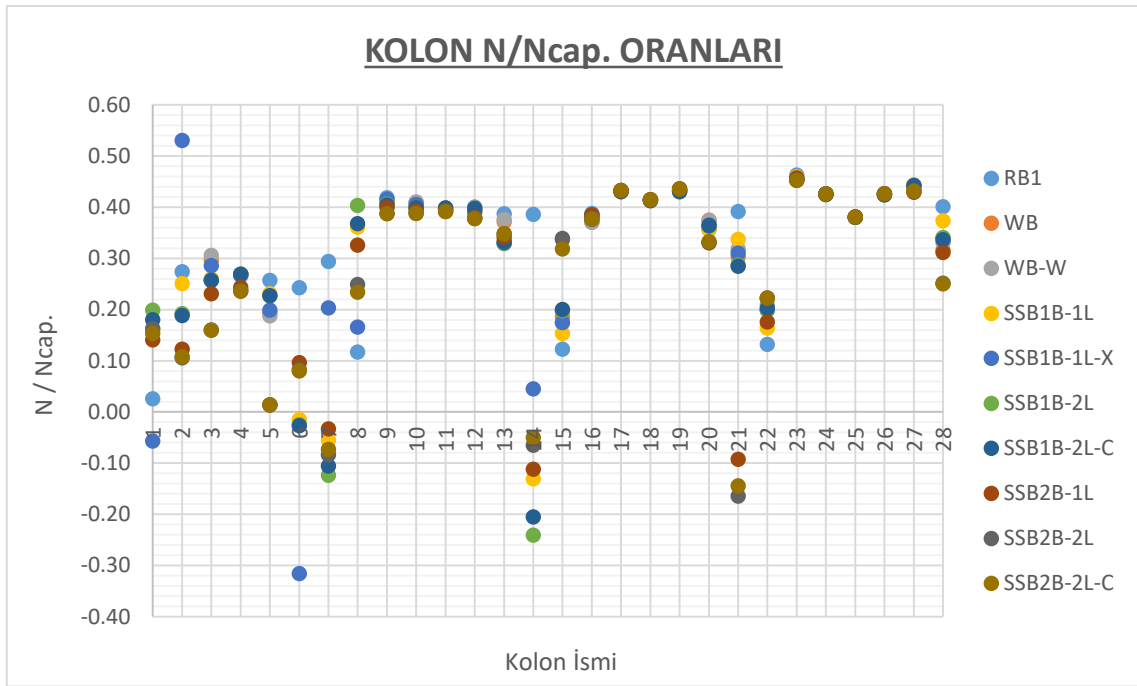
$$V_w = \frac{50 \times 2}{250} \times 598 \times 325$$

$$V_w = 77.7 \text{ kN}$$

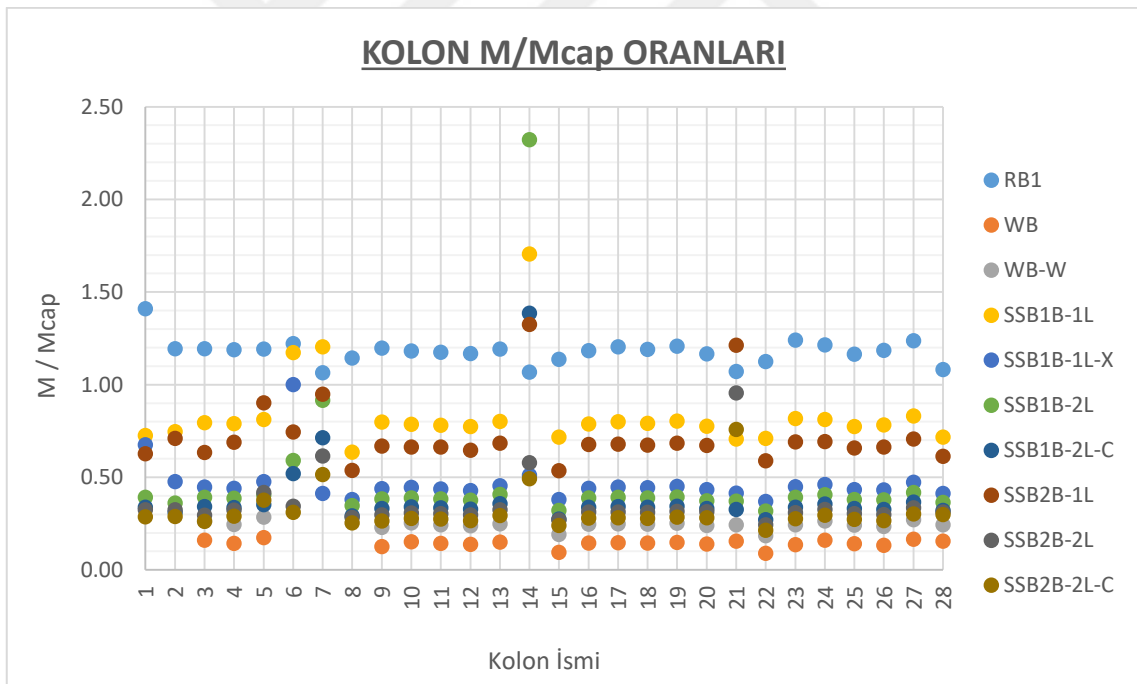
$$V_{cap} \cong 118 + 77.7 \cong 195 \text{ kN}$$

$$N_{cap} = 0.85 \times 200 \times 350 \times 350 + 598 \times 8 \times 201$$

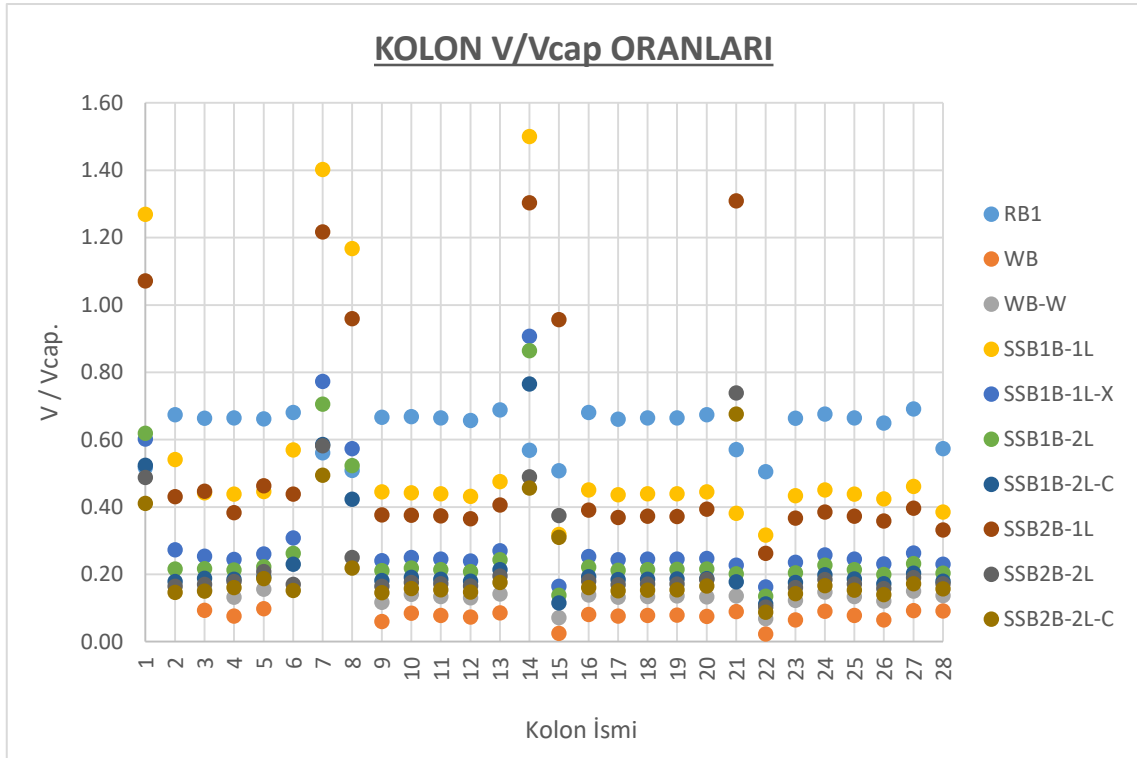
$$N_{cap} = 3050 \text{ kN}$$



Şekil 5.9. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon aksel yük kapasite oranı grafiği



Şekil 5.10. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği



Şekil 5.11. RB1 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği

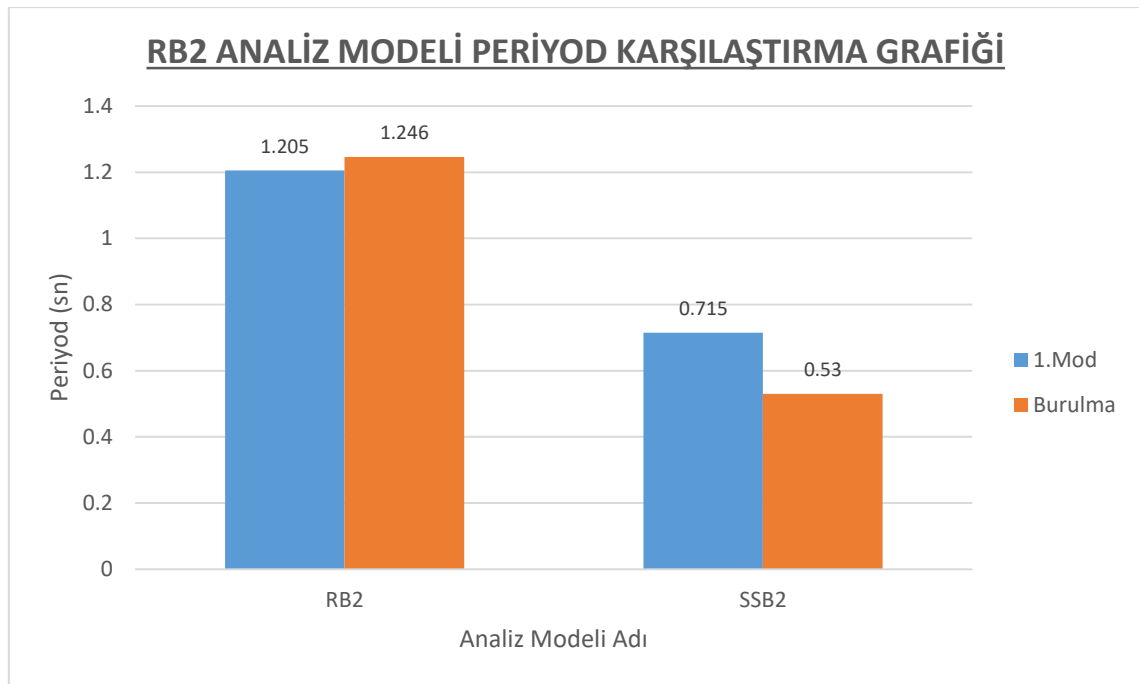
RB1 modeli doğrusal analiz sonucunda çelik güçlendirmenin binaya uygulanmasından sonra aksenal yük kapasite oranlarında artış ve azalmalar olmakla birlikte, oranların tamamı 1.00 dan küçüktür. Bazı kolonlarda aksenal yükün işaret değiştirmesi sebebi ile negatif değerler elde edilmiştir. Bu kolonlar 1-6-7-14 ve 21 numaralı kolonlardır. Plan üzerinde incelendiğinde bu kolonların çelik ile bağlantı yapılan köşe kolonlar olduğu görülmektedir. İşaret değişiminin gerçekçi bir sonuç olmadığı, bu sebeple doğrusal olmayan sonuçların daha geçerli olacağı düşünülmektedir. M/Mcap değişimleri incelendiğinde ise güçlendirme öncesi 1.00 dan büyük olan oranın güçlendirme sonrası 0.60'ın altına düştüğü belirlenmiştir. Sadece yine 7-14 ve 21 numaralı köşe kolonlarda artış vardır. Aynı durum V/Vcap grafiğinde de gözlemlenmiştir.

5.2. RB2 Modeli – Doğrusal Analiz

Bu bölümde **Referans Model (RB2)** ve bu modele ait güçlendirilmiş bina modellerinin Etabs modelleri arasında karşılaştırma yapılarak, güçlendirme uygulamasının yapının davranış ve dayanımında meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarından elde edilen moment ve kesme diyagramları aşağıda karşılaştırmalı verilmiştir.

5.2.1. RB2 modeli periyod

Referans ve güçlendirilmiş bina Etabs modellerinin doğrusal dinamik analizleri sonucun yapı periyodunda (1. Mod, X yönü ve burulma modu) meydana gelen değişiklikler Şekil 5.12.'de verilmiştir.



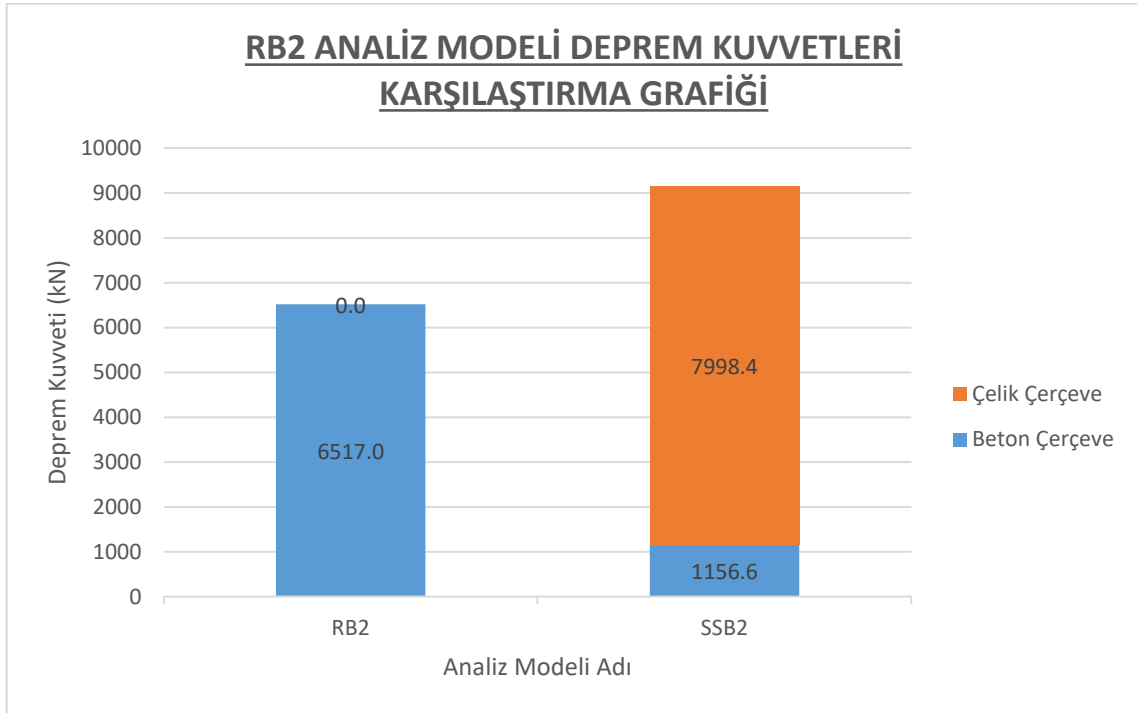
Şekil 5.12. Referans ve güçlendirilmiş bina modelleri hakim periyod karşılaştırması

Referans bina periyodu 1.2 sn seviyesinde iken, dıştan çelik çerçeve uygulaması ile güçlendirilmiş bina modellerinde 0.70-0.50 sn aralıklarına kadar düştüğü görülmektedir. Güçlendirme uygulaması binanın yatay rijitliğini artırdığı için bina periyodunda azalma beklenmektedir. Güçlendirme işleminin bina kütlelerinde meydana getirdiği artış ise sınırlı olduğu için güçlendirilmiş bina periyodları azalmıştır.

5.2.2. RB2 modeli deprem kuvvetleri – deplasmanlar

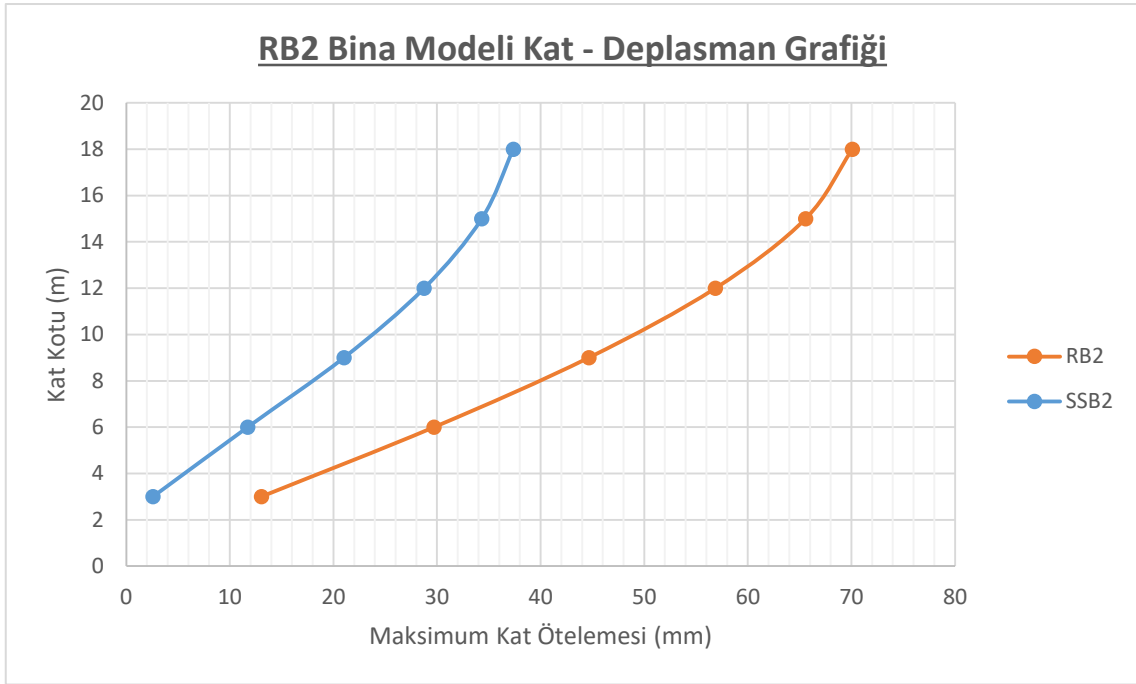
Şekil 5.13.'de referans ve güçlendirilmiş binalarda, betonarme çerçeve, çelik güçlendirme çerçevesi tabanında meydana gelen ve yatay yüklemeye dolayısıyla oluşan deprem kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5.13.'de, toplam taban kesme kuvvetinden, betonarme ve çelik çerçevelerin aldığı pay renkli olarak belirtilmiştir. Çelik güçlendirmenin binaya uygulanması ile artan bina periyodu ve rijitlik dolayısıyla, binanın

toplam deprem kuvveti de artmaktadır. Buna karşılık betonarme kolonlar tarafından karşılanan yatay taban kesme kuvveti güçlendirilmiş modelde azalmıştır.



Şekil 5.13. RB2 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modelinde, betonarme çerçeve kolonlarının, toplam taban kesme kuvvetinden aldığı pay

Şekil 5.14.'de de Etabs model binalarında, doğrusal elastik analiz sonucunda, yatay deprem kuvvetleri altında, katlarda meydana gelen yatay deplasmanların kat yüksekliğine göre karşılaştırması verilmiştir. Bu grafikten, uygulanan güçlendirme alternatiflerinin, bina yatay ötelenmesi ve rijitliğine yaptığı etki izlenebilir. Güçlendirilmemiş referans binanın yatay ötelenmesi diğer modele göre daha fazladır. Güçlendirmenin uygulanması ile yatay ötelenme azalmaktadır. Grafikteki kat ötelenmeleri incelenirken, güçlendirme neticesinde binaya etkiyen yatay deprem kuvvetinde Şekil 5.13.'de verildiği oranda arttığı da gözönüne alınmalıdır. Çelik çerçeve eklenmesi ile yapılan güçlendirme sonucu elde edilen en etkili sistemde elde edilen maksimum kat ötelenmesi, referans binaya göre yaklaşık %33 kadar daha azdır.



Şekil 5.14. RB2 referans bina modeli ve güçlendirilmiş bina modelinin doğrusal analizi sonucu katlar oluşan ötelenme profillerinin karşılaştırması

5.2.3. RB2 modeli kolon kesme ve moment kuvvetleri

Doğrusal analiz sonrası sadece çerçeve sistemden (güçlendirilmemiş) oluşan **Referans Model (RB2)** binası ve bu model üzerinde dıştan çelik çapraz çerçeve ile güçlendirme önerileri yapılarak oluşturulan bina sonuçlarından elde edilen moment ve kesme diyagramları aşağıda karşılaştırmalı olarak tablo ve grafik halinde verilmiştir. Bu binada konsol çıkma olması sebebi ile kolonlarda meydana gelen kuvvet değişimlerini görmek için grafik ve tablolar hem birinci hem de ikinci kat için hazırlanmıştır.

Çizelge 5.5.'de, referans ve güçlendirilmiş binalarda, kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri 1. ve 2. kat için tablo olarak verilmiştir. Şekil 5.15. - Şekil 5.22. arasında ise referans ve güçlendirilmiş binalarda, kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti ve moment değerleri karşılaştırılmıştır. Kolonlarda kesme kuvveti 1. ve 2. kat için, kolon altında ve üstünde ayrı olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Kolon iç kuvvet değerlerinin karşılaştırılmasından, güçlendirme uygulanması ile, kolon maksimum moment ve kesme değerlerinin, referans boş binaya göre azaldığı görülmüştür. Ancak, 1 nolu aks köşe kolonları C1 ve C7 için farklı bir durum ortaya çıkmıştır. Bu kolonlarda, güçlendirme sonrası maksimum kesme kuvveti, referans binaya göre özellikle 2. katta artmaktadır. 2 nolu aksa geçildiğinde ise, köşe kolonlarda güçlendirme sonrası meydana gelen kesme kuvveti artışının daha az miktarda

gerçekleştirdiği izlenmiştir. Doğrusal analiz sonucunda, köşe kolonlarda meydana gelen kesme kuvveti artışı, bu kolonların güçlendirme uygulamasından önce, ek kesme kuvvetlerine karşı farklı bir güçlendirme yöntemi ile ilave olarak takviye edilmesinin gerekebileceğini göstermiştir. Kolonların kesme kuvvetine karşı ilave olarak güçlendirilmesi, kolonun L şeklinde köşebent ve lamalarla takviyesi ile yapılabilir. Bu ek güçlendirme tedbirinin detayları bu tez kapsamında değerlendirilmemiştir. Çizelge 5.6.'da ise, kolonlarda meydana gelen iç kuvvet değişimleri, referans binanın iç kuvvet değerlerine göre oran olarak verilmiştir. İç kuvvetin güçlendirme sonrasında arttığını gösteren 1 den büyük değerler kırmızı ve kalın olarak vurgulanmıştır.

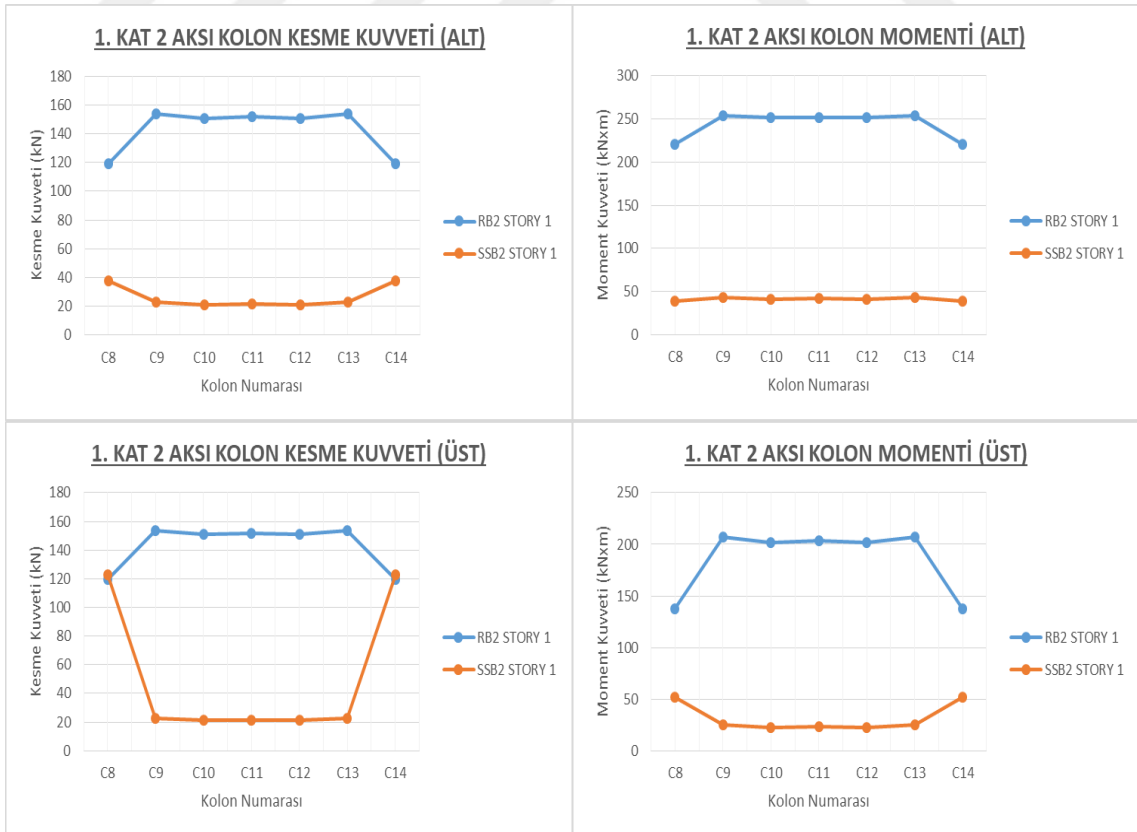


	RB2 STORY 1				RB2 STORY 2				SSB2 STORY 1				SSB2 STORY 2			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	88.10	189.70	88.10	74.50	41.70	57.60	41.70	67.40	37.40	38.00	89.10	29.60	73.30	115.80	73.30	104.10
C2	78.80	180.70	78.80	55.80	26.30	32.90	26.30	45.90	5.80	26.30	18.70	25.70	31.90	65.30	31.90	30.50
C3	127.80	228.60	127.80	154.60	113.50	169.20	113.50	171.10	14.40	34.60	5.40	2.50	71.00	114.70	71.00	98.20
C4	158.50	258.80	158.50	216.80	170.60	257.20	170.60	254.50	24.20	44.20	24.20	28.40	100.40	155.00	100.40	146.20
C5	127.80	228.60	127.80	154.60	113.50	169.20	113.50	171.10	14.40	34.60	5.40	2.50	71.00	114.70	71.00	98.20
C6	78.80	180.70	78.80	55.80	26.30	32.90	26.30	45.90	5.80	26.30	18.70	25.70	31.90	65.30	31.90	30.50
C7	88.10	189.70	88.10	74.50	41.70	57.60	41.70	67.40	37.40	38.00	89.10	29.60	73.30	115.80	73.30	104.10
C8	119.30	220.30	119.30	137.60	97.90	145.20	97.90	148.60	37.50	38.60	122.80	51.70	90.10	136.70	90.10	133.60
C9	153.60	254.00	153.60	206.90	162.00	243.70	162.00	242.20	22.70	42.80	22.70	25.40	94.10	147.30	94.10	134.90
C10	150.90	251.30	150.90	201.40	158.00	236.90	158.00	237.00	21.10	41.20	21.10	22.20	92.60	144.10	92.60	133.60
C11	151.80	252.20	151.80	203.20	159.20	239.00	159.20	238.50	21.50	41.50	21.50	22.90	93.00	144.90	93.00	134.10
C12	150.90	251.30	150.90	201.40	158.00	236.90	158.00	237.00	21.10	41.20	21.10	22.20	92.60	144.10	92.60	133.60
C13	153.60	254.00	153.60	206.90	162.00	243.70	162.00	242.20	22.70	42.80	22.70	25.40	94.10	147.30	94.10	134.90
C14	119.30	220.30	119.30	137.60	97.90	145.20	97.90	148.60	37.50	38.60	122.80	51.70	90.10	136.70	90.10	133.60
C15	122.10	223.10	122.10	143.20	102.50	152.60	102.50	154.80	38.00	38.70	123.30	52.20	89.50	136.30	89.50	132.10
C16	154.70	255.00	154.70	209.00	163.70	246.40	163.70	244.60	22.90	43.00	22.90	25.80	94.90	148.30	94.90	136.50
C17	151.20	251.70	151.20	202.10	158.60	237.90	158.60	238.00	21.30	41.30	21.30	22.50	92.90	144.60	92.90	134.10
C18	151.70	252.10	151.70	203.00	159.20	238.90	159.20	238.60	21.50	41.50	21.50	22.90	93.00	144.90	93.00	134.10
C19	151.20	251.70	151.20	202.10	158.60	237.90	158.60	238.00	21.30	41.30	21.30	22.50	92.90	144.60	92.90	134.10
C20	154.70	255.00	154.70	209.00	163.70	246.40	163.70	244.60	22.90	43.00	22.90	25.80	94.90	148.30	94.90	136.50
C21	122.10	223.10	122.10	143.20	102.50	152.60	102.50	154.80	38.00	38.70	123.30	52.20	89.50	136.30	89.50	132.10
C22	122.10	223.10	122.10	143.30	102.50	152.70	102.50	155.00	14.70	34.90	14.70	9.30	77.10	122.40	77.10	109.10
C23	154.70	255.00	154.70	209.00	163.70	246.50	163.70	244.70	22.10	42.20	22.10	24.20	94.40	147.00	94.40	136.30
C24	151.30	251.70	151.30	202.10	158.60	237.90	158.60	238.00	21.40	41.40	21.40	22.70	92.90	144.70	92.90	134.00
C25	151.70	252.10	151.70	203.00	159.10	238.90	159.10	238.50	21.40	41.50	21.40	22.80	93.00	144.90	93.00	134.10
C26	151.30	251.70	151.30	202.10	158.60	237.90	158.60	238.00	21.40	41.40	21.40	22.70	92.90	144.70	92.90	134.00
C27	154.70	255.00	154.70	209.00	163.70	246.50	163.70	244.70	22.10	42.20	22.10	24.20	94.40	147.00	94.40	136.30
C28	122.10	223.10	122.10	143.30	102.50	152.70	102.50	155.00	14.70	34.90	14.70	9.30	77.10	122.40	77.10	109.10

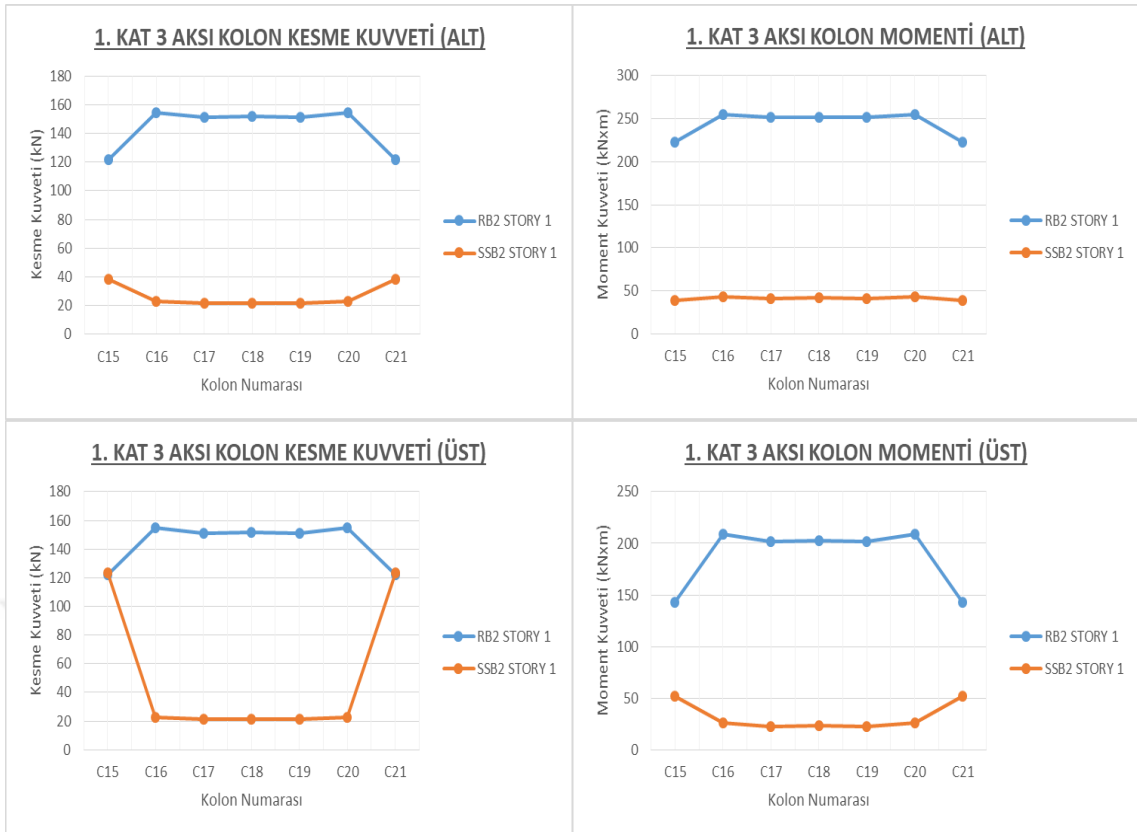
Çizelge 5.5. Konsollu bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri (Birimler kN – m)



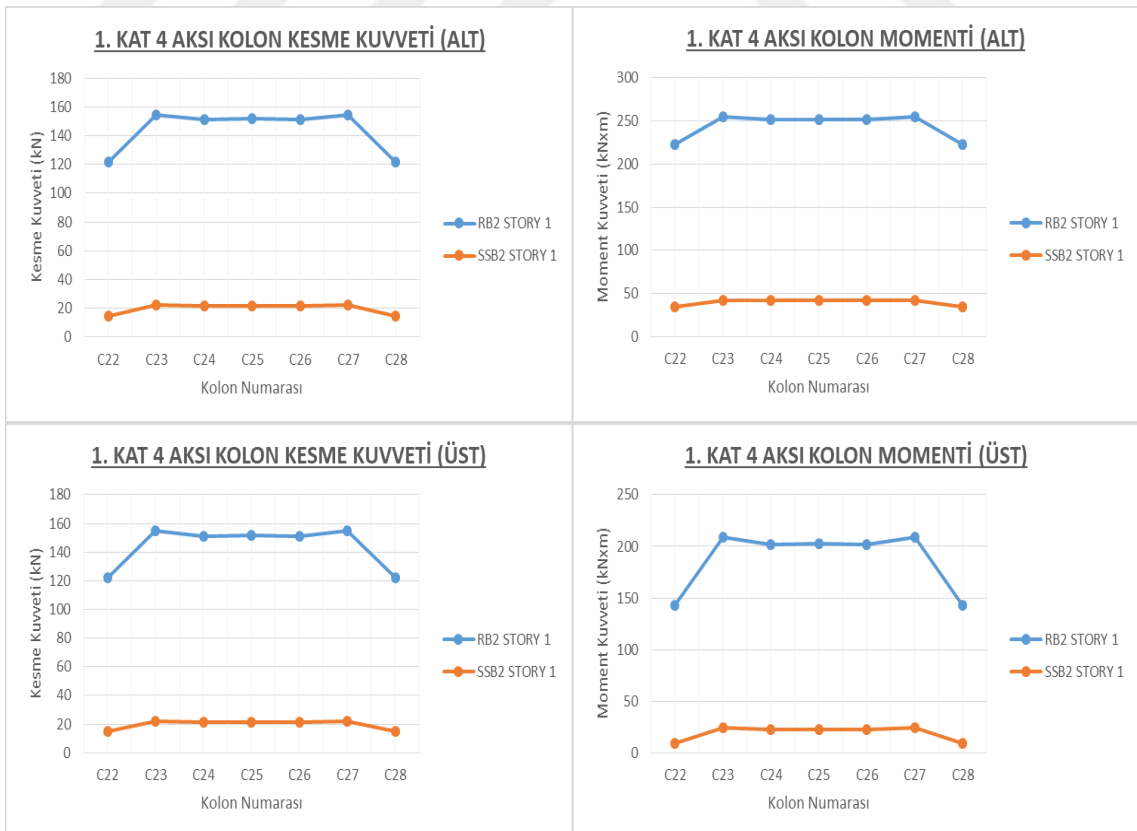
Şekil 5.15. 1. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



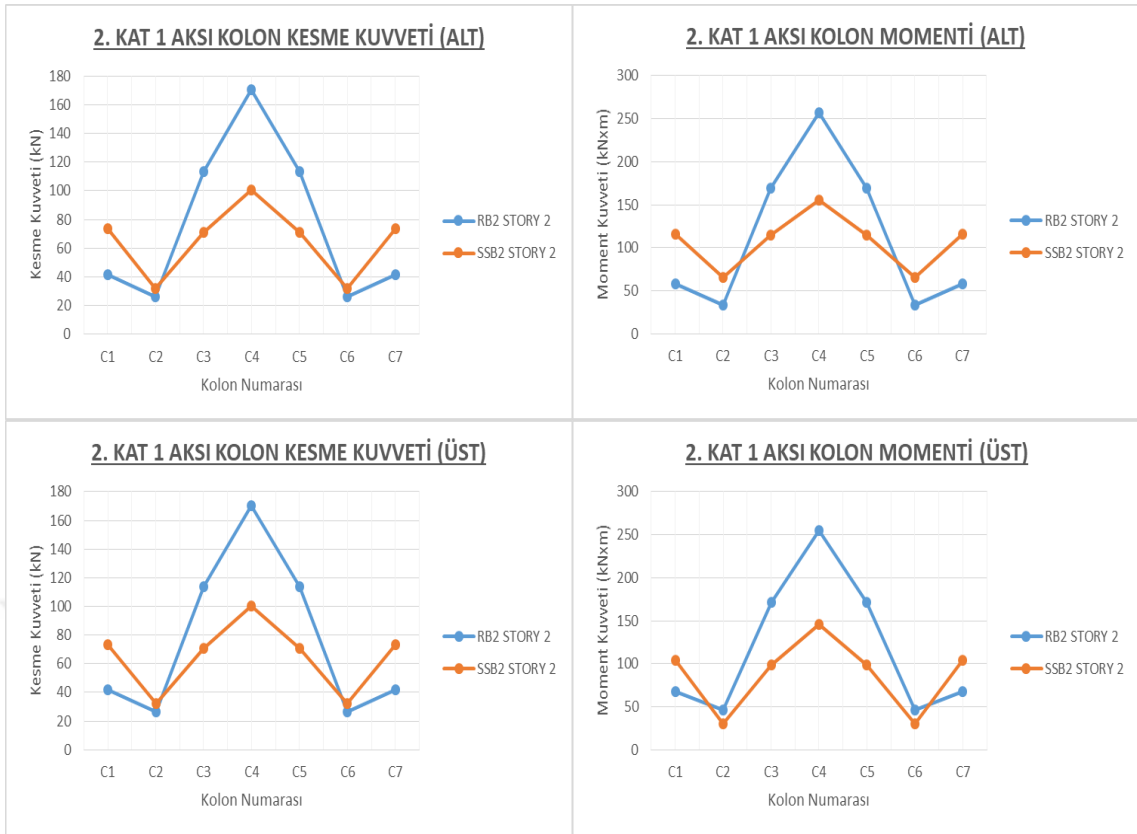
Şekil 5.16. 1. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



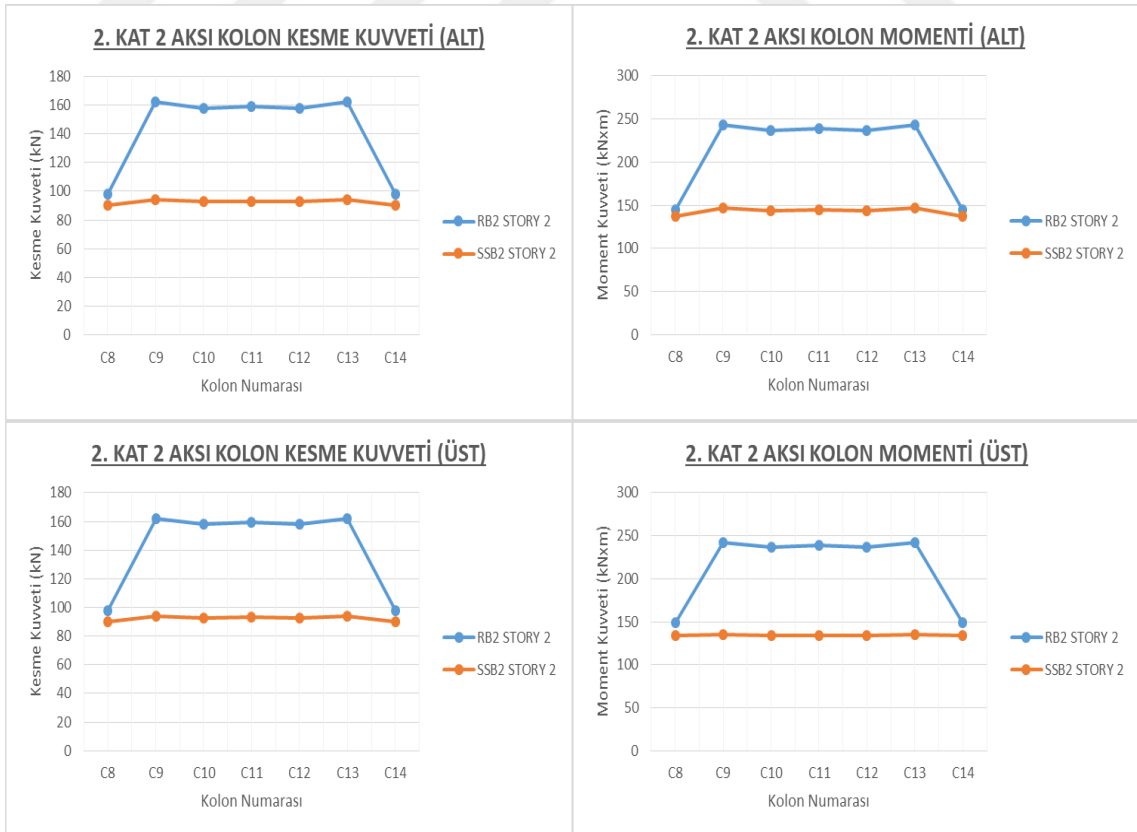
Şekil 5.17. 1. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



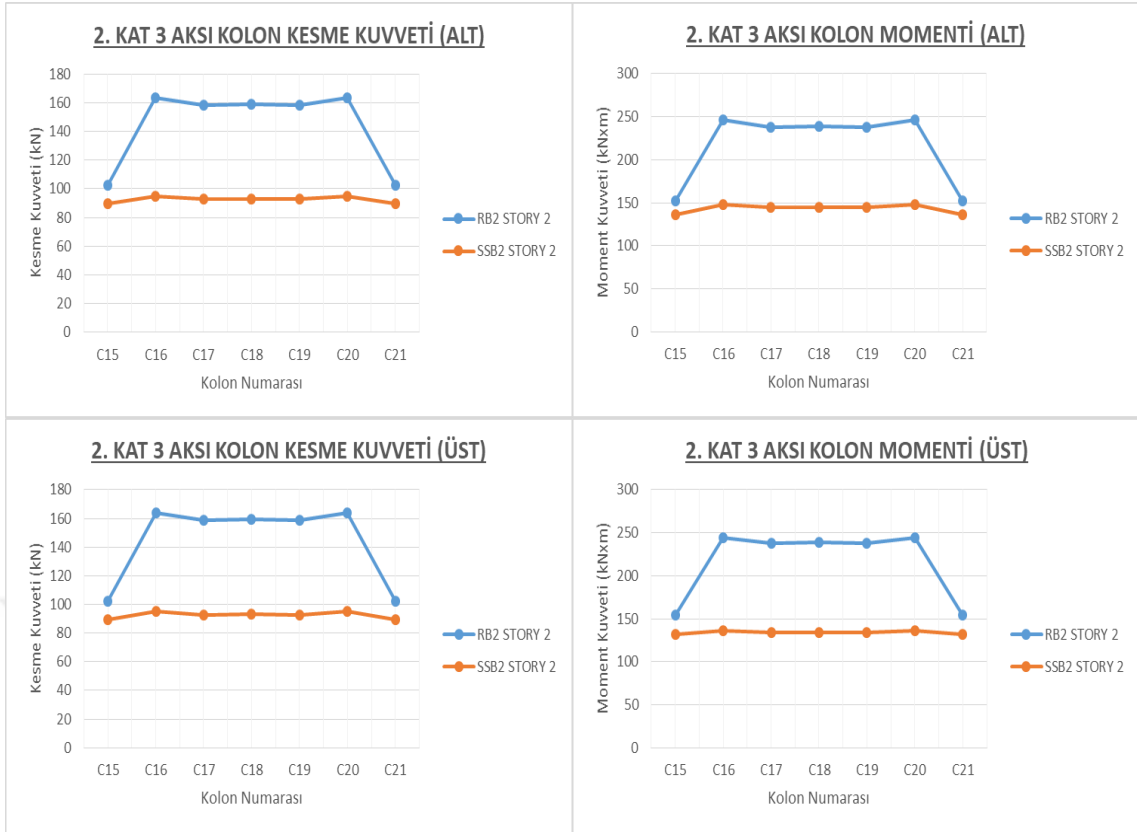
Şekil 5.18. 1. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



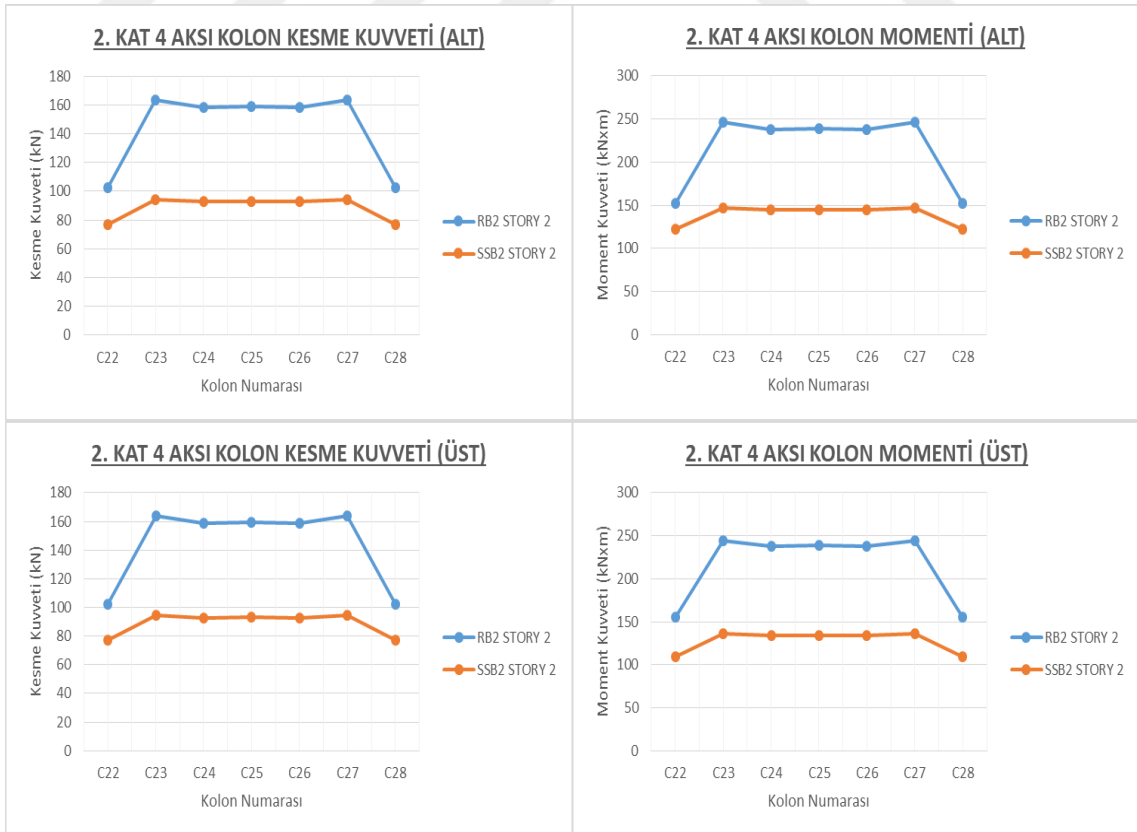
Şekil 5.19. 2. kat 1 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.20. 2. kat 2 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.21. 2. kat 3 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması



Şekil 5.22. 2. kat 4 aksı kolon alt ve üst noktaları moment ve kesme kuvveti karşılaştırması

	RB2 STORY 1				RB2 STORY 2				SSB2 STORY 1				SSB2 STORY 2			
	ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST		ALT		ÜST	
	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT	KESME	MOMENT
C1	8.81	18.97	8.81	7.45	4.17	5.76	4.17	6.74	0.42	0.20	1.01	0.40	0.83	0.61	0.83	1.40
C2	7.88	18.07	7.88	5.58	2.63	3.29	2.63	4.59	0.07	0.15	0.24	0.46	0.40	0.36	0.40	0.55
C3	12.78	22.86	12.78	15.46	11.35	16.92	11.35	17.11	0.11	0.15	0.04	0.02	0.56	0.50	0.56	0.64
C4	15.85	25.88	15.85	21.68	17.06	25.72	17.06	25.45	0.15	0.17	0.15	0.13	0.63	0.60	0.63	0.67
C5	12.78	22.86	12.78	15.46	11.35	16.92	11.35	17.11	0.11	0.15	0.04	0.02	0.56	0.50	0.56	0.64
C6	7.88	18.07	7.88	5.58	2.63	3.29	2.63	4.59	0.07	0.15	0.24	0.46	0.40	0.36	0.40	0.55
C7	8.81	18.97	8.81	7.45	4.17	5.76	4.17	6.74	0.42	0.20	1.01	0.40	0.83	0.61	0.83	1.40
C8	11.93	22.03	11.93	13.76	9.79	14.52	9.79	14.86	0.31	0.18	1.03	0.38	0.76	0.62	0.76	0.97
C9	15.36	25.40	15.36	20.69	16.20	24.37	16.20	24.22	0.15	0.17	0.15	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C10	15.09	25.13	15.09	20.14	15.80	23.69	15.80	23.70	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C11	15.18	25.22	15.18	20.32	15.92	23.90	15.92	23.85	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C12	15.09	25.13	15.09	20.14	15.80	23.69	15.80	23.70	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C13	15.36	25.40	15.36	20.69	16.20	24.37	16.20	24.22	0.15	0.17	0.15	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C14	11.93	22.03	11.93	13.76	9.79	14.52	9.79	14.86	0.31	0.18	1.03	0.38	0.76	0.62	0.76	0.97
C15	12.21	22.31	12.21	14.32	10.25	15.26	10.25	15.48	0.31	0.17	1.01	0.36	0.73	0.61	0.73	0.92
C16	15.47	25.50	15.47	20.90	16.37	24.64	16.37	24.46	0.15	0.17	0.15	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C17	15.12	25.17	15.12	20.21	15.86	23.79	15.86	23.80	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C18	15.17	25.21	15.17	20.30	15.92	23.89	15.92	23.86	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C19	15.12	25.17	15.12	20.21	15.86	23.79	15.86	23.80	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C20	15.47	25.50	15.47	20.90	16.37	24.64	16.37	24.46	0.15	0.17	0.15	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C21	12.21	22.31	12.21	14.32	10.25	15.26	10.25	15.48	0.31	0.17	1.01	0.36	0.73	0.61	0.73	0.92
C22	12.21	22.31	12.21	14.33	10.25	15.27	10.25	15.50	0.12	0.16	0.12	0.06	0.63	0.55	0.63	0.76
C23	15.47	25.50	15.47	20.90	16.37	24.65	16.37	24.47	0.14	0.17	0.14	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C24	15.13	25.17	15.13	20.21	15.86	23.79	15.86	23.80	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C25	15.17	25.21	15.17	20.30	15.91	23.89	15.91	23.85	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C26	15.13	25.17	15.13	20.21	15.86	23.79	15.86	23.80	0.14	0.16	0.14	0.11	0.61	0.57	0.61	0.66
C27	15.47	25.50	15.47	20.90	16.37	24.65	16.37	24.47	0.14	0.17	0.14	0.12	0.61	0.58	0.61	0.65
C28	12.21	22.31	12.21	14.33	10.25	15.27	10.25	15.50	0.12	0.16	0.12	0.06	0.63	0.55	0.63	0.76

Çizelge 5.6. Konsollu bina referans ve güçlendirilmiş modeller doğrusal analiz 1. ve 2. kat kolon alt ve üst uçlarında oluşan kesit kuvvetleri değişim oranları

5.2.4. RB2 modeli kolon aksenal kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları

Doğrusal analiz sonrası sadece çerçeve sistemden (güçlendirilmemiş) oluşan **Referans Model (RB2)** binası ve güçlendirilmiş model olan SSB2 bina modeli sonuçlarından elde edilen kuvvetlerden sırası ile 1. ve 2. kata ait olmak üzere Şekil 5.23. ve Şekil 5.24.'de aksenal yükün kolon aksenal yük kapasitesine oranı, Şekil 5.25. ve Şekil 5.26.'da moment kuvvetinin kolon moment kapasitesine oranı, Şekil 5.27. ve Şekil 5.28'de ise kolon kesme kuvvetinin kolon kesme kapasitesine oranı verilmiştir.

Kapasite hesaplarında (TS500, 2000)'de verilen formüller kullanılmıştır. Malzeme dayanımı olarak ise doğrusal olmayan analizde gerçek malzeme modelleri tanımlandığı için karakteristik dayanımlar, malzeme katsayılarına bölünmeden kullanılmıştır. Kullanılan formüller ve dayanımlar aşağıda verilmiştir.

Eksenal yük etkisi ihmal edilerek kesme kapasitesi;

$$V_{cr} = 0.65 \times f_{ctd} \times b_w \times d$$

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} \times f_{ywd} \times d$$

Momentsiz durumda aksenal yük kapasitesi;

$$N_{cap} = 0.85 \times f_{ck} \times A_c + f_{yk} \times A_{st}$$

Buna göre C20, S420a beton ve donatı sınıfına sahip, 35 x 35 cm boyutlarında, 8φ16 boyuna donatı ve φ8/25 etriye bulunan kolon için momentsiz durumda aksenal yük kapasitesi ve kesme dayanımı;

$$V_{cr} = 0.65 \times 1.6 \times 350 \times 325$$

$$V_{cr} = 118 \text{ kN}$$

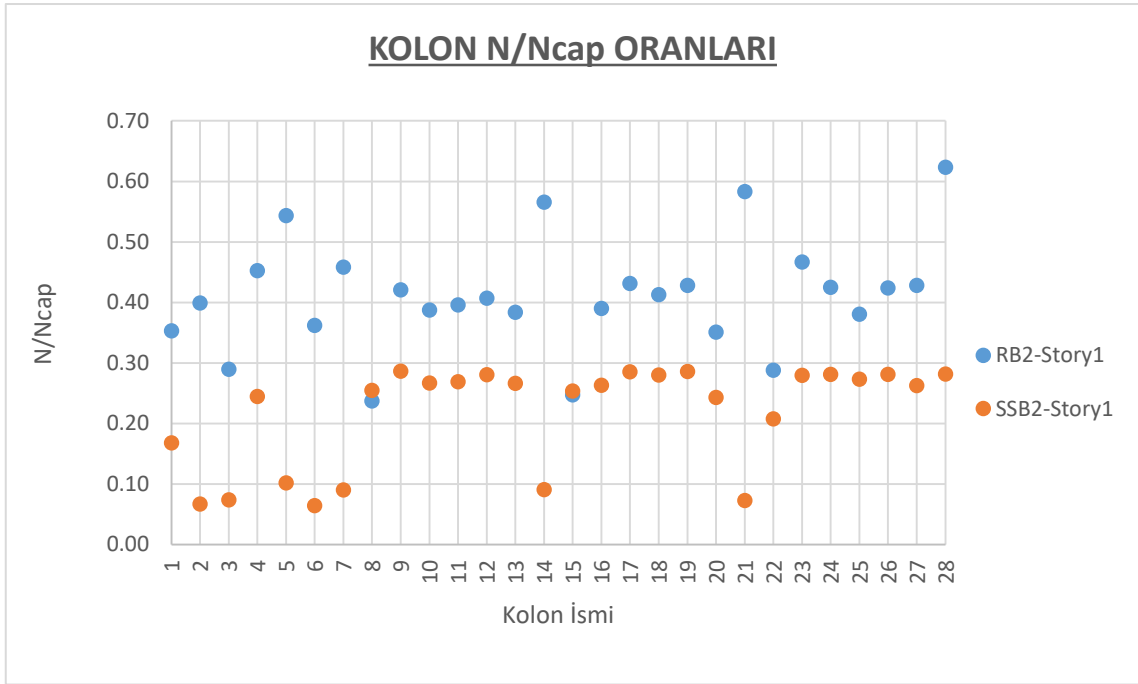
$$V_w = \frac{50 \times 2}{250} \times 598 \times 325$$

$$V_w = 77.7 \text{ kN}$$

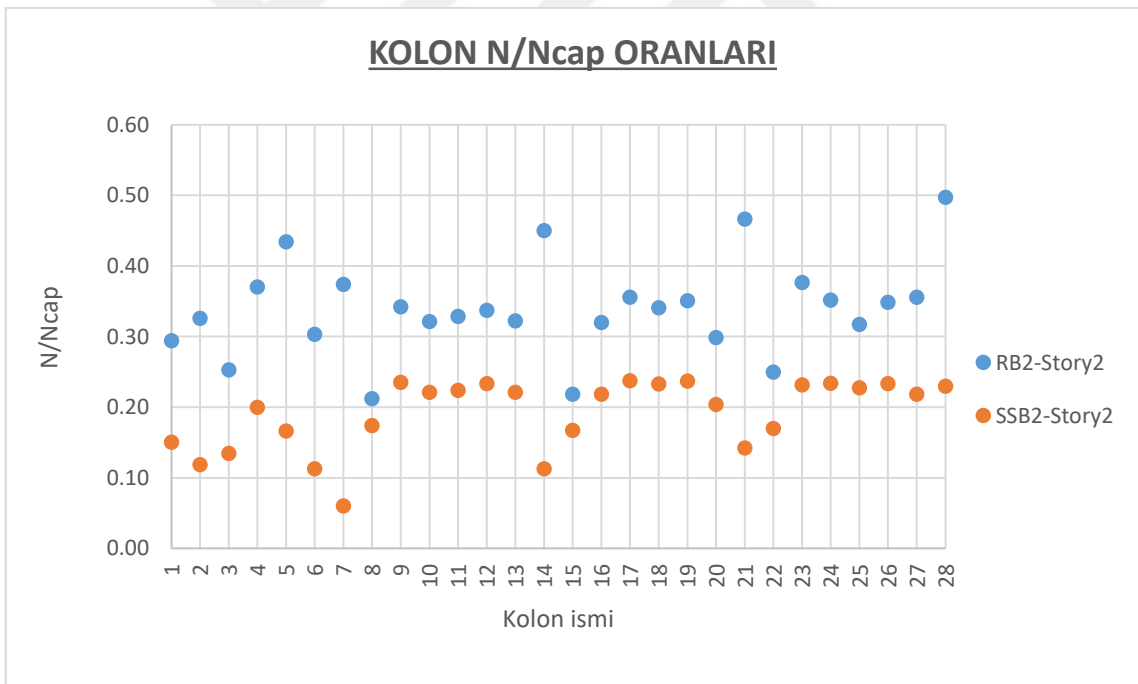
$$V_{cap} \cong 118 + 77.7 \cong 195 \text{ kN}$$

$$N_{cap} = 0.85 \times 200 \times 350 \times 350 + 598 \times 8 \times 201$$

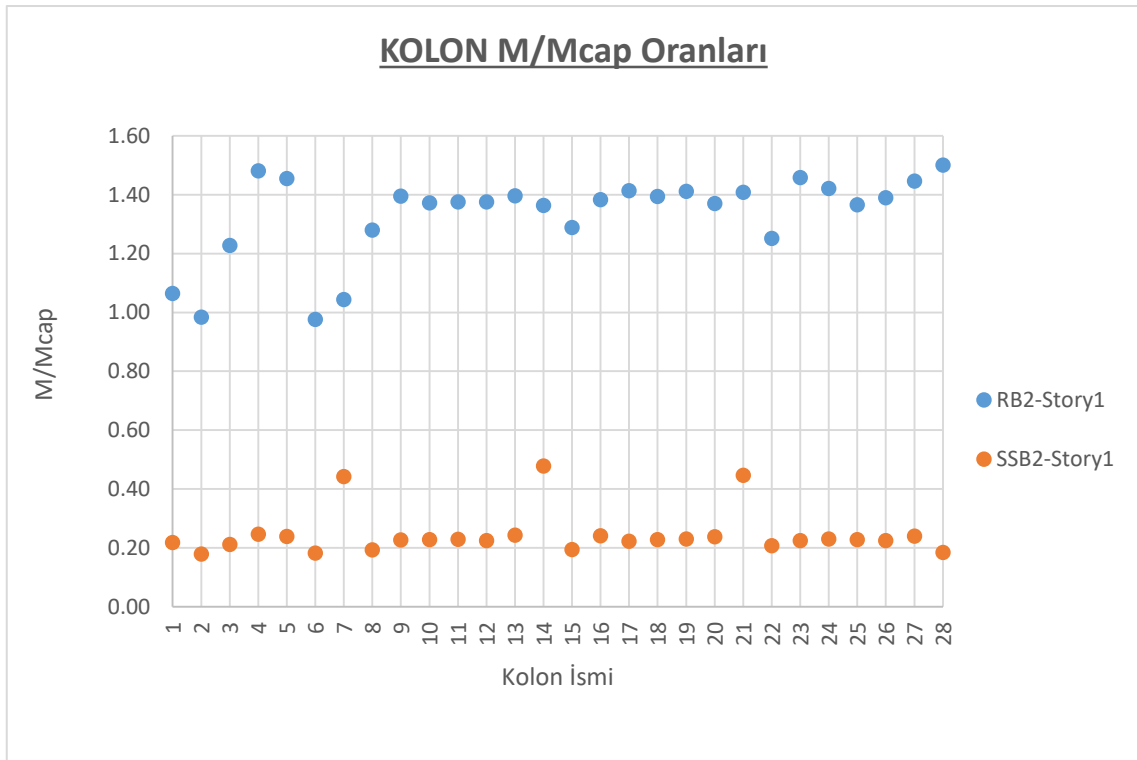
$$N_{cap} = 3050 \text{ kN}$$



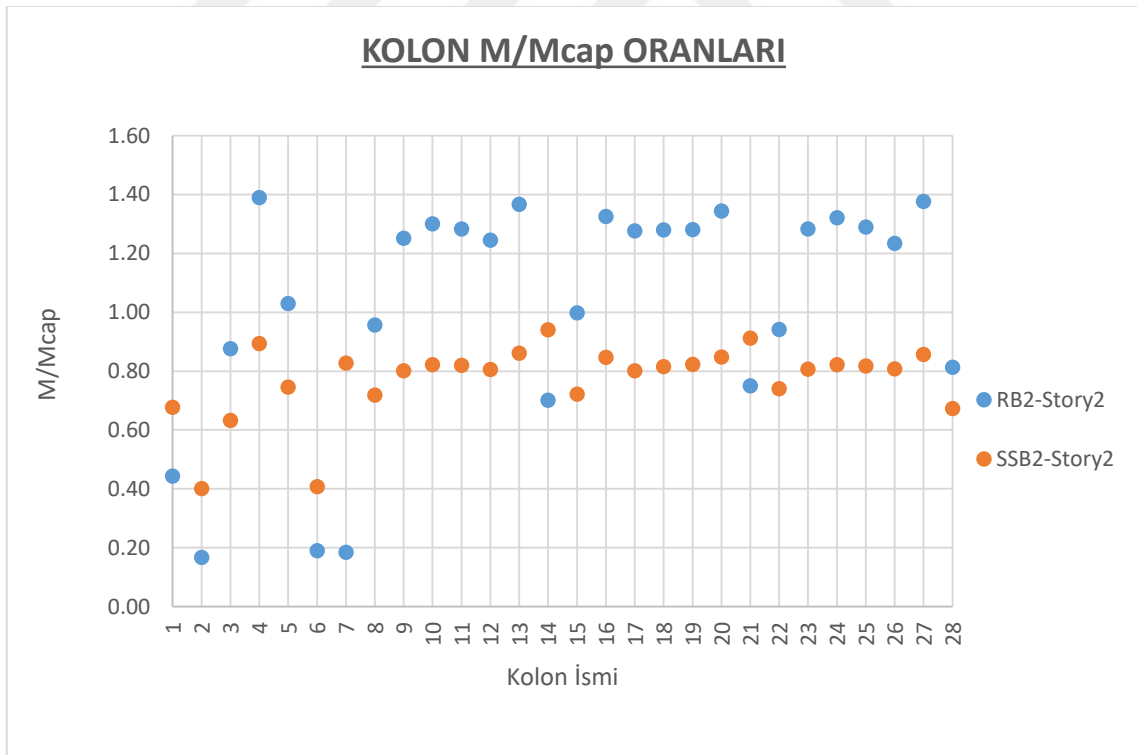
Şekil 5.23. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon eksenel yük kapasite oranı grafiği (1. Kat)



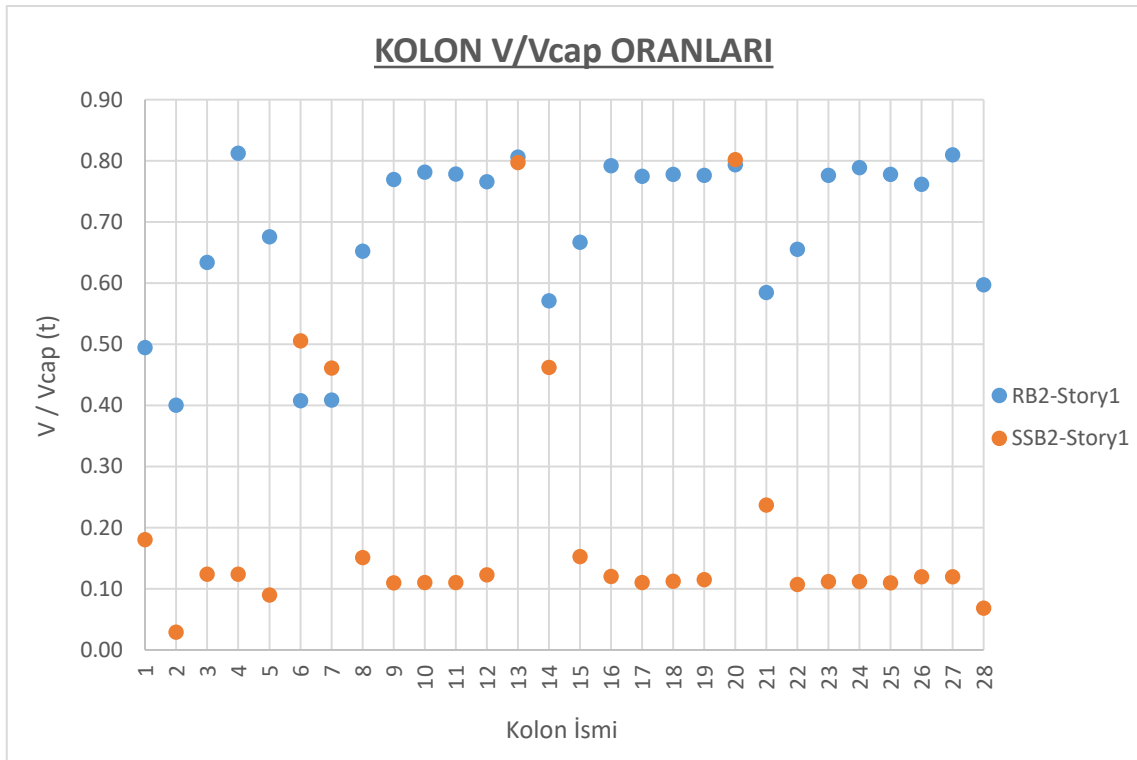
Şekil 5.24. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon eksenel yük kapasite oranı grafiği (2. Kat)



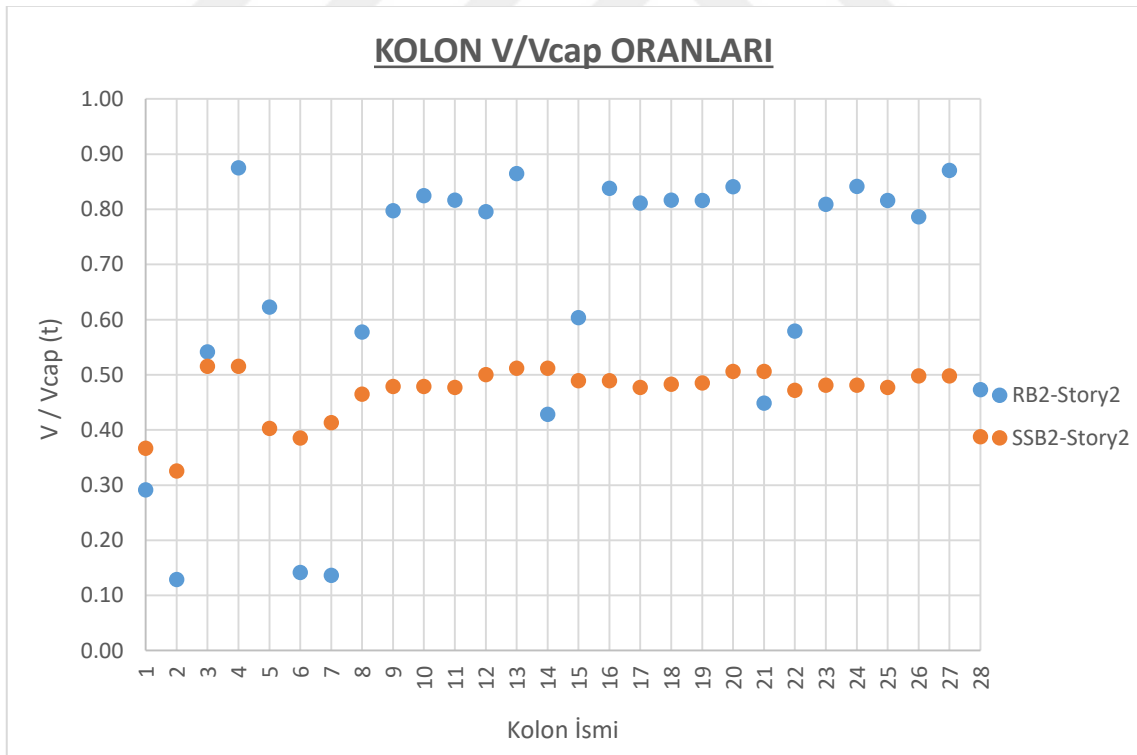
Şekil 5.25. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği (1. Kat)



Şekil 5.26. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği (2. Kat)



Şekil 5.27. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği (1. Kat)

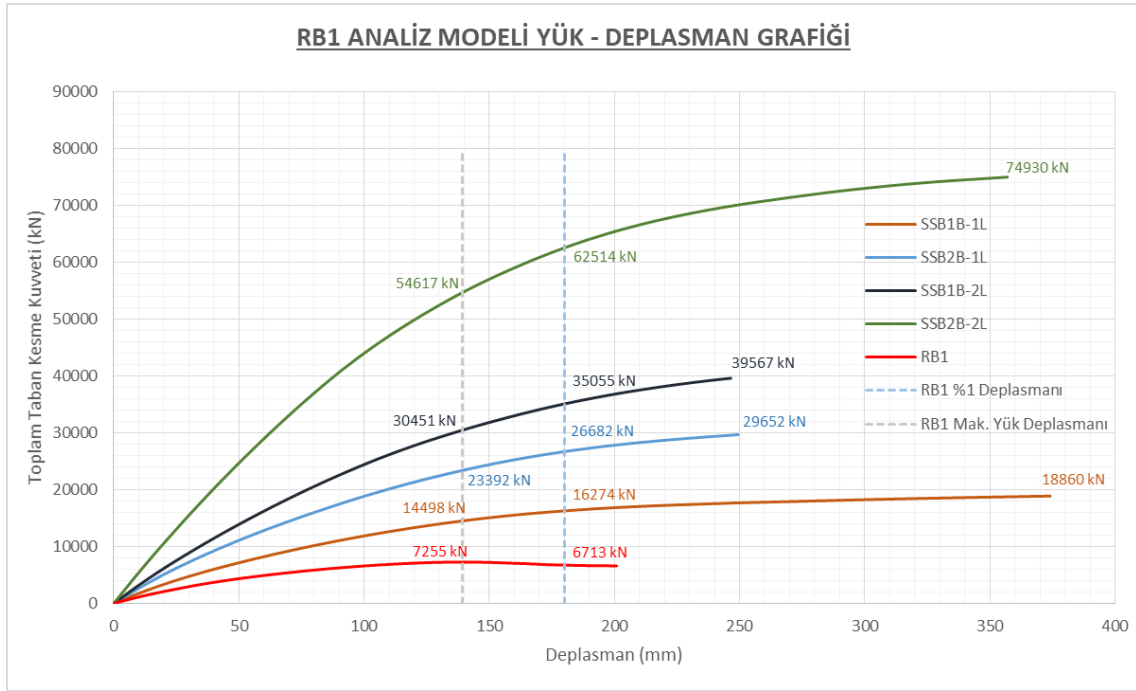


Şekil 5.28. RB2 modeli doğrusal çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği (2. Kat)

RB2 modeli doğrusal analiz sonucunda çelik güçlendirmenin binaya uygulanmasından sonra eksenel yük kapasite oranlarında artış ve azalmalar olmakla birlikte, oranların tamamı 1.00 dan küçüktür. Bazı kolonlarda eksenel yükün işaret değiştirmesi sebebi ile negatif değerler elde edilmiştir. Bu kolonlar 1-6-7-14 ve 21 numaralı kolonlardır. Plan üzerinde incelendiğinde bu kolonların çelik ile bağlantı yapılan köşe kolonlar olduğu görülmektedir. İşaret değişiminin gerçekçi bir sonuç olmadığı, bu sebeple doğrusal olmayan sonuçların daha geçerli olacağı düşünülmektedir. M/M_{cap} değişimleri incelendiğinde ise güçlendirme öncesi birinci katta 1.40 civarında yoğunlaşan oranların 0.5'in altına indiği, ikinci katta ise 1.30 civarından 0.90'ın altına indiği görülmüştür. Göreli olarak meydana gelen artışlar ise 1-2-6-7-14-21-28 numaralı kolonlardadır. V/V_{cap} değişimlerinde ise tüm oranlar güçlendirme öncesinde de sonrasında da her iki katta da 1.00 dan küçüktür. Göreli olarak meydana gelen artışlar birinci katta 6-7-13-14-20, ikinci katta ise 1-2-14-21 numaralı kolonlarda olmuştur. Bu kolonlar köşe kolonlar ve bu kolonlara komşu olan çelik güçlendirmenin uygulandığı kolonlardır.

5.3. RB1 Modeli – Doğrusal Olmayan Analiz

Bu bölümde, referans ve güçlendirilmiş binaların doğrusal olmayan analiz sonucunda elde edilen sayısal değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5.29.'da güçlendirilmiş ve referans binaların Abaqus modellerinin analizinden elde edilen, toplam taban kesme kuvvetine karşılık, bina üst tepe deplasmanı grafikleri karşılaştırılmıştır. Bu grafiklerde, referans binanın taşıyabildiği maksimum yatay yük F^{RB1}_{max} (7255 kN) değerinde iken, referans binanın ulaştığı tepe deplasmanı seviyesinde (Δ^{RB1}_{Fmax}), diğer tüm analiz modellerinin taşıdığı toplam taban kesme kuvvetleri verilmiştir. Yine aynı grafikte, $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde (180 mm) tüm analiz modellerinin maruz kaldığı toplam taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.29. RB1 modeli yük – tepe deplasmanı karşılaştırma grafiği

Çizelge 5.7.'de, referans bina ve güçlendirilmiş sistemlerin taşıyabildiği maksimum taban kesme kuvveti (F_{Max-2} . Sütun), maksimum yükün %60'ına karşılık gelen kuvvet (3. Sütun), bu yük değerinde, taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı ilişkisinden elde edilen tepe deplasman değerleri (4. Sütun) verilmiştir. Binaların yatay rijitlik seviyelerinin karşılaştırabilmesi için, taban kesme kuvvetinin maksimum değerinin %60 ına ulaştığı noktadaki yükün, karşılık gelen deplasmana bölünmesi ile elde edilen secant rijitlik değerleri 6. Sütunda verilmiştir. Elde edilen sayısal değerlerin referans binadan elde edilen değerlerle karşılaştırmasının yapılabilmesi için 5. ve 7. sütunlarda sonuçlar referans binanın sonucuna bölünmüş ve değişim oranları tespit edilmiştir. Bu tablodaki karşılaştırma sonuçlarına göre, referans binaya göre, tek aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2.6 kat, çift aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 4.1 kat, tek aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 5.5 kat ve çift aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 10.3 kat taşıma gücü artışı sağlamıştır.

Güçlendirme sonrası yatay rijitlik artışları ise 7. sütunda karşılaştırılmıştır. Buna göre, referans binaya göre, tek aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 1.4 kat, çift aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2.2 kat, tek aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2.8 kat ve çift aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 5 kat daha fazla yatay rijitlik artışı sağlamıştır.

<i>Model</i>	F_{max} (kN)	$F_{Max. \%60}$ (kN)	$F_{Max. \%60} Dep.$ (mm)	F_{max} <i>Model/Ref</i>	<i>Rijitlik</i> (kN/mm)	<i>Rijitlik</i> <i>Model/Ref</i>
1	2	3	4	5	6	7
RB1	7255.82	4353.49	501.99	1.00	8.67	1.000
SSB1B-1L	18859.90	11315.94	937.37	2.60	12.07	1.392
SSB2B-1L	29652.20	17791.32	926.46	4.09	19.20	2.214
SSB1B-2L	39566.60	23739.96	967.33	5.45	24.54	2.830
SSB2B-2L	74932.80	44959.68	1033.22	10.33	43.51	5.018

Çizelge 5.7. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 5.8.'de, binaların aynı deplasman seviyelerinde maruz kaldığı toplam taban kesme kuvvetleri karşılaştırılmıştır. İlk olarak, referans binanın taşıdığı maksimum yük ve karşılık gelen tepe deplasmanı tespit edilmiştir. Güçlendirilmiş binaların yatay yük- tepe deplasman ilişkilerinden, bir önceki adımda tespit edilen tepe deplasman değerine karşılık gelen taban kesme kuvvetleri belirlenmiş ve 2. sütunda verilmiştir. Buna göre güçlendirme sonrasında binanın yatay yük taşıma kapasitesinde meydana gelen artış 7.5 ve 2 kat arasında değişmektedir. Aynı tabloda binanın $\Delta^{ \% I }_{Tepe}$ deplasman değeri ötelenmesine ulaştığı anda bina tabanında meydana gelen toplam kesme kuvvetleri 4. sütunda verilmiştir. Bu kesme kuvvetlerinin referans binanın taban kesme oranına bölünerek bulunan artış oranları ise 5. Sütunda verilmiştir. $\Delta^{ \% I }_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde binanın taşıdığı toplam yatay yükteki artış, referans binaya göre, tek aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2.4 kat, çift aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 3.9 kat, tek aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 5.2 kat ve çift aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 9.3 kat olarak hesaplanmıştır.

<i>Model</i>	F_{max} (kN)	<i>Model/Ref.</i>	$\% I F$ (kN)	<i>Model/Ref.</i>
1	2	3	4	5
RB1	7255.8	1.00	6716.3	1.000
SSB1B-1L	14498.5	2.00	16274.7	2.423
SSB2B-1L	23392.0	3.22	26682.4	3.973
SSB1B-2L	30451.3	4.20	35055.8	5.219
SSB2B-2L	54617.4	7.53	62514.2	9.308

Çizelge 5.8. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin ($\Delta^{ \% I }_{Tepe}$) deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve ($\Delta^{ \% I }_{Tepe}$) tepe deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması

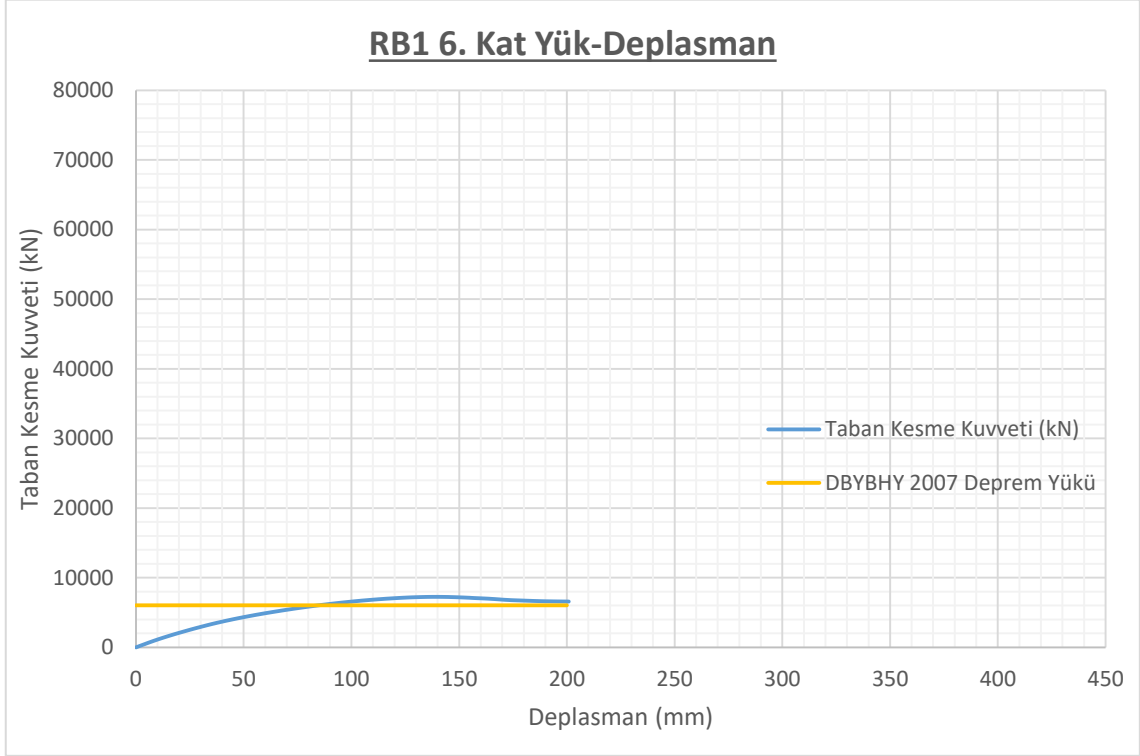
Güçlendirme uygulamasının bina rijitliğine katkısını incelemek için, tüm sistemlerin referans boş binanın (**RB1**) taşıdığı maksimum yatay yük olan 7255.8 kN seviyesinde göstermiş olduğu tepe deplasmanları Çizelge 5.9.'da 3. sütun da ve bu değerlerin referans binanın değerine oranı ise 4. sütunda verilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre aynı yük altında, referans binaya göre, tek aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 0.37 kat, çift aks ve tek katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 0.22 kat, tek aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 0.17 kat ve çift aks ve çift katmanlı çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 0.1 kat daha az yatay deplasmana maruz kalmıştır.

<i>Model</i>	F^{RB1}_{max} (kN)	(Δ^{FRBI}_{max}) (mm)	Model/Ref.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
RB1	7255.8	139.36	1.00
SSB1B-1L	7255.8	51.17	0.37
SSB2B-1L	7255.8	30.31	0.22
SSB1B-2L	7255.8	23.78	0.17
SSB2B-2L	7255.8	13.89	0.10

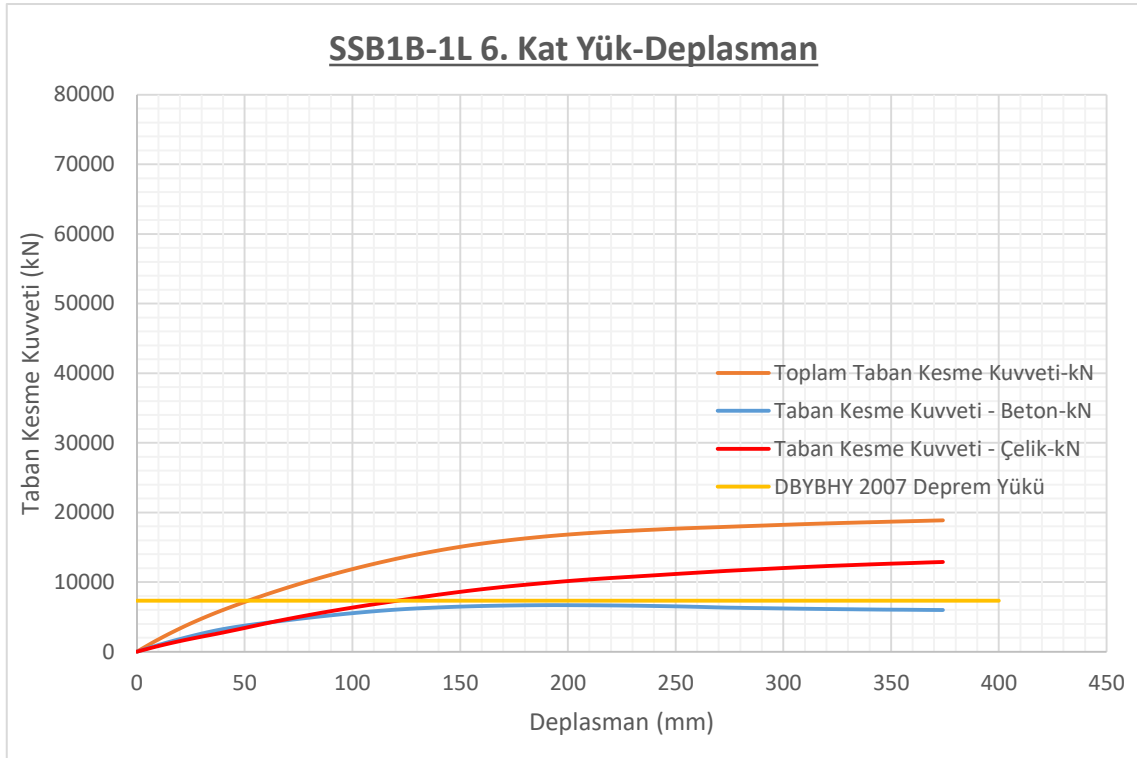
Çizelge 5.9. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinde, F^{RB1}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetine karşılık gelen tepe deplasmanları

Güçlendirme uygulamasından sonra binaya uygulanan toplam yatay yük, betonarme ve çelik güçlendirme çerçeveleri arasında paylaşarak taşınmaktadır. Uygulanan toplam yatay yükten her iki çerçeve sistemlerinin aldığı taban kesme kuvveti paylarını tespit edilmiş ve her bir model analizi için Şekil 5.30. - Şekil 5.34. arasında sunulmuştur. Bu grafiklerde binada *DBYBHY-2007* ye göre hesaplanan toplam deprem kuvveti de yatay çizgi olarak gösterilmiştir. Tüm grafikler karşılaştırmanın daha rahat yapılabilmesi için aynı ölçekte verilmiştir. Şekil 5.30.'de referans bina için yatay yük-tepe deplasmanı eğrisi verilmiştir. Güçlendirilmemiş bina *DBYBHY-2007* ye göre hesaplanan tasarım deprem kuvvetine çok yakın bir değerde maksimum taban kesme kuvvetini sağlayabilmiştir. Bu bakımdan bina beton kalitesinde meydana gelebilecek düşüşler, eksik donatı kullanılması ya da imalat hatalarından kaynaklanabilecek kapasite eksiklikleri binada ağır hasara ya da göçmeye neden olabilecektir. Şekil 5.31. - Şekil 5.34. de ise güçlendirilmiş binalarda uygulanan yatay yükün, betonarme ve çelik çerçeveler arasında dağılımı verilmiştir. Bu grafiklere göre, çelik çerçeve her durumda betonarme çerçeveden daha fazla taban kesme kuvveti taşımakta, sadece betonarme çerçeveye gelen

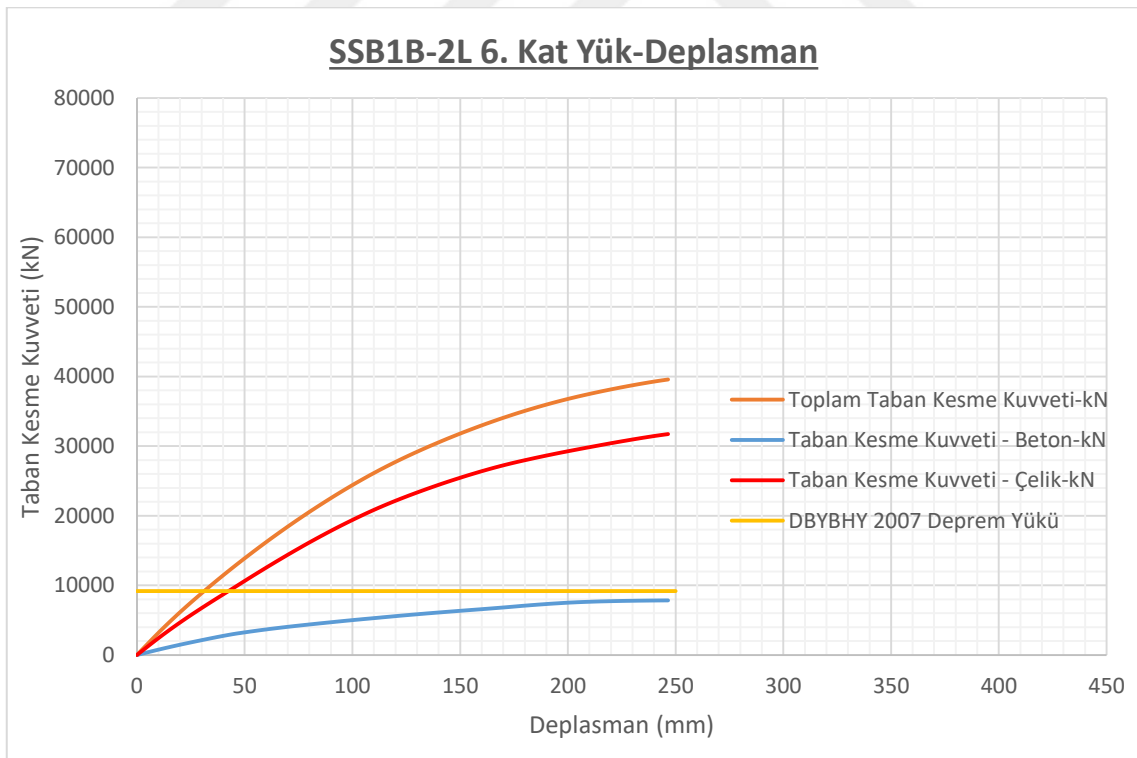
kesme kuvveti bile *DBYBHY-2007* ye göre hesaplanan tasarım deprem kuvvetinden az olmaktadır. Binada çift katmanlı çelik çerçeve kullanılması durumunda, çelik sistem tarafından taşınan taban kesme kuvveti çok daha etkin olmaktadır.



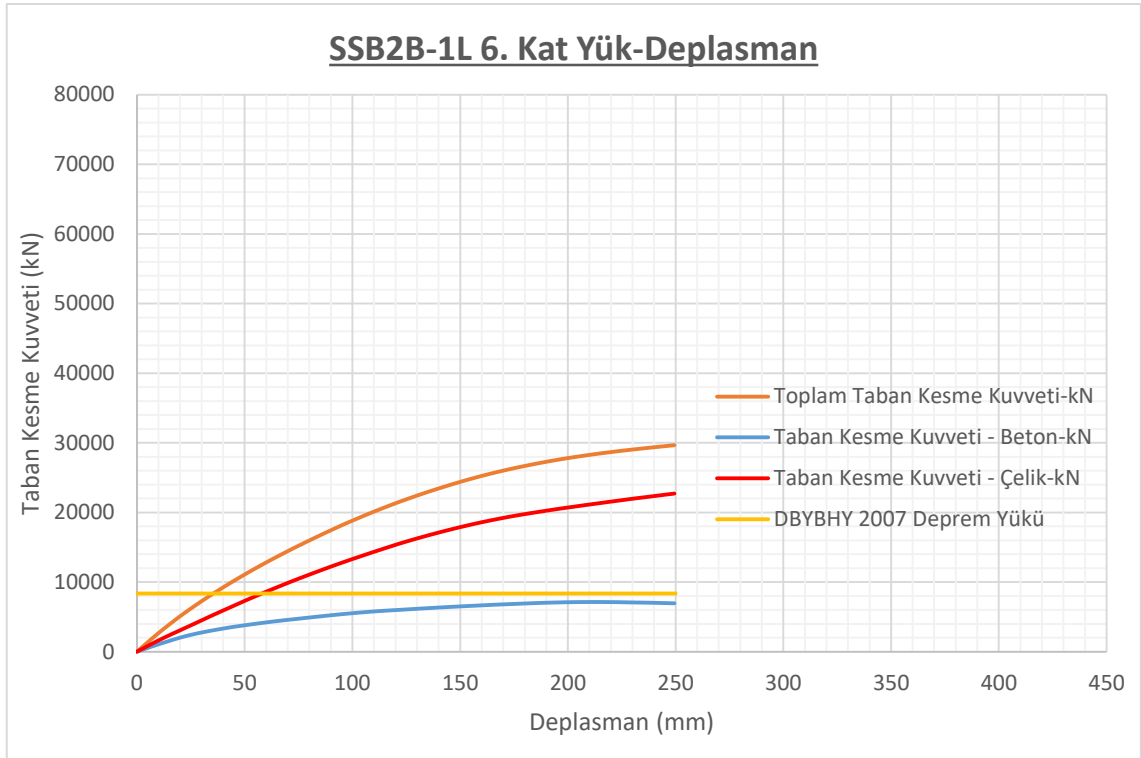
Şekil 5.30. RB1 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği



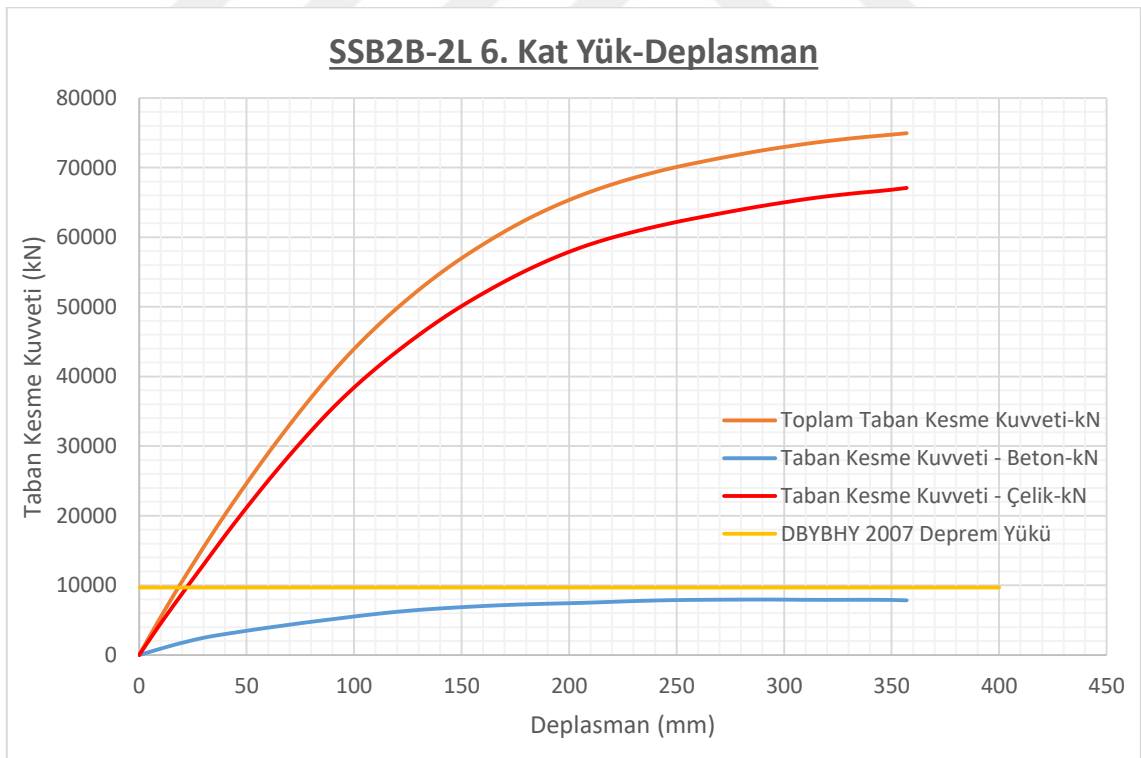
Şekil 5.31. SSB1B-1L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması



Şekil 5.32. SSB1B-2L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması



Şekil 5.33. SSB2B-1L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması



Şekil 5.34. SSB2B-2L modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması

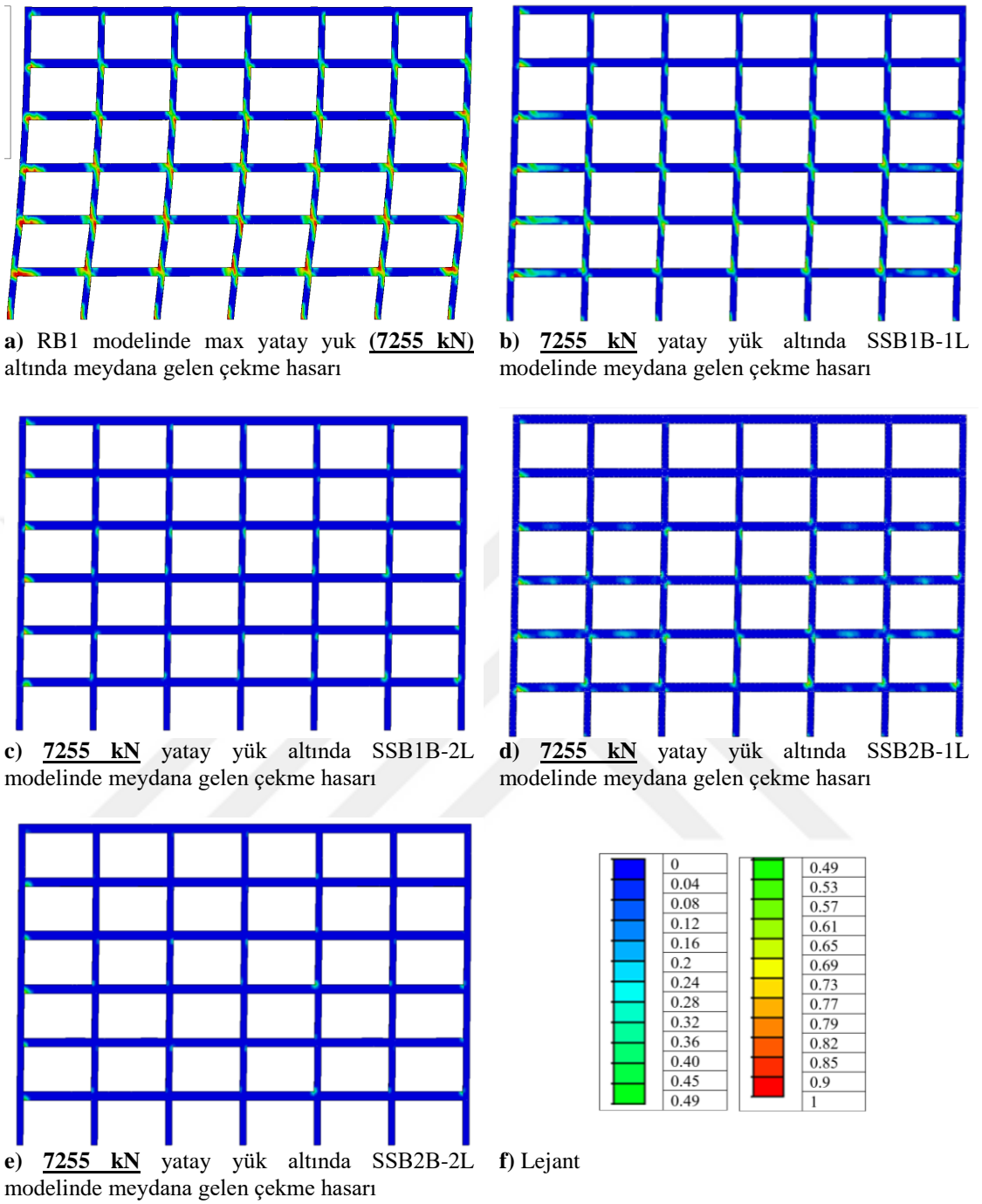
Yapı betonarme elemanlarında, yatay yükleme sırasında meydana gelen çekme gerilmelerine bağlı olarak gelişen çekme hasar düzeyi 0 ile 1 arasında değişen bir ölçeklendirme ile tespit ve temsil edilmektedir. Bu ölçeklendirmede 0 hiç hasar almamış durumu ve 1 ise çekme gerilmeleri altında tam güç tüketilmesi durumunu yansıtmaktadır. Şekil 5.35.'de referans ve güçlendirilmiş binalarda, dış cephe, 1 aksındaki çerçevede meydana gelen çekme hasar dağılımı verilmiştir. Bu şekildeki hasar dağılımları referans **RB1** binasının taşıyabildiği maksimum yatay yük olan 7255 kN seviyesinde elde edilmiştir. Dolayısıyla tüm şekiller aynı yatay yük seviyesine aittir. Yine çerçeve şekilleri, deplasman yapmış hali de temsil etmektedir. Deplasmanlar görsel olarak daha iyi ayırt edilmesi için belli bir ölçekte artırılmıştır. Şekil 5.35.'den aynı yatay yük altında hem çekme hasar dağılımı ve hem de deplasman yapmış profilleri görsel olarak karşılaştırılabilir.

Şekil 5.36.'de ise aynı yük altında çekme hasar dağılımı 3 boyutlu çerçeve üstünde gösterilmiştir.

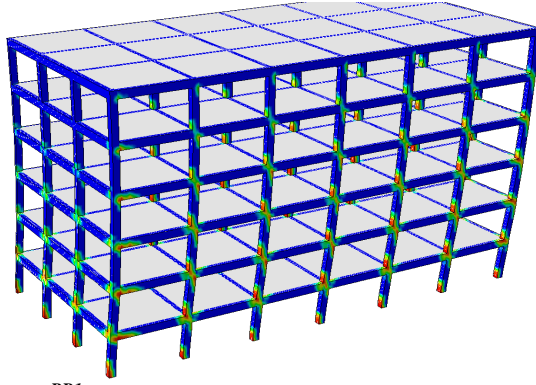
Şekil 5.37. ve Şekil 5.38.'de, 7255 kN yatay yük altında, güçlendirme çerçevelerinde meydana gelen Von-Misses gerilme yığılımları verilmiştir. Bu şekillerde çelik çerçevenin ilk olarak ön cephe görüntüsü ve iki zıt açıdan perspektif görüntüleri verilmiştir.

Model binalarda, $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanı seviyesinde meydana gelen çekme hasarı Şekil 5.39.'da verilmiştir. Bu şekilde sunulan görsel, model binaların ön cephe 1 aksına aittir. Aynı deplasman seviyesinde meydana gelen çekme hasarı 3 boyutlu çerçevede ise Şekil 5.40.'de verilmiştir. Şekil 5.41. ve Şekil 5.42.'de ise, $\Delta^{%I}_{Tepe}$ seviyesinde çelik çerçevelerde meydana gelen Von-Misses gerilme dağılımları sunulmuştur.

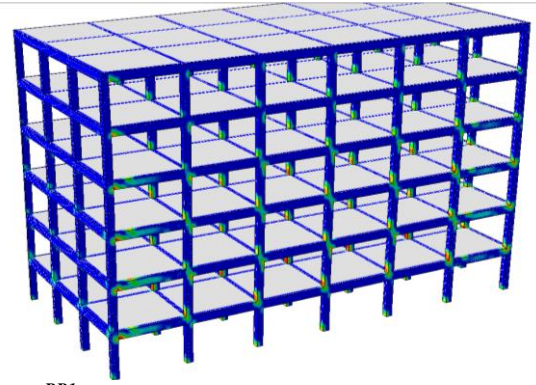
5. bölüm, 5.1.3 alt başlığında, doğrusal elastik analiz sonucunda, dış cephe, 1 aksı C1 ve C7 kolonlarında güçlendirme sonrasında kesme kuvveti değerlerinde artış olduğu tespit edilmişti. Doğrusal olmayan analiz sonucunda, güçlendirme sonrasında kolonların iç kuvvetlerinde meydana gelen değişimleri izlemek amacıyla, kolon iç kuvvetleri karşılaştırılmıştır. İlk olarak, her bir kolonda meydana gelen maksimum kesme kuvvetinin, toplam taban kesme kuvvetine göre dağılımı ve kolon maksimum moment değerinin yine toplam taban kesme kuvvetine göre değişimi karşılaştırılmıştır. Aynı kolona ait üçüncü ve dördüncü grafiklerde ise kesme kuvveti ve moment tesirlerinin kat yatay deplasmanına göre dağılımları verilmiştir. 28 adet kolona ait iç kuvvet değişimi karşılaştırma grafikleri Şekil 5.43. - Şekil 5.56. arasında verilen şekillerde sunulmuştur.



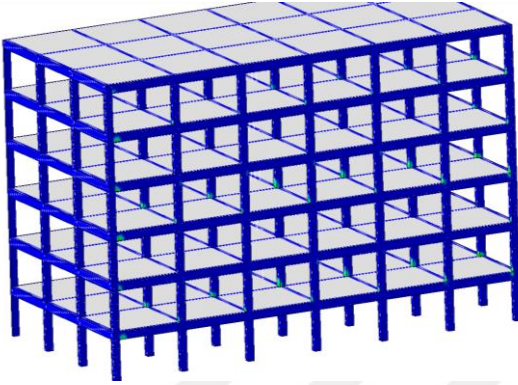
Şekil 5.35. RB1 modeli maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları



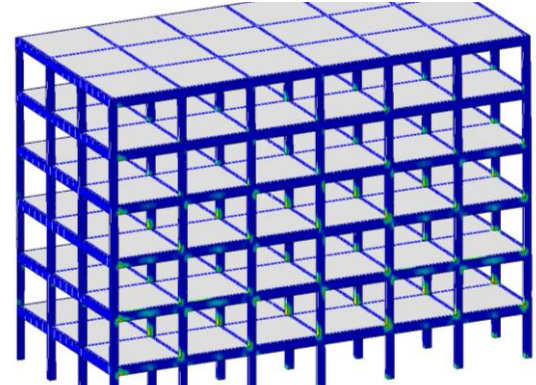
a) F^{RB1}_{max} yatay yük altında meydana gelen çekme hasarı



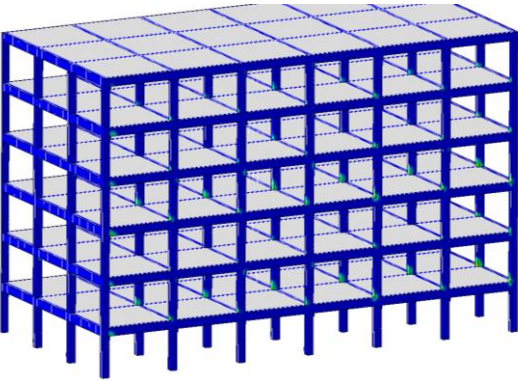
b) F^{RB1}_{max} yatay yük altında SSB1B-1L modelinde meydana gelen çekme hasarı



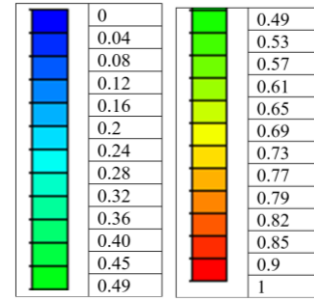
c) F^{RB1}_{max} yatay yük altında SSB1B-2L modelinde meydana gelen çekme hasarı



d) F^{RB1}_{max} yatay yük altında SSB2B-1L modelinde meydana gelen çekme hasarı

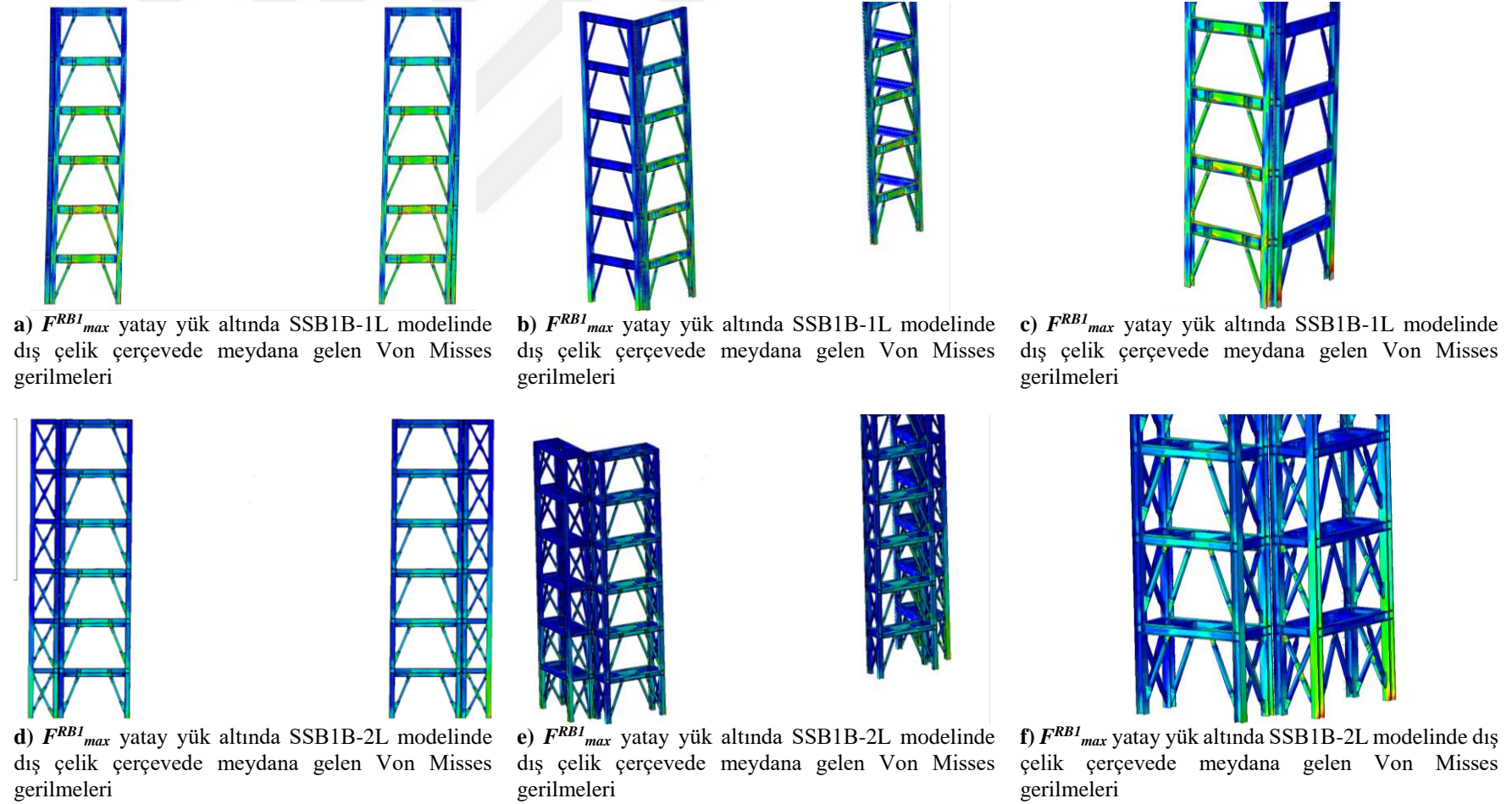


e) F^{RB1}_{max} yatay yük altında SSB2B-2L modelinde meydana gelen çekme hasarı

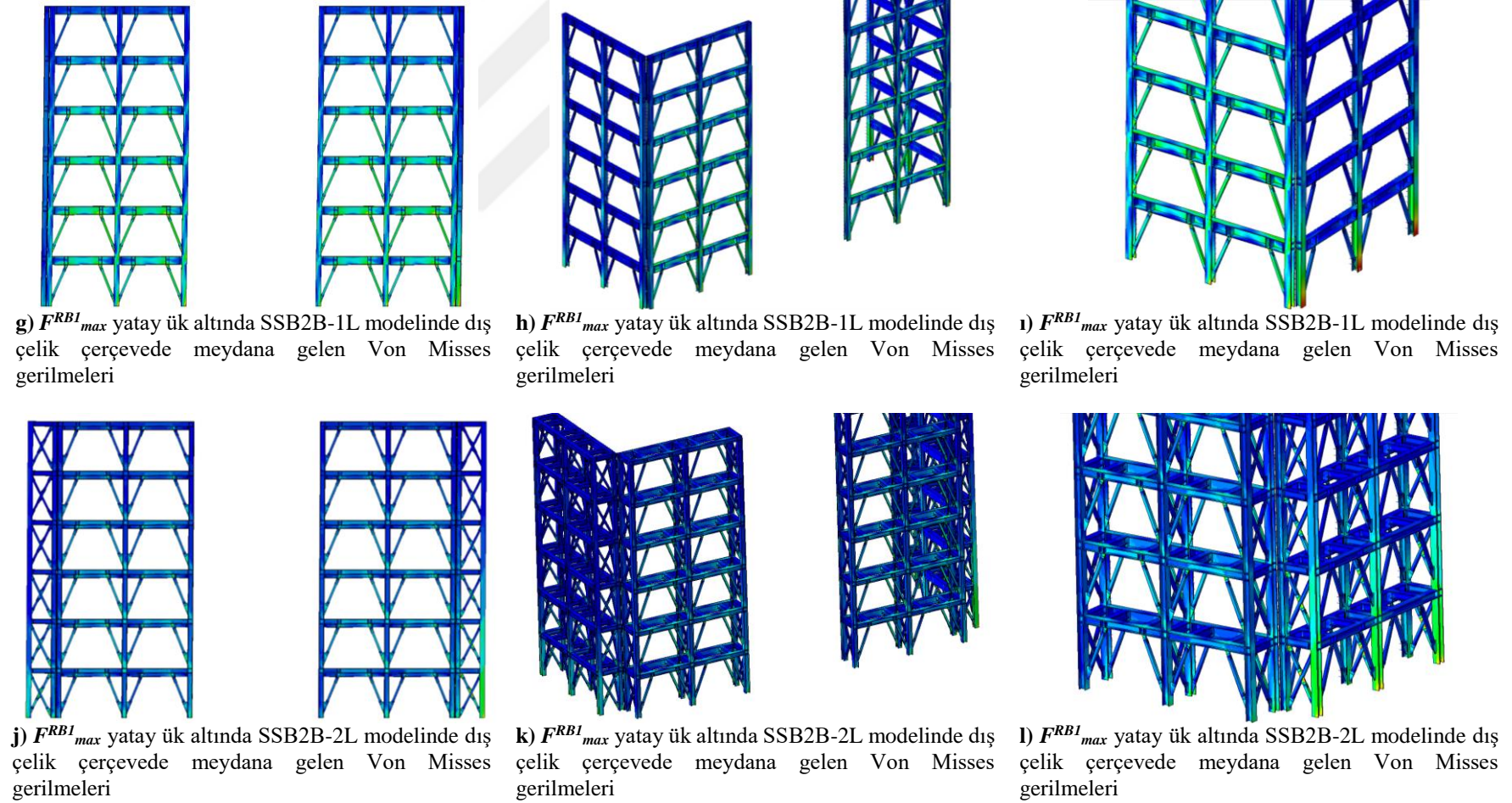


f) Lejant

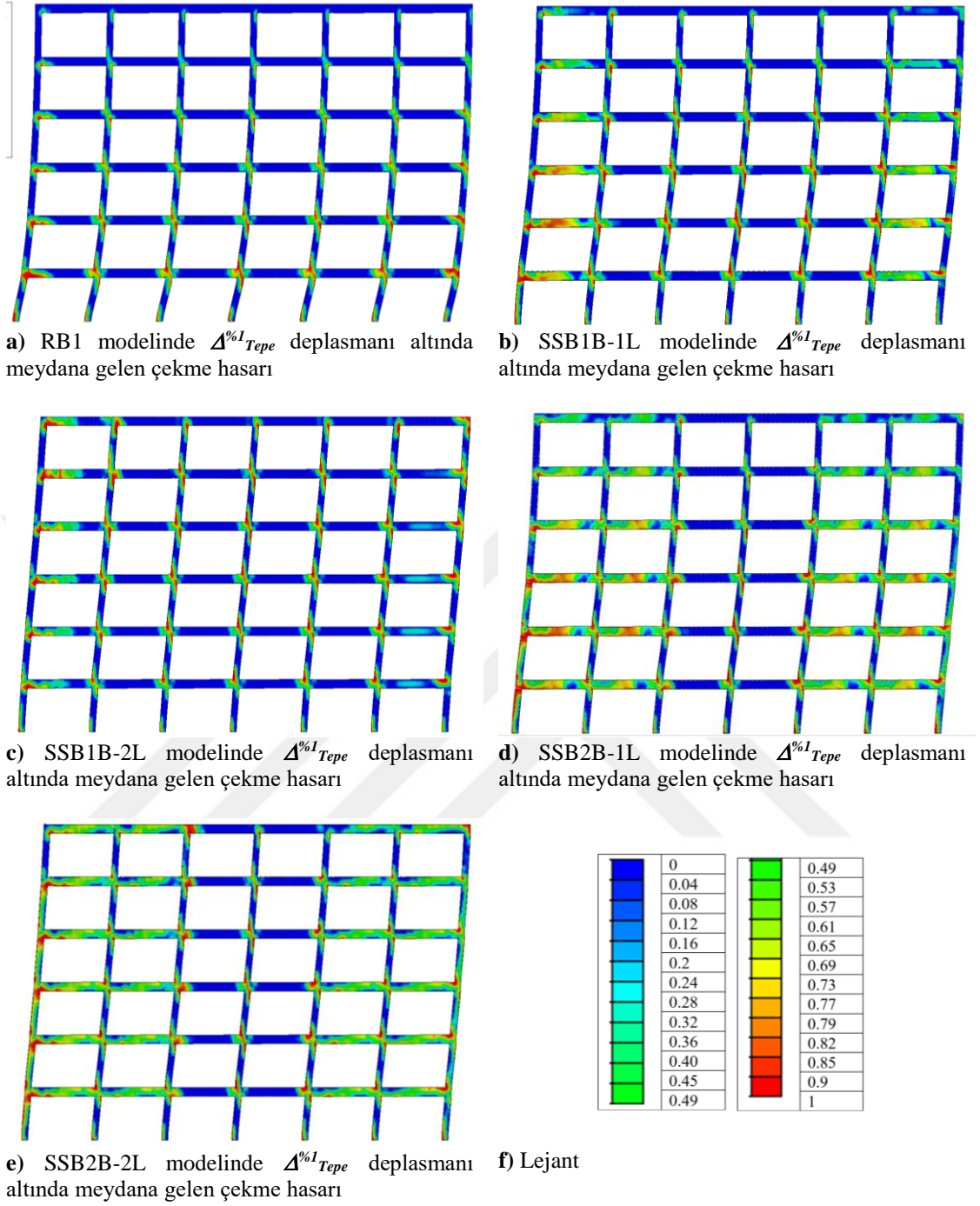
Şekil 5.36. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasarı dağılımları 3B görünüşü



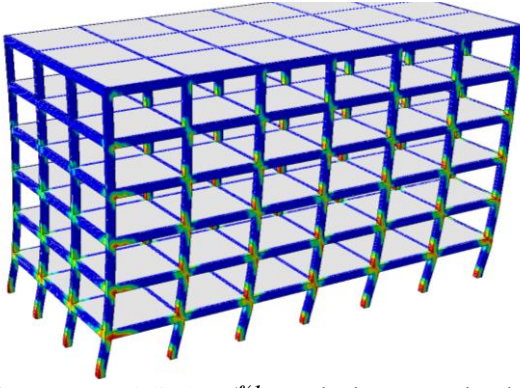
Şekil 5.37. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 1



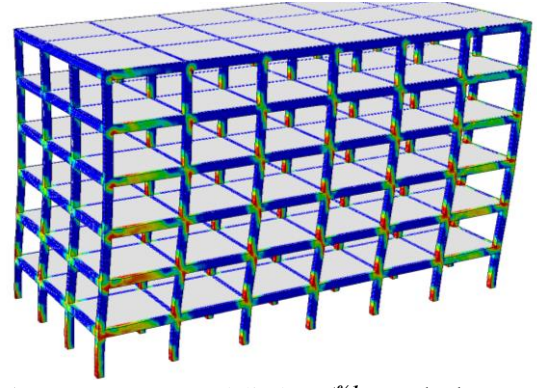
Şekil 5.38. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde ($F^{RB1}_{max} = 7255 \text{ kN}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 2



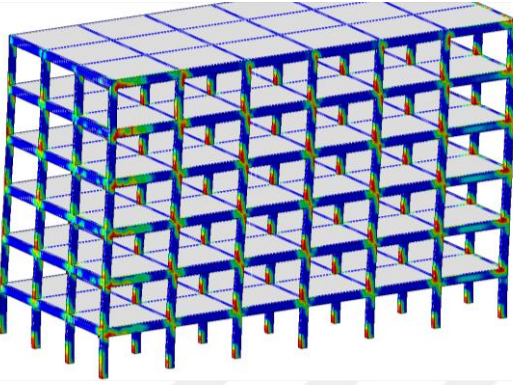
Şekil 5.39. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{%1}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları



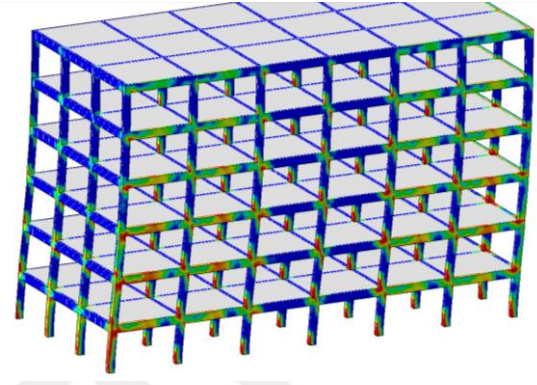
a) RB1 modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı



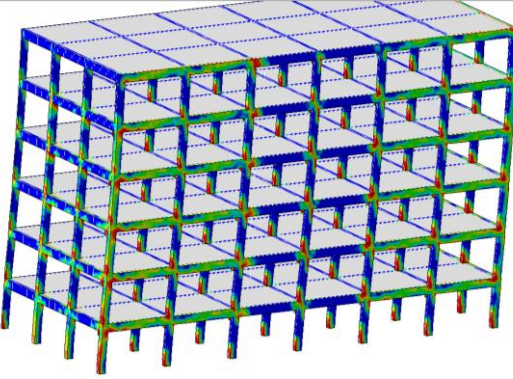
b) SSB1B-1L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı



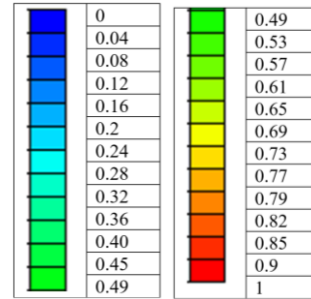
c) SSB1B-2L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı



d) SSB2B-1L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı

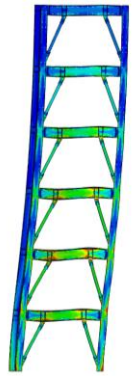


e) SSB2B-2L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı

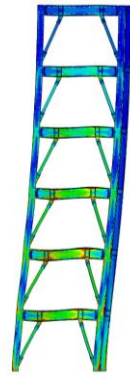


f) Lejant

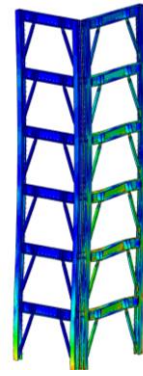
Şekil 5.40. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{1\%I_{Tepe}}$) analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü



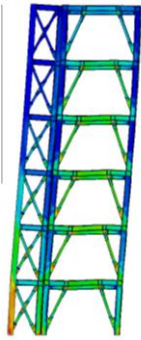
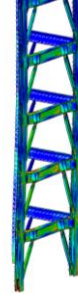
a) SSB1B-1L modelinde $\Delta^{1\%}_{Tepe}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



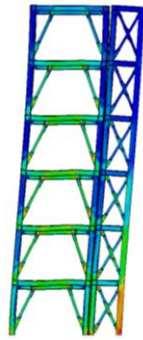
b) SSB1B-1L modelinde $\Delta^{1\%}_{Tepe}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



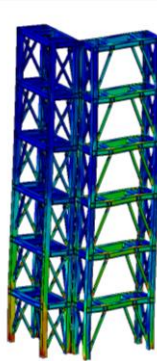
c) SSB1B-1L modelinde $\Delta^{1\%}_{Tepe}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



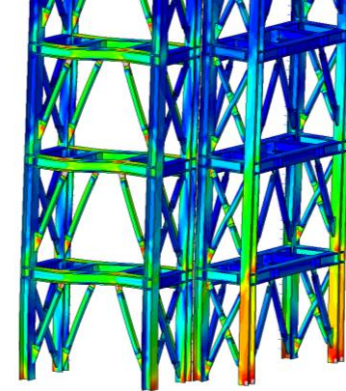
d) SSB1B-2L modelinde $\Delta^{1\%}_{Tepe}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



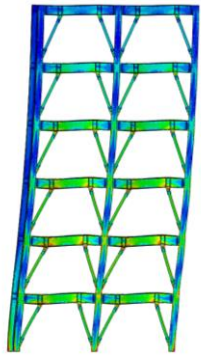
e) SSB1B-2L modelinde $\Delta^{1\%}_{Tepe}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



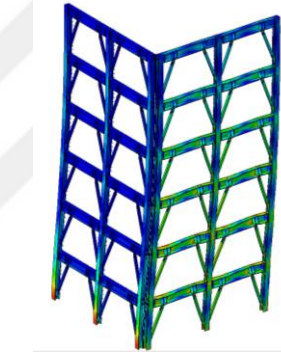
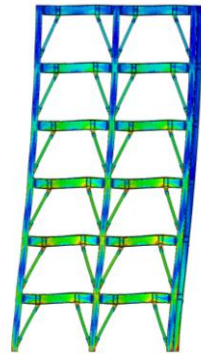
f) SSB1B-2L modelinde deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



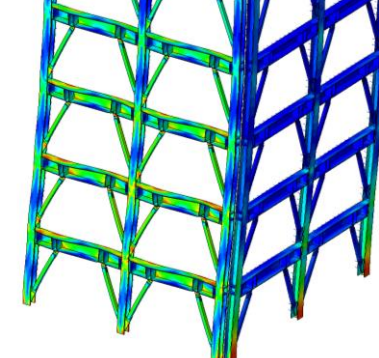
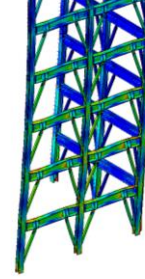
Şekil 5.41. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{1\%}_{Tepe}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 1



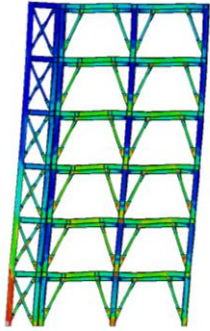
g) SSB2B-1L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



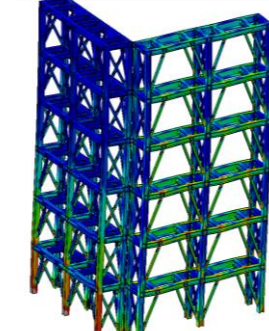
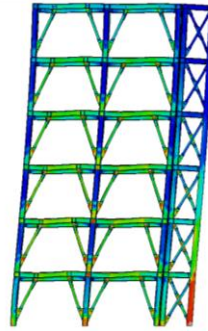
h) SSB2B-1L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



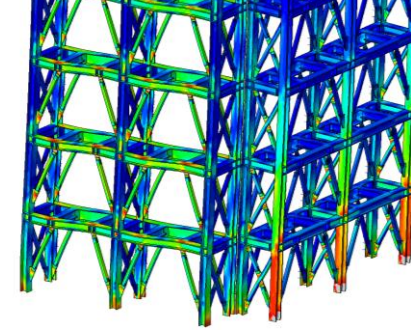
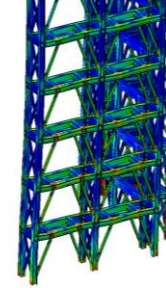
ı) SSB2B-1L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri



j) SSB2B-2L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri

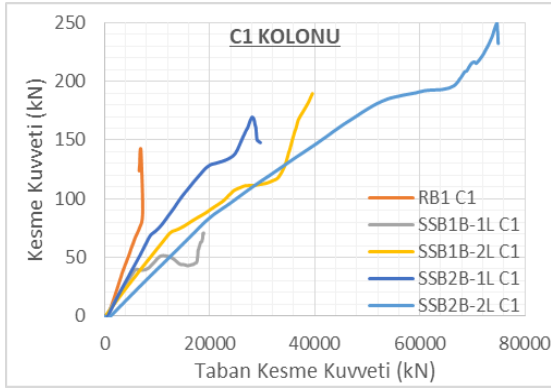
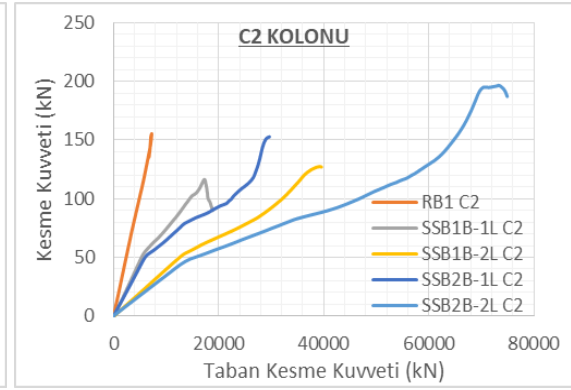
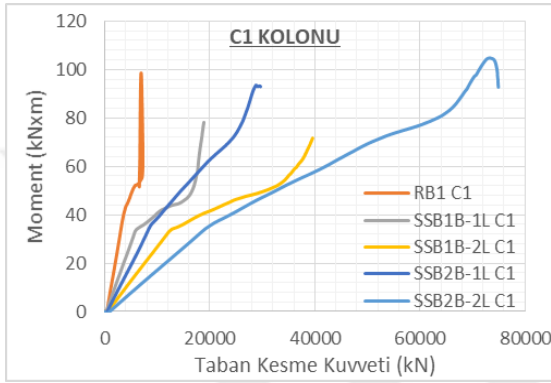
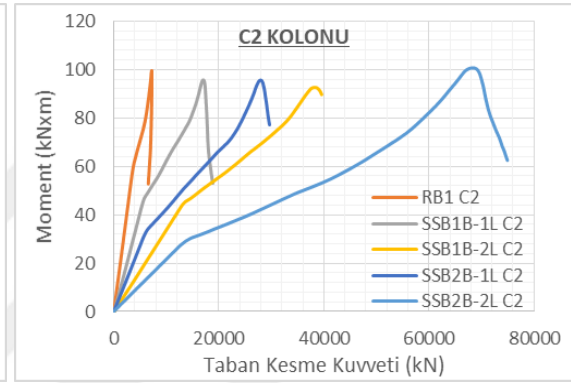
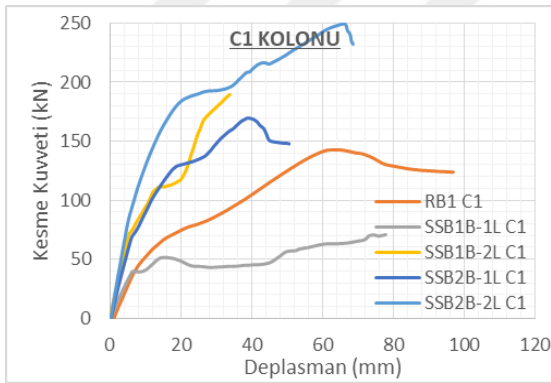
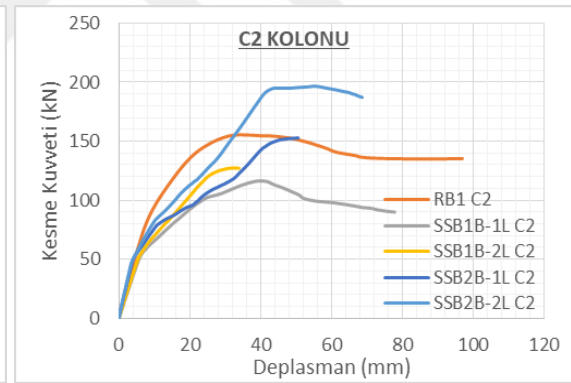
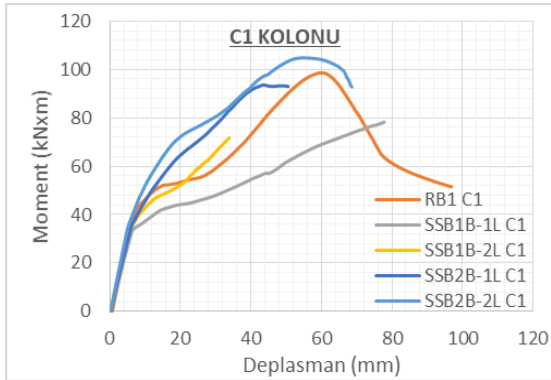
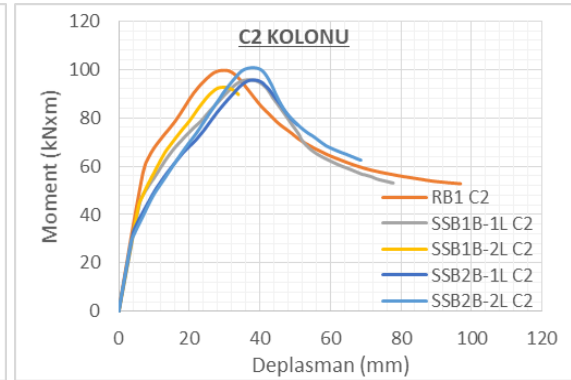


k) SSB2B-2L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri

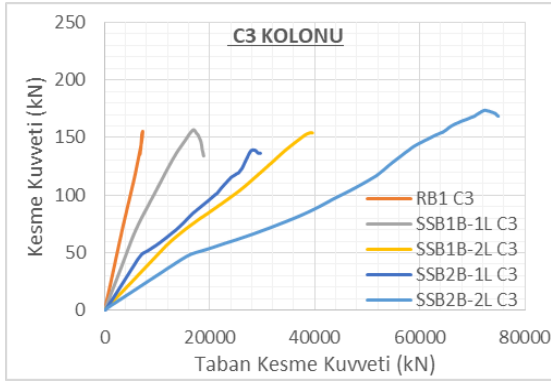
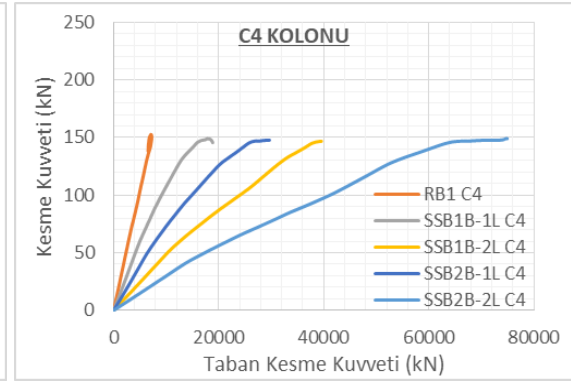
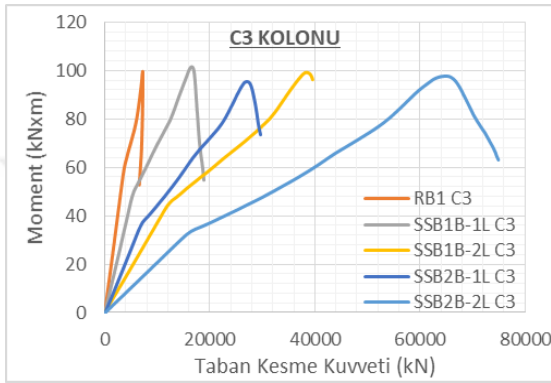
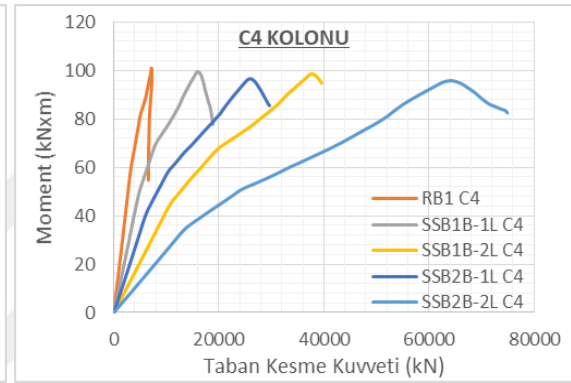
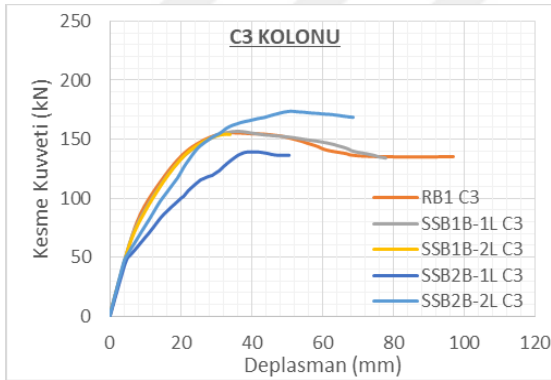
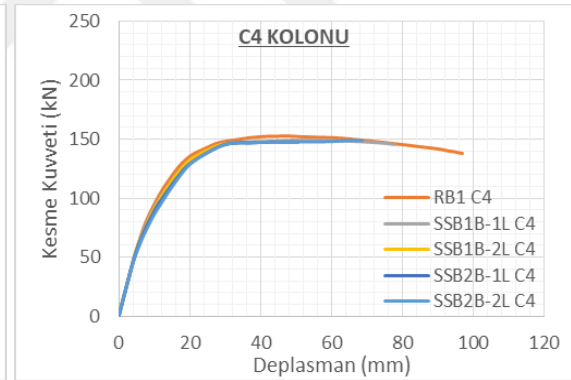
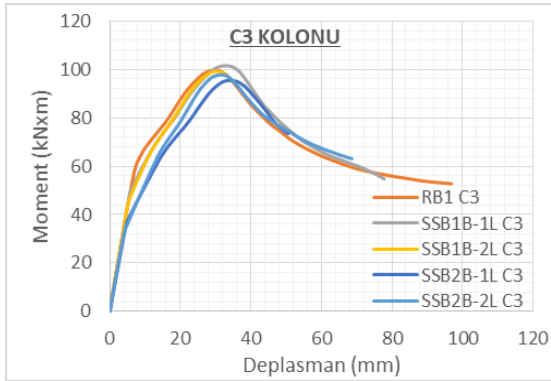
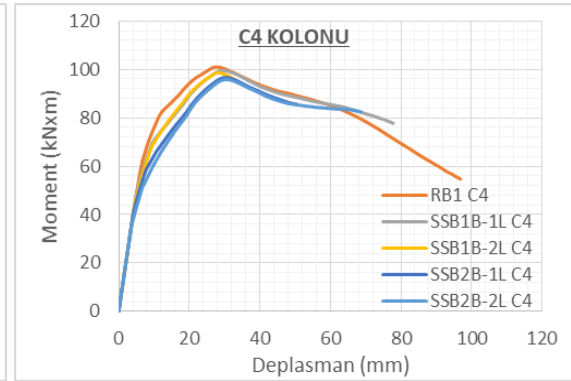


l) SSB2B-2L modelinde $\Delta^{1\%I_{Tepe}}$ deplasmanı altında meydana gelen Von Misses gerilmeleri

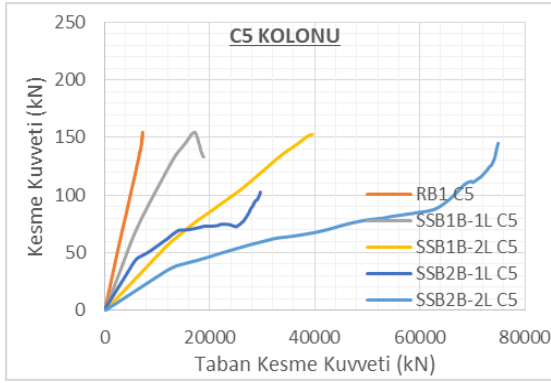
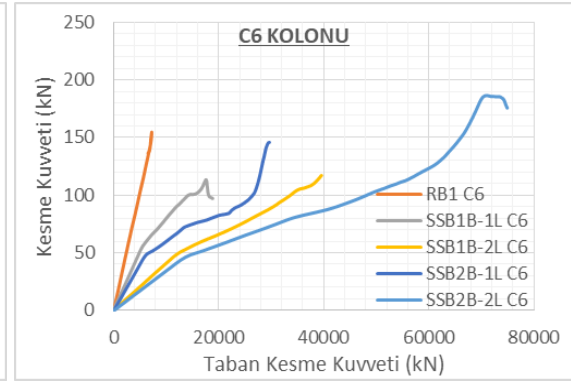
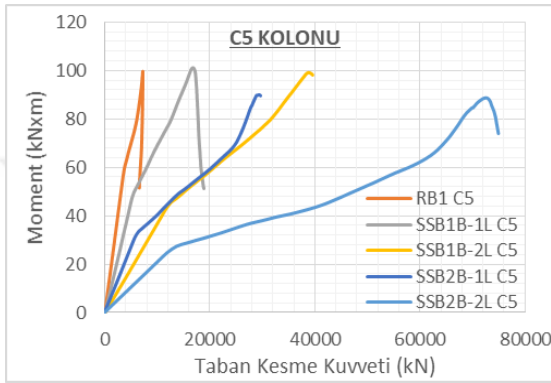
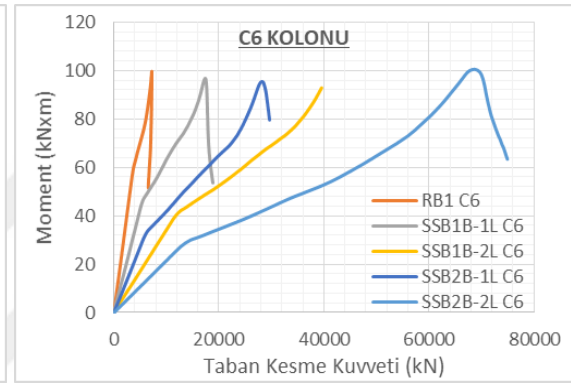
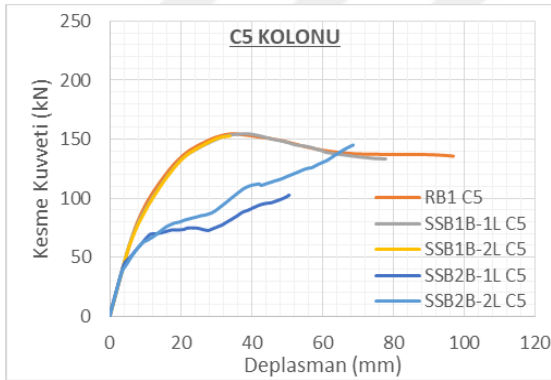
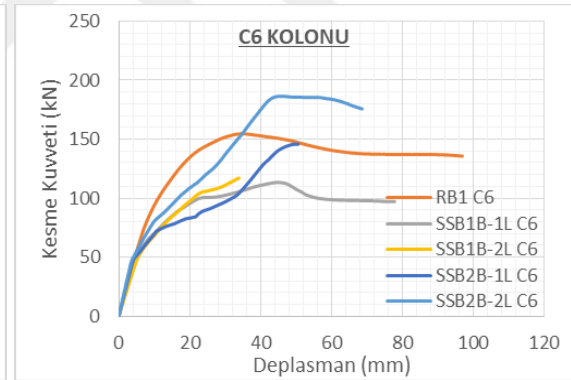
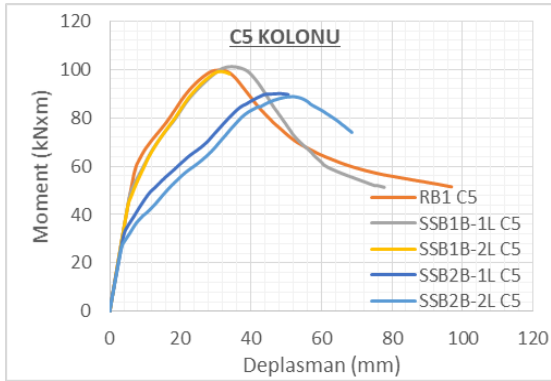
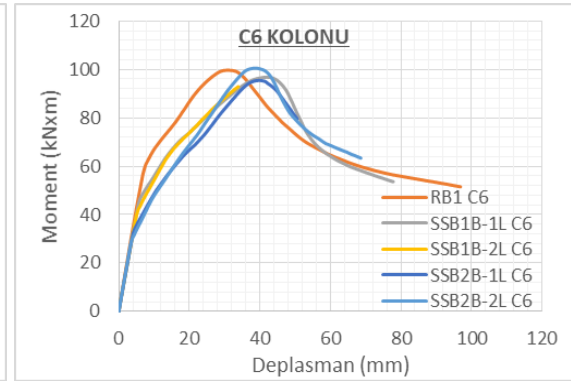
Şekil 5.42. %1 tepe deplasmanında ($\Delta^{1\%I_{Tepe}}$), analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri – 2

a) C1 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C2 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C1 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C2 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C1 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C2 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C1 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C2 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

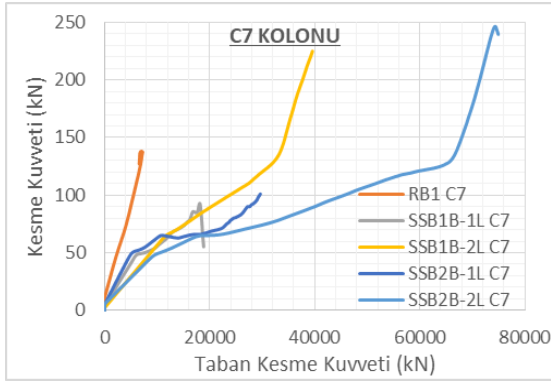
Şekil 5.43. C1 ve C2 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C3 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C4 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C3 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C4 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C3 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C4 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C3 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C4 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

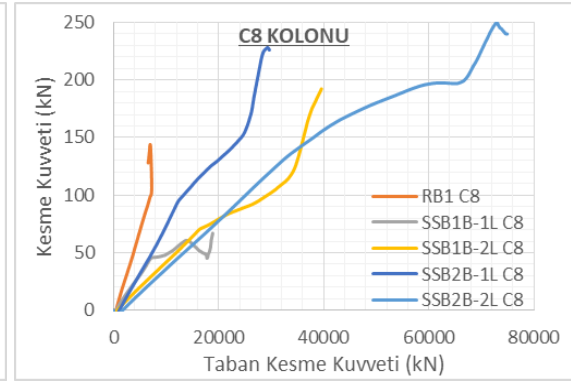
Şekil 5.44. C3 ve C4 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C5 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C6 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C5 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C6 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C5 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C6 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C5 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C6 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

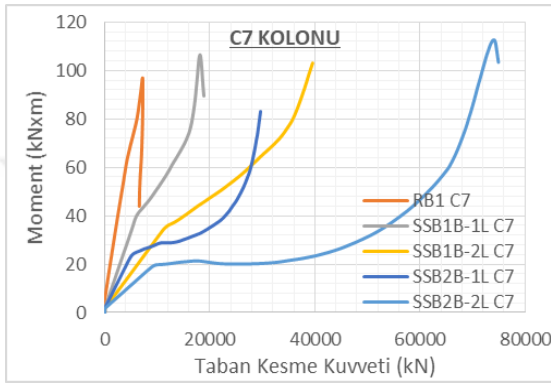
Şekil 5.45. C5 ve C6 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri



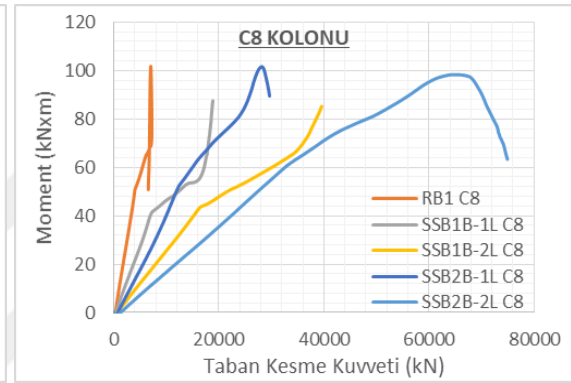
a) C7 kolonu KK. / TKK. karşılaştırma grafiği



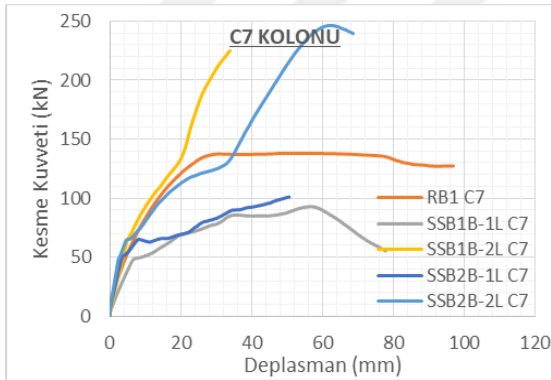
b) C8 kolonu KK. / TKK. karşılaştırma grafiği



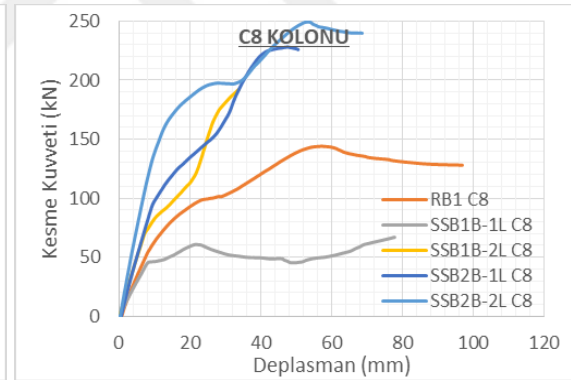
c) C7 kolonu Mom. / TKK. karşılaştırma grafiği



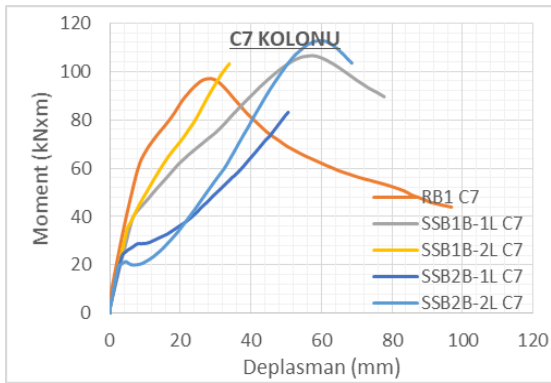
d) C8 kolonu Mom. / TKK. karşılaştırma grafiği



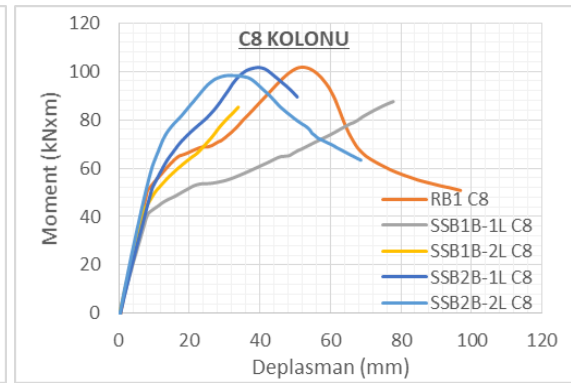
e) C7 kolonu KK. / Dep. karşılaştırma grafiği



f) C8 kolonu KK. / Dep. karşılaştırma grafiği

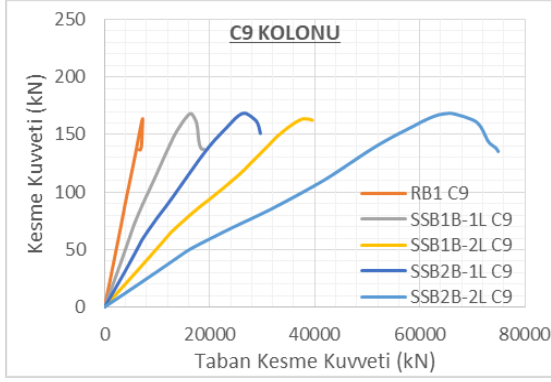
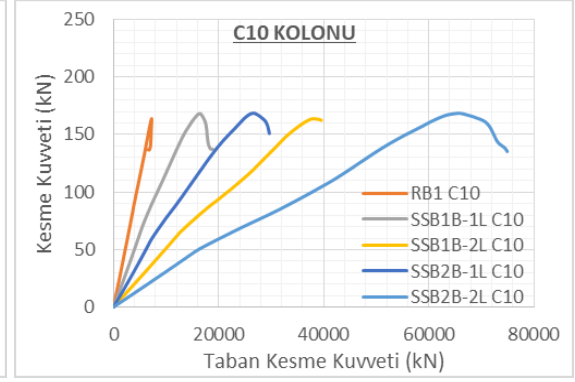
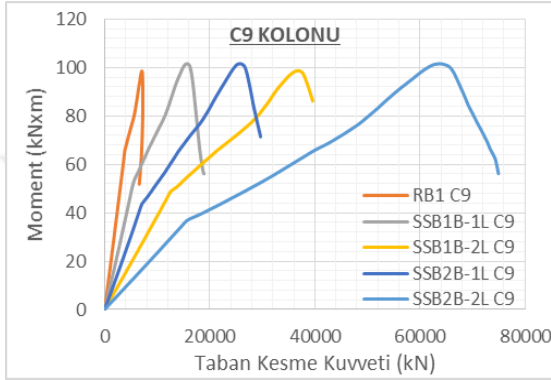
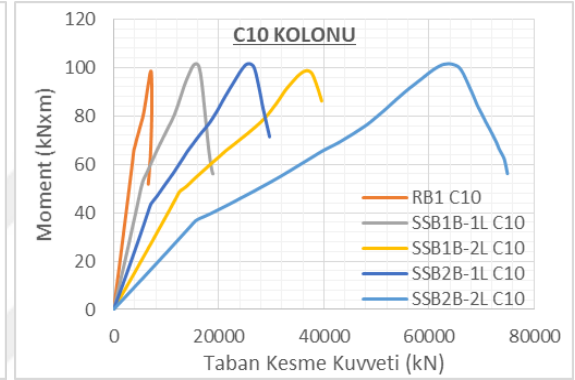
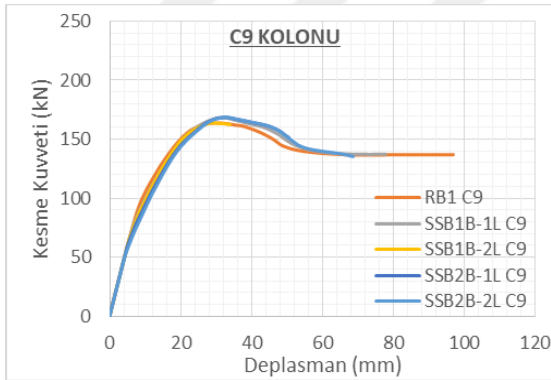
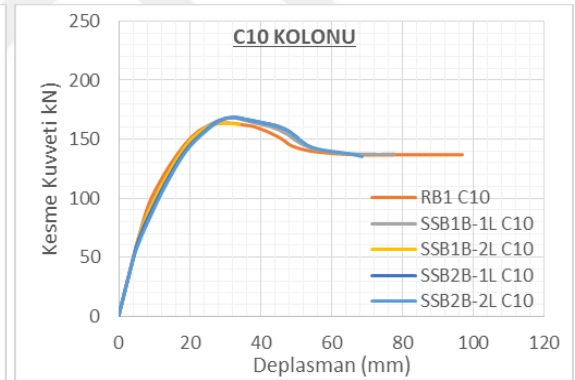
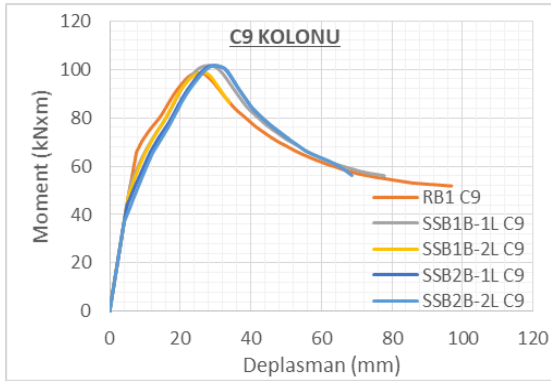
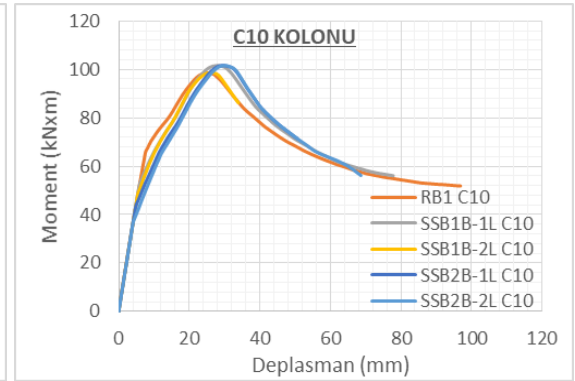


g) C7 kolonu Mom. / Dep. karşılaştırma grafiği

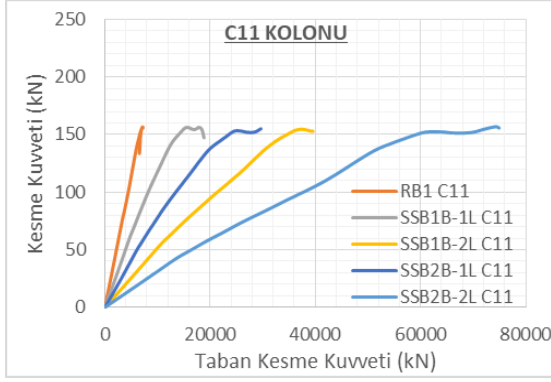
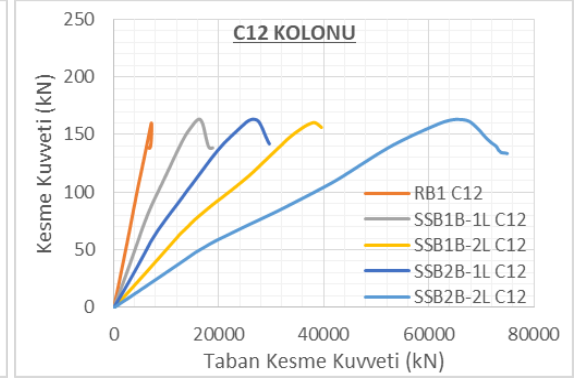
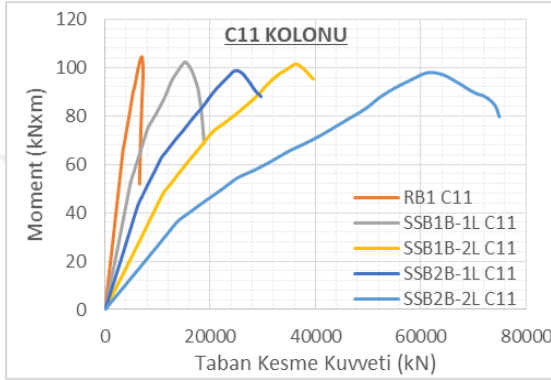
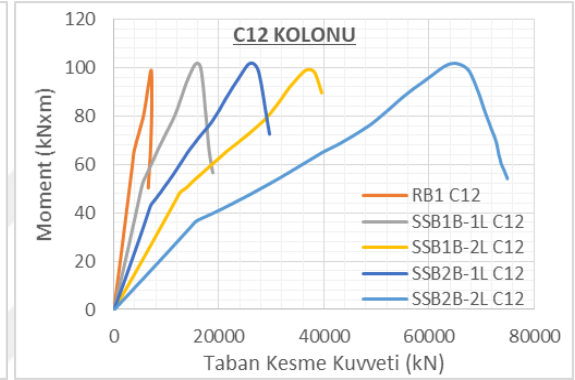
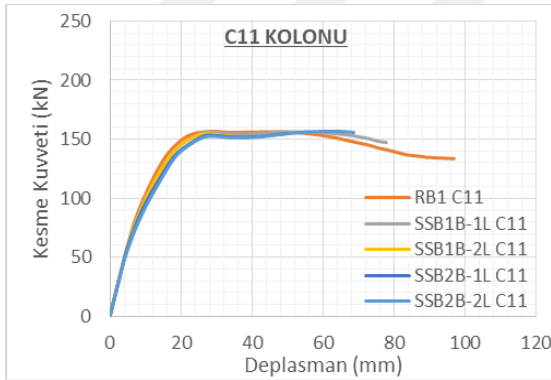
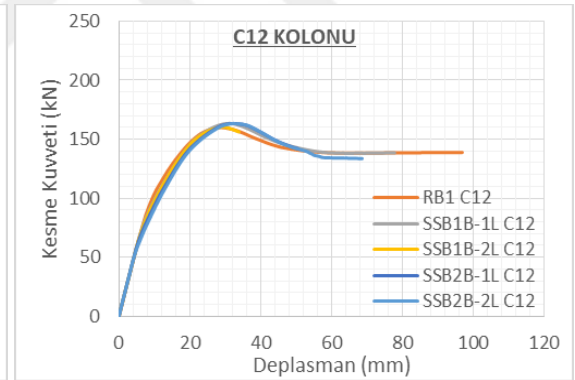
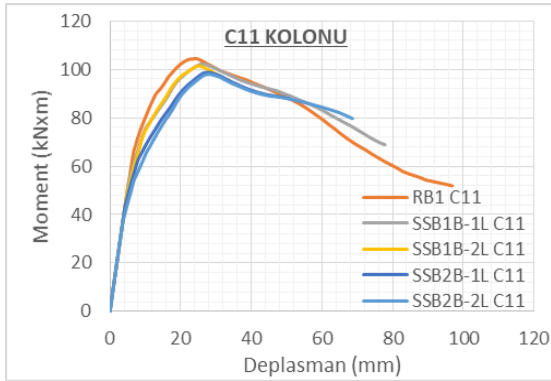
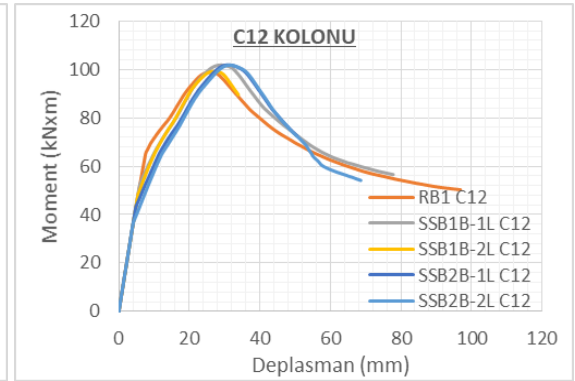


h) C8 kolonu Mom. / Dep. karşılaştırma grafiği

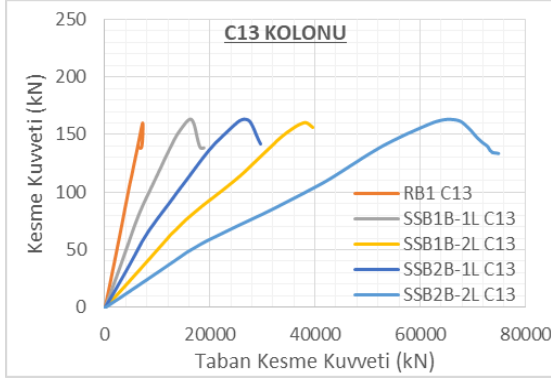
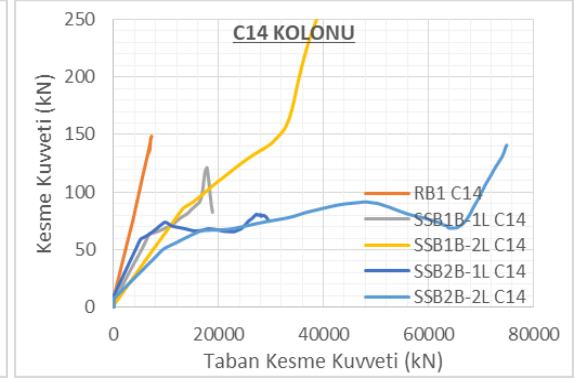
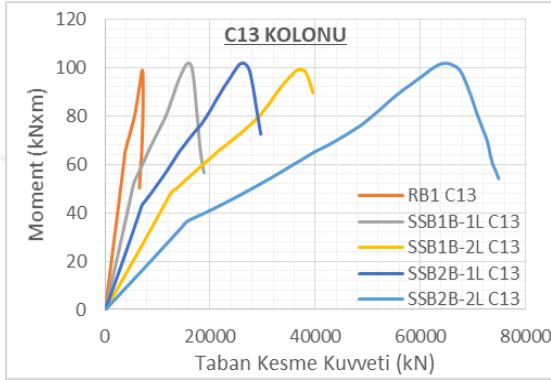
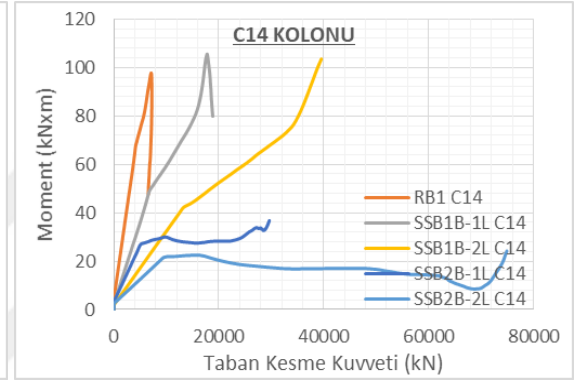
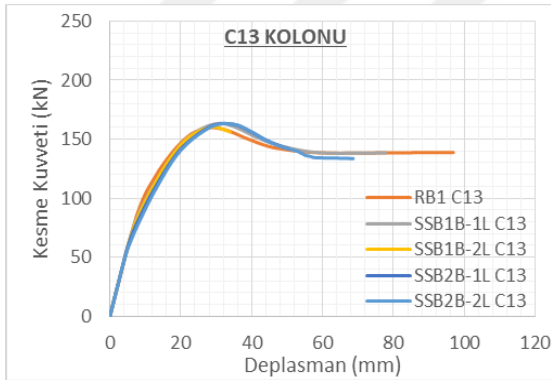
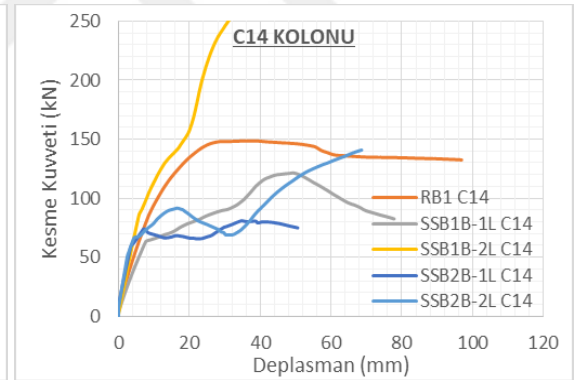
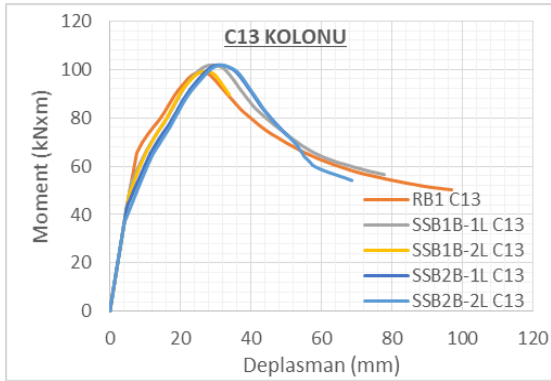
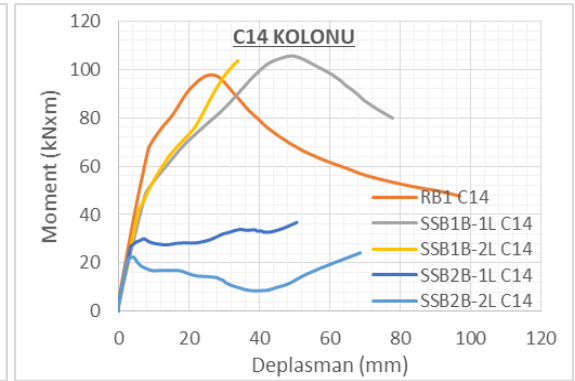
Şekil 5.46. C7 ve C8 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C9 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C10 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C9 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C10 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C9 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C10 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C9 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C10 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

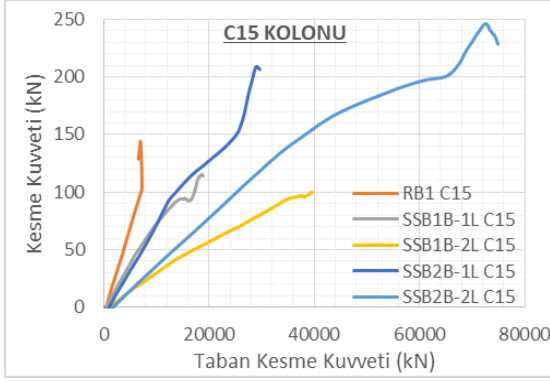
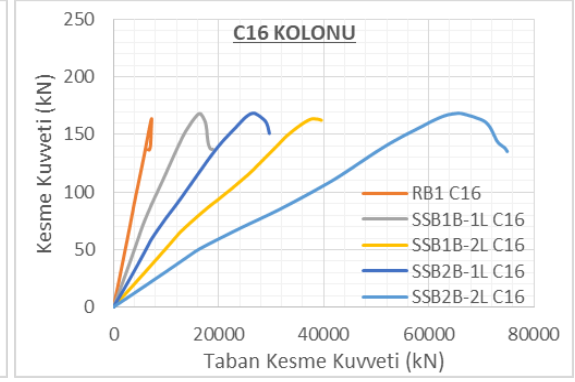
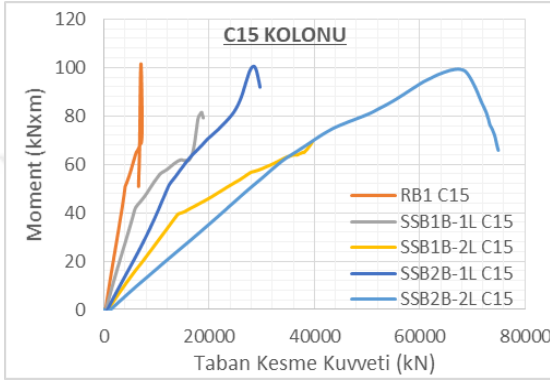
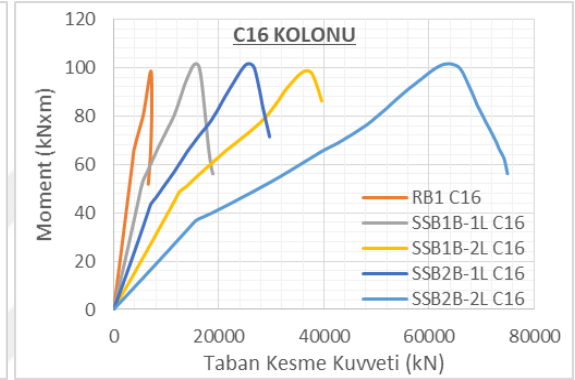
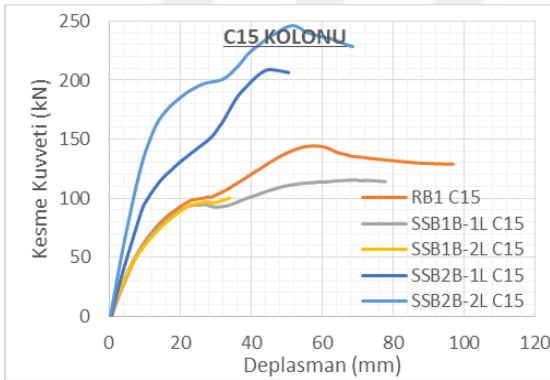
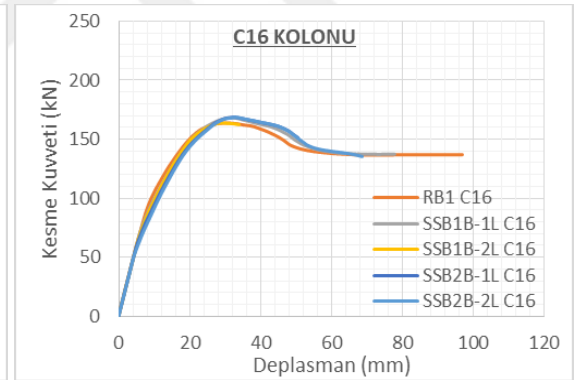
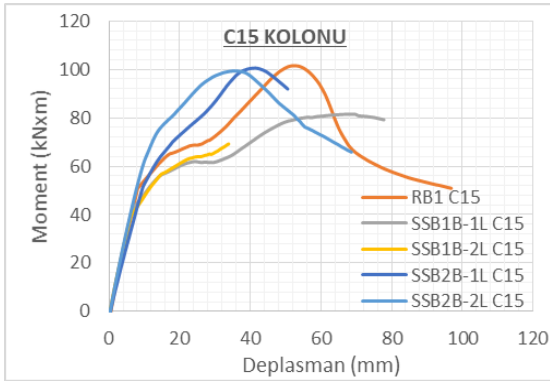
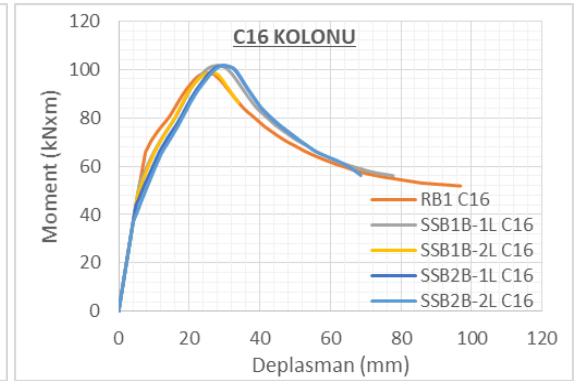
Şekil 5.47. C9 ve C10 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C11 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C12 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C11 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C12 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C11 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C12 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C11 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C12 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

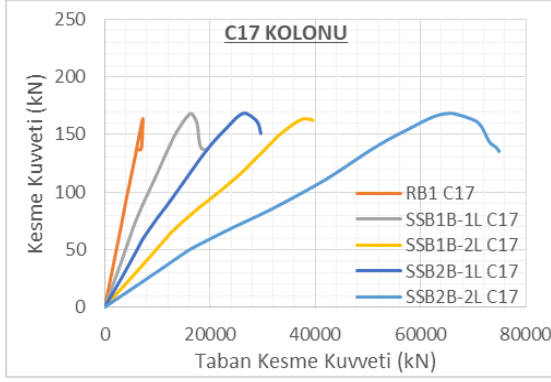
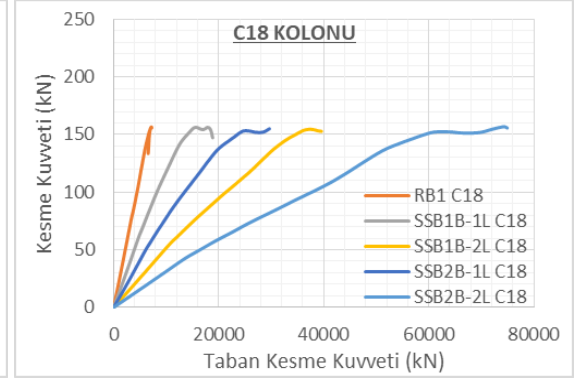
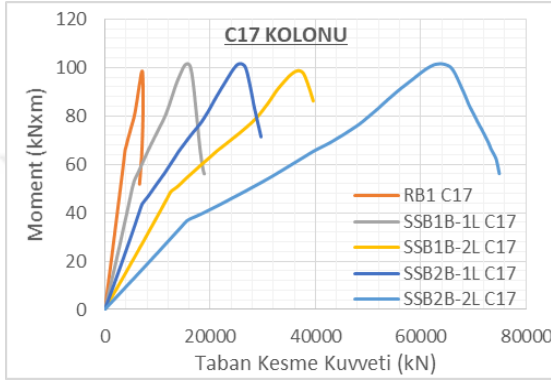
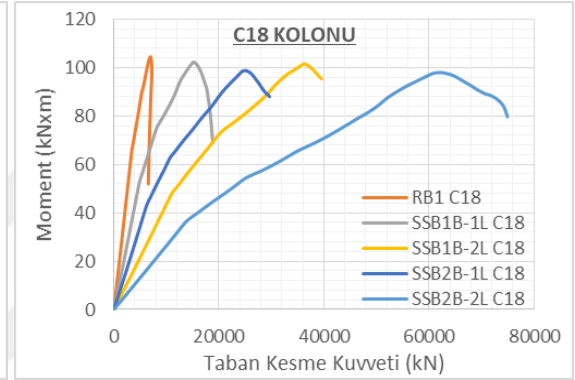
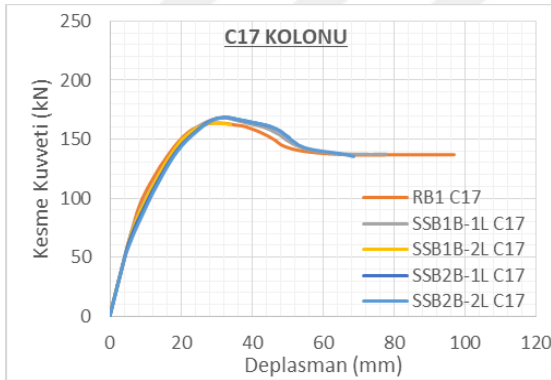
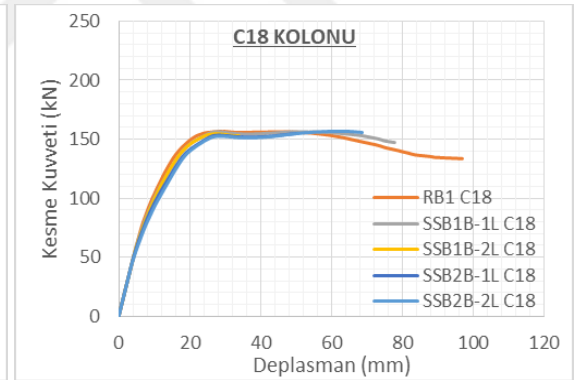
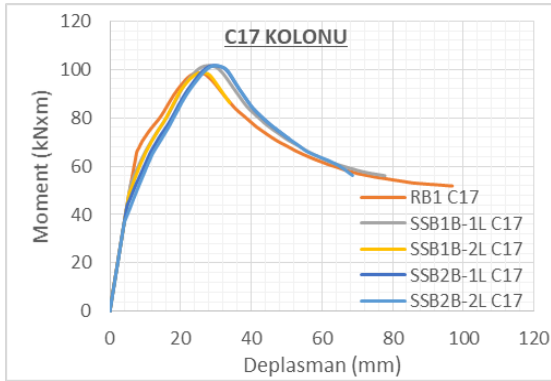
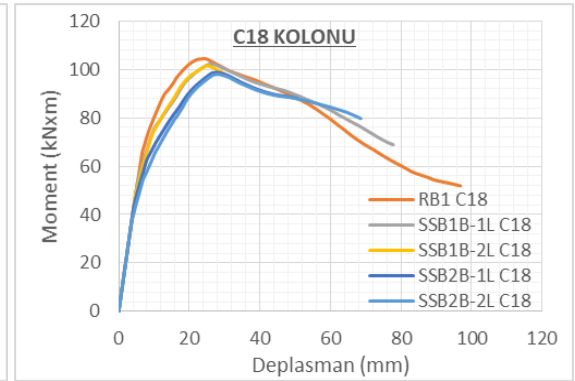
Şekil 5.48. C11 ve C12 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C13 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C14 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C13 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C14 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C13 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C14 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C13 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C14 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

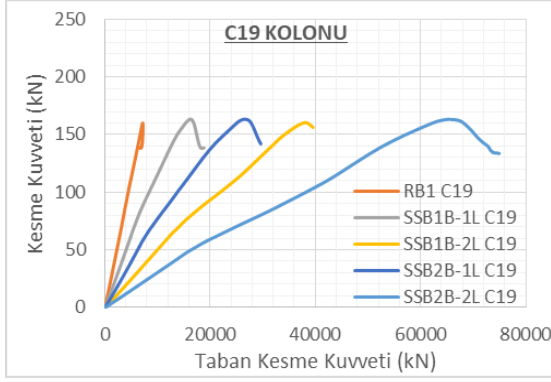
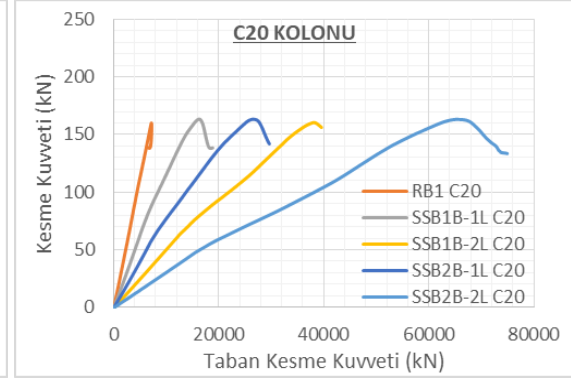
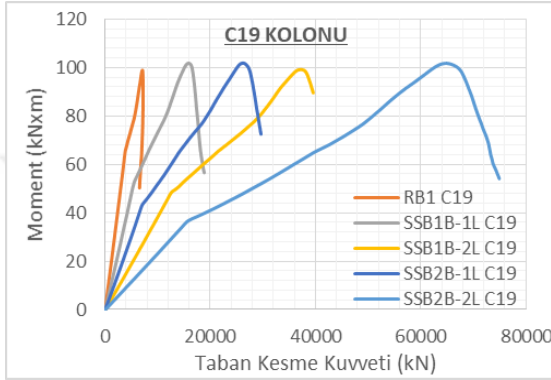
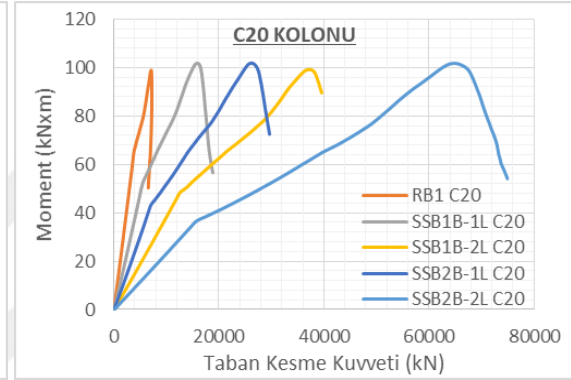
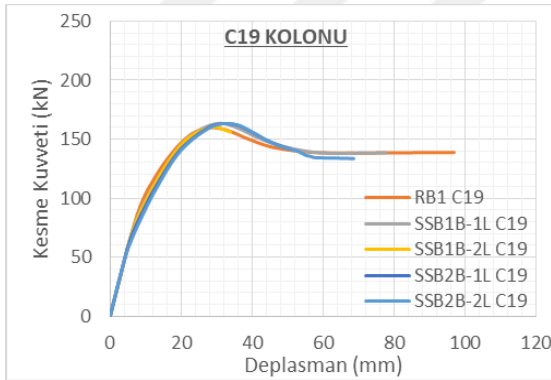
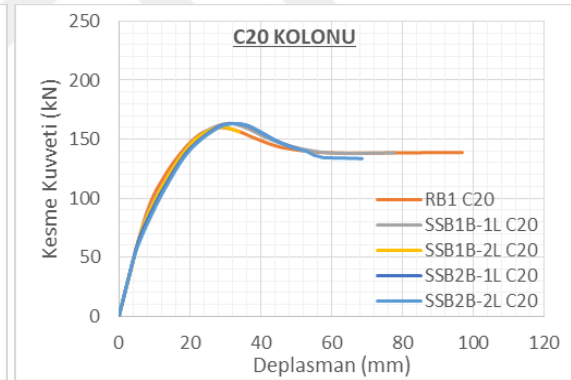
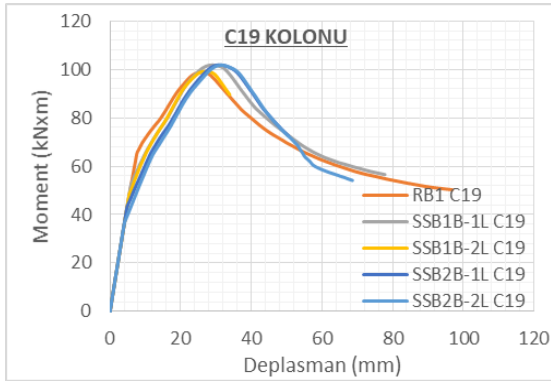
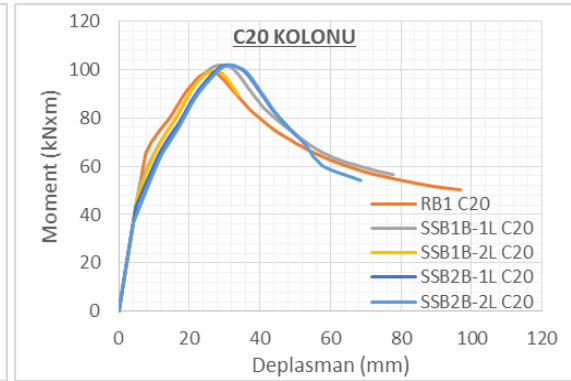
Şekil 5.49. C13 ve C14 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C15 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C16 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C15 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C16 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C15 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C16 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C15 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C16 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

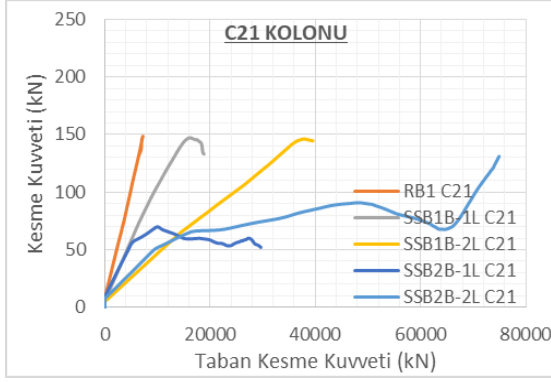
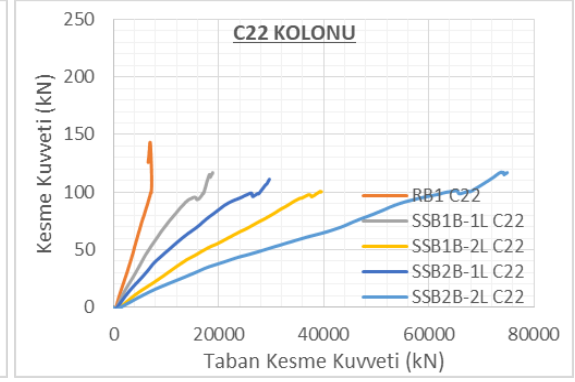
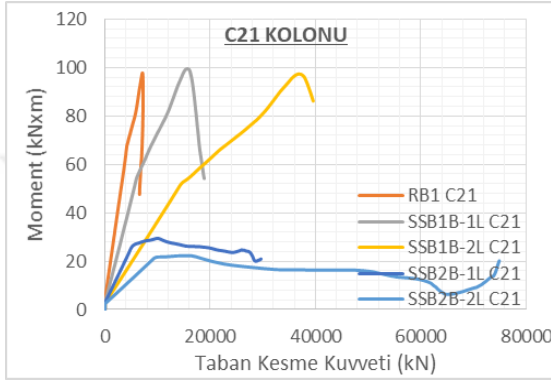
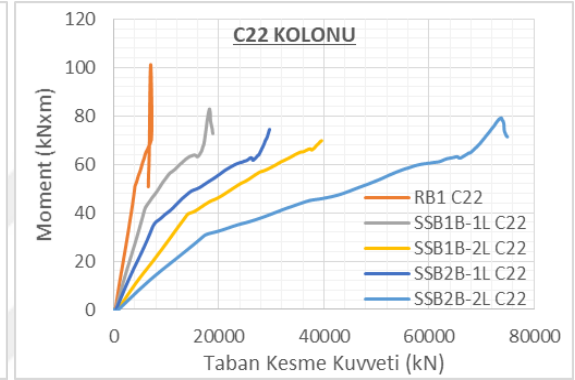
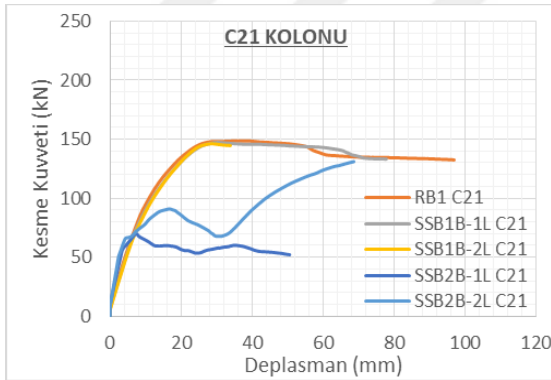
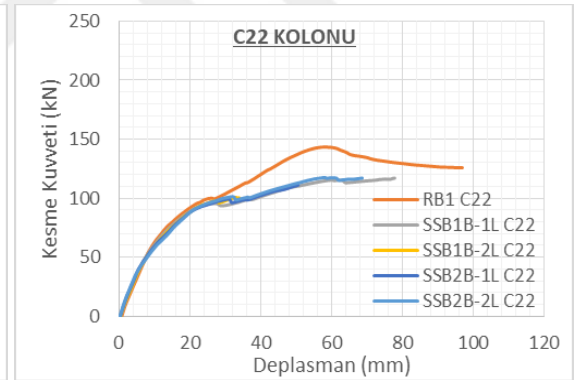
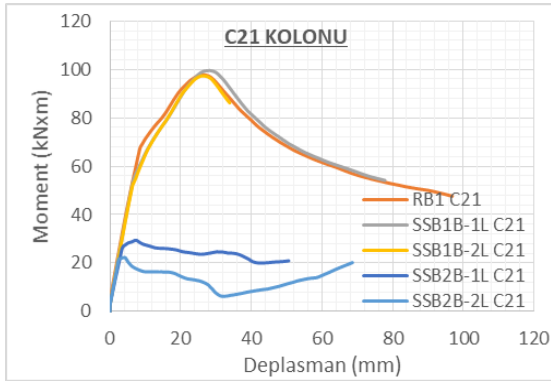
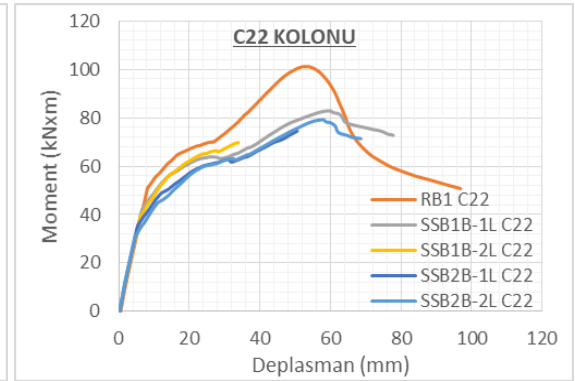
Şekil 5.50. C15 ve C16 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C17 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C18 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C17 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C18 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C17 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C18 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C17 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C18 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

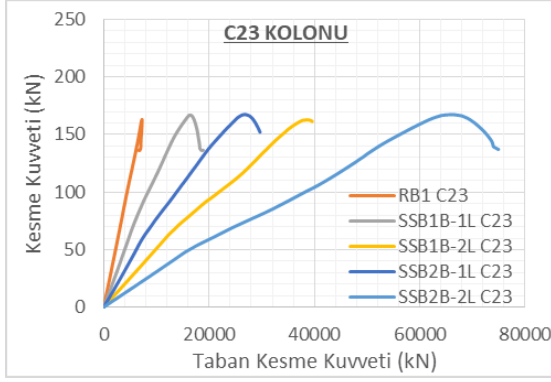
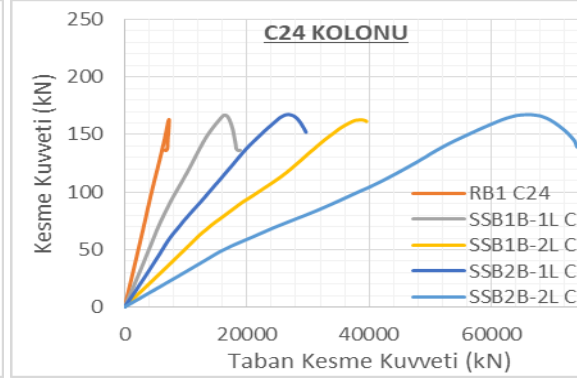
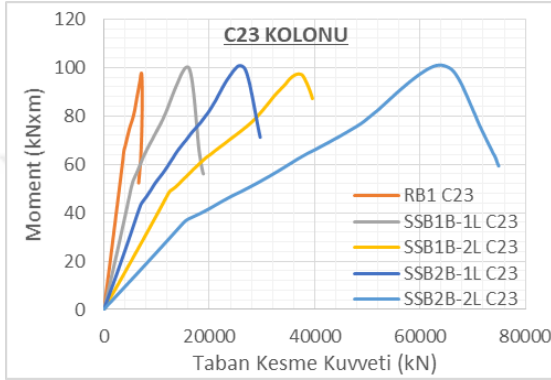
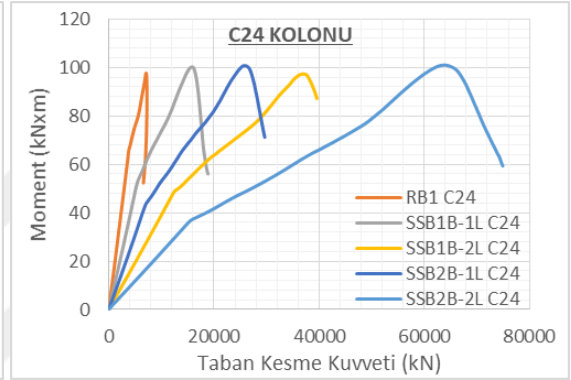
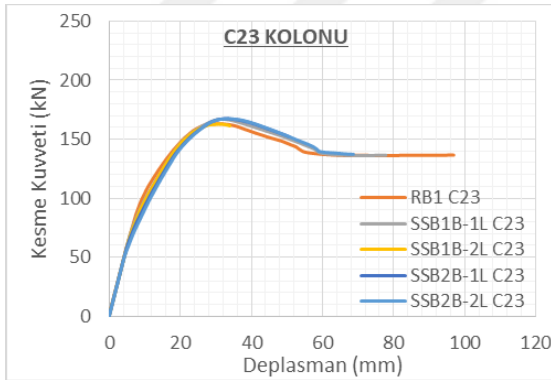
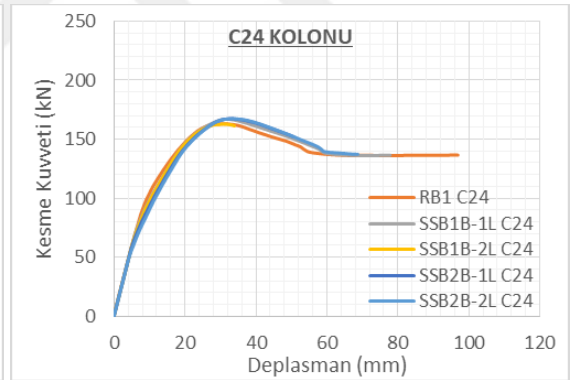
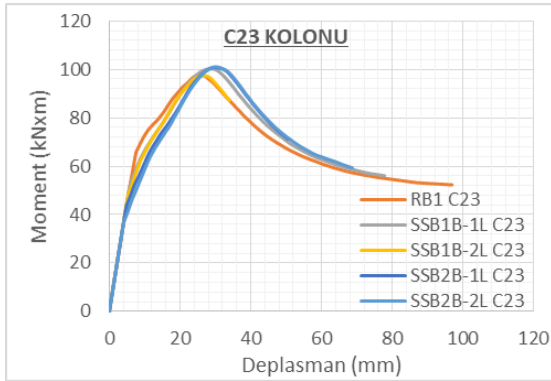
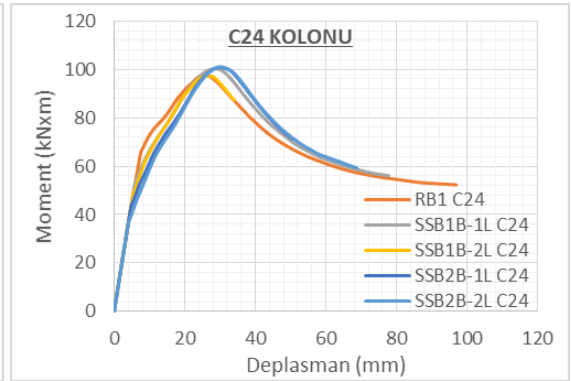
Şekil 5.51. C17 ve C18 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C19 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C20 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C19 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C20 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C19 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C20 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C19 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C20 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

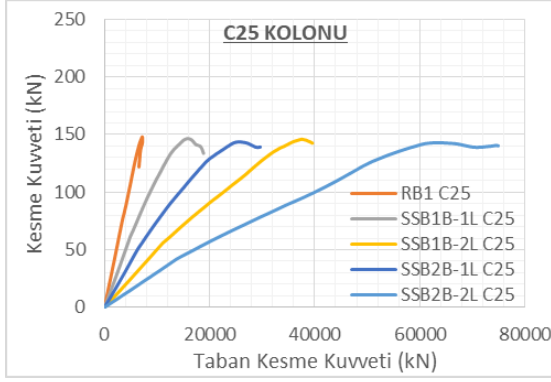
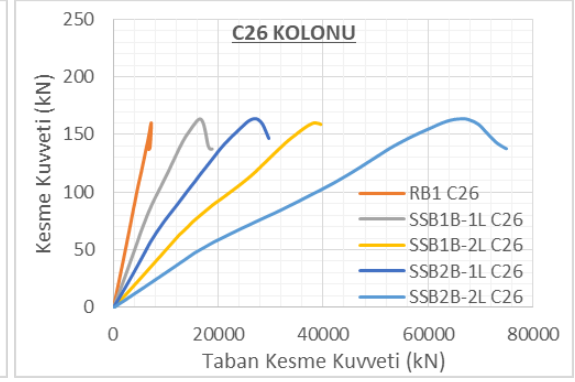
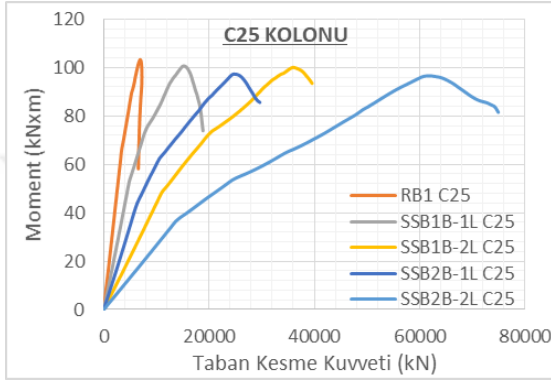
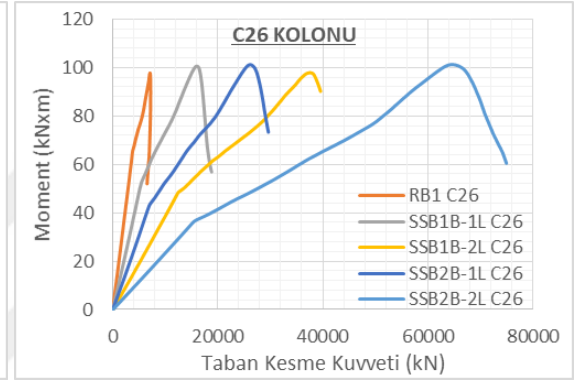
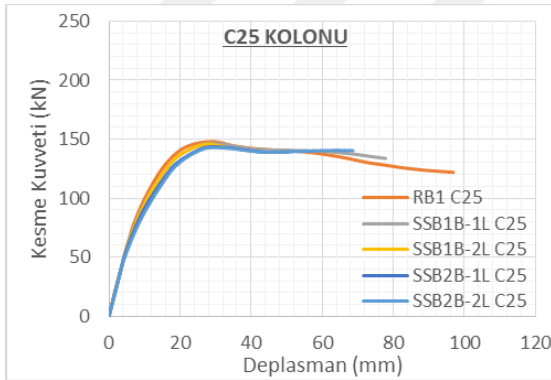
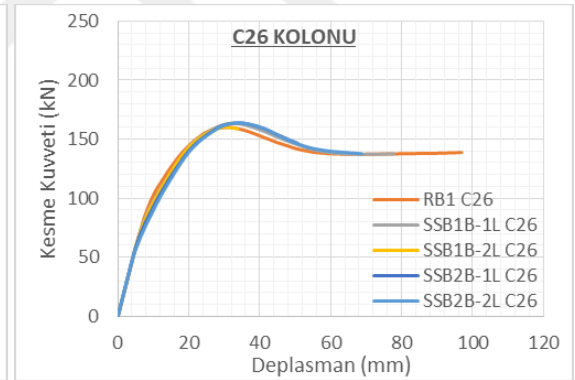
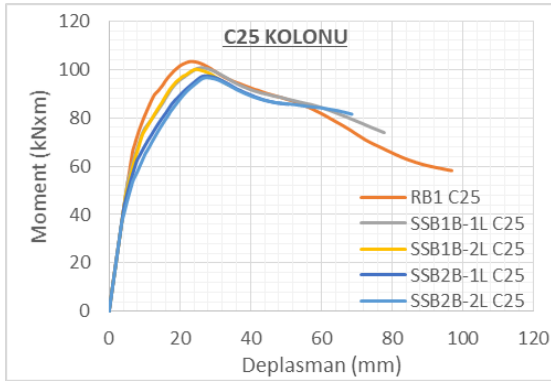
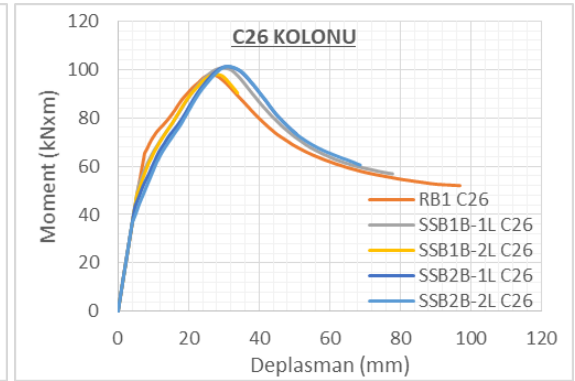
Şekil 5.52. C19 ve C20 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C21 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C22 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C21 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C22 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C21 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C22 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C21 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C22 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

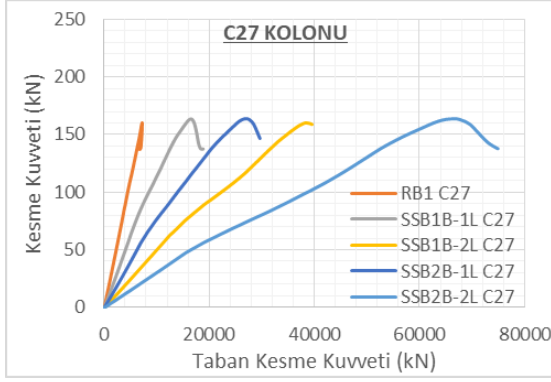
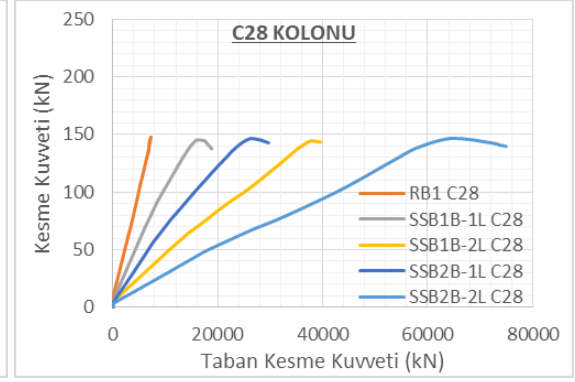
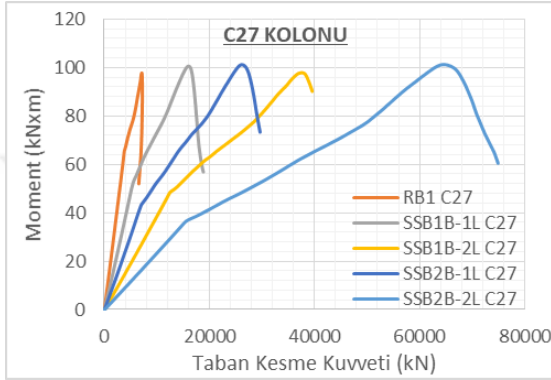
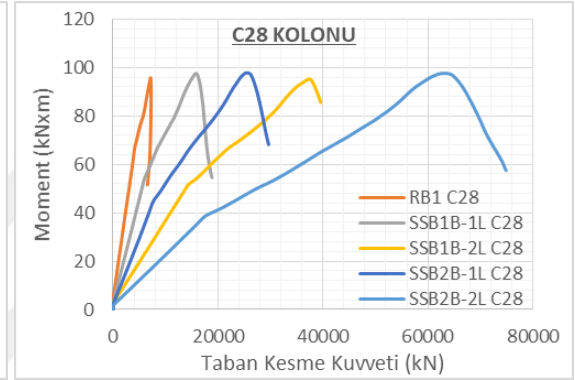
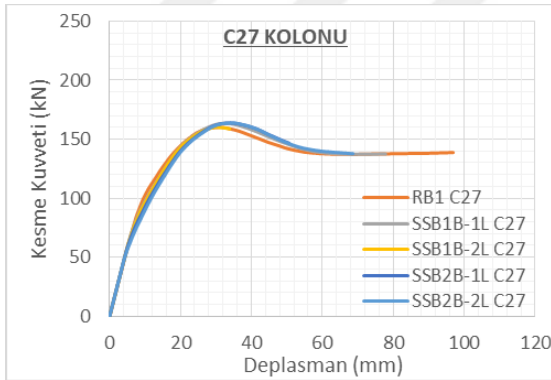
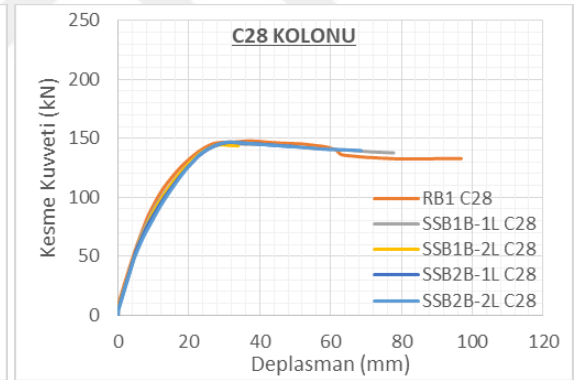
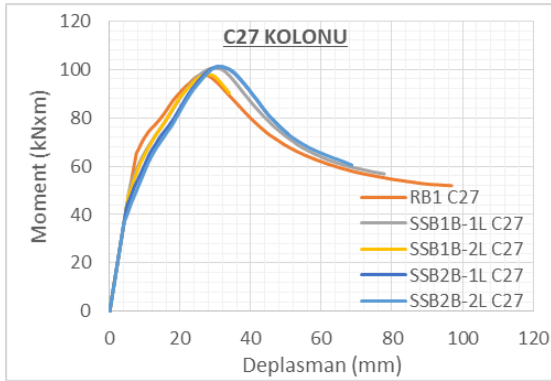
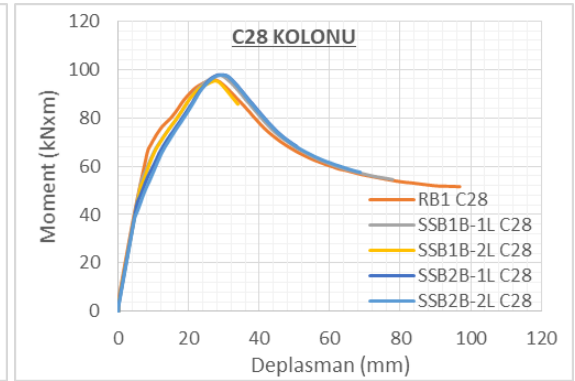
Şekil 5.53. C21 ve C22 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C23 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C24 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C23 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C24 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C23 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C24 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C23 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C24 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.54. C23 ve C24 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C25 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C26 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C25 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C26 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C25 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C26 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C25 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C26 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.55. C25 ve C26 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

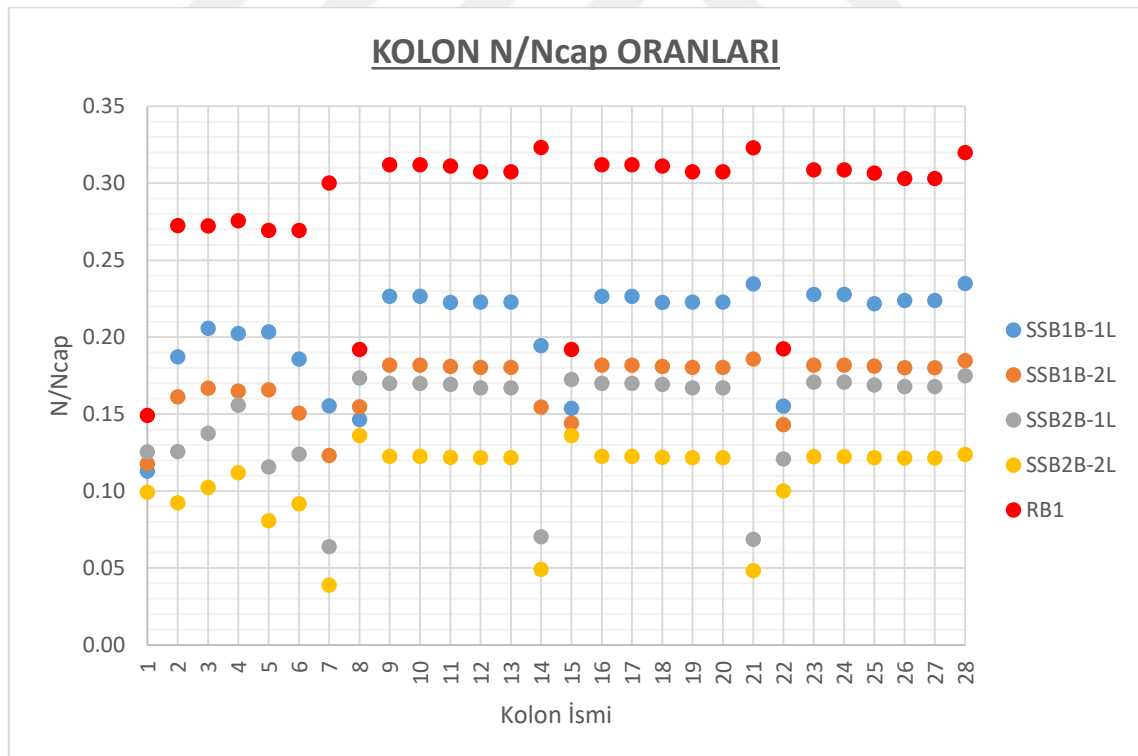
a) C27 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C28 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C27 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C28 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C27 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C28 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C27 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C28 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.56. C27 ve C28 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

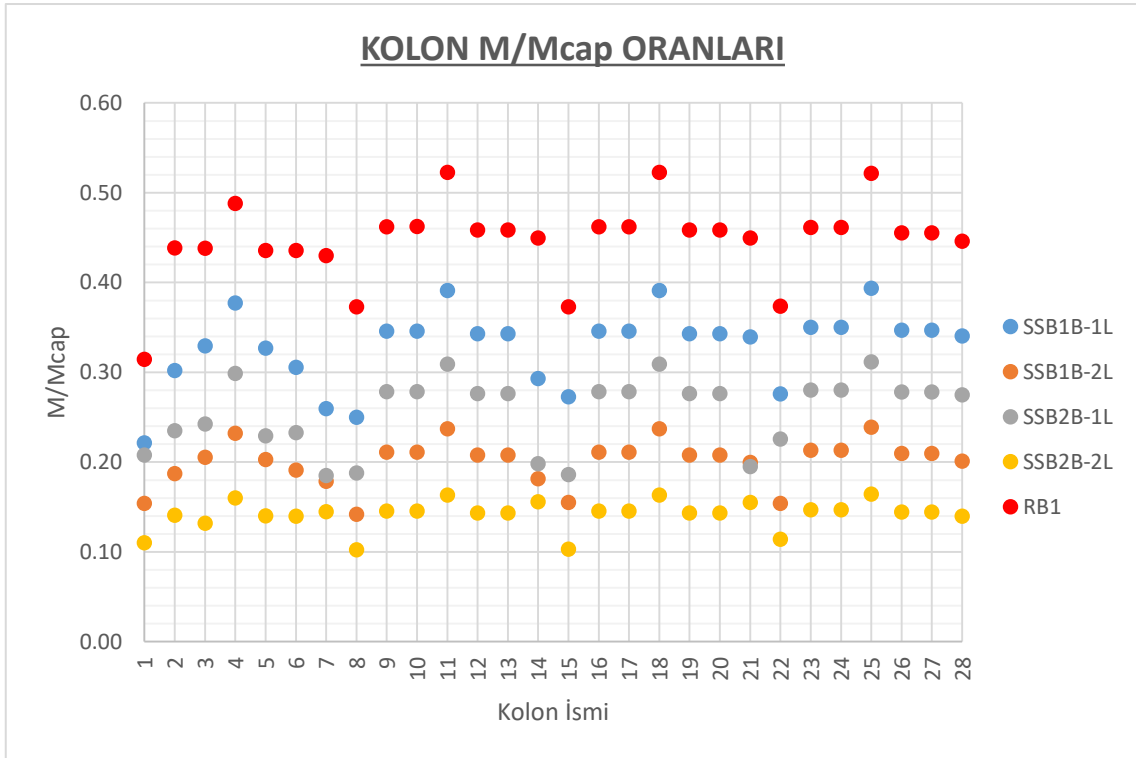
5.3.1. RB1 modeli kolon aksenal kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları

Bu bölümde referans ve güçlendirilmiş binalarda DBYBHY-2007'ye göre belirlenen deprem yükü altında kolonlarda meydana gelen iç kuvvetlerin kolon kapasitelerine bölünmeleri ile elde edilen kapasite değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 5.57.'de kolonda meydana gelen aksenal yükün kolon aksenal yüke oranı, Şekil 5.58.'de kolonda meydana gelen momentin kolon moment kapasitesine oranı, Şekil 5.59.'da ise kolonda meydana gelen kesme kuvvetinin kolon kesme kapasitesine oranı verilmiştir.

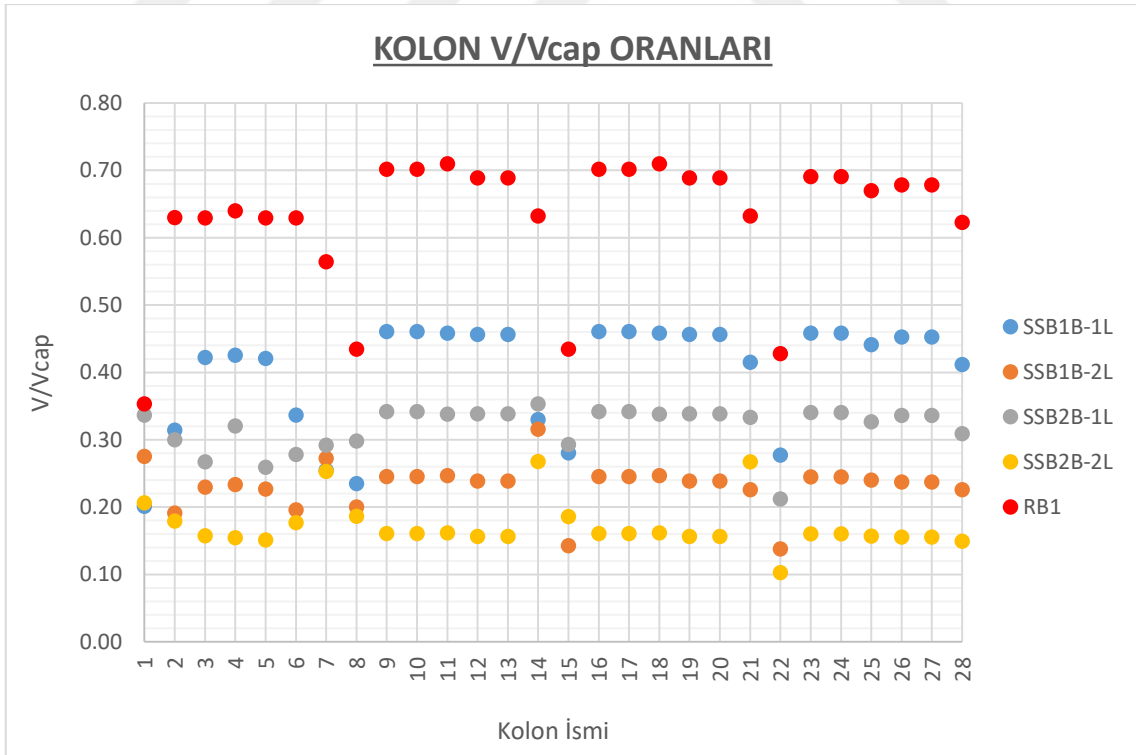
Grafiklerin incelemesinden de görülebileceği gibi aksenal yük, moment ve kesme kuvvetleri oranlarında tüm kolonlarda azalma meydana gelmiştir. Referans binaya uygulanan güçlendirme sonrası çelik çerçeve, mevcut betonarme çerçeve ile beraber çalıştığı için, yatay deprem yükünden dolayı oluşan kesme kuvveti ve moment kuvvetini alarak betonarme kolonlara gelen etkileri azaltmış, sistemin beraber çalışması betonarme kolonlara gelen etkileri belirgin bir şekilde düşürmüştür.



Şekil 5.57. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon aksenal yük kapasite oranı grafiği



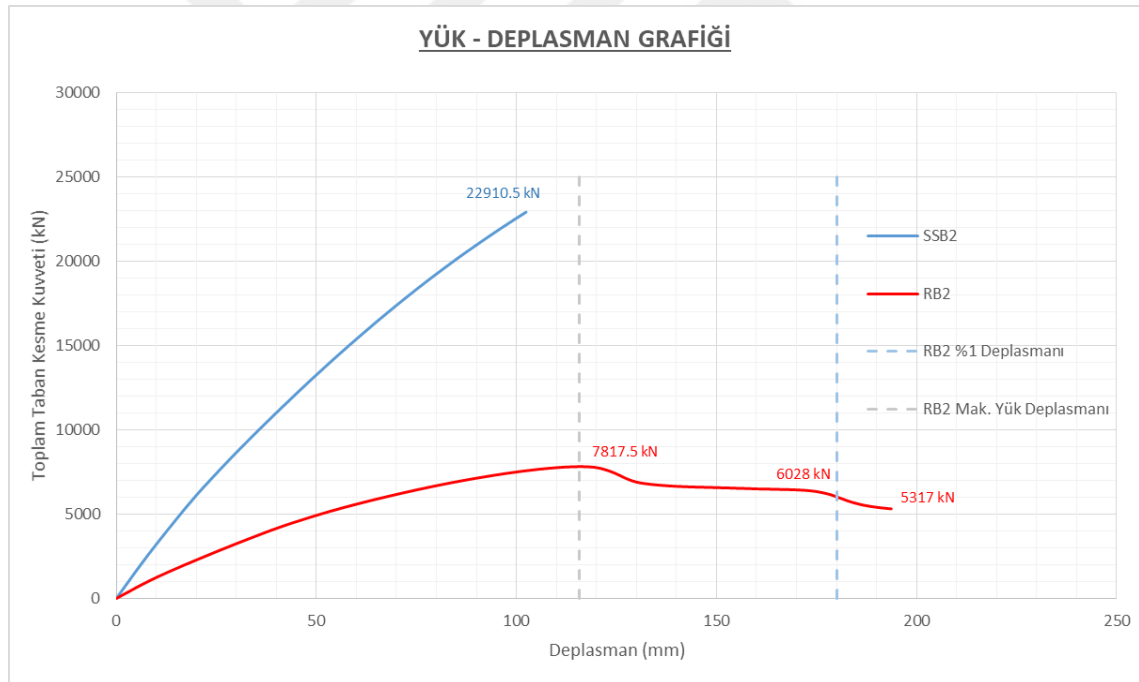
Şekil 5.58. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği



Şekil 5.59. RB1 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği

5.4. RB2 Modeli – Doğrusal Olmayan Analiz

Bu bölümde, konsollu referans (**RB2**) ve güçlendirilmiş konsol çıkmalı binanın doğrusal olmayan analiz sonucunda elde edilen sayısal değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 5.60.'de güçlendirilmiş (**SSB2**) ve referans binaların Abaqus modellerinin analizinden elde edilen, toplam taban kesme kuvvetine karşılık, bina üst tepe deplasmanı grafikleri karşılaştırılmıştır. Bu grafiklerde, referans binanın taşıyabildiği maksimum yatay yük (7817.50 kN) ve SSB2 model binası maksimum yük taban kesme kuvveti değerleri vurgulanmıştır. **SSB2** modelinde tüm uğraşlara rağmen 10.24 cm tepe deplasmanı değerinde sonra, analiz yakınsama yapmamış ve çözüme ulaşamamıştır. Bu nedenle bu modelin taşıyabildiği maksimum yük muhtemelen burada verilen değerden daha fazladır. Ayrıca **SSB2** binasında $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasman seviyesine de ulaşamadığı için, konsolsuz binalarda yapılan bazı karşılaştırmalar bu bölümde gerçekleştirilememiştir.



Şekil 5.60. RB2 modeli yük – tepe deplasmanı karşılaştırma grafiği

Çizelge 5.10.'da, referans bina ve güçlendirilmiş sistemin taşıyabildiği maksimum taban kesme kuvveti (Mak F-2. Sütun), maksimum yükün %60'ına karşılık gelen kuvvet (3. Sütun), bu yük değerinde, taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı ilişkisinden elde edilen tepe deplasman değerleri (4. Sütun) verilmiştir. Binaların yatay rijitlik seviyelerinin karşılaştırabilmesi için, taban kesme kuvvetinin maksimum değer

%60'ına ulaştığı noktadaki yükün, karşılık gelen deplasmana bölünmesi ile elde edilen secant rijitlik değerleri 6. Sütunda verilmiştir. Elde edilen sayısal değerlerin referans binadan elde edilen değerlerle karşılaştırmasının yapılabilmesi için 5. ve 7. sütunlarda sonuçlar referans binanın sonucuna bölünmüş ve değişim oranları tespit edilmiştir. Bu tablodaki karşılaştırma sonuçlarına göre, referans binaya göre, çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2.93 kat, taşıma gücü artışı sağlamıştır.

<i>Model</i>	F_{max} (kN)	$F_{Max. \%60}$ (kN)	$F_{Max. \%60} Dep.$ (mm)	F_{max} <i>Model/Ref</i>	<i>Rijitlik</i> (kN/mm)	<i>Rijitlik</i> <i>Model/Ref</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
RB2	7817.50	4690.50	46.20	1.00	101.54	1.000
SSB2	22910.50	13746.30	52.09	2.93	263.89	2.599

Çizelge 5.10. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

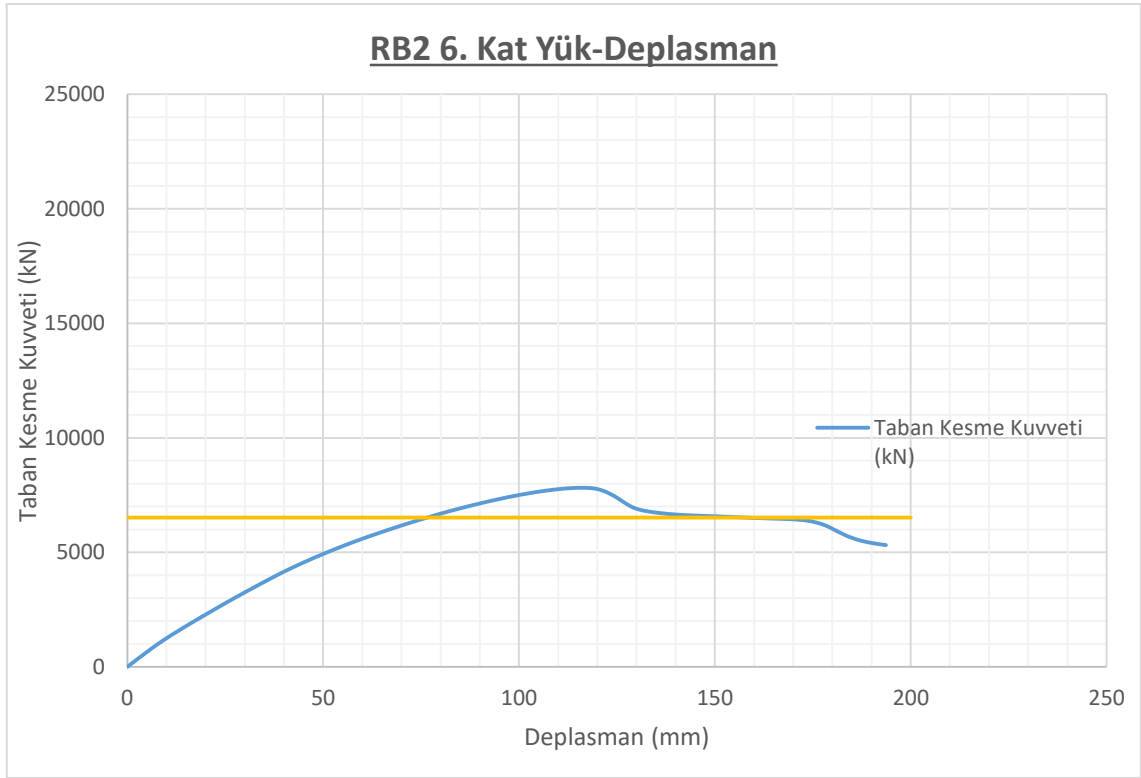
Binada uygulanan güçlendirme sonrası hesaplanan yatay rijitlik artışları ise 7. sütunda karşılaştırılmıştır. Buna göre, referans binaya göre, çelik çerçeve ile güçlendirilmiş bina 2,6 kat daha fazla yatay rijitlik artışı sağlamıştır.

SSB2 binasının analizi, $\Delta^{1\%I}_{Tep e}$ deplasman ötelenme seviyesine kadar ulaşamamıştır. **RB2** binası ise maksimum 7817.5 kN taban kesme kuvveti taşımış ve $\Delta^{1\%I}_{Tep e}$ deplasmanı seviyesinde bu yük 6028 kN seviyesine düşmüştür (Çizelge 5.11).

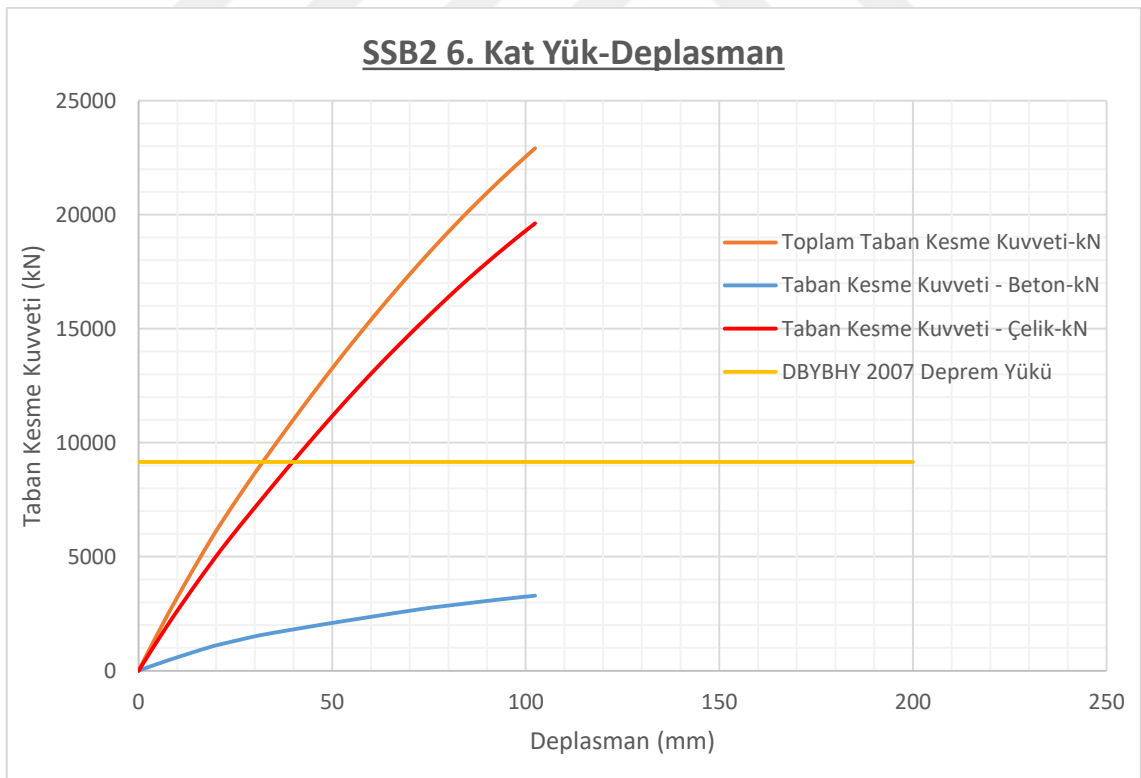
<i>Model</i>	F_{max} (kN)	<i>Model/Ref.</i>	$\%1 F$ (kN)	<i>Model/Ref.</i>
RB2	7817.5	1.00	6028.00	1.000
SSB2	22910.50	2.93	-	-

Çizelge 5.11. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin $\Delta^{RB2}_{Fmax-tepe}$ deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve $\Delta^{1\%I}_{Tep e}$ deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.61.'da **RB2** modelinde uygulanan toplam yatay yük ve *DBYBHY-2007*'ye göre hesaplanan tasarım deprem kuvveti karşılaştırılmıştır. Şekil 5.62.'de ise **SSB2** modelinde uygulanan yatay yükleme neticesinde, betonarme ve çelik çerçeveler arasında taban kesme kuvvetinin dağılımı ve paylaşımı gösterilmiştir. Aynı grafikte, *DBYBHY-2007* 'ye göre hesaplanan tasarım deprem kuvveti de yatay çizgi olarak verilmiştir.



Şekil 5.61. RB2 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği



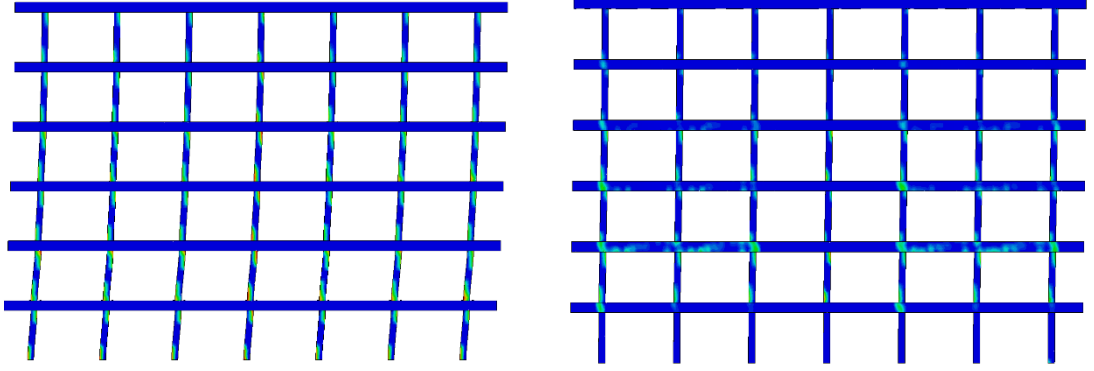
Şekil 5.62. SSB2 modeli 6. kat yük – deplasman grafiği ve taban kesme kuvvetinden çelik çerçeve ve betonarme çerçevenin aldığı yüklerin karşılaştırması

Şekil 5.62.'de verilen dağılıma göre, güçlendirilmiş sisteme uygulanan yatay yükün büyük bir kısmını çelik çerçeve karşılamakta ve betonarme çerçeve güçlendirilmemiş duruma göre çok daha az bir yatay yüke maruz kalmaktadır.

Şekil 5.63.'de referans ve güçlendirilmiş binada, dış cephe, 1 aksındaki çerçevede meydana gelen çekme hasar dağılımı verilmiştir. Bu şekildeki hasar dağılımları referans **RB2** binasının taşıyabildiği maksimum yatay yük seviyesinde elde edilmiştir. Dolayısıyla tüm şekiller aynı yatay yük seviyesine aittir. Yine çerçeve şekilleri, deplasman yapmış hali de temsil etmektedir. Deplasmanlar görsel olarak daha iyi ayırt edilmesi için belli bir ölçekte artırılmıştır. Şekil 5.63.'den aynı yatay yük altında hem çekme hasar dağılımı ve hem de deplasman yapmış profilleri görsel olarak karşılaştırılabilir. Şekil 5.64.'de ise aynı yük altında çekme hasar dağılımı 3 boyutlu çerçeve üstünde gösterilmiştir. Şekil 5.65.'de güçlendirme çerçevelerinde meydana gelen Von-Misses gerilme yığılmaları verilmiştir. Bu şekillerde çelik çerçevenin ilk olarak ön cephe görüntüsü ve iki zıt açıdan perspektif görüntüleri verilmiştir.

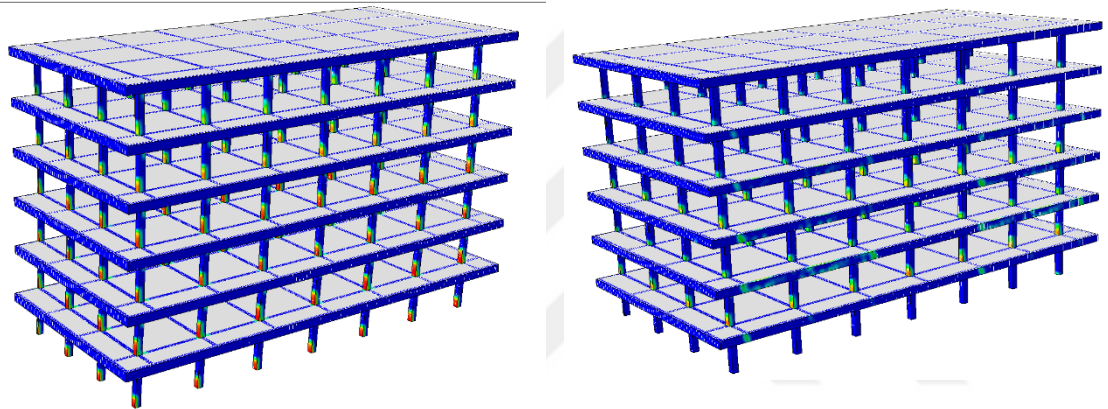
RB2 ve SSB2 model binalarda $\Delta^{RB2}_{10.24-Tepe}$ deplasmanı seviyesinde meydana gelen çekme hasarı 2 boyutlu olarak Şekil 5.66.'de ve 3 boyutlu olarak Şekil 5.67.'de verilmiştir. Şekil 5.68.'de ise, 10.24 cm deplasman seviyesinde çelik çerçevelerde meydana gelen Von-Misses gerilme dağılımları sunulmuştur.

Doğrusal olmayan analiz sonucunda, güçlendirme sonrasında kolonların iç kuvvetlerinde meydana gelen değişimleri izlemek amacıyla, kolon iç kuvvetleri karşılaştırılmıştır. İlk olarak, her bir kolonda meydana gelen maksimum kesme kuvvetinin, toplam taban kesme kuvvetine göre dağılımı ve kolon maksimum moment değerinin yine toplam taban kesme kuvvetine göre değişimi karşılaştırılmıştır. Aynı kolona ait üçüncü ve dördüncü grafiklerde ise kesme kuvveti ve moment tesirlerinin kat yatay deplasmanına göre dağılımları verilmiştir. 28 adet kolona ait iç kuvvet değişimi karşılaştırma grafikleri Şekil 5.69. - Şekil 5.82. arasında verilen şekillerde sunulmuştur.



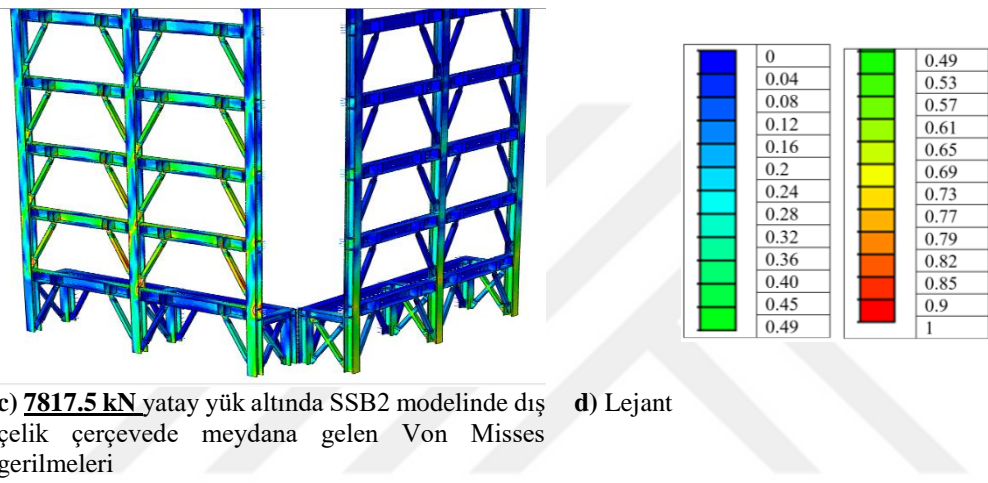
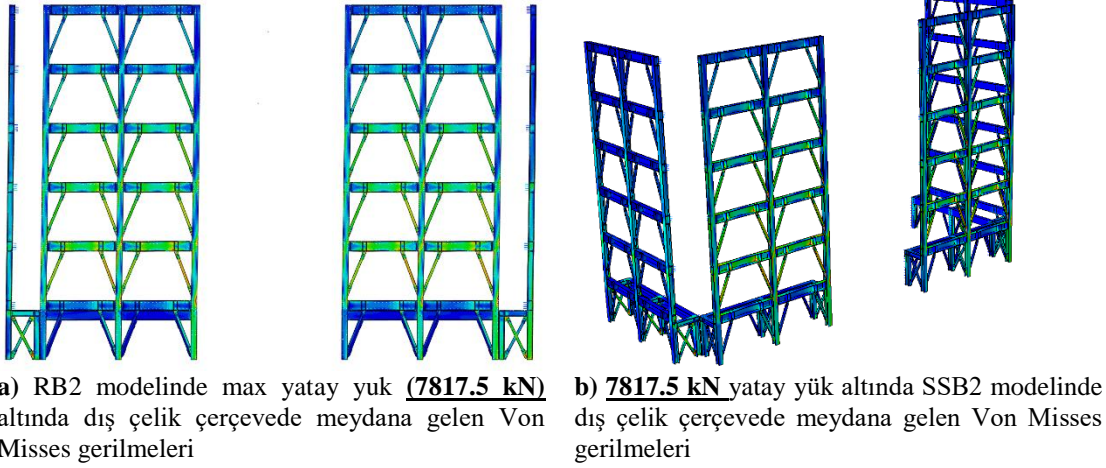
a) RB2 modelinde max yatay yük (**7817.5 kN**) altında meydana gelen çekme hasarı b) **7817.5 kN** yatay yük altında SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasarı

Şekil 5.63. RB2 maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları

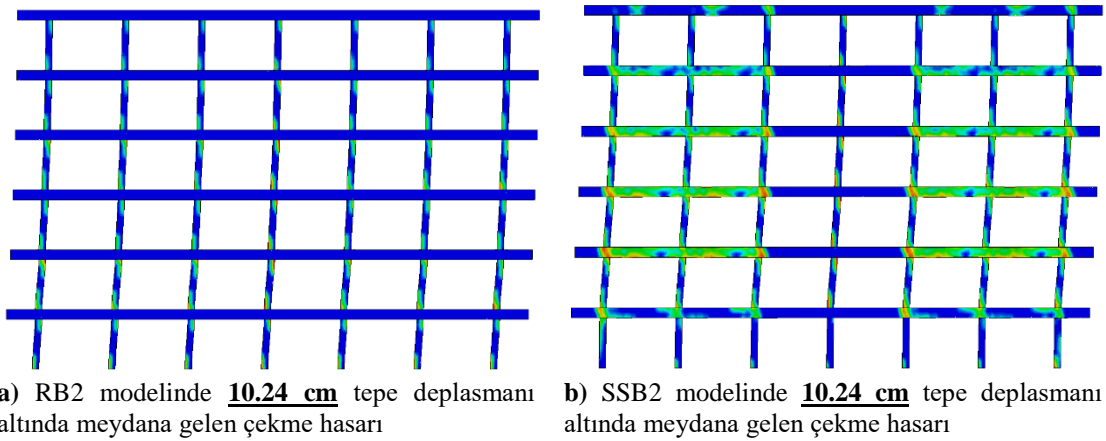


a) RB2 modelinde max yatay yük (**7817.5 kN**) altında meydana gelen çekme hasarı b) **7817.5 kN** yatay yük altında SSB2 modelinde meydana gelen çekme hasarı

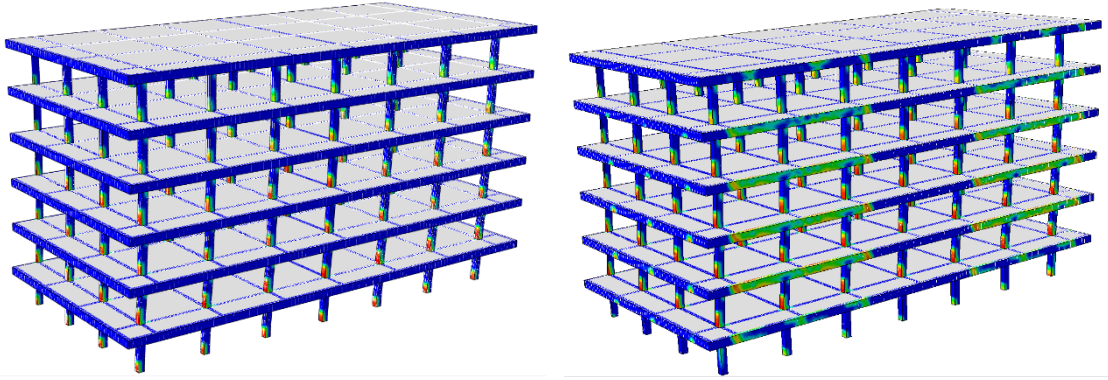
Şekil 5.64. RB2 modeli maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü



Şekil 5.65. RB1 maksimum yük taşıma kapasitesinde analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri



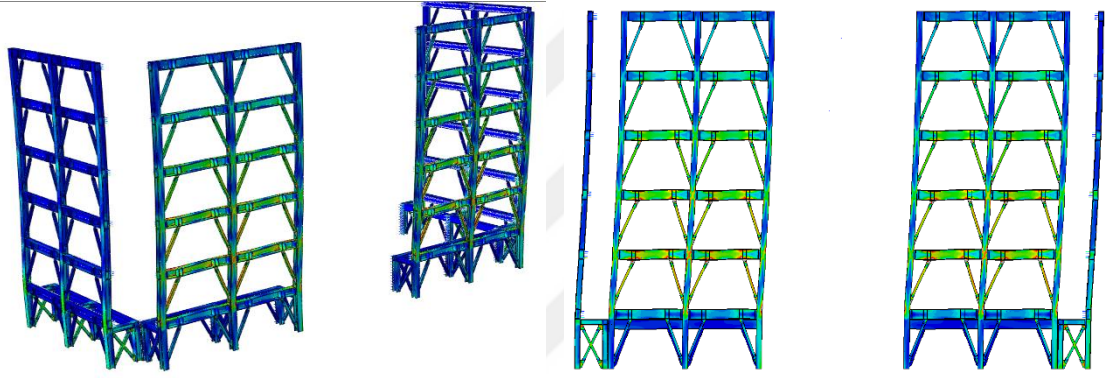
Şekil 5.66. $\Delta^{RB2}_{10.24\text{-Tepe}}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları



a) RB2 modelinde **10.24 cm** tepe deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı

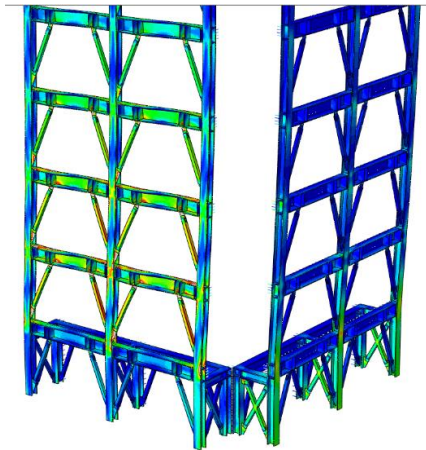
b) SSB2 modelinde **10.24 cm** tepe deplasmanı altında meydana gelen çekme hasarı

Şekil 5.67. $\Delta^{RB2}_{10.24\text{-Tepe}}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen çekme hasar dağılımları 3B görünüşü



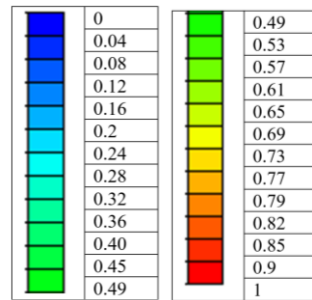
a) RB2 modelinde **10.24 cm** tepe deplasmanı altında dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri

b) SSB2 modelinde **10.24 cm** tepe deplasmanı yükü altında dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri

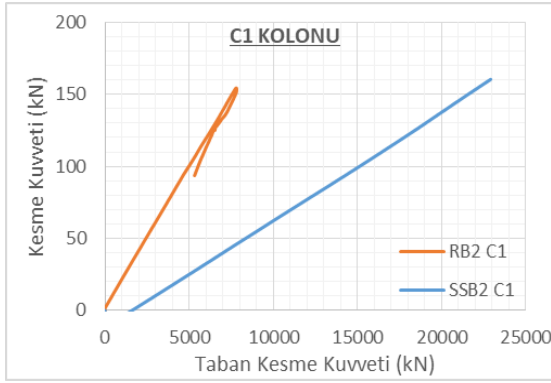
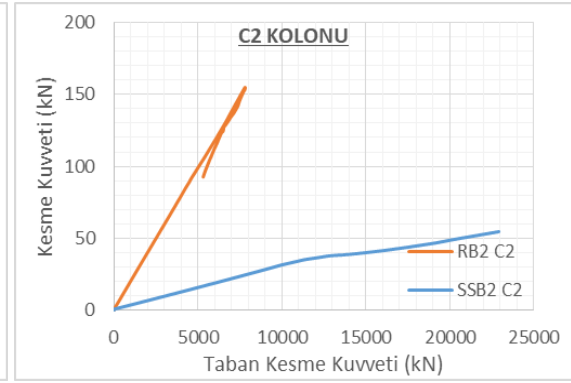
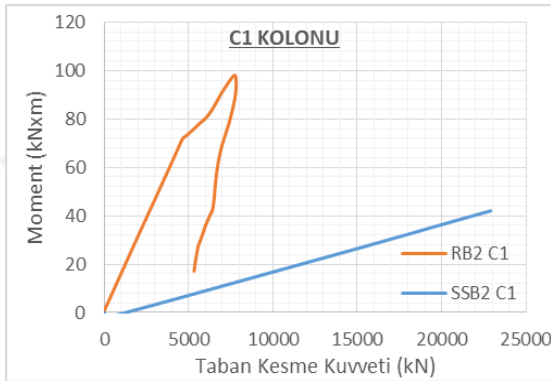
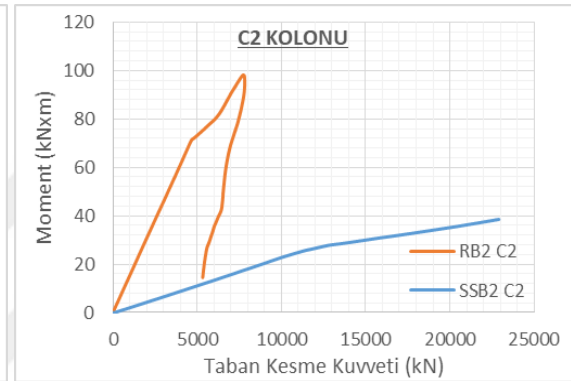
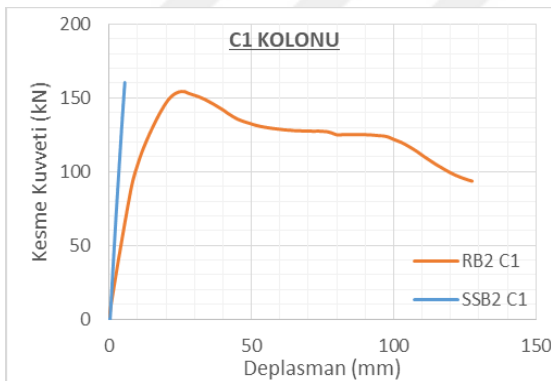
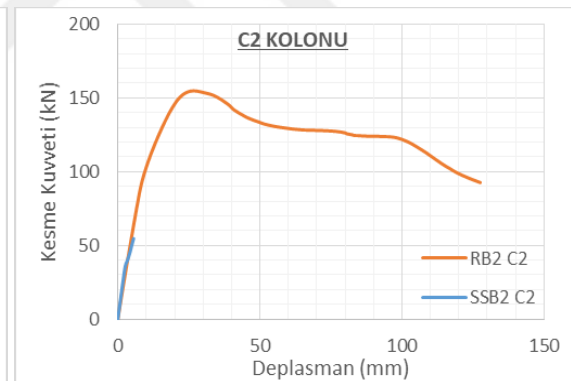
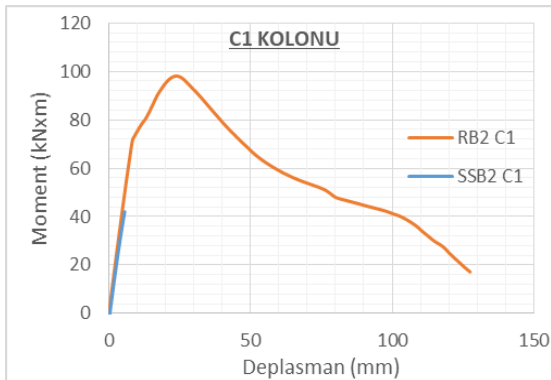
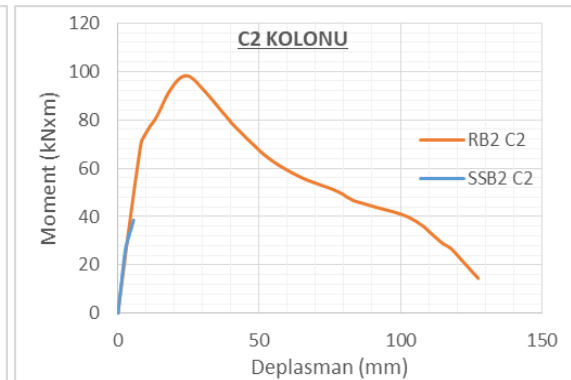


c) SSB2 modelinde **10.24 cm** tepe deplasmanı yükü altında dış çelik çerçevede meydana gelen Von Misses gerilmeleri

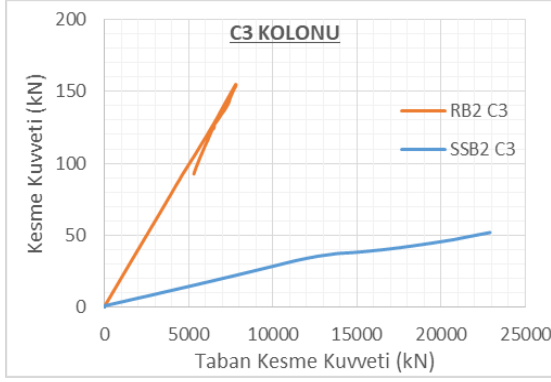
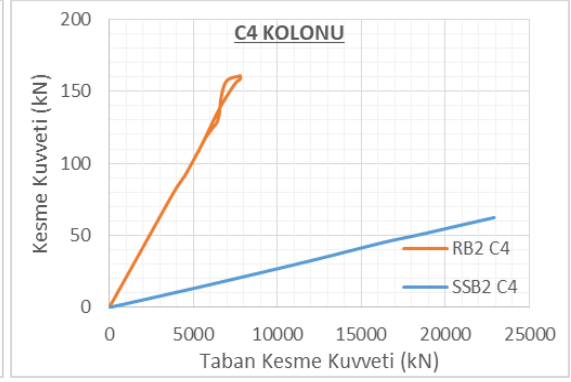
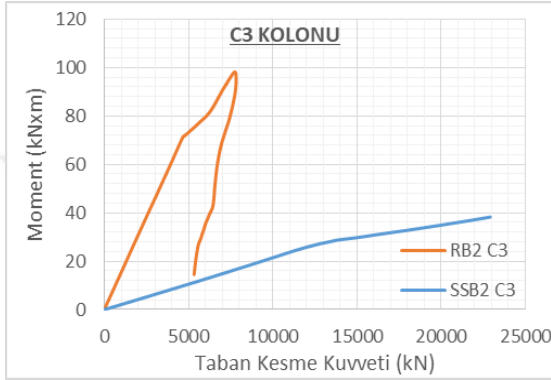
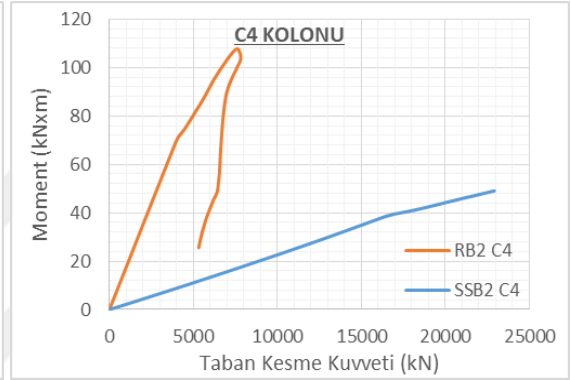
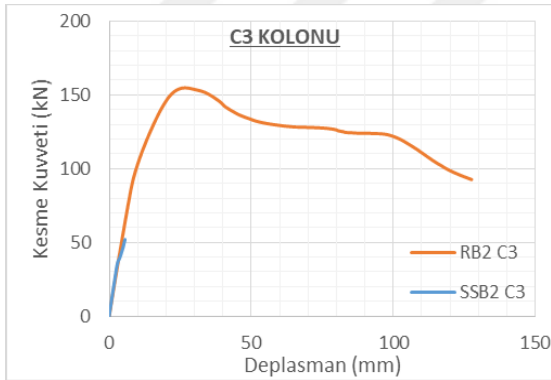
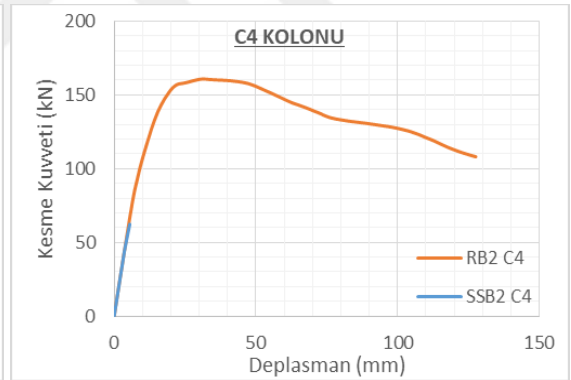
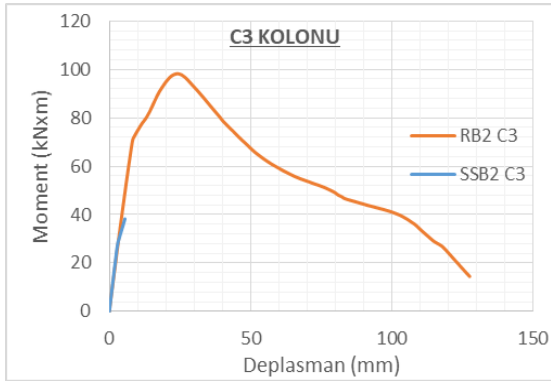
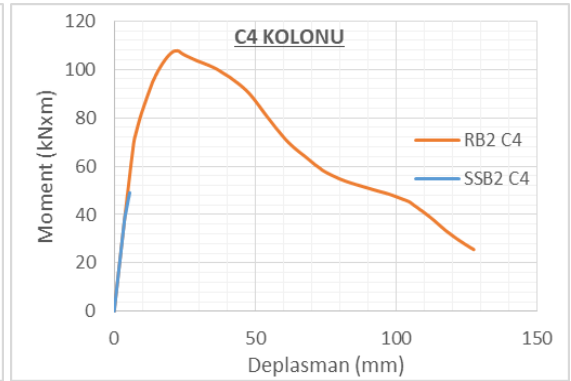
d) Lejant



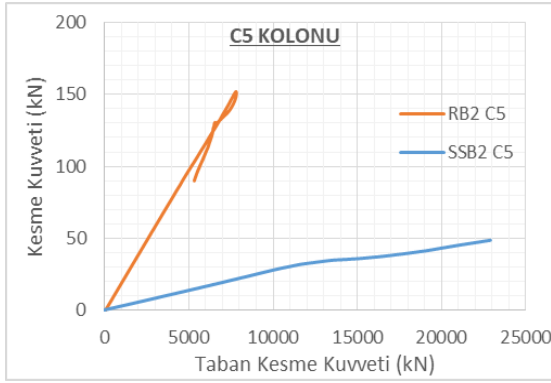
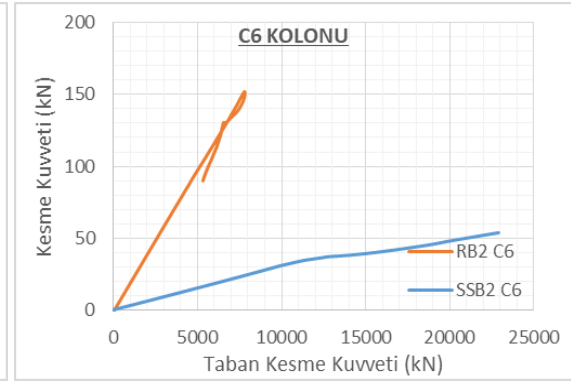
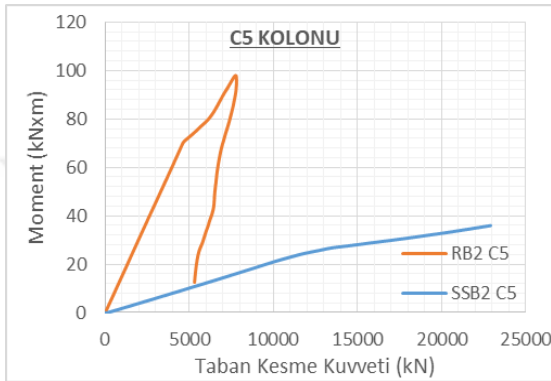
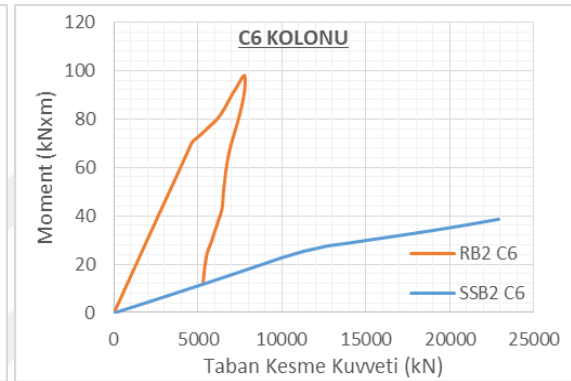
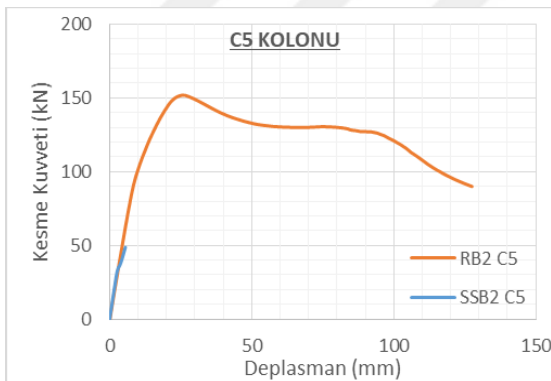
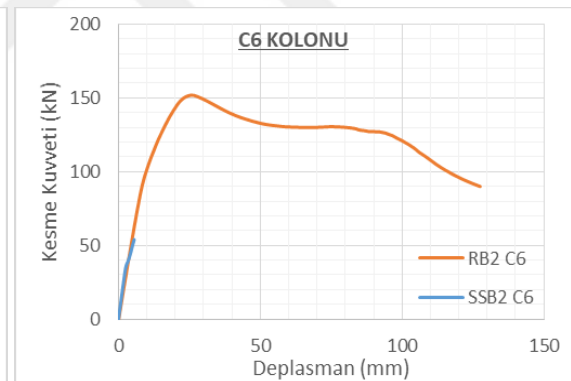
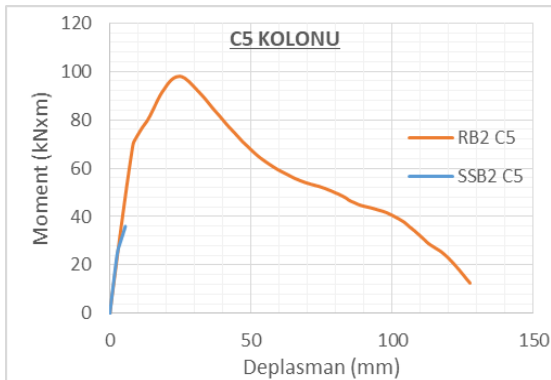
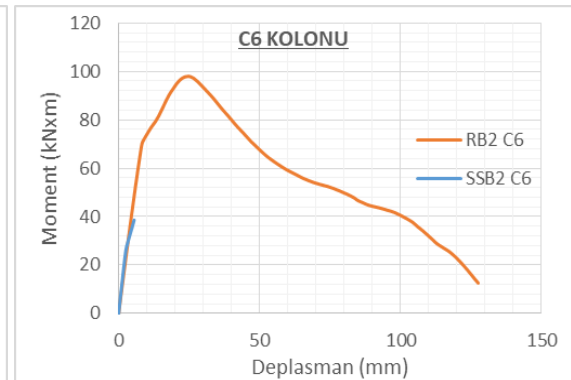
Şekil 5.68. $\Delta^{RB2}_{10.24\text{-Tepe}}$ deplasmanında analiz modellerinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri

a) C1 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C2 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C1 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C2 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C1 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C2 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C1 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C2 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

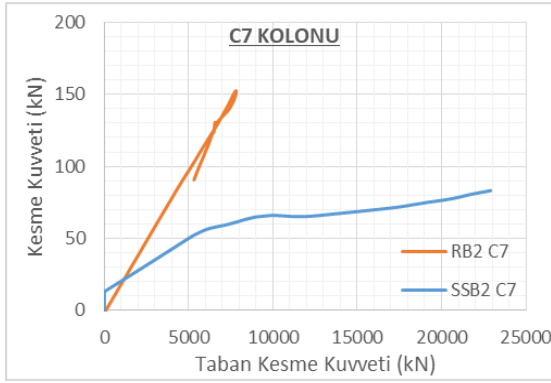
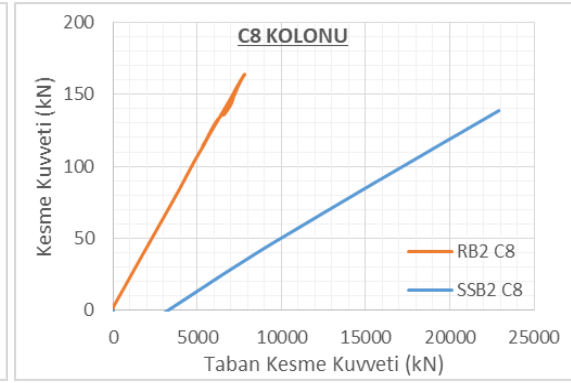
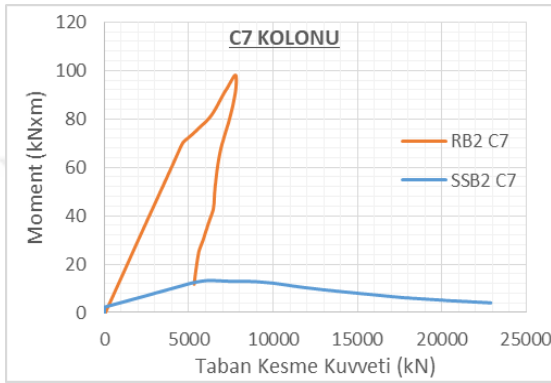
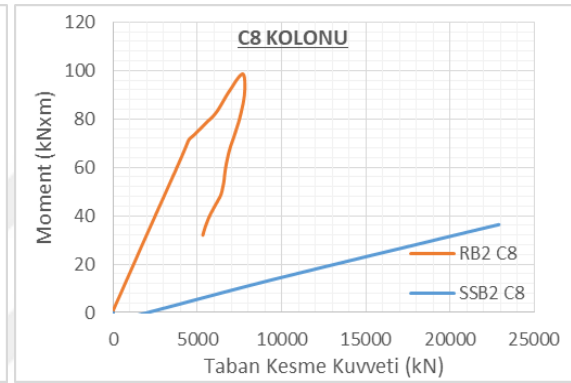
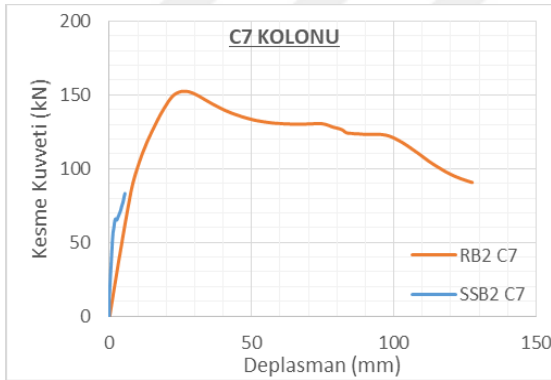
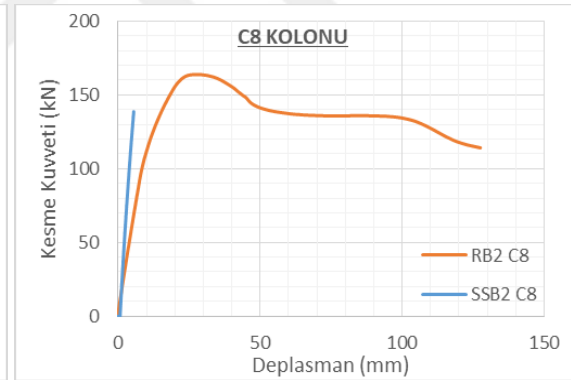
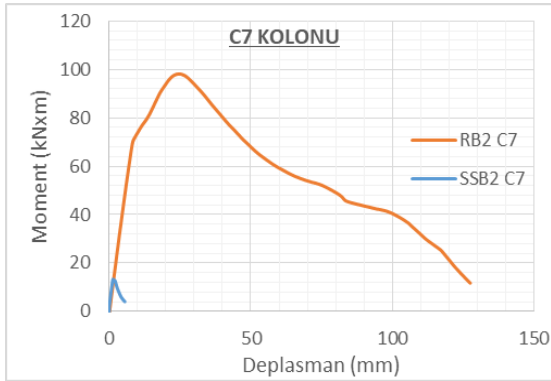
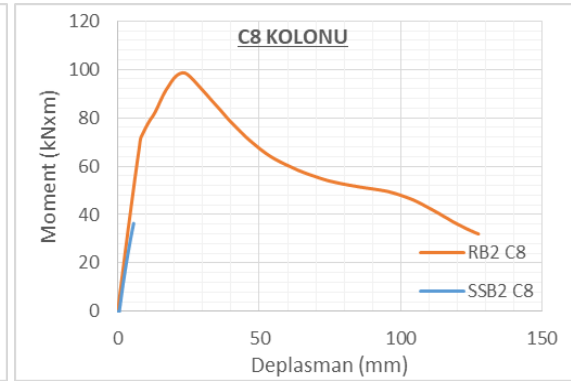
Şekil 5.69. C1 ve C2 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C3 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C4 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C3 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C4 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C3 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C4 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C3 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C4 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

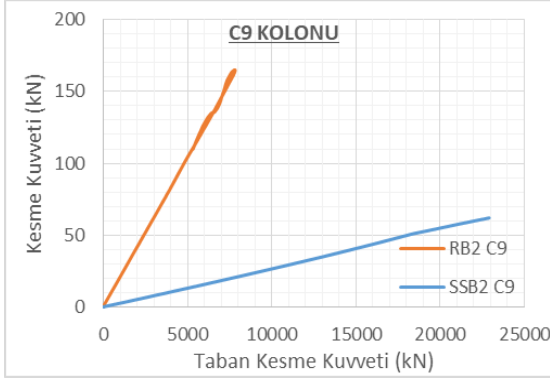
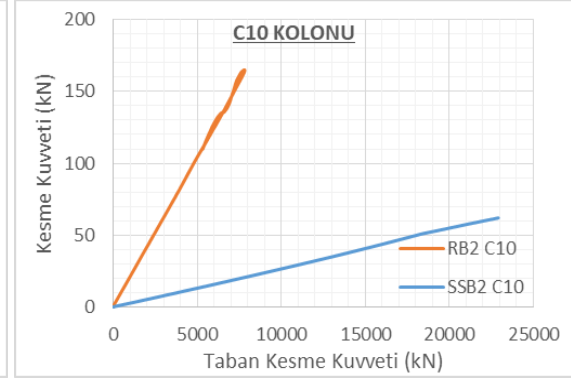
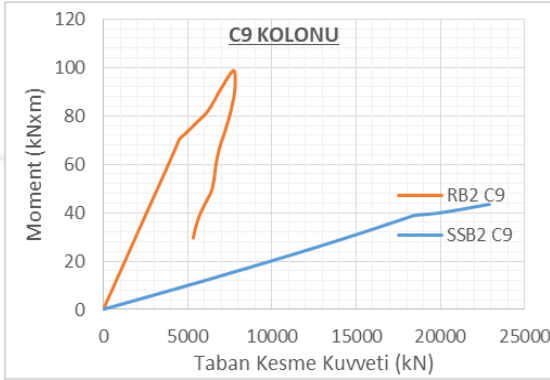
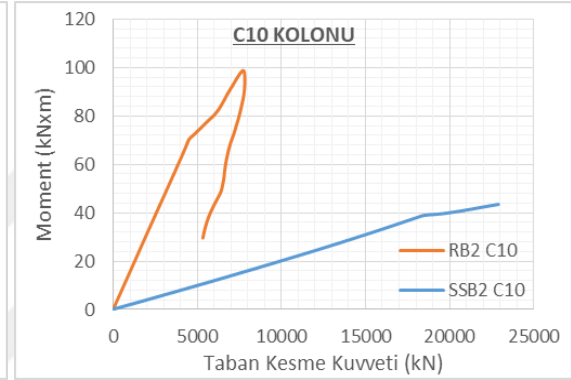
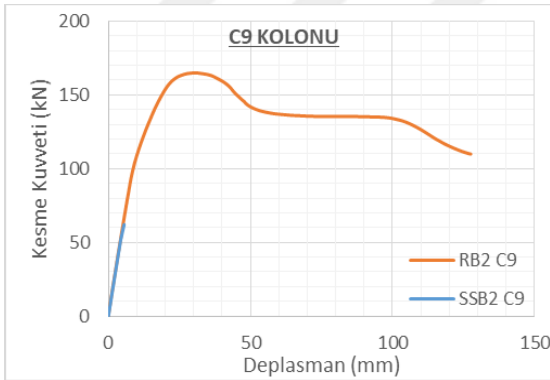
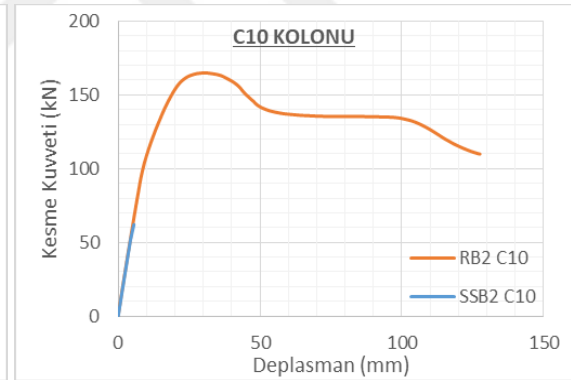
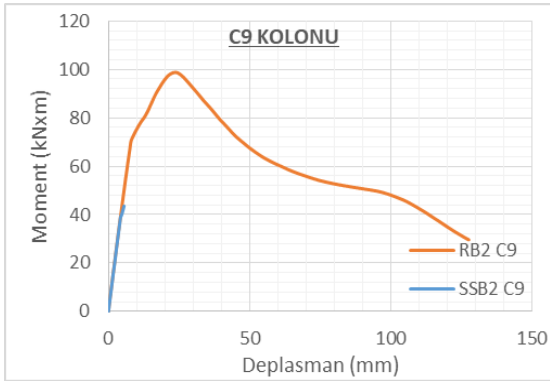
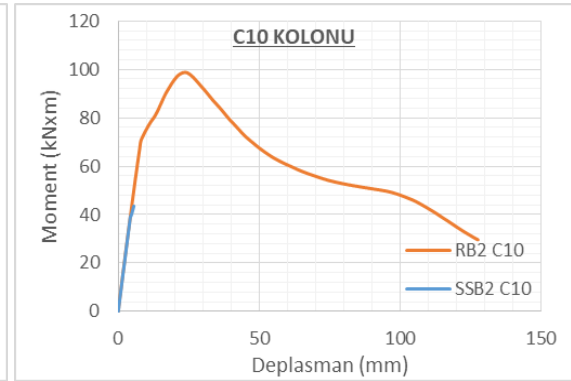
Şekil 5.70. C3 ve C4 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C5 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C6 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C5 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C6 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C5 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C6 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C5 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C6 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

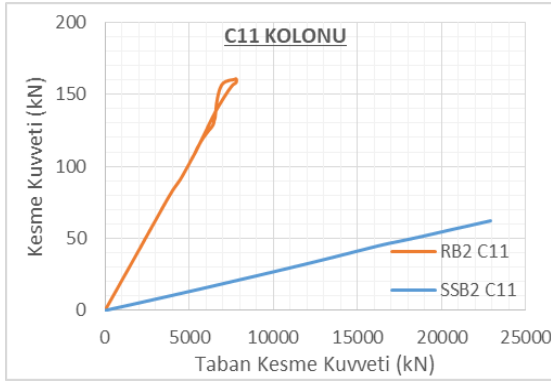
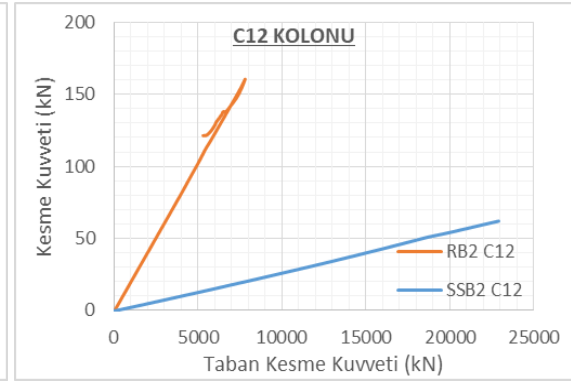
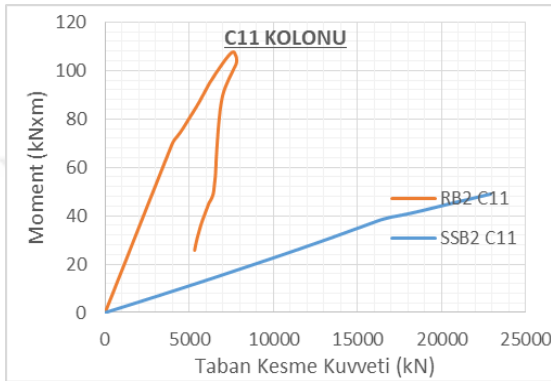
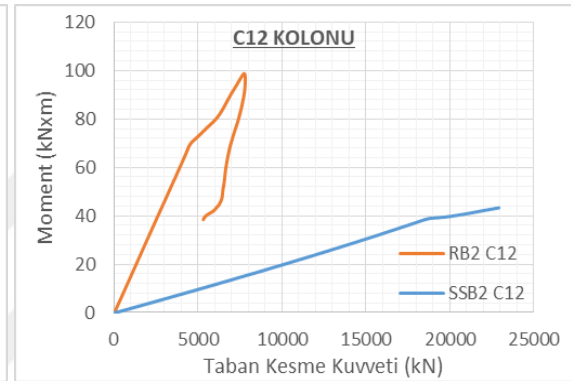
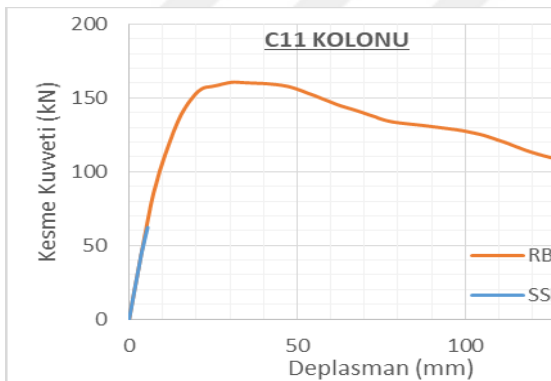
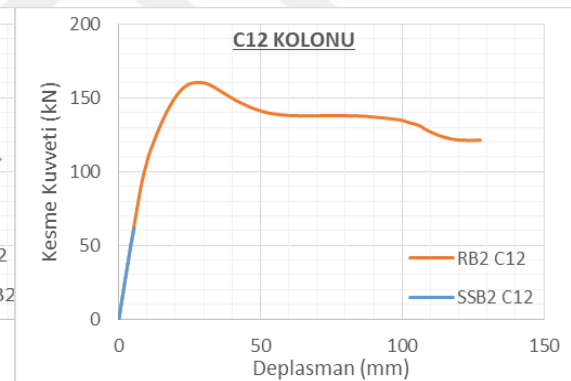
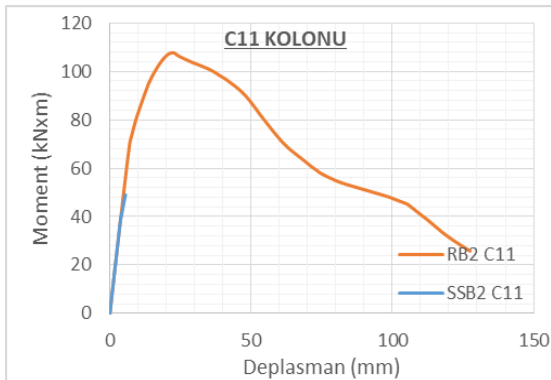
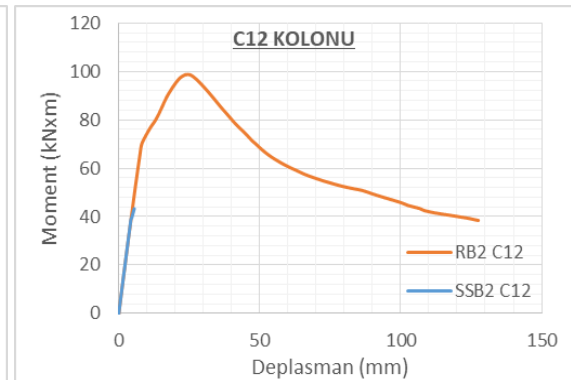
Şekil 5.71. C5 ve C6 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C7 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C8 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C7 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C8 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C7 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C8 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C7 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C8 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

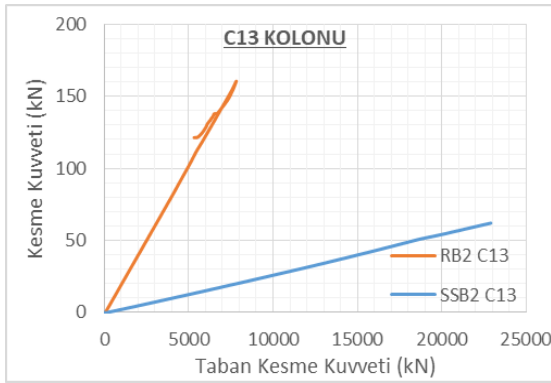
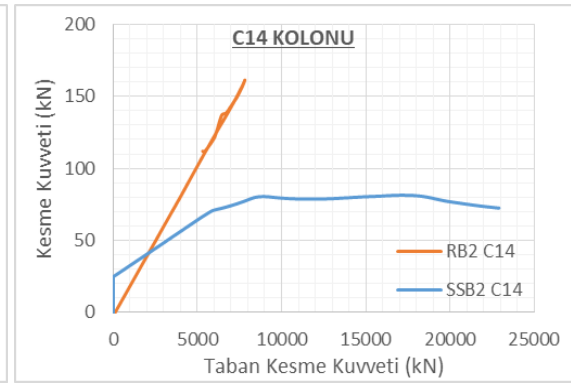
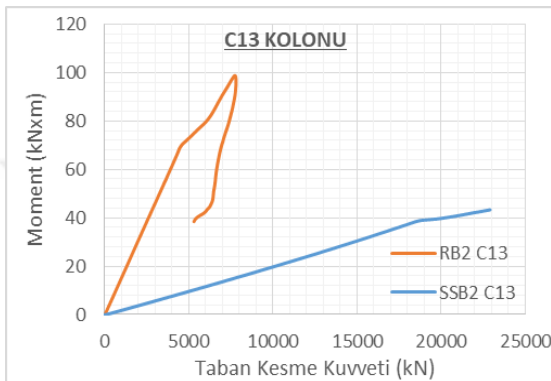
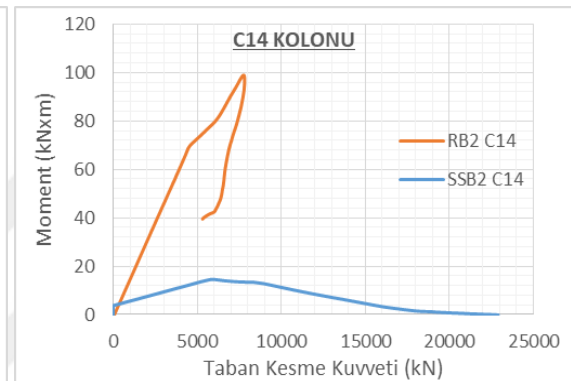
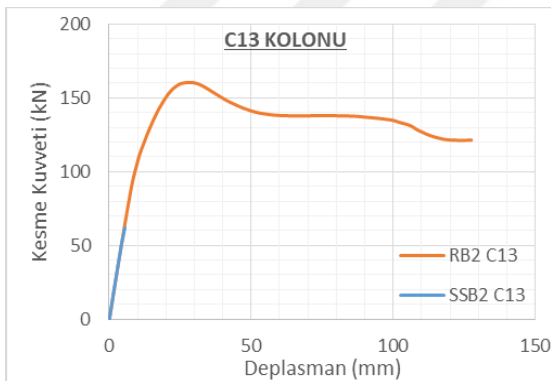
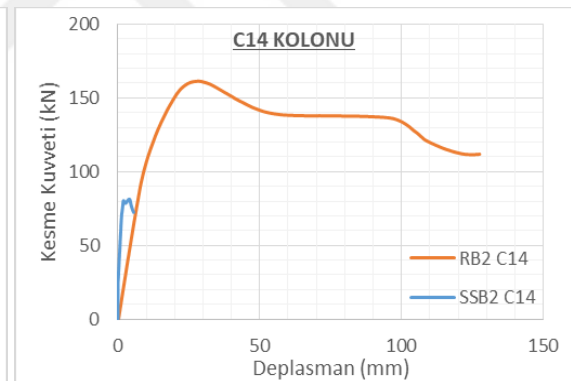
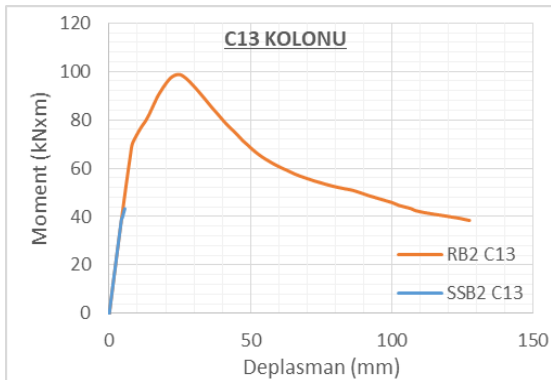
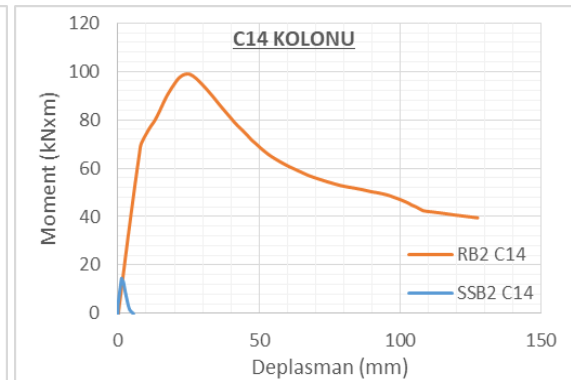
Şekil 5.72. C7 ve C8 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C9 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C10 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C9 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C10 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C9 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C10 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C9 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C10 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

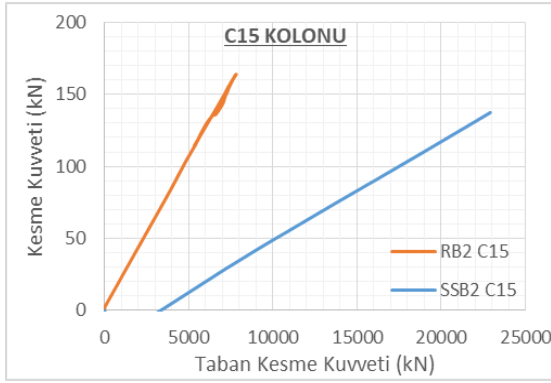
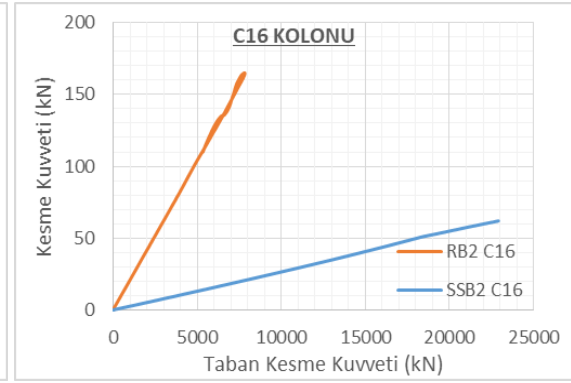
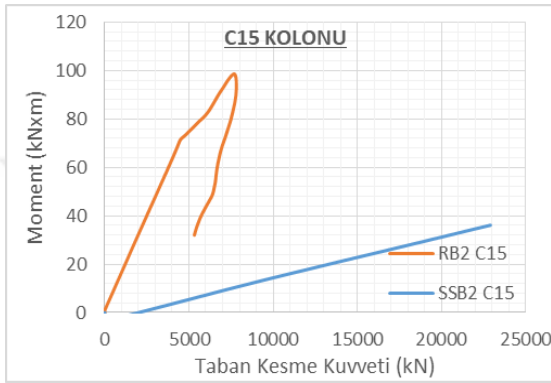
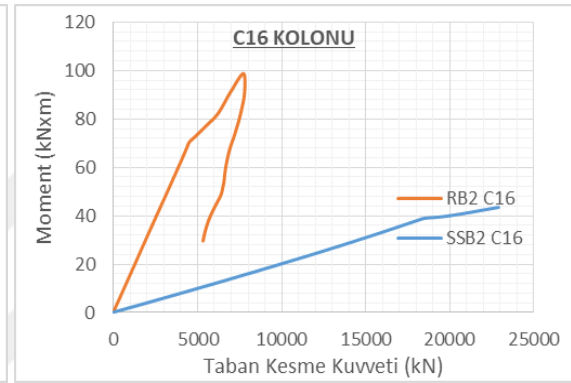
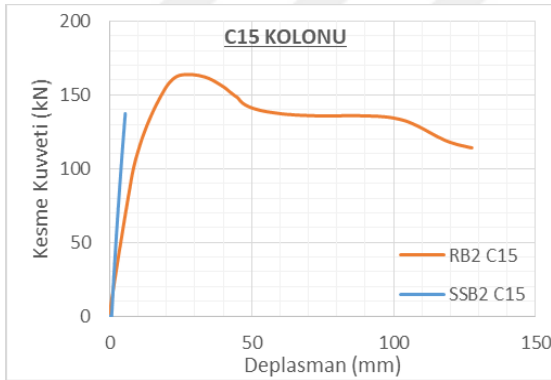
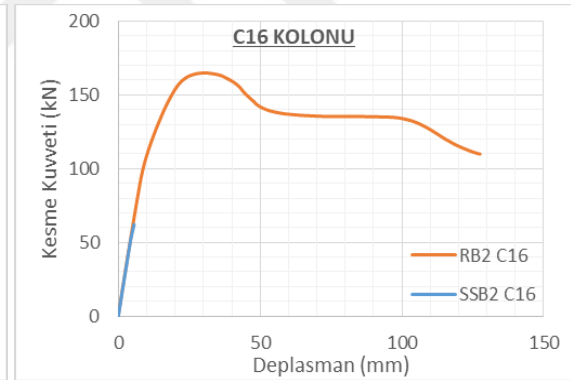
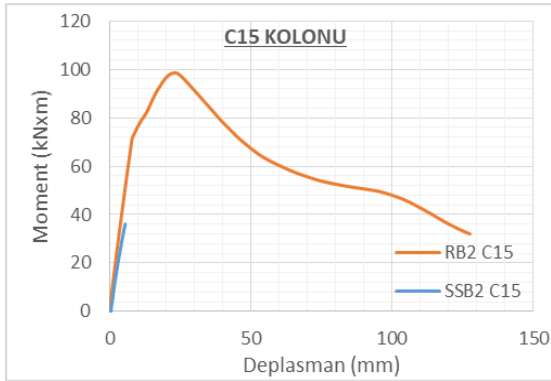
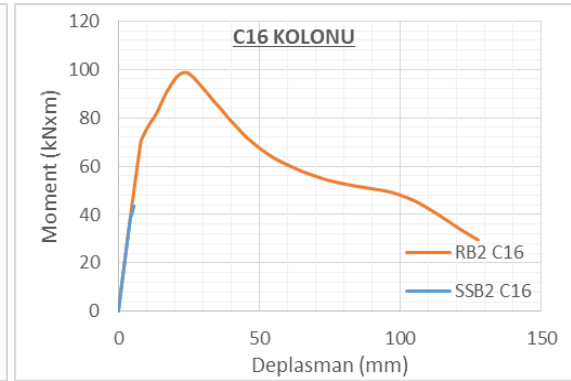
Şekil 5.73. C9 ve C10 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C11 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C12 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C11 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C12 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C11 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C12 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C11 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C12 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

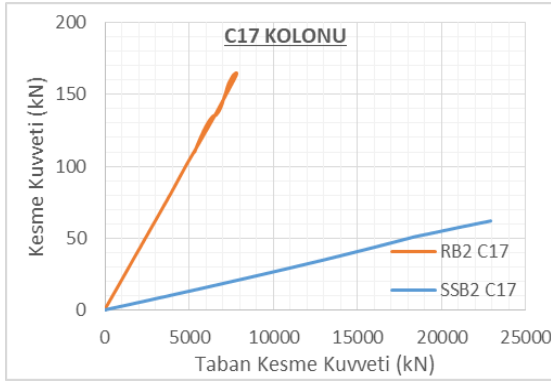
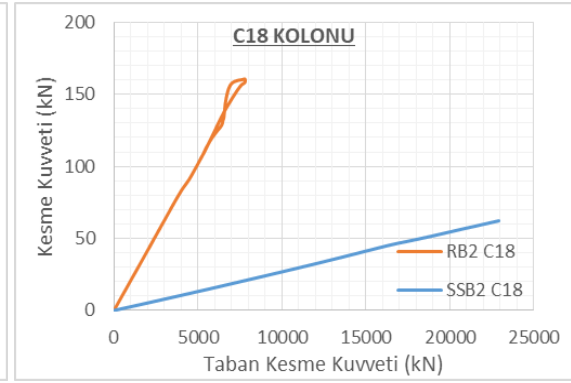
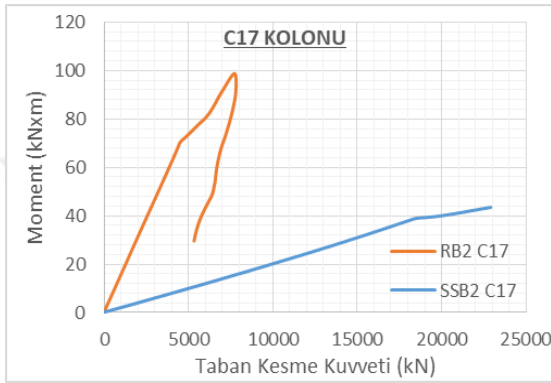
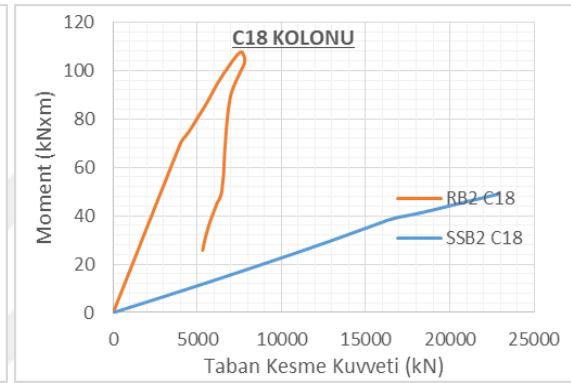
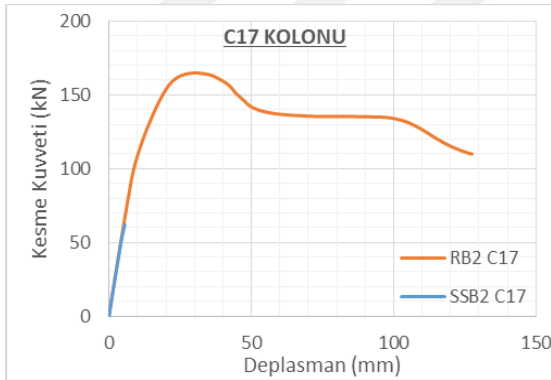
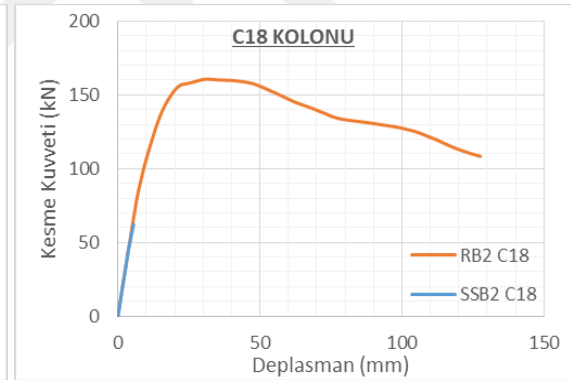
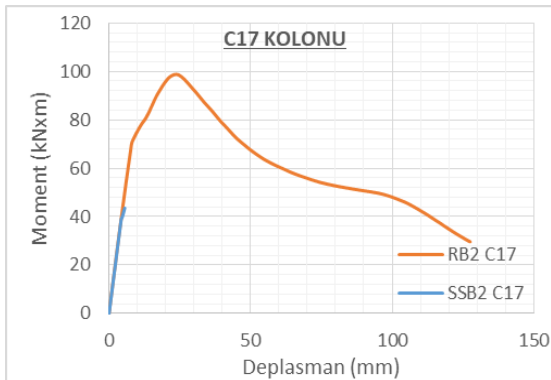
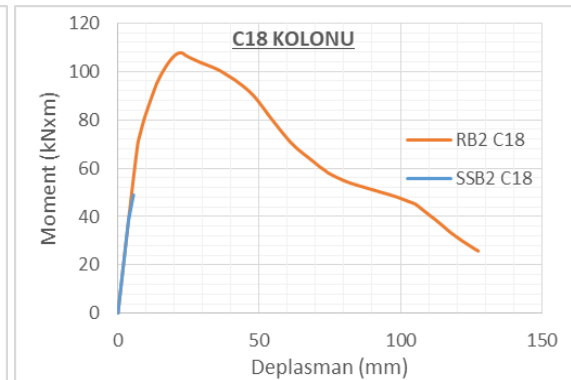
Şekil 5.74. C11 ve C12 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C13 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C14 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C13 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C14 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C13 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C14 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C13 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C14 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

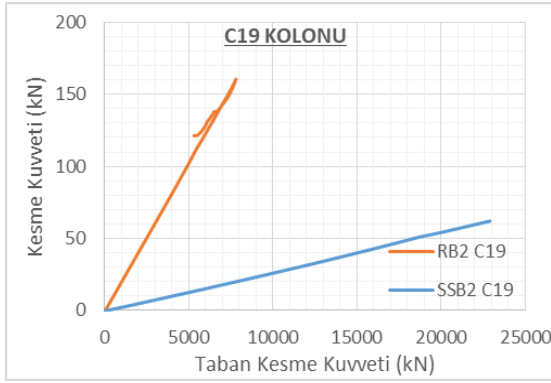
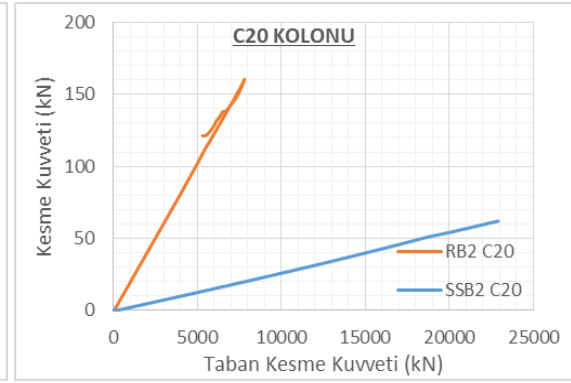
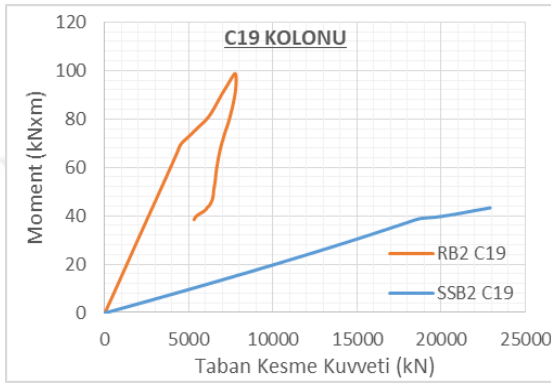
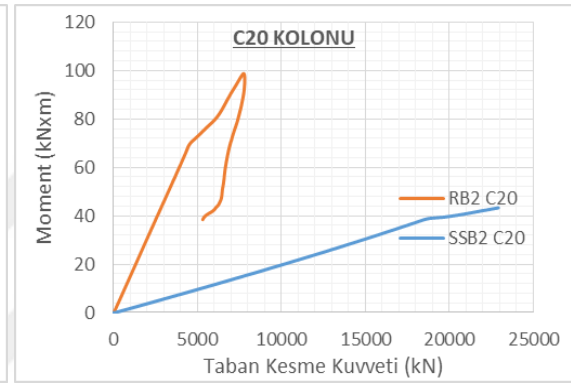
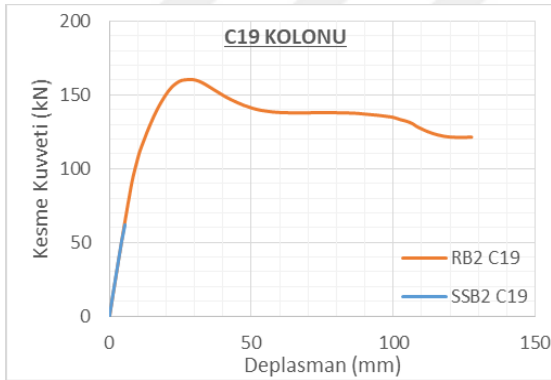
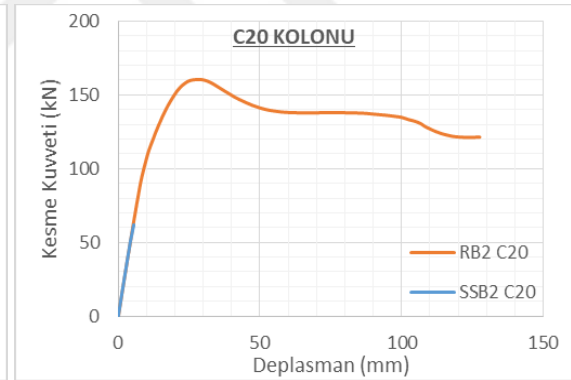
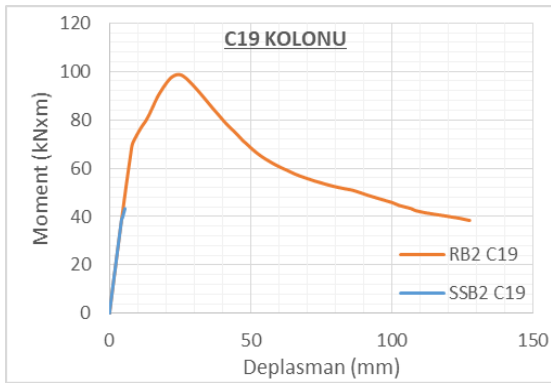
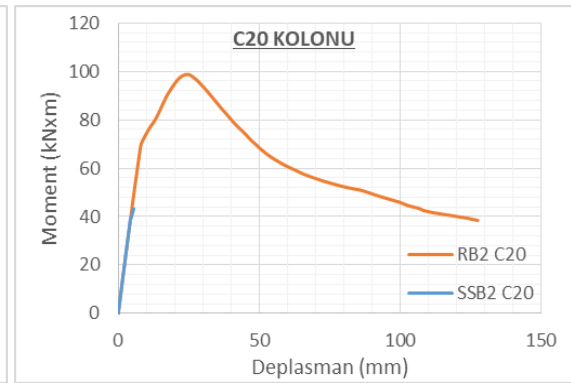
Şekil 5.75. C13 ve C14 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C15 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C16 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C15 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C16 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C15 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C16 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C15 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C16 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

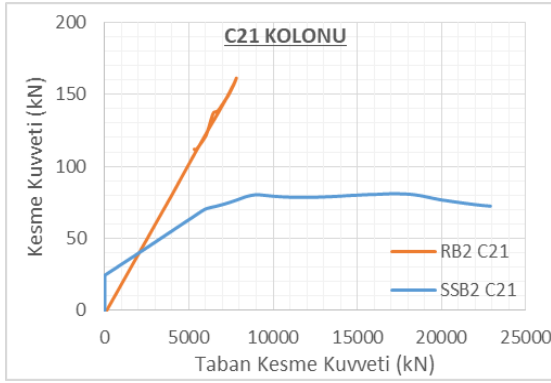
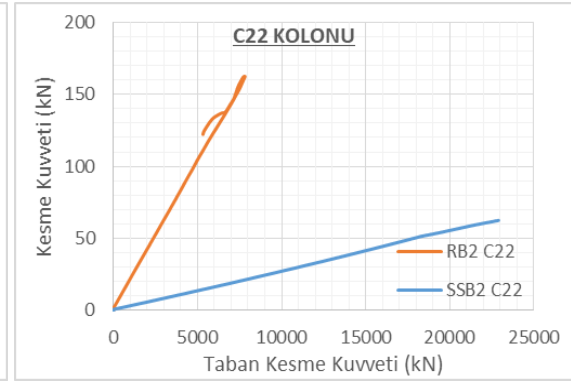
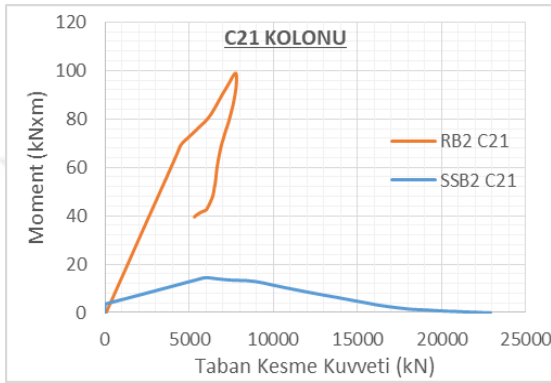
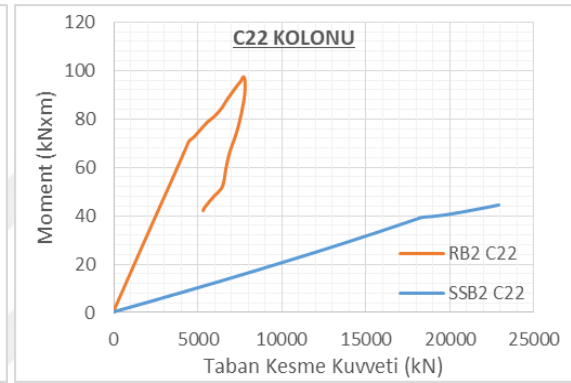
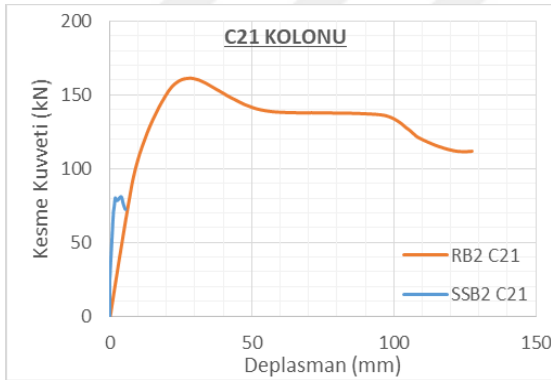
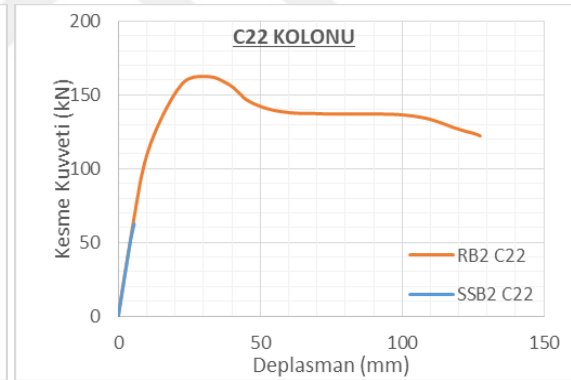
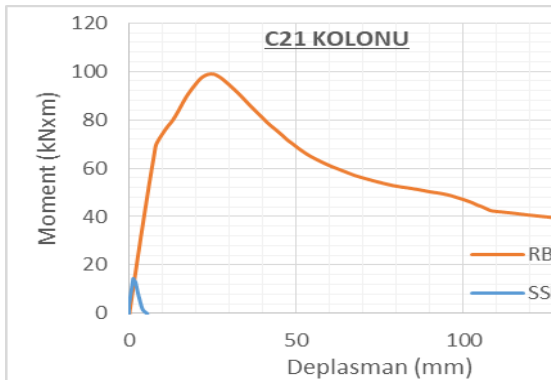
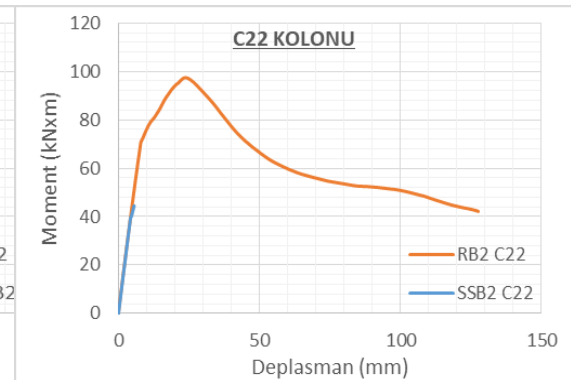
Şekil 5.76. C15 ve C16 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C17 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C18 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C17 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C18 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C17 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C18 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C17 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C18 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

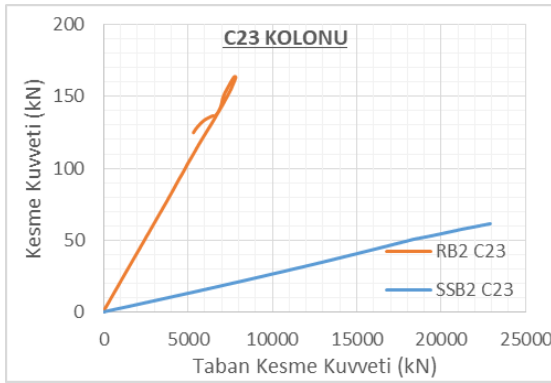
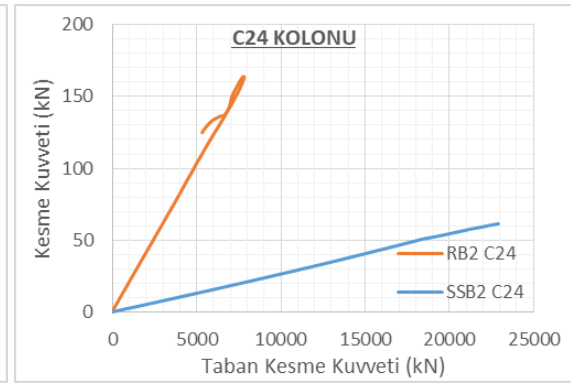
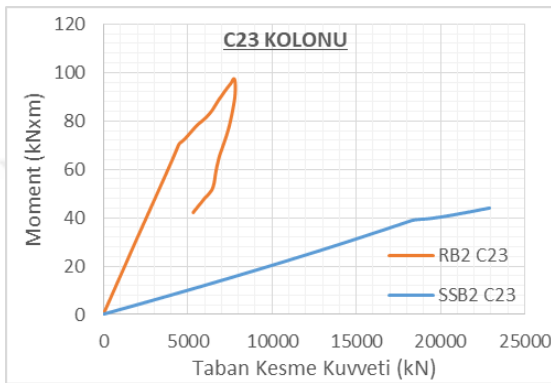
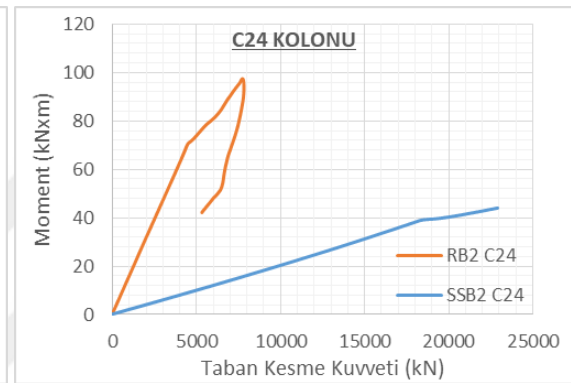
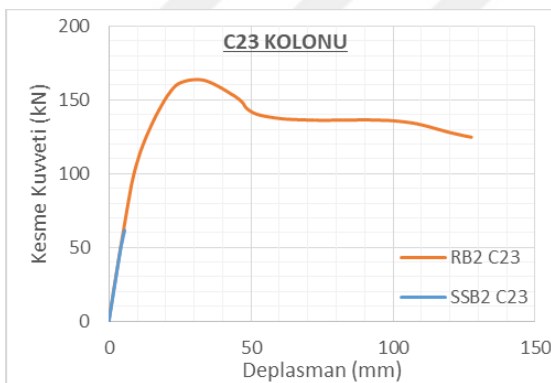
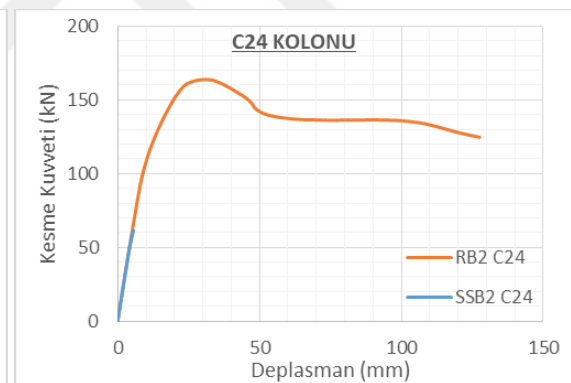
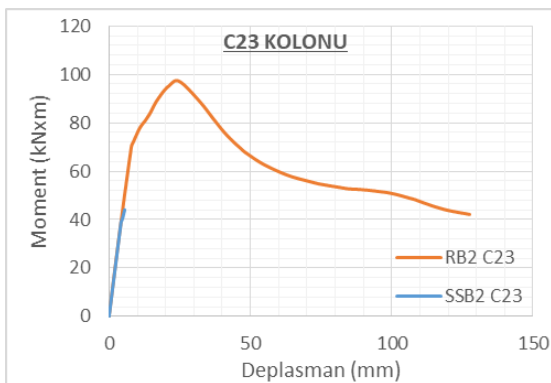
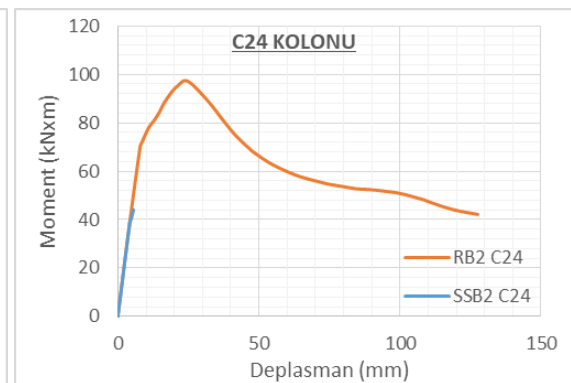
Şekil 5.77. C17 ve C18 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C19 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C20 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C19 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C20 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C19 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C20 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C19 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C20 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

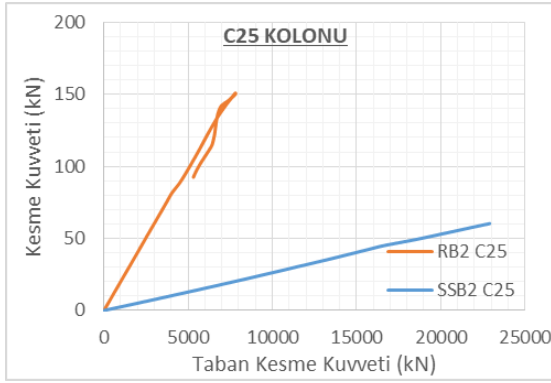
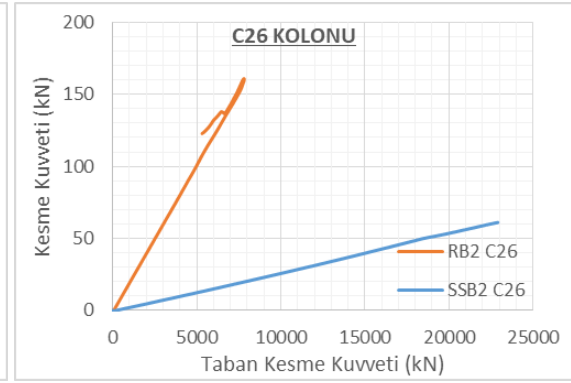
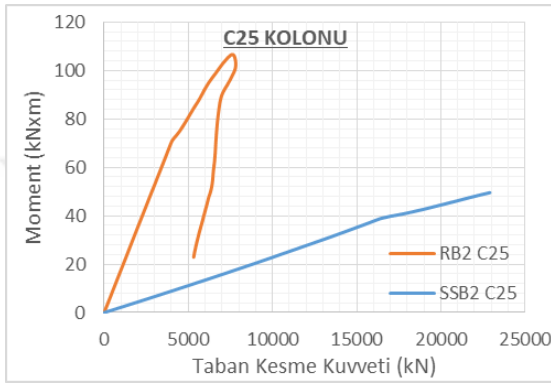
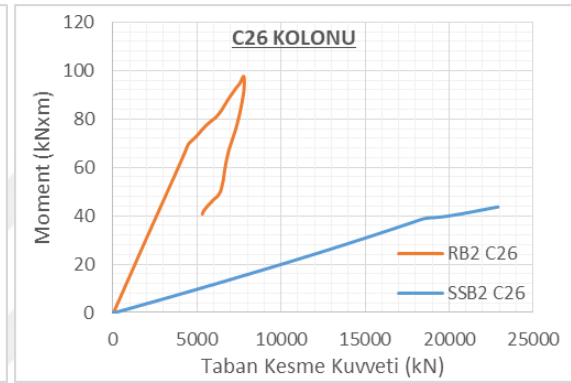
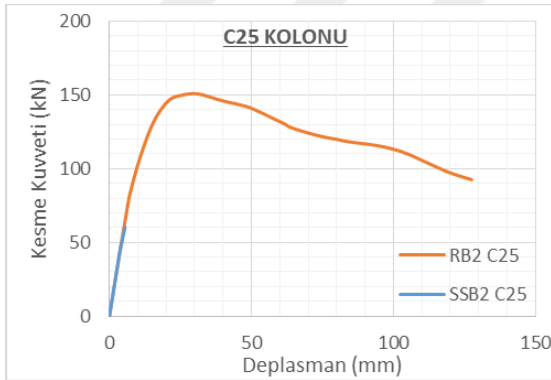
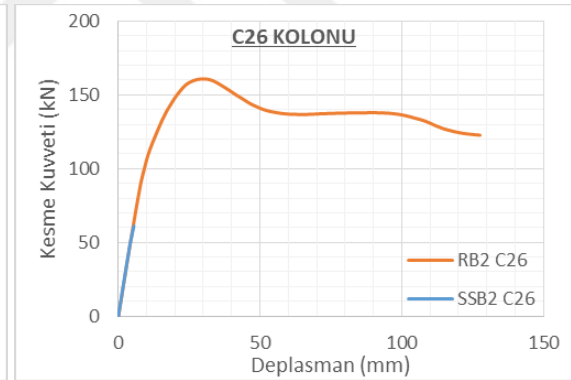
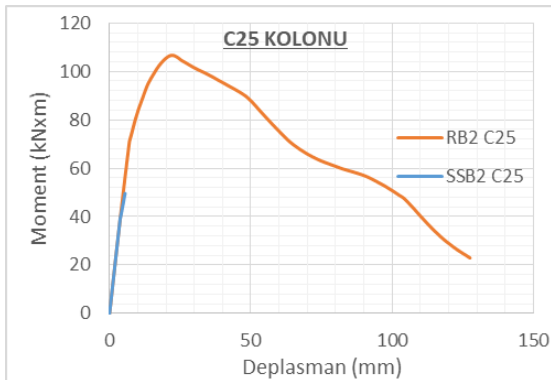
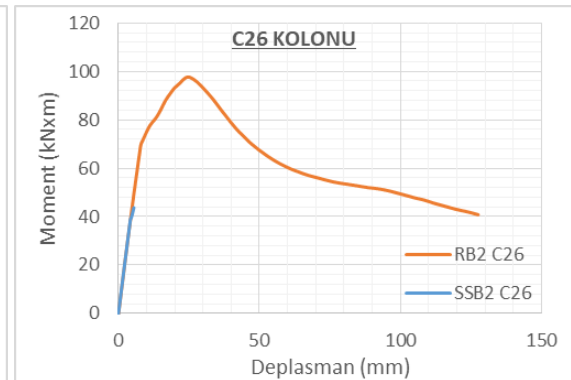
Şekil 5.78. C19 ve C20 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C21 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C22 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C21 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C22 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C21 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C22 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C21 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C22 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

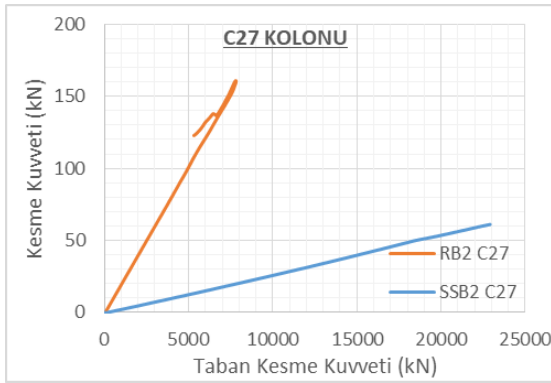
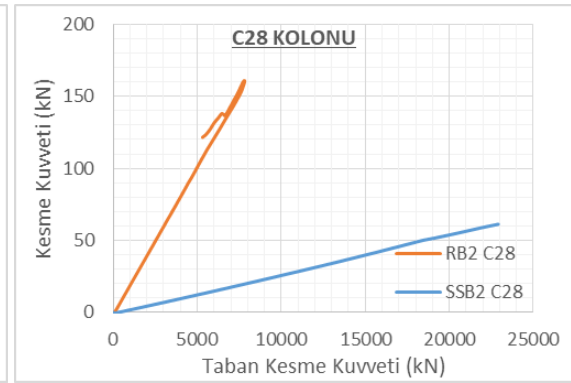
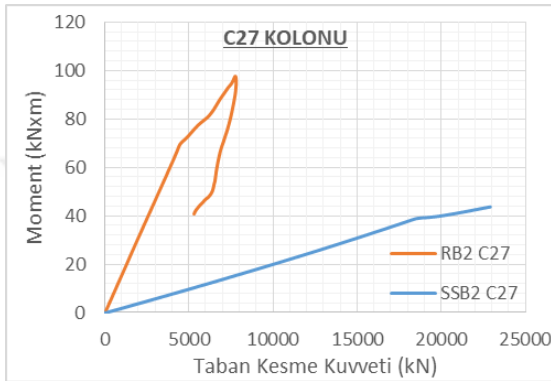
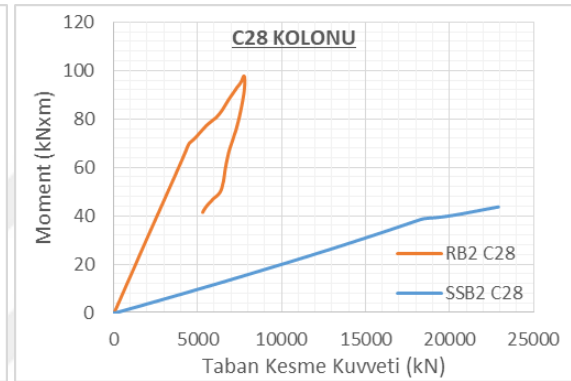
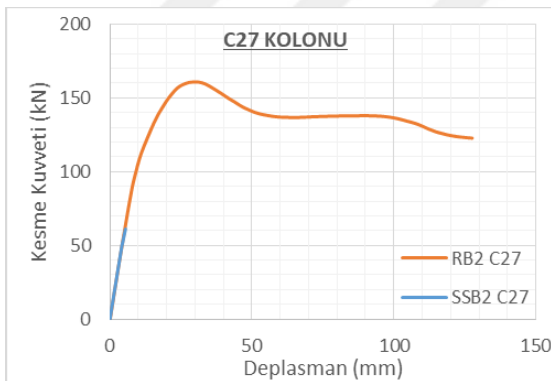
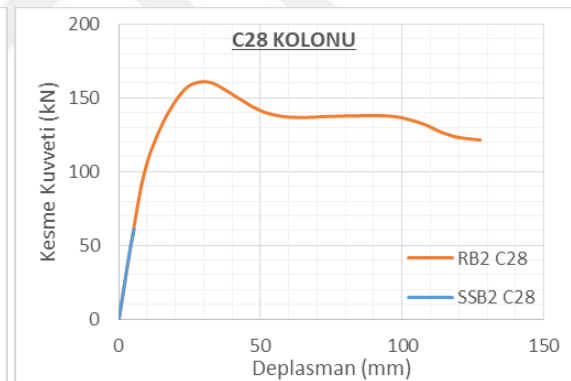
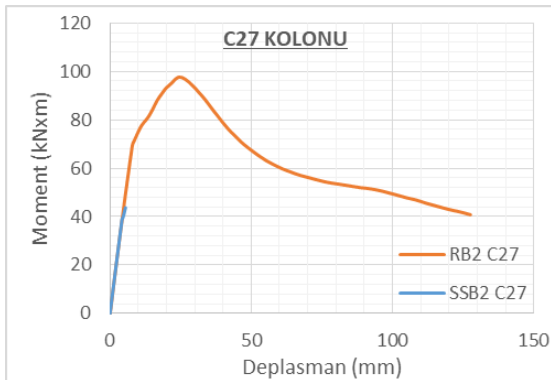
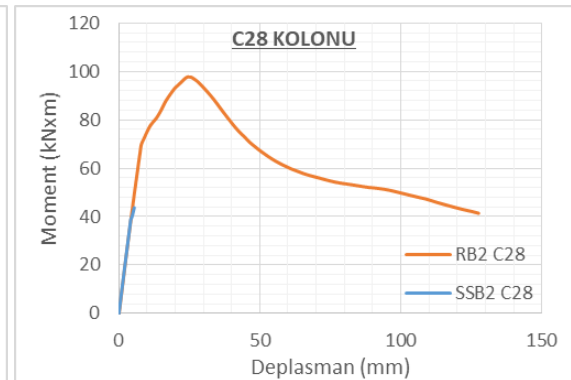
Şekil 5.79. C21 ve C22 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C23 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C24 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C23 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C24 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C23 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C24 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C23 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C24 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.80. C23 ve C24 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

a) C25 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C26 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C25 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C26 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğie) C25 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C26 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C25 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C26 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.81. C25 ve C26 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

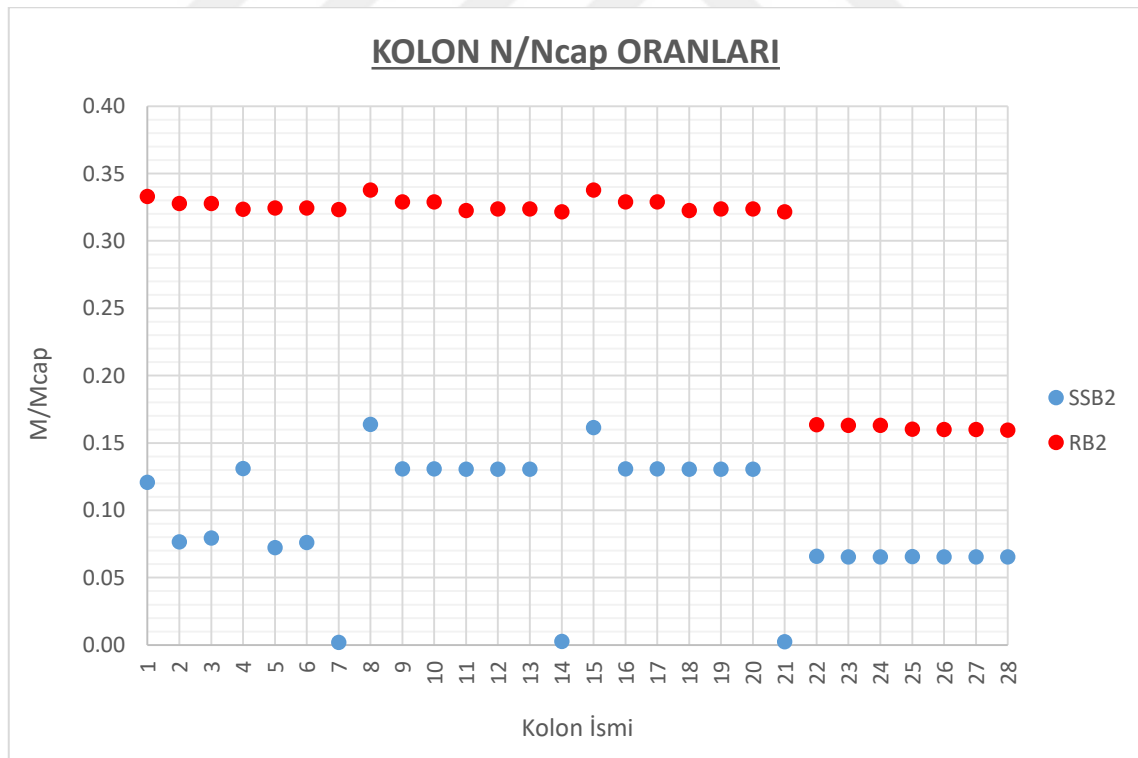
a) C27 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğib) C28 kolonu **KK. / TKK.** karşılaştırma grafiğic) C27 kolonu **Mom. / TKK.** karşılaştırma grafiğid) C28 kolonu **Mom./ TKK.** karşılaştırma grafiğie) C27 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğif) C28 kolonu **KK. / Dep.** karşılaştırma grafiğig) C27 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiğih) C28 kolonu **Mom. / Dep.** karşılaştırma grafiği

Şekil 5.82. C27 ve C28 kolonları doğrusal olmayan çözüm karşılaştırma grafikleri

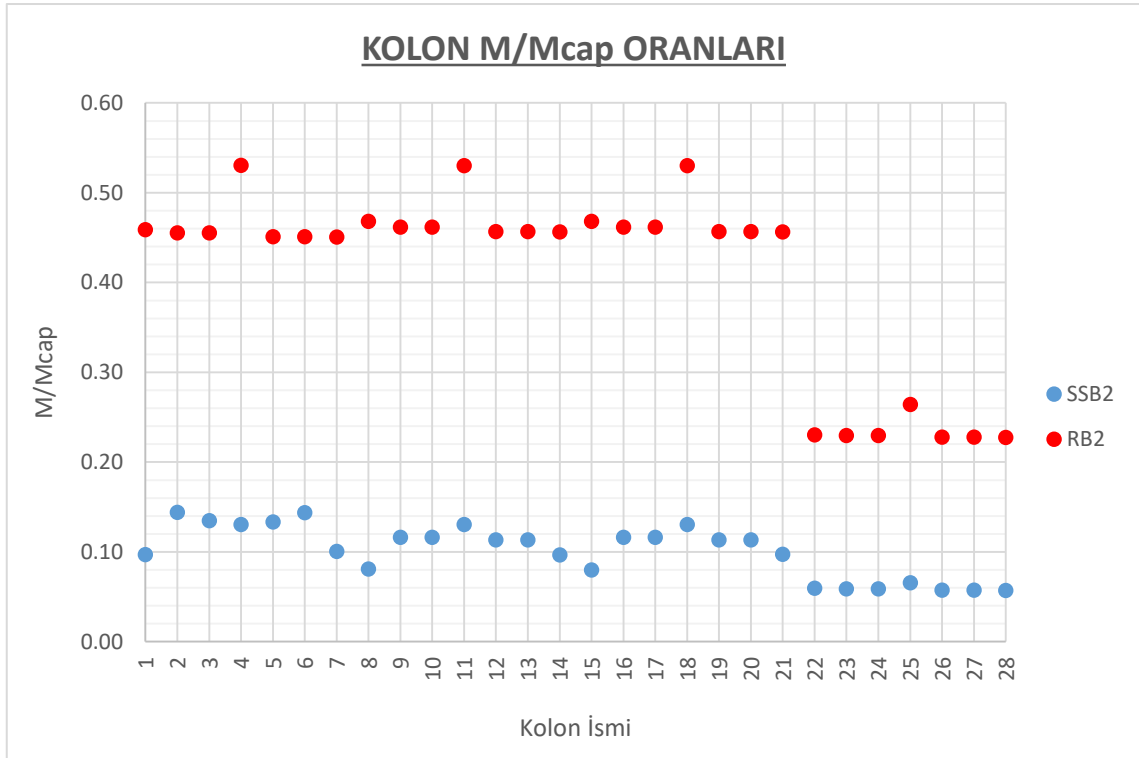
5.4.1. RB2 modeli kolon aksenal kuvvet, moment ve kesme kuvvetleri kapasite oranları

Bu bölümde referans ve güçlendirilmiş binalarda DBYBHY-2007'ye göre belirlenen deprem yükü altında kolonlarda meydana gelen iç kuvvetlerin kolon kapasitelerine bölünmeleri ile elde edilen kapasite değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 5.83.'de kolonda meydana gelen aksenal yükün kolon aksenal yüke oranı, Şekil 5.84.'de kolonda meydana gelen momentin kolon moment kapasitesine oranı, Şekil 5.85.'de ise kolonda meydana gelen kesme kuvvetinin kolon kesme kapasitesine oranı verilmiştir.

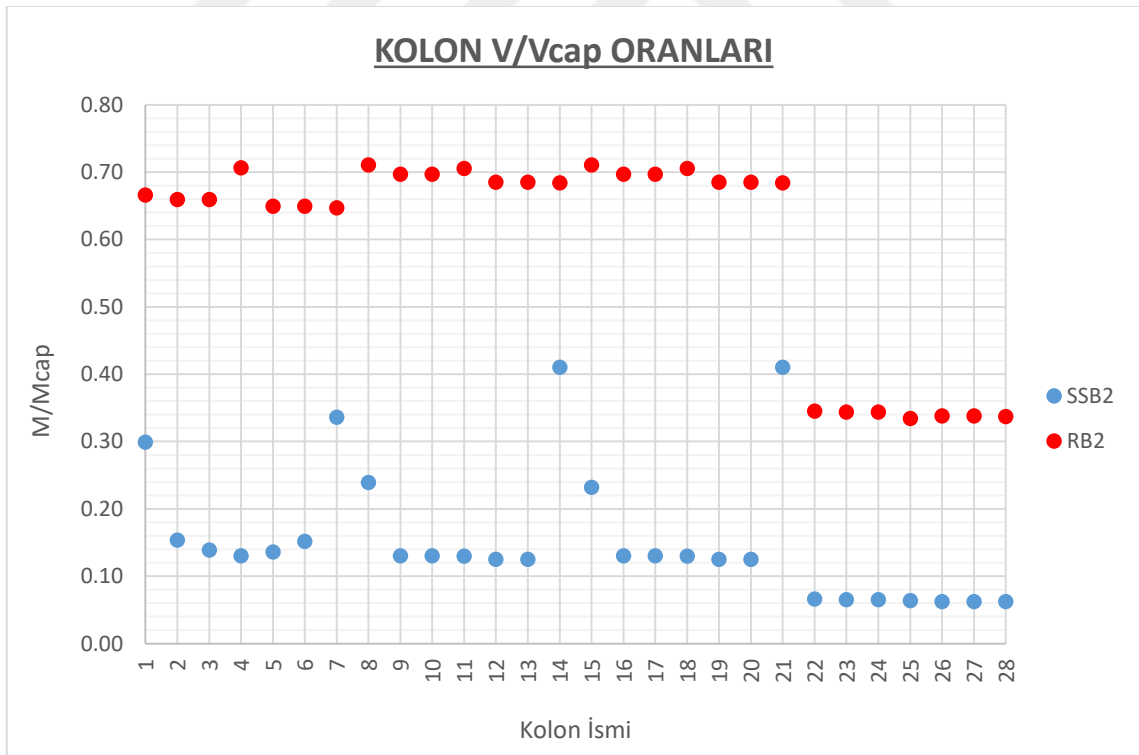
Grafiklerin incelemesinden de görülebileceği gibi aksenal yük, moment ve kesme kuvvetleri oranlarında tüm kolonlarda azalma meydana gelmiştir. Referans binaya uygulanan güçlendirme sonrası çelik çerçeve, mevcut betonarme çerçeve ile beraber çalıştığı için, yatay deprem yükünden dolayı oluşan kesme kuvveti ve moment kuvvetini alarak betonarme kolonlara gelen etkileri azaltmış, sistemin beraber çalışması betonarme kolonlara gelen etkileri belirgin bir şekilde düşürmüştür.



Şekil 5.83. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon aksenal yük kapasite oranı grafiği



Şekil 5.84. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon moment kapasite oranı grafiği

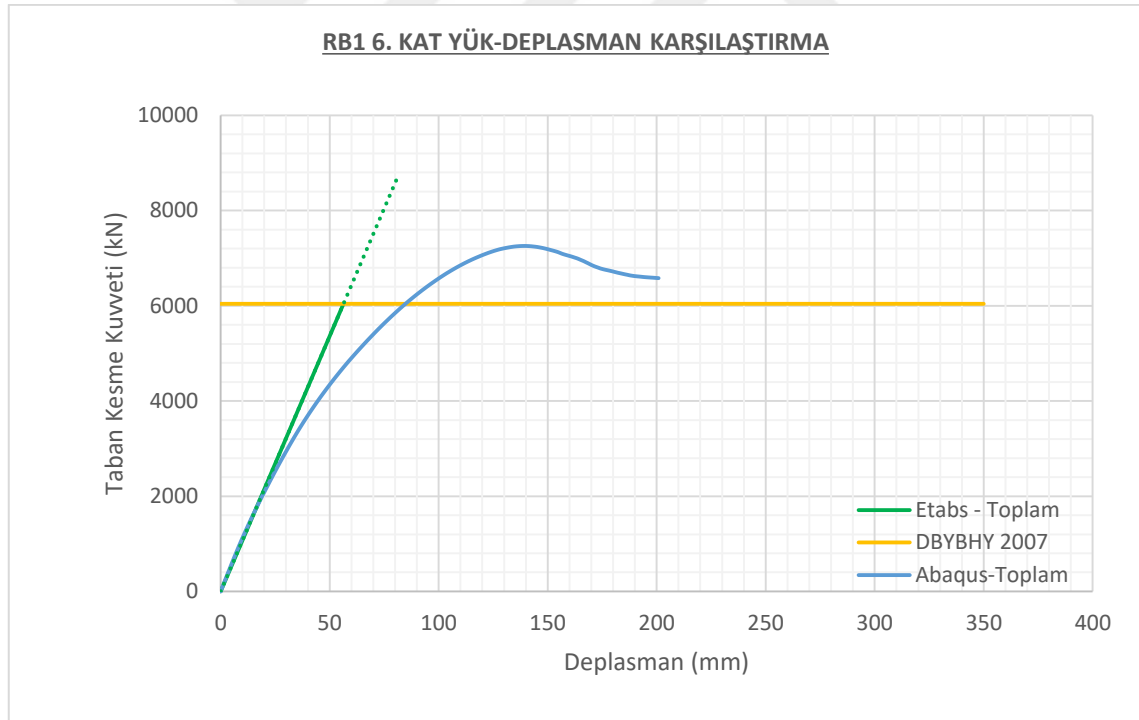


Şekil 5.85. RB2 modeli doğrusal olmayan çözüm kolon kesme kuvveti kapasite oranı grafiği

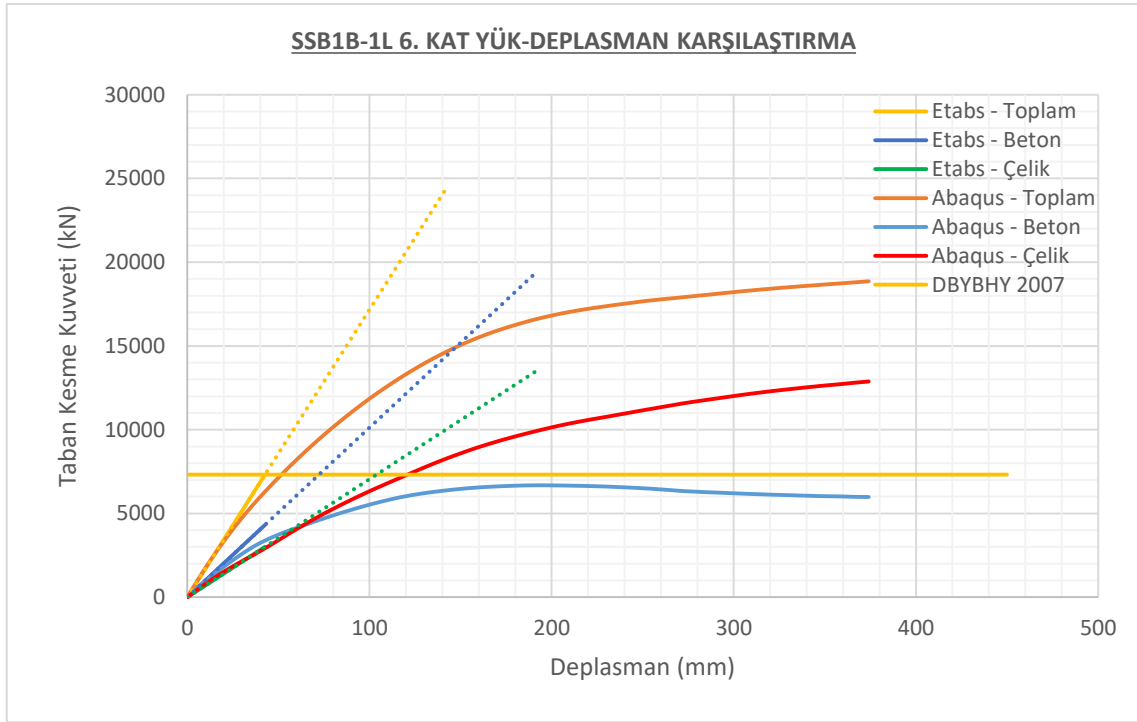
5.5. Konsolsuz Bina Modelleri – Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları Karşılaştırmaları

5.5.1. Yük – deplasman

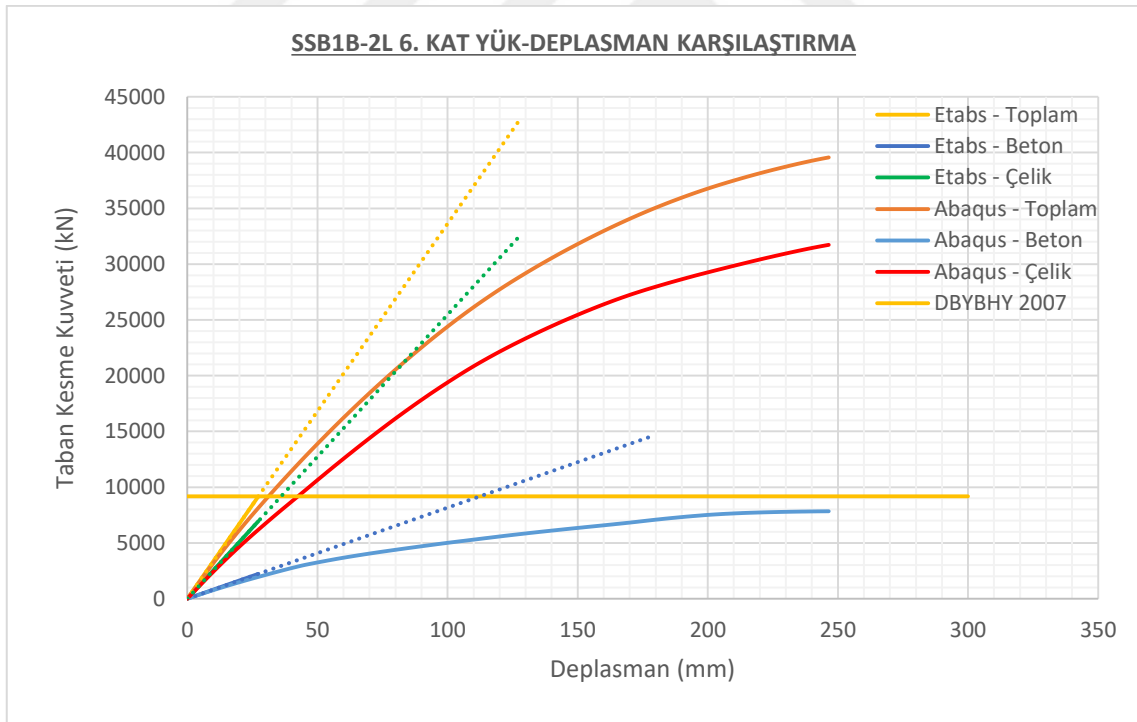
Çalışma kapsamında iki adet farklı paket program kullanılarak iki farklı platformda analizler yapılmıştır. İlk olarak referans ve güçlendirilmiş binalar Etabs programında modellenerek doğrusal analiz gerçekleştirilmiş ve daha sonra aynı binalar Abaqus programında modellenerek doğrusal olmayan analiz gerçekleştirilmiştir. Her iki analiz metodundan elde edilen sonuçların karşılıklı değerlendirilmesi bu bölümde yapılmıştır. Model binaların doğrusal olmayan analiz sonucunda elde edilen taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı grafikleri, doğrusal analiz sonucunda elde edilen yük-deplasman doğrusuyla karşılaştırılmıştır. Aynı grafiklerde, binalarda *DBYBHY-2007* ye göre hesaplanan deprem kuvveti de yatay olarak gösterilmiştir.



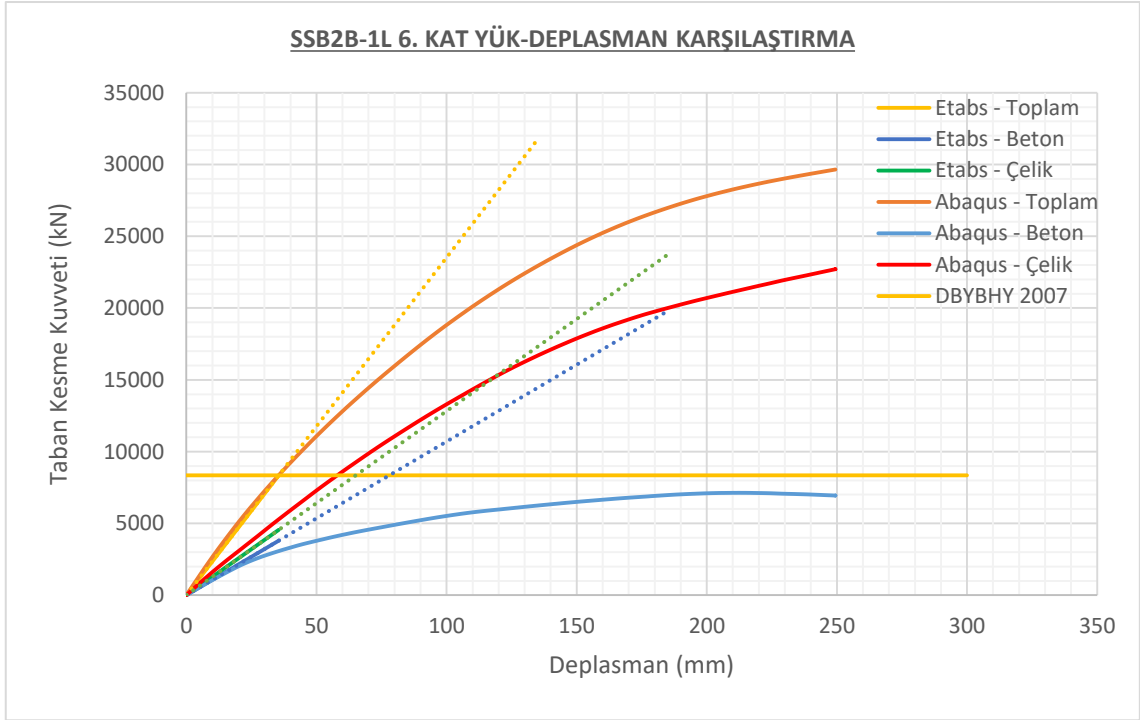
Şekil 5.86. RB1 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği



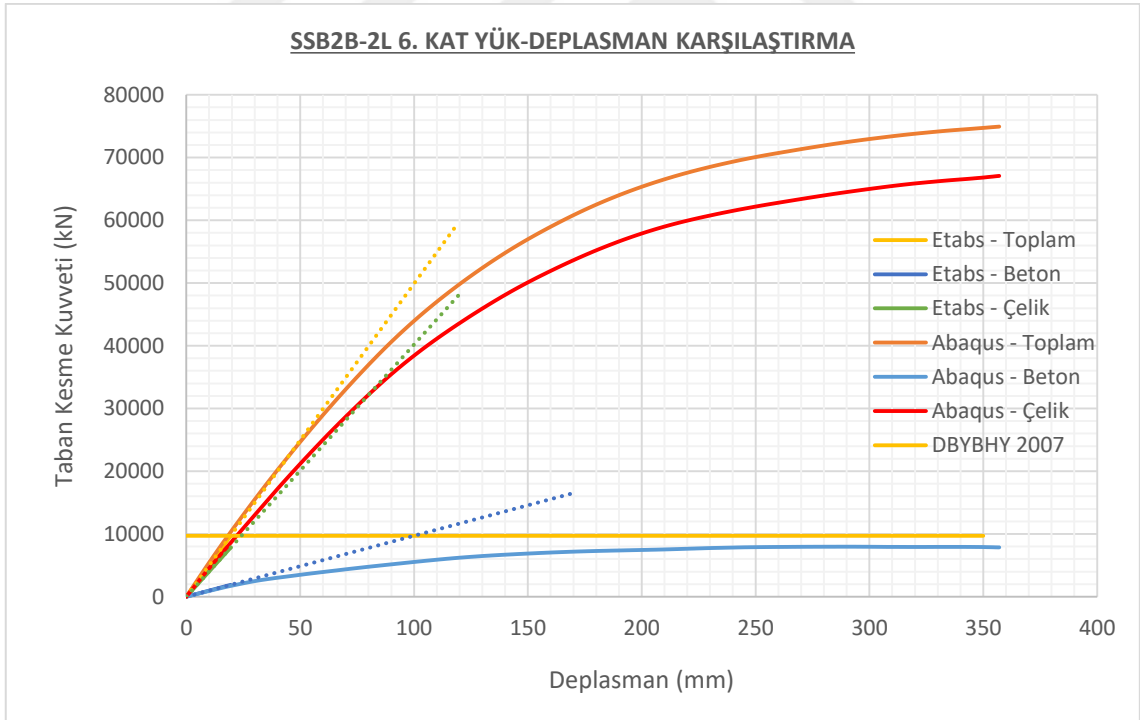
Şekil 5.87. SSB1B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği



Şekil 5.88. SSB1B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği



Şekil 5.89. SSB2B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği



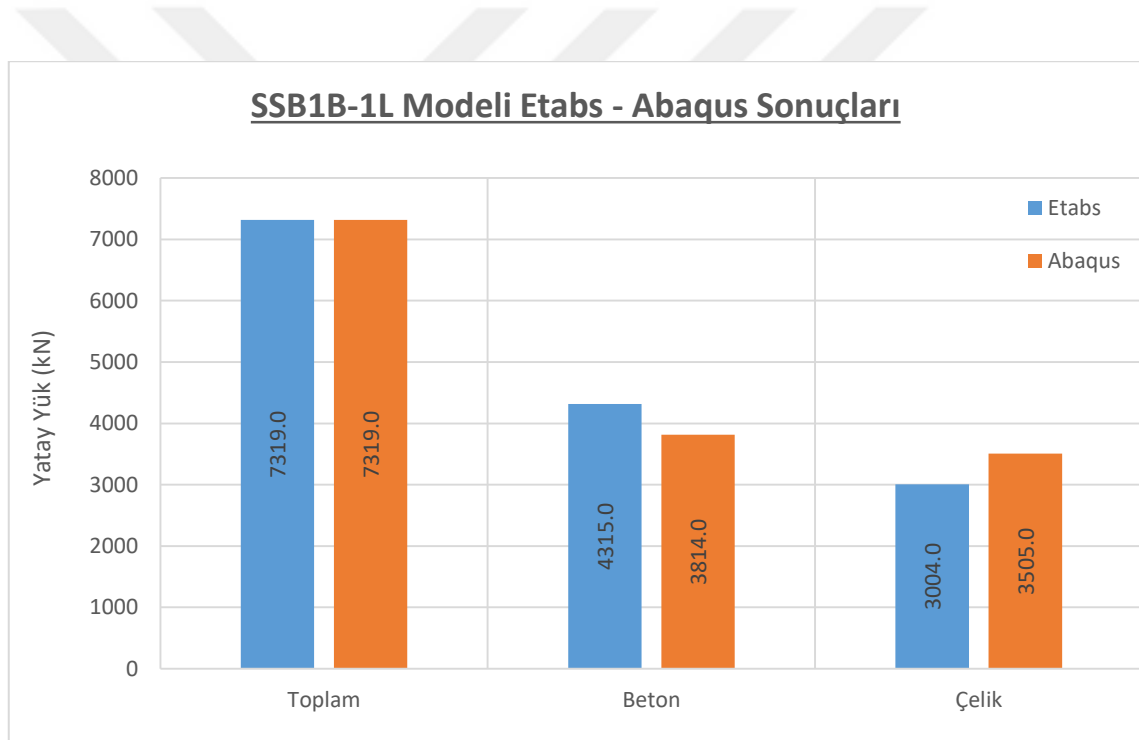
Şekil 5.90. SSB2B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği

Güçlendirilmiş sistemlerde, hem doğrusal hem de doğrusal olmayan analiz sonucunda, betonarme çerçeve ve çelik güçlendirme çerçevesinin aldığı taban kesme kuvvetleri de ayrıca grafikler de gösterilmiş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 5.86. - Şekil 5.90.

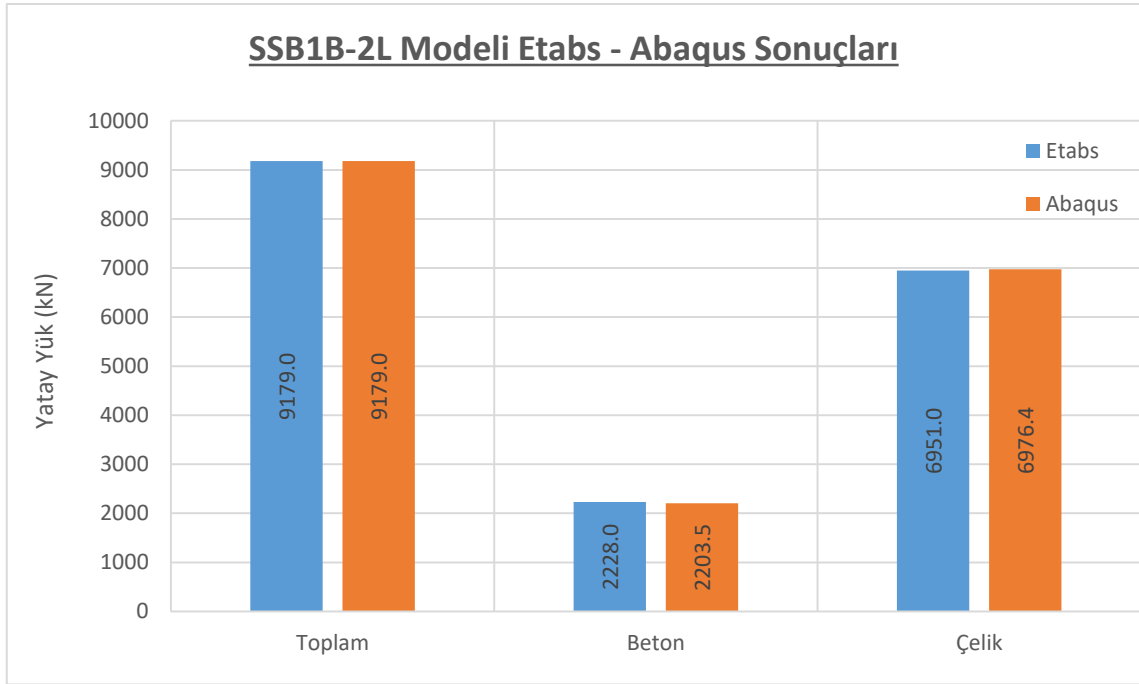
arasında konsolsuz bina modeli için yapılan karşılaştırmalar sunulmuştur. Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler, gerek tüm sistem için, gerekse çelik ve betonarme sistemler den ayrı ayrı elde edilen değerler için karşılıklı uyum içindedir.

5.5.2. Deprem kuvvetleri

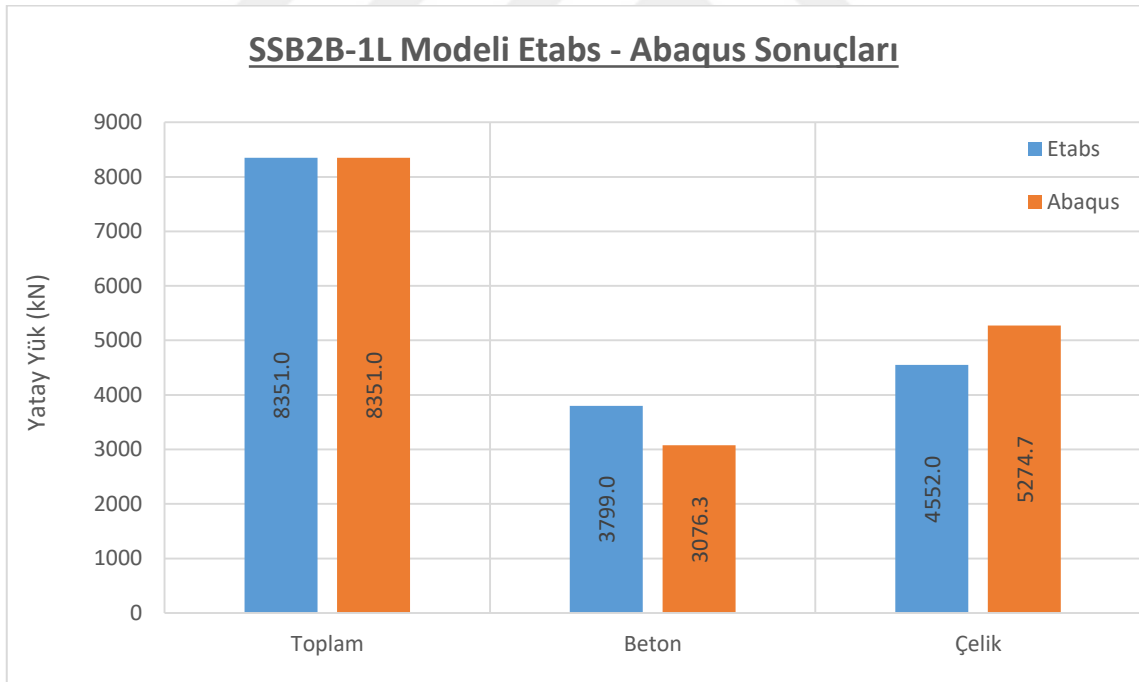
Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu, betonarme ve çelik sistemler arasında meydana gelen yük paylaşımları Şekil 5.91. - Şekil 5.94. arasında karşılaştırılmıştır. Etabs ve Abaqus model yaklaşımları ve analiz esasları çok farklı olmasına rağmen, her iki modelleme yaklaşımlarından elde edilen sonuçlara göre, çelik ve betonarme sistemler arasında yük paylaşım oranları uyum içindedir.



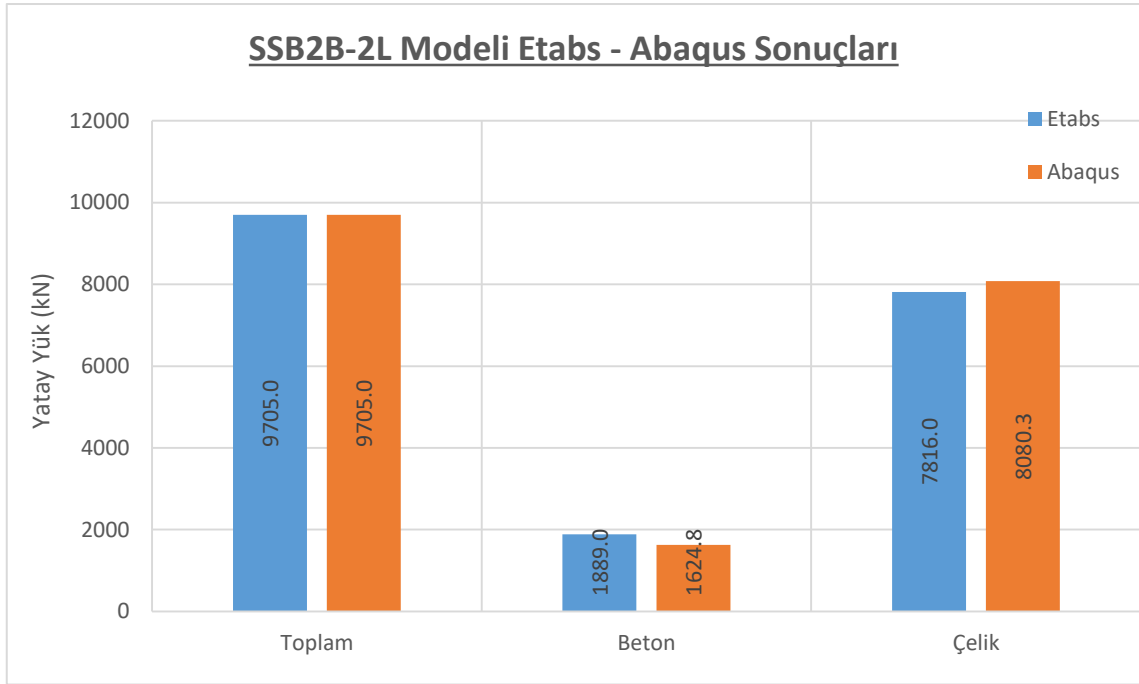
Şekil 5.91. SSB1B-1L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı



Şekil 5.92. SSB1B-2L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı



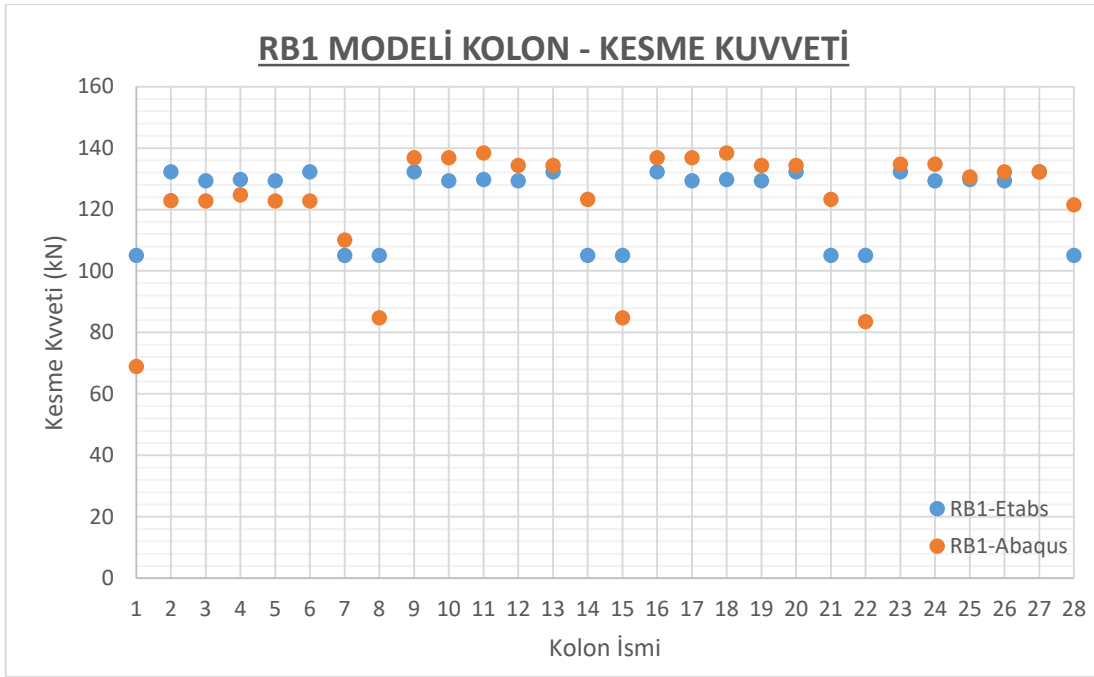
Şekil 5.93. SSB2B-1L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı



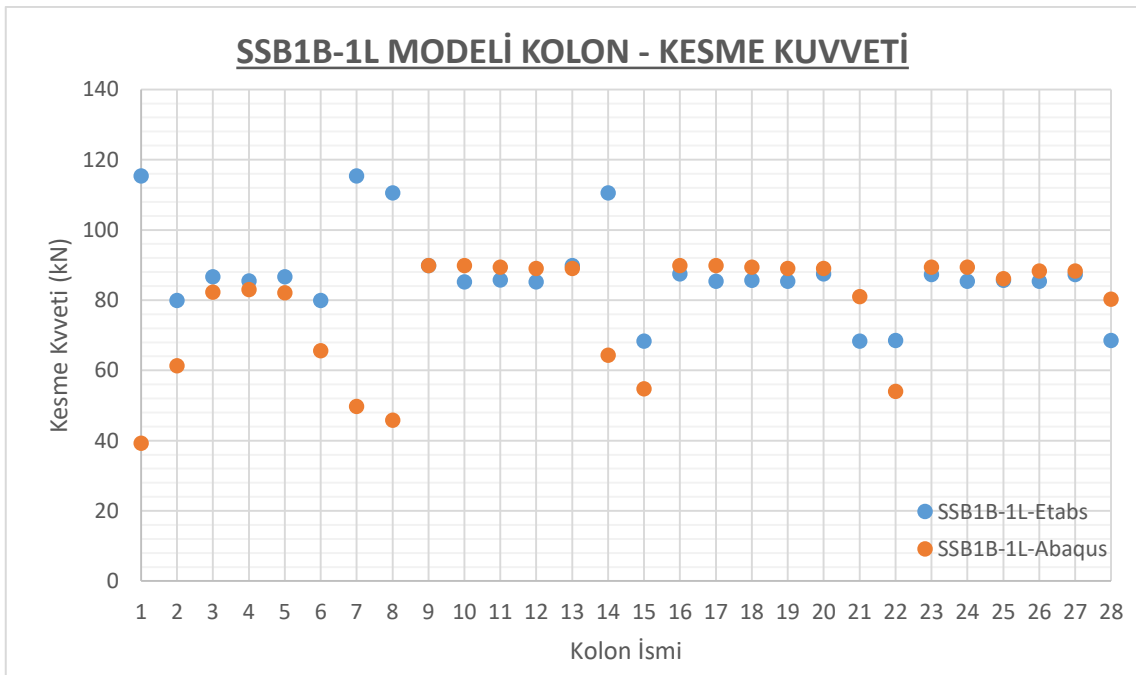
Şekil 5.94. SSB2B-2L modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı

5.5.3. Kolon kesme kuvvetleri

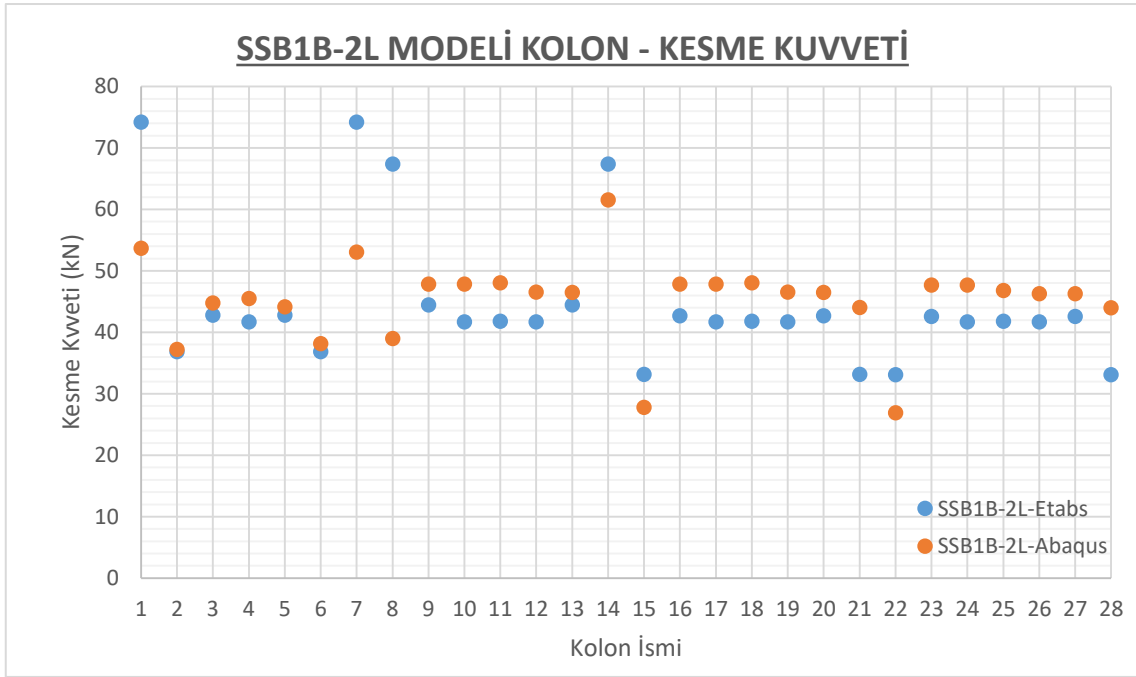
Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu, iki farklı programdan elde edilen sonuçlar DBYBHY-2007 yükü altında Şekil 5.95. - Şekil 5.99. arasında karşılaştırılmıştır. Etabs ve Abaqus model yaklaşımları sonuçları kesme kuvveti için yakın değerler verirken moment kuvvetlerinde ise farklılıklar mevcuttur.



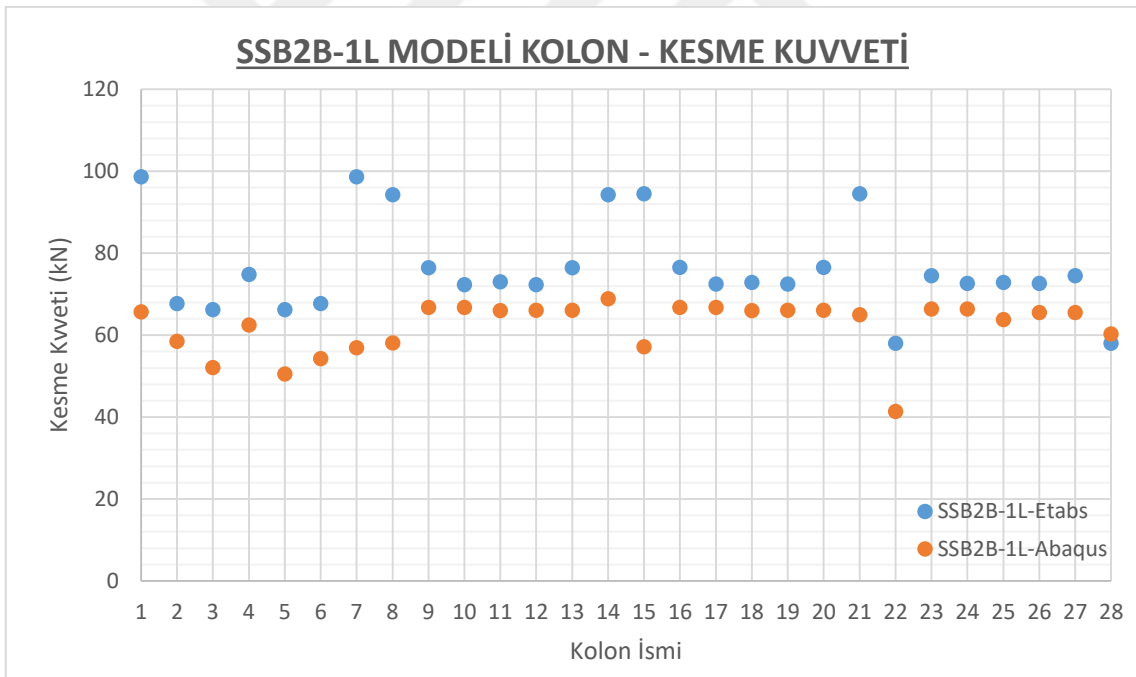
Şekil 5.95. RB1 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği



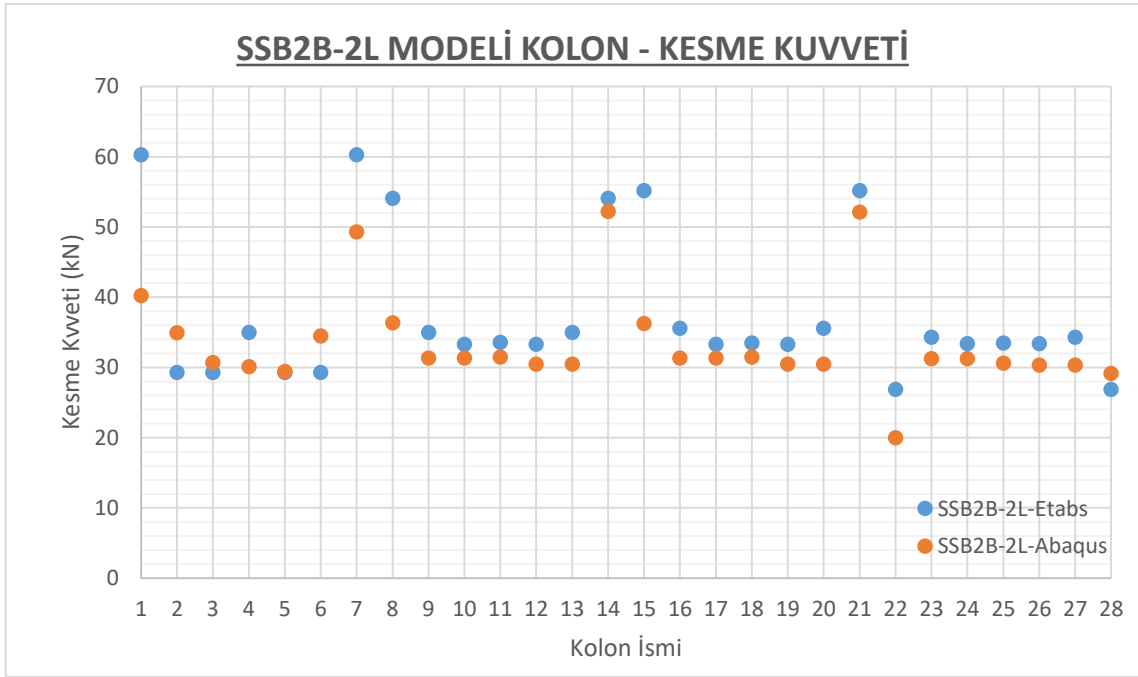
Şekil 5.96. SSB1B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği



Şekil 5.97. SSB1B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği



Şekil 5.98. SSB2B-1L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği

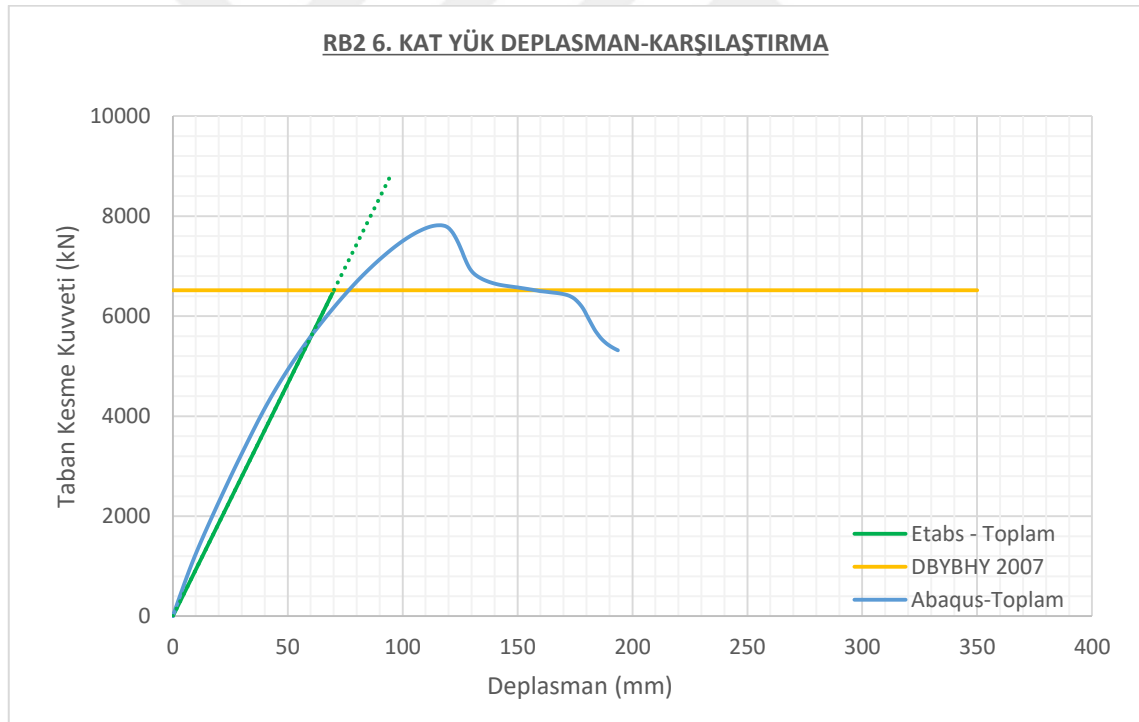


Şekil 5.99. SSB2B-2L modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği

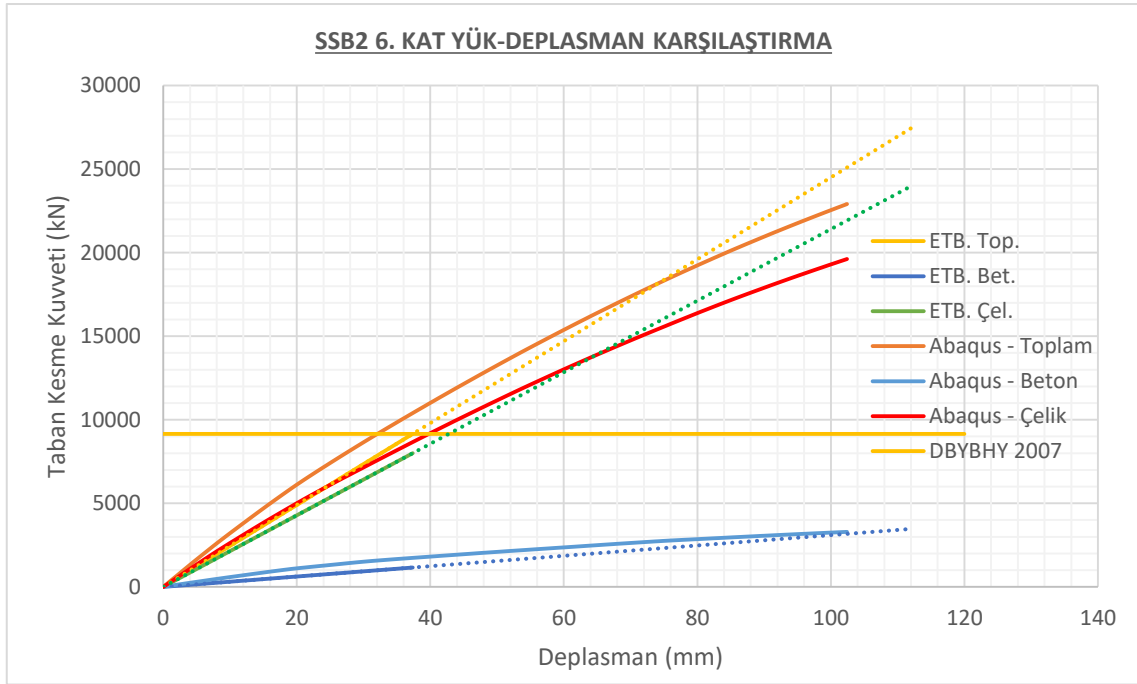
5.6. Konsollu Bina Modelleri – Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçları Karşılaştırmaları

5.6.1. Yük – deplasman

Bu bölümde konsollu bina için gerçekleştirilen doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 5.100.'de referans bina (RB2) için doğrusal olmayan ve doğrusal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 5.101.'de ise çelik sistemle güçlendirilmiş bina (SSB2) için analiz sonuçları verilmiştir. Bu grafikte çelik sistem ve betonarme çerçevenin toplam yatay yükten aldığı taban kesme payları da gösterilmiştir. İki çerçeve sistemi arasında yük paylaşım oranları ayrıca Şekil 5.102.'de de verilmiştir. Konsollu bina için gerçekleştirilen doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçları gerek yük paylaşım oranı ve gerekse yük – deplasman ilişkisi bakımından uyum içindedir.



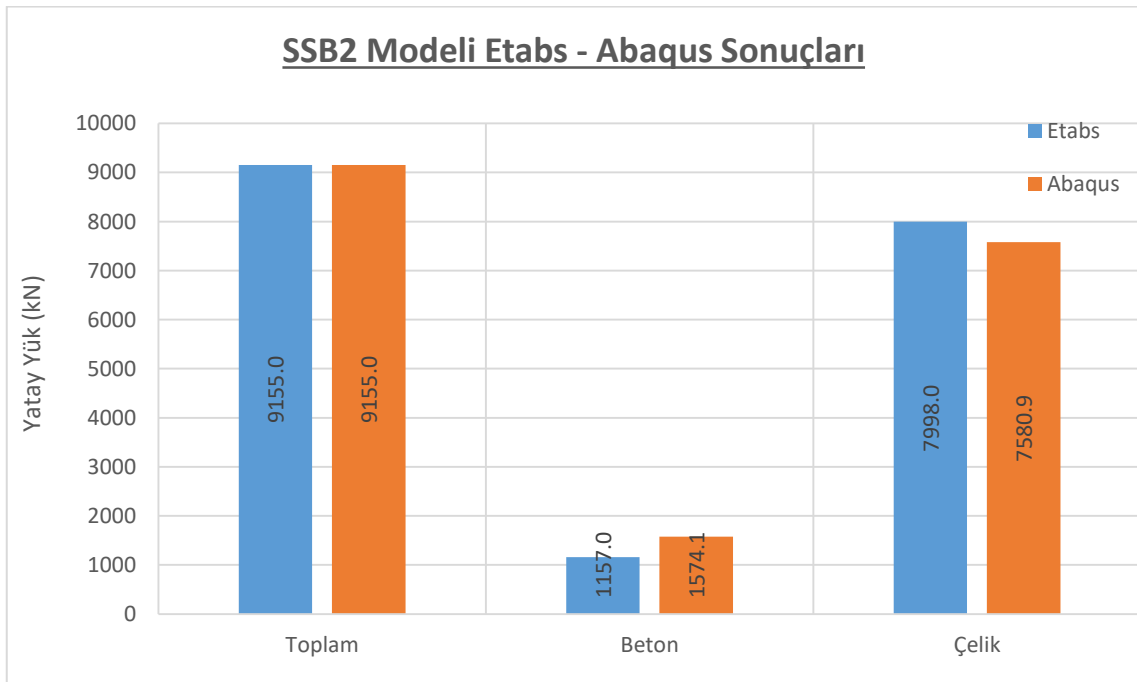
Şekil 5.100. RB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği



Şekil 5.101. SSB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yük / deplasman karşılaştırma grafiği

5.6.2. Deprem Kuvvetleri

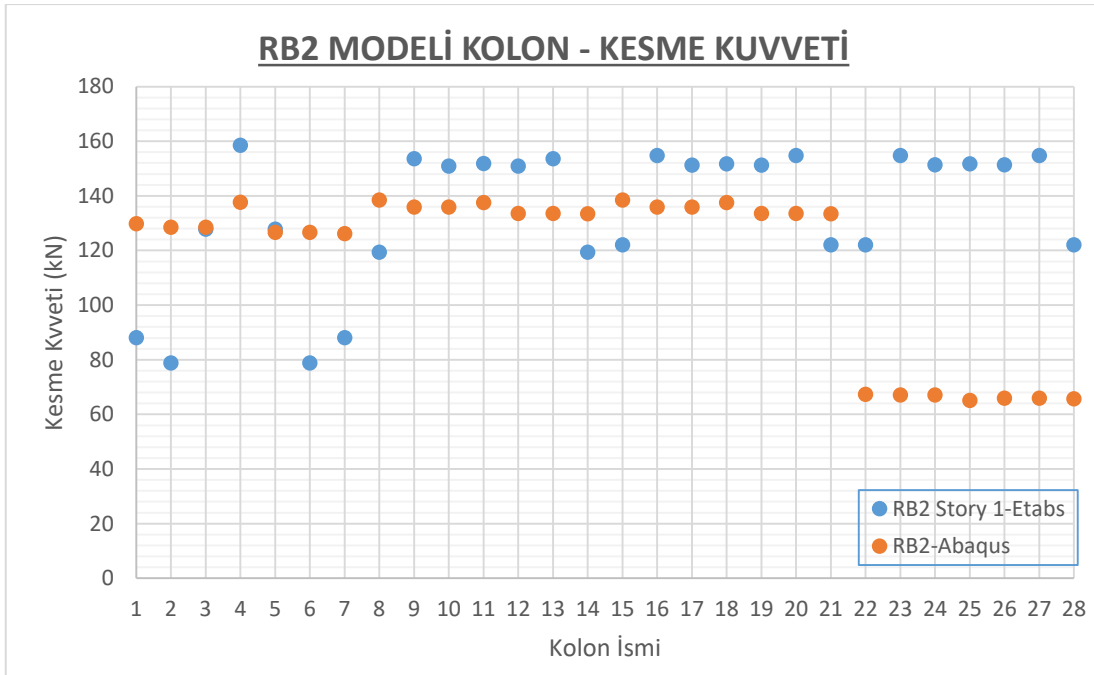
Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu, betonarme ve çelik sistemler arasında meydana gelen yük paylaşımları Şekil 5.102.'de karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, çelik ve betonarme sistemler arasında yük paylaşım oranları uyum içindedir.



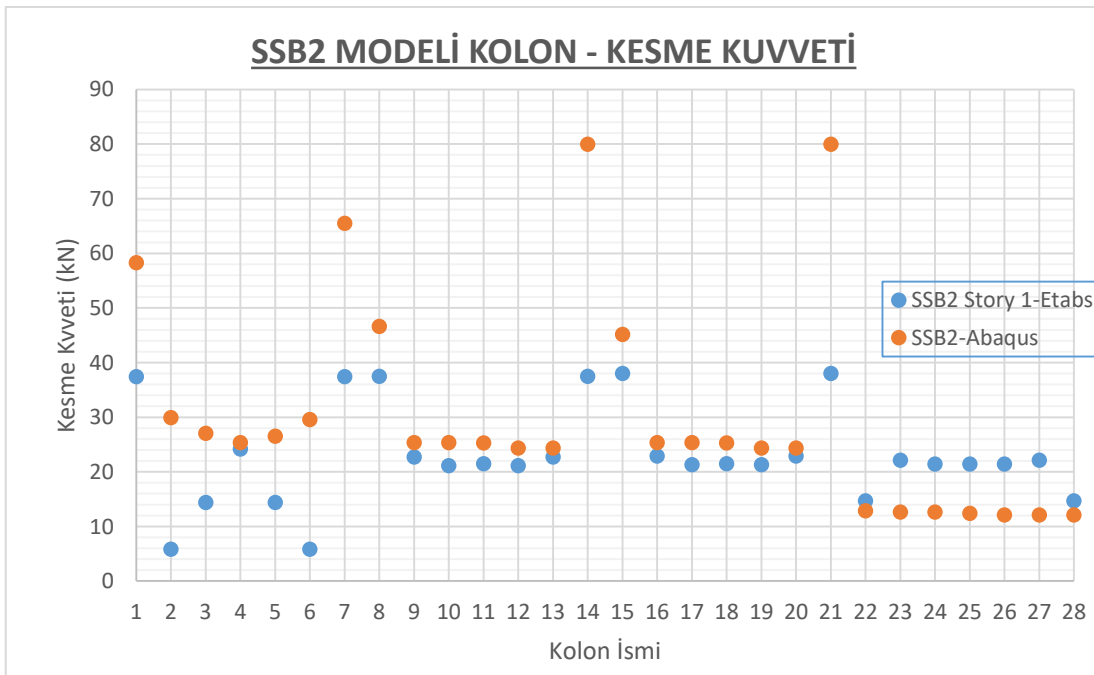
Şekil 5.102. SSB2 modelinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz için taban kesme kuvvetinin betonarme çerçeve ve çelik çerçeve arası dağılımı

5.6.3. Kolon kesit kuvvetleri

Doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucu, iki farklı programdan elde edilen sonuçlar DBYBHY-2007 yükü altında Şekil 5.103. ve Şekil 5.104.'de karşılaştırılmıştır. Etabs ve Abaqus model yaklaşımları sonuçları kesme kuvveti için yakın değerler verirken moment kuvvetlerinde ise farklılıklar mevcuttur.



Şekil 5.103. RB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği



Şekil 5.104. SSB2 modeli doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm analiz sonuçları karşılaştırma grafiği

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz dünyanın en aktif ve tehlikeli deprem kuşaklarının birisinde yer almaktadır. Son yüz yıl içinde ülkede yaşanan hızlı nüfus artışı, kırsal kesimden kentler göç beraberinde büyük konut açığını getirmiş ve yeterli mühendislik hizmeti görmemiş, deprem dayanımı yetersiz pek çok bina üretilmiştir. Söz konusu kusurlu ve yetersiz binalar gerek konut ve gerekse başka kullanım amaçları ile halen hizmet vermektedir. Ancak ülkemizde meydana gelen depremlerde mevcut betonarme yapılar ağır hasarlara, toptan göçmelere ve büyük can kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle, mevcut yapı stokunun gelecek muhtemel depremlere karşı iyileştirilmesi gerekmektedir. Mevcut yapıların güçlendirilmesi için pratik uygulamada pek çok metod vardır ve uygulanmaktadır. Bina kolonlarının mantolanması, binaya yeni perde duvarlar eklenmesi en fazla başvurulan metodlardır. Ancak bu yöntemlerde binanın boşaltılması, bina içinde imalat yapılması ve uzun imalat süreleri dezavantaj olmaktadır. Mülk sahibi ve kullanıcılar açısından binanın fonksiyonundan uzak kalması ve güçlendirme maliyetine ek olarak ince işlerin de yenilenmesi maliyetleri kaygı verici olabilmektedir. Tüm bu ekonomik yüke ilave olarak, binanın güçlendirilmesinin toplumda binanın “çürük” olduğu dedikodusunun yayılmasına neden olması ve binadaki mülk fiyatlarının düşmesi, güçlendirme kararının sadece teknik bir konu olmadığını, aynı zamanda sosyolojik ve psikolojik yönleri de olan bir süreç olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada yukarıda sayılan kaygıları en aza indirmeyi amaçlayan bir güçlendirme yöntemi ele alınmıştır. Güçlendirme metodu olarak bina dışına çelik sistem eklenmesi seçilmiştir. Bu yöntem;

- Bina içerisine müdahale edilmeyeceği, dolayısı ile bina kullanımını aksatmayan,
- Bina içindeki mevcut taşıyıcı sisteme müdahale edilmeyeceği için kaba ve ince imalat işleri oluşturmayan,
- Taşıyıcı sistem boyutlarında herhangi bir değişim olmayacağı için kullanım konforunu değiştirmeyen,
- Uygulama süresi nispeten daha kısa olan,
- Yeni eklenen çelik elemanların binaya estetik katan ve binanın görsel bir parçası olarak algılanacağı

bir yöntem olması açısından kullanıcı dostu bir sistem olarak değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda, beton malzeme kalitesi kısmen yeterli ancak perde duvar eksikliğinden dolayı yanal rijitliği ve genel deprem performansı zayıf binaların

güçlendirilmesi ele alınmıştır. Dış bahçe ve komşu binalar bakımından uygun durumda olan ve muhtemelen site veya kampüs içinde bulunan konut, yurt, hastane ve kamu kurumu gibi çok katlı binalarda uygulanabilecek bir yöntem tasarlanmıştır. Yetersiz yanal rijitlikte ve kapasitedeki betonarme binaların dış cephesine yeni çelik çerçeve eklenmesi ile elde edilen yeni sistemin, mevcut betonarme sistemi yatay rijitlik ve kapasite bakımından iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Yeni çelik sistem mevcut betonarme kolon ve kirişlere ankraj kamaları ile sabitlenecek ve yük aktarımı sağlanacaktır. Yeni çelik sistem için ayrıca bina komşuluğunda yeni bir temel sistemi de imal edilecektir.

Güçlendirme çelik sisteminde yatay rijitlik çapraz çubuklarla sağlanacaktır. Bu çapraz bağlantılar binanın dış cephesinde bulunan pencereleri kapatmayacak ya da en az seviyede engel olacak şekilde tasarlanacaktır.

Tez kapsamında tasarlanan güçlendirme tekniğinin etkinliğinin değerlendirilebilmesi için, deneysel bir çalışma yapılamamıştır. Deneysel araştırmalarda genellikle 2 boyutlu çerçevelerin yatay yükleme altında denenmesi ve güçlendirme sonrası davranışta meydana gelen iyileştirmelerin tespit edilmesi sözkonusudur. Ancak bu çalışmada önerilen güçlendirme yöntemi çerçeve dış cephesine paralel olarak yerleştirileceği için, güçlendirme sonrasında deney çerçevesinin simetrisi bozulacak ve yatay yükleme altında düzlem dışı dönme ve burulmalar oluşacaktır. Bu hareketin engellenmesi ise maliyetli bir sistem daha gerektirecek ve deney düzeneği karmaşık hale gelecektir. Bu durumda deney sırasında numuneyi cepheden izleme olanağı kalmayacaktır. Deneysel çalışma için sistemin üç boyutlu olarak yapılması ve binanın dört köşesinden de simetrik olarak güçlendirilmesi düşünülebilir. Bu durumda da gerek deney düzeneği ve gerekse numunelerin imali ve denenmesi çok büyük bütçeler gerektirecektir.

Yukarıda sıralanan teknik ve ekonomik zorluklar nedeniyle, tez kapsamında analitik çalışma gerçekleştirilmiştir. Analitik çalışmada, bina elemanlarının **tuğla-solid** elemanlar olarak modellenebildiği ve doğrusal olmayan analiz yapabilen Abaqus programı ile kolon ve kirişlerin **çerçeve (frame)** elemanlar olarak modellendiği Etabs programı ile modellemeler gerçekleştirilmiştir. Abaqus programı çözüme ulaşılması (yakınsama) bakımından elverişlidir. Abaqus programında modellenen bir deney numunesinden elde edilen analiz sonuçlarının, deneysel sonuçlarla uygunluğu daha önceki akademik bir makalede yayınlanmıştır. Tez kapsamında önerilen güçlendirme yöntemi, proje uygulamasında, gerçek bir binada uygulanacak olursa tercih edilecek analiz

yöntemi doğrusal analiz ve paket program ise Sap2000 ya da Etabs'dır. Gerçek proje uygulamasında Abaqus modellemesi ve analizi, üst düzey modelleme bilgisi, çok yüksek kapasiteli bilgisayar donanımı gerektirdiği için pratik görünmemektedir. Bu nedenle tez dahilinde tarif edilen doğrusal analiz modelleme detayları, proje hizmeti veren mühendisler için yararlı olacaktır.

Bu kapsamda ilk olarak Etabs ve Abaqus ortamında iki katlı ve iki açıklıklı bir deneysel çerçevenin modellenmesi yapılmıştır. Yatay olarak yüklenen çerçevede, ilk duruma ait yük-deplasman ilişkisi elde edilmiş ve daha sonra çerçeve dışına çelik güçlendirme çerçevesi sabitlenmiştir. Güçlendirilen sistemin analizi sonucu, çelik çerçevenin sisteme olan katkısı tespit edilmiştir. Her iki programda elde edilen doğrusal ve doğrusal olmayan analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Deneysel çerçevede konsol olması ve olmaması durumları ayrı ayrı ele alınmıştır.

İkinci olarak her iki yönde de simetrik olan, perde duvar içermeyen, aks aralıkları eşit ve kolonları kare olan 6 katlı bir bina modeli hem mimari hem de taşıyıcı sistem açısından tasarlanmıştır. İki farklı bina modeli söz konusudur. İlk bina türü konsol çıkma içermeyen bir binadır. Kamu kurum binaları, yurtlar veya hastane binalarında bu tip çıkmasız binalara rastlanmaktadır. Ancak imar yönetmeliğinin elverdiği durumlarda, bina 1. katından itibaren konsol çıkmalar yapılabilir. Bu nedenle ikinci bina tipinde, her 4 yönde de simetrik konsol çıkmalar içeren bir bina ele alınmıştır. Güçlendirme uygulamaları her iki bina tipi içinde ayrı ayrı ele alınmıştır.

Sözkonusu model binalar için güçlendirilmemiş ve güçlendirilmiş durumlarının, doğrusal analiz konusunda kabul görmüş ve proje uygulamalarında kullanılan bir program olan Etabs modeli oluşturulmuştur. Kolon ve kirişlerin **çerçeve (frame)** elemanlar olarak modellendiği sistemlerde, güçlendirme çerçevesini mevcut binaya olan ankrajlarının modellenmesi için tez dahilinde ayrıntılı olarak anlatılan bir tasarım uygulanmıştır. Deprem yüklemesi olarak mod birleştirme yöntemi kullanılmış ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamasının binanın rijitliğini önemli ölçüde artırdığı, binanın periyodunda azalmaya neden olduğu, mevcut betonarme kolonlarda kesme ve eğilme iç kuvvetlerinde azalmaya neden olduğu, aynı yatay yük seviyesinde kat deplasmanlarının azaldığı tespit edilmiştir. Ancak burada istisnai bir durum olarak, ön cephe aksı köşe kolonlarında güçlendirme sonrasında kesme kuvvetlerinin arttığı gözlenmiştir. Farklı çelik çerçeve alternatiflerinin etkinliği sayısal olarak tez dahilinde verilmiştir. Buna göre tek katmanlı çelik çerçevelere göre çift katmanlı olarak yapılan

çelik çerçeve sistemleri daha etkin olarak yatay yük taşıma kapasitesine katkıda bulunmuştur. Davranışta gözlenen bu olumlu artışa ek olarak, çelik taşıyıcı sistemin iki katmanlı olması, binanın alanının köşelerde artmasına neden olacaktır. Bu ek kısım odaya eklenerek ya da balkon olarak kullanılarak değerlendirilebilir. Bu imalatın mümkün olması için binanın bulunduğu arazinin müsait olması, tercihen bahçe içinde olması, bitişik nizamda başka bina olmaması ve çevresinde sokak veya cadde varsa, binayla arasında yeterli boşluk olması gerekir. Bina dışına tek katmanlı çelik çerçeve yerleşiminde ise bina alanındaki artış sınırlı kalacaktır. Her iki durumda da, çelik çerçeveye yapılacak çapraz elemanların, bina pencerelerini en az bir şekilde kapatmasına dikkat edilmelidir. Gerekli durumlarda, dış pencereler küçültülebilir.

Doğrusal analizde ele alınan bina taşıyıcı sistemi Abaqus ortamında da üç boyutlu katı olarak modellenmiştir. Bu modelde, kolon ve kiriş içindeki boyuna donatılar ve etriyelerde oluşturulmuş ve betonla tam aderans olacak şekilde beton elemanlara bağlanmıştır (**embed**). Bina döşemeleri de beton elemanlarla katı olarak modellenmiştir. Bina simetrik olduğu için sadece bir yarısı modellenmiş ve simetri düzleminde gerekli sınır şartları ve ötelenme-dönme durumları tanımlanmıştır. Malzeme özellikleri, gerçek gerilme-birim deformasyon ilişkisine bağlıdır. Beton için C20 sınıfı betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisi, çelik için S420 sınıfı çeliğin gerilme-birim deformasyon ilişkisi modele tanımlanmıştır. Beton için çekme dayanımı da göz önüne alınmıştır.

Modelde doğrusal olmayan analiz yapılabilmesi için, yatay yüklemenin kuvvet olarak değil, deplasman olarak uygulanması gerekmektedir. Bu durumda uygulanan deplasmanın katlara dağılımı belirsizdir. Yüklemenin ilk aşamasında katların deplasmanı kat kesme kuvveti ile orantılı olsada, malzemenin gerilme-birim deformasyon özelliklerinin doğrusal olmaması nedeniyle fazla zorlanan elemanlar elastik ötesi deformasyon yapacaktır. Bu durumda katların deformasyon dağılımı ilk yükleme durumundan farklı olacaktır. Bu nedenle deneysel çalışmada uygulanan yükleme sisteminde kullanılan rijit yükleme aparatına benzer bir yükleme aparatı modellenmiştir. Yükleme aparatı her bir katın kütle merkezine bağlanmış (constraint) ve yatay ötelenme uygulanmıştır. Yükleme aparatı elemanları rijit, bağlantıları mafsallıdır. Doğrusal olmayan modellemede, beton ve çelik elemanlar arası bağlantı elemanları (ankraj kamaları) da modelde gerçeğe uygun şekilde titizlikle uygulanmıştır. Analiz sonucunda, güçlendirme sonrasında bina yatay yük taşıma kapasitesi, rijitlik artışı, taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı ilişkileri elde edilmiştir. Ayrıca yükleme aşamalarında her bir

kolonda meydana gelen iç kuvvetler, yatay yükten betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı pay oranları (taban kesme kuvvetleri) elde edilmiştir. Ek olarak yükleme sırasında güçlendirme çerçevesinde meydana gelen Von-Misses gerilmeleri de tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, uygulanan güçlendirme, binanın taşıma kapasitesi ve rijitliğine önemli ölçüde katkı yapmaktadır. Bu katkılar **RB1** binası için Çizelge 6.1 – Çizelge 6.3 arasında, **RB2** binası için ise Çizelge 6.4 ve Çizelge 6.5’de verilmiştir.

<i>Model</i>	F_{max} (kN)	$F_{Max. \%60}$ (kN)	$F_{Max. \%60 Dep.}$ (mm)	F_{max} <i>Model/Ref</i>	<i>Rijitlik</i> (kN/mm)	<i>Rijitlik</i> <i>Model/Ref</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
RB1	7255.82	4353.49	501.99	1.00	8.67	1.000
SSB1B-1L	18859.90	11315.94	937.37	2.60	12.07	1.392
SSB2B-1L	29652.20	17791.32	926.46	4.09	19.20	2.214
SSB1B-2L	39566.60	23739.96	967.33	5.45	24.54	2.830
SSB2B-2L	74932.80	44959.68	1033.22	10.33	43.51	5.018

Çizelge 6.1. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

<i>Model</i>	F_{max} (kN)	<i>Model/Ref.</i>	$\%I F$ (kN)	<i>Model/Ref.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
RB1	7255.8	1.00	6716.3	1.000
SSB1B-1L	14498.5	2.00	16274.7	2.423
SSB2B-1L	23392.0	3.22	26682.4	3.973
SSB1B-2L	30451.3	4.20	35055.8	5.219
SSB2B-2L	54617.4	7.53	62514.2	9.308

Çizelge 6.2. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin ($\Delta^{\%1 Tepe}$) deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve ($\Delta^{\%1 Tepe}$) tepe deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırması

<i>Model</i>	F^{RBI}_{max} (kN)	(Δ^{FRBI}_{max}) (mm)	<i>Model/Ref.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
RB1	7255.8	139.36	1.00
SSB1B-1L	7255.8	51.17	0.37
SSB2B-1L	7255.8	30.31	0.22
SSB1B-2L	7255.8	23.78	0.17
SSB2B-2L	7255.8	13.89	0.10

Çizelge 6.3. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinde, F^{RBI}_{max} (7255.8 kN) taban kesme kuvvetine karşılık gelen tepe deplasmanları

<i>Model</i>	<i>F_{max}</i> (kN)	<i>F_{Max. %60}</i> (kN)	<i>F_{Max. %60 Dep.}</i> (mm)	<i>F_{max}</i> <i>Model/Ref</i>	<i>Rijitlik</i> (kN/mm)	<i>Rijitlik</i> <i>Model/Ref</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
RB2	7817.50	4690.50	46.20	1.00	101.54	1.000
SSB2	22910.50	13746.30	52.09	2.93	263.89	2.599

Çizelge 6.4. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve yatay rijitlik değerlerinin karşılaştırılması

<i>Model</i>	<i>F_{max}</i> (kN)	<i>Model/Ref.</i>	<i>%I F</i> (kN)	<i>Model/Ref.</i>
RB2	7817.5	1.00	6028.00	1.000
SSB2	22910.50	2.93	-	-

Çizelge 6.5. Referans ve güçlendirilmiş analiz modellerinin $\Delta^{RB2}_{F_{max-tepe}}$ deplasmanı seviyesinde taşıdıkları toplam taban kesme kuvveti ve $\Delta^{%I}_{Tepe}$ deplasmanına karşılık gelen yük değerlerinin karşılaştırılması

Doğrusal analiz ve doğrusal olmayan analiz sonuçlarının karşılaştırılması da tez kapsamında yapılmıştır. Bu amaçla, her iki analizden elde edilen yatay yük-tepe deplasmanı eğrileri karşılaştırılmıştır. Ek olarak her iki analiz sonucuna göre, yatay yükten betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı paylarda RB1 analiz modeli için Çizelge 6.6.'da, RB2 analiz modeli için ise Çizelge 6.7.'de kıyaslanmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre, doğrusal analizde çelik çerçevenin katkısı, doğrusal olmayan analizde tespit edilen çelik çerçevenin katkısına yakındır. Her iki modelleme yaklaşımında da tespit edilen kapasite ve rijitlik artışları uyum içindedir.

<i>Model</i>	<i>DBYBHY-2007 Deprem</i> <i>Yükü (kN)</i>	<i>Betonarme Çerçevenin</i> <i>Aldığı Yük (kN)</i>		<i>Çelik Çerçevenin Aldığı</i> <i>Yük (kN)</i>	
		<i>Etabs</i>	<i>Abaqus</i>	<i>Etabs</i>	<i>Abaqus</i>
SSB1B-1L	7319.0	4315.0	3004.0	3814.0	3505.0
SSB1B-2L	9179.0	2228.0	2203.5	6951.0	6976.4
SSB2B-1L	8351.0	3799.0	3076.3	4552.0	5274.7
SSB2B-2L	9705.0	1889.0	1624.8	7816.0	8080.3

Çizelge 6.6. RB1 modeli analiz sonucu betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı yükler.

<i>Model</i>	<i>DBYBHY-2007 Deprem</i> <i>Yükü (kN)</i>	<i>Betonarme Çerçevenin</i> <i>Aldığı Yük (kN)</i>		<i>Çelik Çerçevenin Aldığı</i> <i>Yük (kN)</i>	
		<i>Etabs</i>	<i>Abaqus</i>	<i>Etabs</i>	<i>Abaqus</i>
SSB2	9155.0	1157.0	1574.1	7998.0	7580.9

Çizelge 6.7. RB2 modeli analiz sonucu betonarme çerçeve ve çelik çerçevenin aldığı yükler.

Analizi yapılan model binalarda uygulanan güçlendirme sistemi bina köşelerinde bir veya iki açıklıkta, tek veya çift katman olarak tasarlanmıştır. Gerçekte uygulamada binanın mimarisi, taşıyıcı sistemi dikkate alınarak dıştan eklenen bu çelik çerçevelerin yeri değişebilir, orta akslara da uygulanabilir. Binaların köşelerinden uygulanması için bir zorunluluk yoktur. Ayrıca model binalar planda kare ve her iki yönde de simetrik olarak seçilmiştir. Simetrik ve kare olmayan, planda farklı forma sahip binalarda da ağırlık ve rijitlik merkezinin çakışmasına dikkat edilerek uygulanabilir. Hangi güçlendirmenin nereye ve nasıl uygulanacağına proje mühendisi karar verecektir.

Çalışmada sadece analitik çalışma yapılmamış, güçlendirme sonrası bina estetiğinde meydana gelebilecek değişiklikte görsel olarak sunulmuştur. Bu bakımdan güçlendirme uygulamalarının kullanıcı konforu ve mimari yönlerinde, güçlendirme sürecinde önemli olduğunu tekrar hatırlamak gerekmektedir. Yapılara ait yapılaşma koşulları ilgili mercilerce hazırlanan (genellikle yerel idareler tarafından) imar planları ve bu planlarda belirtilen notlar ile belirlenir. Her parsel için yapılaşma koşulları farklılık gösterebilir. Bunlara karar ve izin verme yetkisi yerel yönetimlerde dir. Her parselin belirlenmiş olan yapı yaklaşma sınırları (çekme mesafeleri) vardır. Bu sınır dışında belirli koşullar haricinde yapılaşma yapılamaz. Bazı parsellerde bitişik nizam yapı düzeni ve/veya çekme mesafesi olmadan parsel sınırları inşa edilebilir. Bu tür parsellerde, yapılacak dıştan güçlendirme çalışması sonucu oluşan konstrüksiyonun, zeminde mevcut bir bahçe mesafesi olmaması sebebiyle kaldırım, yol vs. gibi kullanılan alanlara denk gelmesi sebebi ile, yapılmasına idare tarafından izin verilmeyebilir. Ayrıca, bahçe mesafesi olan parsellerde de çekme mesafesi önceden (inşaat sırasında) tamamen kullanılmış ise bu tür imalatlara izin verilmeyebilir. İmar yönetmeliğinde yer alan bir maddede belirtilen “20 cm cephe süs payı bu sınırın dışında kullanılabilir” ibaresine istinaden, yapının mevcut durumu ve yapılan işlemden göz önüne alınıyorsa ve herhangi başka bir şeye ve/veya kişiye zarar vermiyor ise yerel yönetimden özel izin alınabileceği düşünülmektedir. Bu gibi durumlardaki izin tamamen yerel yönetim ile ikili görüşmeler ile gelişecektir. Bitişik nizam sistemlerde, ön bahçe mesafesi olmadan yol kenarında kaldırım ile biten cephesi olan yapılarda vb. durumlarda yapılabilmesi için ise izin alınabilmesi pek mümkün görünmemektedir.

Tez çalışmasını takip eden ek çalışmalar kapsamında, güçlendirme öncesi ve sonrası bina modellerinin doğrusal ve doğrusal olmayan performans analizlerinin yapılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- web iletisi 1, <https://www.afad.gov.tr/tr/4379/Deprem-Nedir>: [06.06.2018].
- web iletisi 2, <http://www.gfz-potsdam.de/gshap/>:
- web iletisi 3, <https://earthquake.usgs.gov/data/pde.php>:
- web iletisi 4, <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-bolgeleri-haritasi#>: [06.06.2018].
- web iletisi 5, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2014/08/TURKIYE4-1024x724.png>: [06.06.2018].
- web iletisi 6, http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/wp-content/uploads/2014/08/1999_2017_deprem_sayilari.png: [06.06.2018].
- web iletisi 7, <http://www.berkeleyside.com/2013/10/30/city-parking-garage-fees-up-downtown-down-on-telegraph/>: [06.06.2018].
- web iletisi 8, www.chicagoarchitecture.info: [06.06.2018].
- web iletisi 9, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>: [06.06.2018].
- ABAQUS, FEA Software.
- Acun, B. ve Sucuoğlu, H., 23-25 Mart 2005, Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçeveslerin Hasır Donatı ile Güçlendirilmesi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, 965-971.
- AFAD, 2011, Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması ve Yapısal Güçlendirme, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, p.
- Ağar, M., 2008, Strengthening of Reinforced Concrete Frames By Using Steel Bracings, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Akın, A., 2011, Önüretimli Beton Panellerle Güçlendirilmiş Dolgulu Betonarme Çerçeveslerin Deprem Davranışının Deneysel ve Analitik Olarak İncelenmesi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Akın, S., K., Kara, N. ve Kaltakçı, M., Y., 2008, Selçuk Teknik Dergisi, Betonarme Çerçeveslerde Kısmi Kuşaklamanın Etkinliği Üzerine Deneysel Bir Çalışma 227-252.
- Al-Dwaik, M., M., ve Armouti, N., S., 2013, Jordan Journal of Civil Engineering, Analytical Case Study of Seismic Performance of Retrofit Strategies for Reinforced Concrete Frames: Steel Bracing with Shear Links Versus Column Jacketing.
- B.Ü., 2005, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Afete Hazırlık Eğitim Birimi Afete Hazırlık El Kitabı, *İstanbul*, Boğaziçi Üniversitesi, p.
- Badoux, J. ve Mirsa, J. O., 1990, Journal of Structural Engineering, ASCE., Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting 55-74.
- Bahadır, F., 2012, Düzlem Dışı Perde Duvarla Güçlendirilmiş Deprem Davranışı Yetersiz Betobarme Çerçeveslerin Davranışına Pencere Boşluklarının Etkisi *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya/Türkiye.
- Bedirli, B., 2014, Deprem Travmasının Kronik Psikolojik Etkileri : Düzce Depreminden 14 Yıl Sonra Travma Sonrası Stres ve Depresyon Belirtilerinin Yaygınlığı ve İlişkili Risk Faktörleri, *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul / Türkiye.
- Bush, T., D., Jones, E., A, ve Jirsa, J., O., 1991, Journal of Structural Engineering, ASCE Behavior of the RC Frames Strengthened Using Structural Steel Bracing 1115-1126.
- DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

- Dere, Y., 2017, Assessing a Retrofitting Method for Existing RC Buildings with Low Seismic Capacity in Turkey, *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 31 (2 April 2017), 04016098.
- Doğan, O., Akdemir, İ. ve Er, S., B., 2011, International Journal of Research and Development, Çelik Halatlarla Güçlendirilmiş Betonarme Çerçeve Binanın Bilgisayar Destekli Depram Analizi.
- Downs, R., E., 1991, Evaluation of two RC buildings retrofit with steel bracing. ETABS, Integrated Software for Structural Analysis and Design.
- Faella, C., Lima, C., Martinelli, E. ve Realfonzo, R., 2014, Steel bracing configurations for seismic retrofitting of a reinforced concrete frame, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Structures and Buildings*, 54-65.
- Hattori, Y., Yamamoto, Y. ve Koh, T., August 1-6 2004, Seismic Strengthening Method With Exterior Concrete Member Included Steel Plate, *13 th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver / Canada.
- Higashi, Y., Endo, T., Ohkubo, M. ve Shimizu, Y., 1980, Experimental Study on Strengthening Reinforced Concrete Structure by Adding Shear Wall, *Proceedings of the 7th WCEE*, Istanbul, Turkey., 173-180.
- Higashi, Y., Endo, T. ve Shimizu, Y., 1984, Experimental studies on retrofitting of reinforced concrete building frames., *Proceedings of the 8th WCEE*, 447-484.
- Kaltakçı, M., Y., Yılmaz, Ü., S., ve Arslan, M., H., 2006, Yatay Yük Taşıma Kapasitesi Düşük Olan Betonarme Çerçevelerin Dış Perde Duvar Uygulaması ile Güçlendirilmesi, *Seventh International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2006)*, Yıldız Teknik Üniversitesi İstanbul / Turkey, ace 06-167 161-112.
- Kara, E., 2006, Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Betonarme Parçasal Dolgu Duvarlarıyla Güçlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara / Türkiye.
- Kawamata, S. ve Ohnuma, M., 1980, Strengthening effect of eccentric steel braces to existing reinforced concrete frames., *Proceedings of 7 WCEE*, İstanbul / Turkey, 513-520.
- Masri, A., C., ve Goel, S., C., 1996, Seismic Design and Testing of an RC Slab-Column Frame Strengthened by Steel Bracing, *Earthquake Spectra*, 12 (4), 645-666.
- Massumi, A. ve Tasnimi, A., A., 7-12 October 2008, Strengthening of Low Ductile Reinforced Concrete Frames Using Steel X-Bracings With Different Details, *The 14 th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing / China.
- Mowrtage, A., 2015, Simple Strengthening Techniques and New Technologies for Seismic Safety of Existing Buildings : Recent Research and Applications in Turkey, *International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)*, Burdur, Turkey.
- Nehdi, M. L., Youssef, M. A. ve Ghaffarzadeh, H., 2005, Experimental Evaluation of The Seismic Behavior of Steel-Braced RC Frames, *7.th International Conference on Multi-Purpose High Rise Towers and Tall Buildings*, Dubai, UAE.
- ODTU-DMAM, 2011, 23 Ekim 2011 Mw 7.2 Van Depremi Sismik ve Yapısal Hasara İlişkin Saha Gözlemleri, METU/EERC 2011-04, *İnşaat Mühendisleri Odası*, 45-56.
- Özcelik, R., 2011, Seismic Upgrading of Reinforced Concrete Frames With Structural Steel Elements, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara / Turkey.
- Pincheira, J., A., ve Jirsa, J., O., 1995, Journal of Structural Engineering, ASCE Seismic Response of RC Frames Retrofitted with Steel Braces or Walls. 1225-1235.

- Prasad, V. ve Philip, N., 2014, Effectiveness of Inclusion of Steel Bracing in Existing RC Framed Structure, *Impact : International Journal of Research in Engineering & Technology*.
- Preeti, C. ve Mohan, K., J., 2016, Evaluation of The Use of Concentric Steel Bracing To Improve Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Building - Equivalent Static Analysis, *IJRET:International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol:04 (08).
- Safarizki, H., A., Kristiavan, H., A., ve Basuki, A., 2013, Evaluation of the Use of Steel Bracing to Improve Seismic Performance of Reinforced Concrete Building, *The 2nd International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering*, 447-456.
- Sugano, S. ve Fujimora, M., A., 1980, Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings, *Proceedings of 7 WCEE, Istanbul / Turkey*, 449-456.
- Tama, Y., S., Yılmaz, S., Kaplan, H. ve Görgülü, T., 2005, Mevcut Betonarme Yapıların Dış Çelik Perde ile Güçlendirilmesi: UygulM Çalışması, *4th International Advanced Technologies Symposium*, Konya / Türkiye, 1194 - 1197.
- Tanaji, B., A., ve Shaikh, A. N., 2015, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), Analysis of Reinforced Concrete Building with Different Arrangement of Concrete and Steel Bracing System 08-12.
- Topçu, İ., B., Işıkdag, B., Tatar, Ö. ve Abi, E., 23-25 Mart 2005, Depremde Hasar Görmüş Betonarme Binaların Ferrocement Panellerle Güçlendirilmesi, *Kocaeli / Türkiye*, 917-926.
- TS500, 2000, TS500. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. ANKARA, Türk Standartları Enstitüsü.
- Viswanath, K., G., Prakash, K., B., ve Anant, D., 2010, International Journal of Civil and Structural Engineering, Seismic Analysis of Steel Braced Reinforced Concrete Frames.
- Yön, B. ve Sayın, E., 16-18 May 2011, Betonarme Perdeler ve Çelik Çaprazlarla Yapılan Güçlendirmenin Karşılaştırılması, *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ / Turkey.

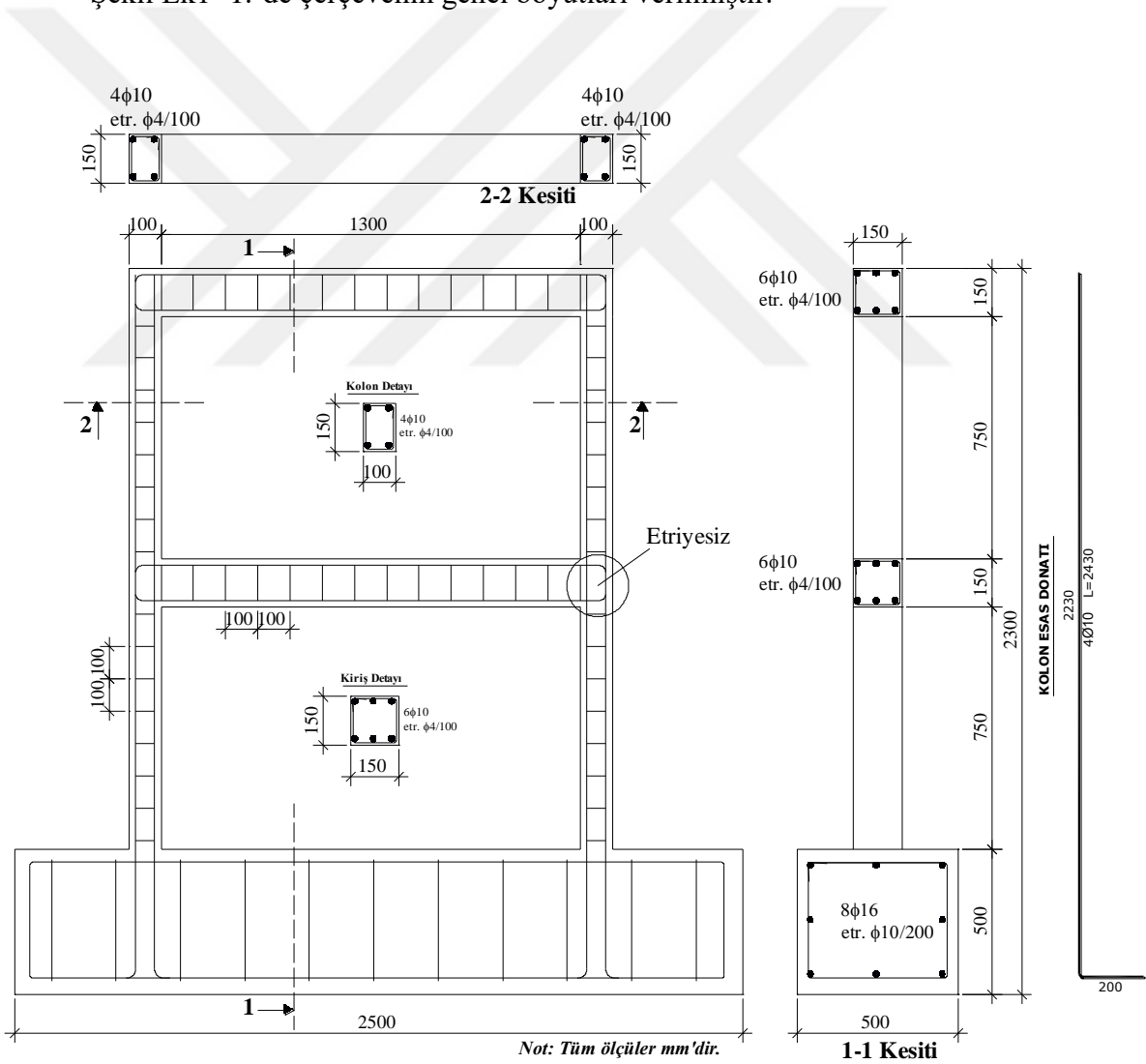
EKLER

EK1 – DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde oluşturulan Abaqus modelinin gerçek davranışla uyumunun belirlenmesi için gerçekleştirilen deneyler ve literatürde bulunan çeşitli deneyler ile analitik sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

Tez kapsamında 17201058 nolu BAP projesi bütçesi dahilinde ilk olarak 1/3 ölçekli, tek açıklıklı ve iki katlı betonarme deney numuneleri üretilmiştir. Betonarme çerçeve deprem dayanımı ve yatay rijitliği yetersiz, betonarme bir binanın taşıyıcı sisteminden bir bölümü temsil etmektedir. Numuneler 1/3 ölçeklidir. Kolonlar 10x15 cm ve kirişler 15x15 cm boyutundadır. Kat yüksekliği 90 cm ve çerçeve açıklığı 140 cm dir.

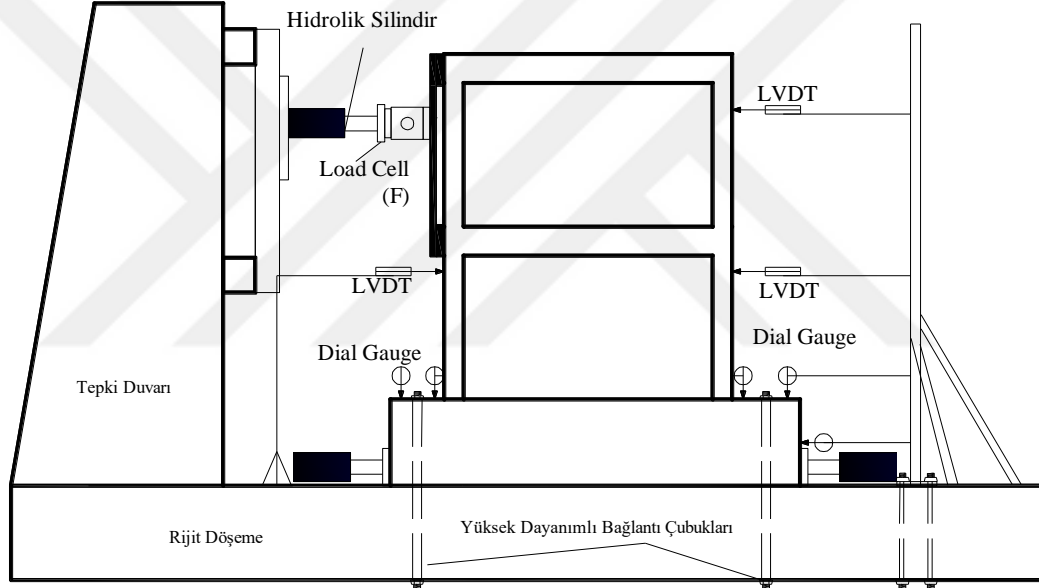
Şekil Ek1- 1.'de çerçevenin genel boyutları verilmiştir.



Şekil Ek1- 1. Referans deney numunesinin donati detayı ve ölçuleri

Kolonlarda 4 adet ve kirişlerde 6 adet $\phi 10$ boyuna donatı kullanılmıştır. Etriye olarak 8mm çapında kapalı etriyeler 10 cm ara ile teşkil edilmiştir.

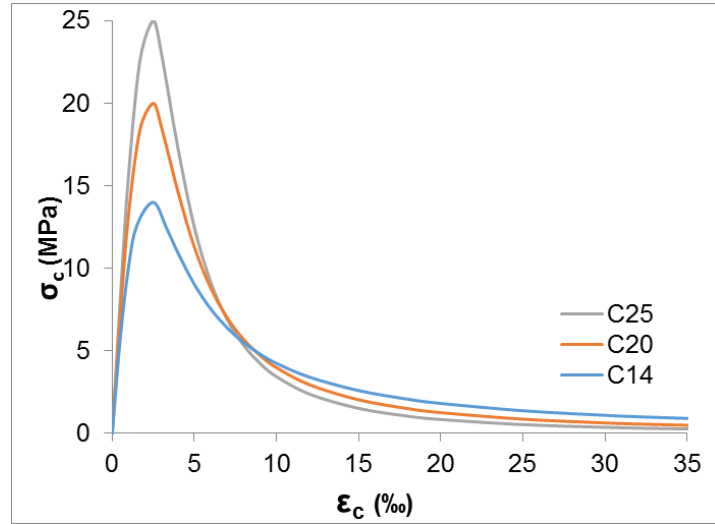
Çerçeve numunesi tabanında rijit bir temel imal edilmiş ve kolonların tabanda ankastre olması sağlanmıştır. Numune temelde bırakılan 8 adet delik vasıtasıyla laboratuvar güçlü zeminine bağlanmıştır. Depremi benzeştiren yatay yükleme numuneye kat hizalarından verilmiştir. Toplam yatay yükün 1/3 ü orta kata (1. Kat) 2/3 ü üst (tepe) kata gelecek şekilde uygulanmıştır. Bunun için rijit bir yükleme kirişi kullanılmıştır. Yatay yükleme sisteminde numunenin yatay deplasmanı ile konfigürasyonu ve yük dağılımı bozulmayan mafsallı bir tasarım uygulanmıştır. Yatay yükleme sistemi Şekil Ek1- 2.'de verilmiştir.



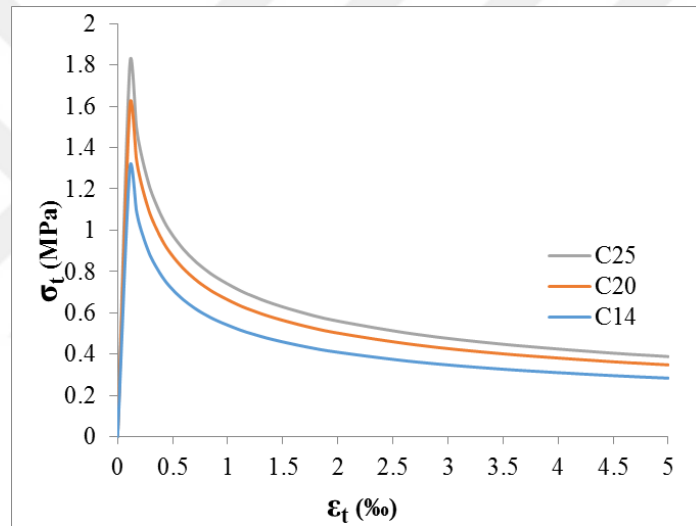
Şekil Ek1- 2. Deneysel çalışma yükleme sistemi

Deneysel çalışmada ilk denenen numune referans boş çerçevedir (**RF1**). Bu numune herhangi bir güçlendirme yada dolgu duvar içermemiştir.

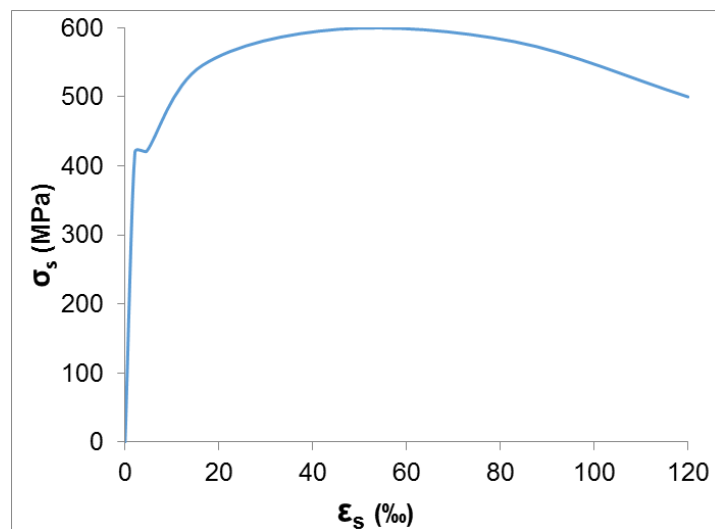
Denenen test numunesinin Abaqus modeli de oluşturulmuştur. Kullanılan malzeme modelleri için tanımlanan beton basınç gerilme-birim deformasyon grafiği Şekil Ek1- 3.'de C14-20-25 betonları için verilmiştir. Ayrıca aynı sınıf beton malzemesi için tanımlanan çekme gerilmesi-birim deformasyon grafiği Şekil Ek1- 4.'de, ve donatı çeliği için atanan gerilme-birim deformasyon grafiği ise Şekil Ek1- 5Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı..'de verilmiştir.



Şekil Ek1- 3. C14-20-25 betonları için beton basınç gerilme-birim deformasyon grafiği (Dere, 2017)

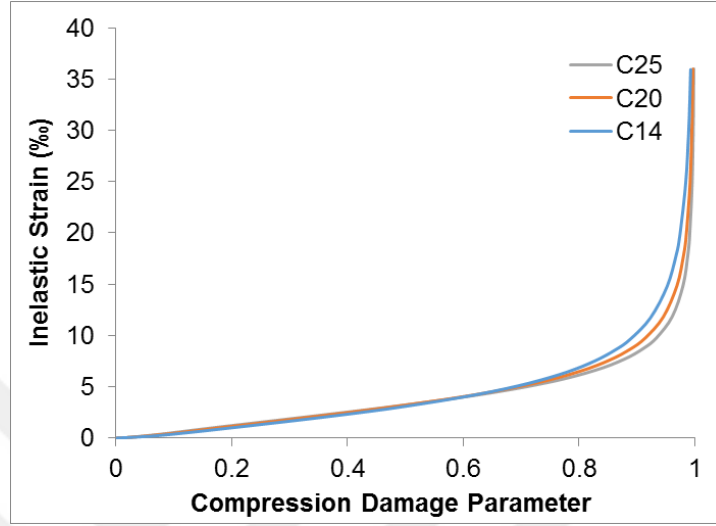


Şekil Ek1- 4. C14-20-25 betonları için beton çekme gerilme-birim deformasyon grafiği (Dere, 2017)

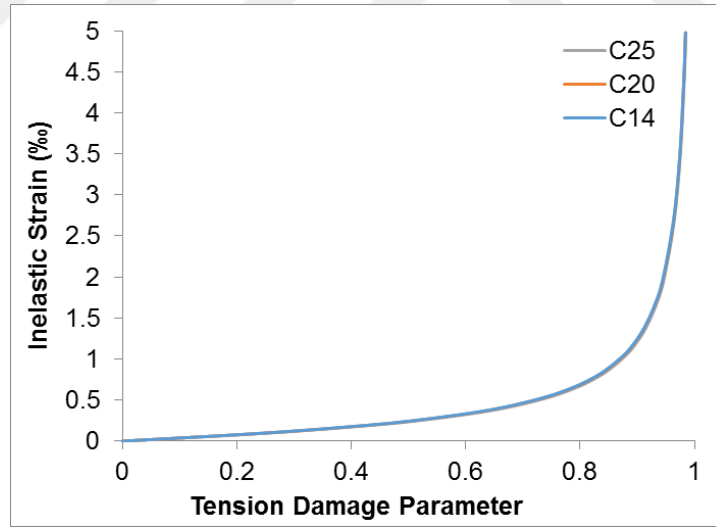


Şekil Ek1- 5. Donatı çeliği gerilme-birim deformasyon grafiği (Dere, 2017)

Abaqus çözüm denklemlerinde malzemelerin elastik olmayan birim deformasyon-basınç/çekme hasar parametrelerinin tanımlanması gerekmektedir. Şekil Ek1- 6.ve Şekil Ek1- 7.'de beton malzeme sınıfları için tanımlanan ilişkiler verilmiştir.

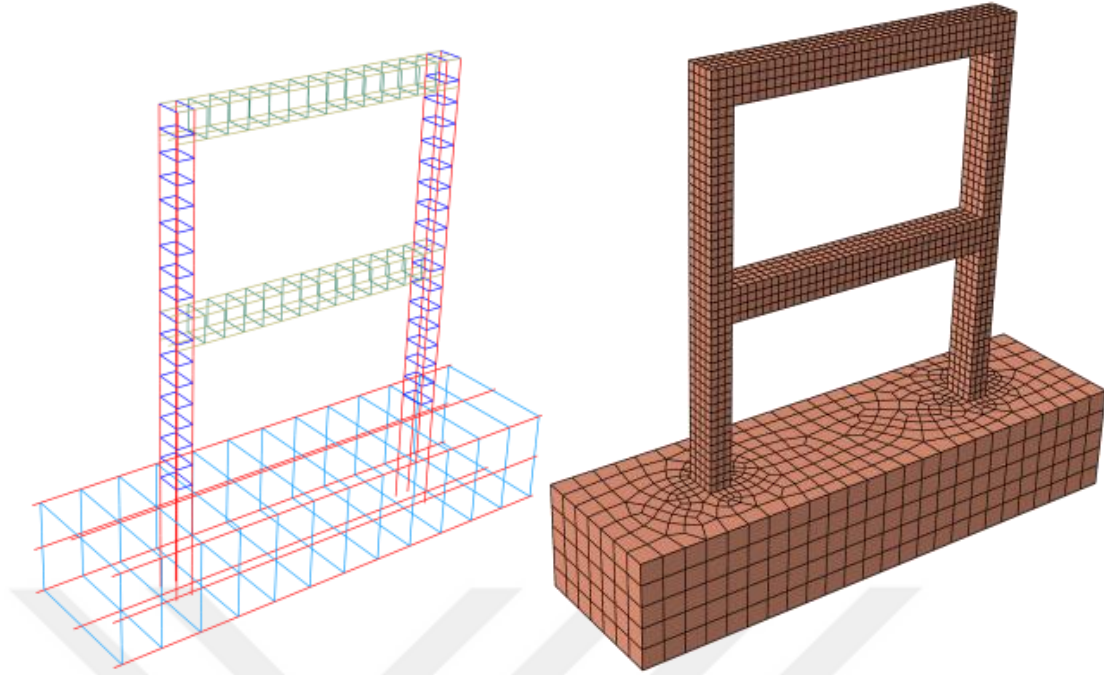


Şekil Ek1- 6. Beton malzeme sınıfları için elastik olmayan birim deformasyon-basınç hasar parametreleri (Dere, 2017)



Şekil Ek1- 7. Beton malzeme sınıfları için elastik olmayan birim deformasyon-çekme hasar parametreleri (Dere, 2017)

Malzeme modellerinin tanıtımından sonra deney numuneleri **katı** olarak modellenmiş ve sonlu elemanlara ayrılmıştır. Deney numunesinde bulunan boyuna ve enine donatılarda **çubuk** elemanlar olarak gerçek geometriye uygun olarak modellenmiştir. Şekil Ek1- 8.'de Abaqus modelinde kullanılan donatı ve katı eleman sonlu elemanlar ağı verilmiştir.



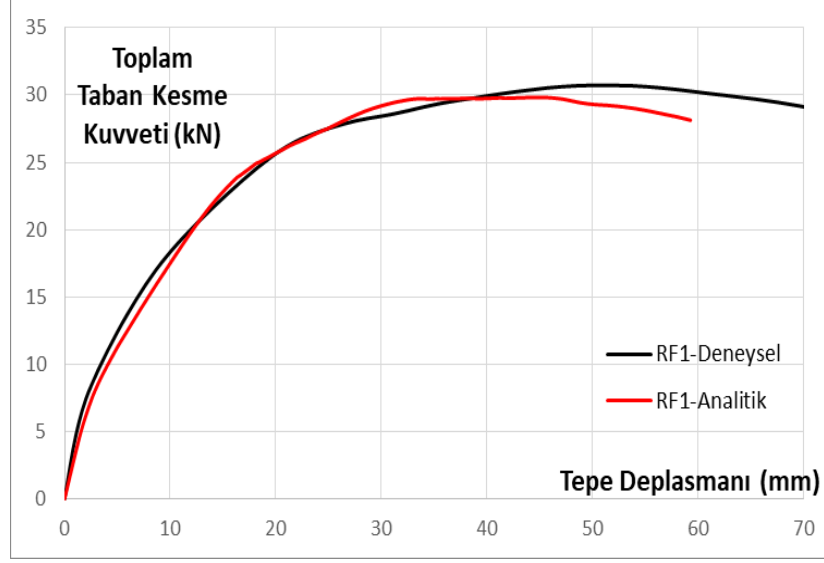
Şekil Ek1- 8. Abaqus modelinde kullanılan donatı ve katı eleman sonlu elemanlar ağı (Dere, 2017)

Abaqus modelinde temel tabandan ankastre kabul edilmiş ve uygulanan toplam yatay yükün belirlenebilmesi için taban reaksiyon değerleri toplanmış ve “toplam taban kesme kuvveti” olarak adlandırılmıştır. Doğrusal olmayan çözüm prosedüründe oluşturulan denklemlerin yakınsaması için numunelere kuvvet değil, yatay deplasman uygulanmıştır. Gerçek deneysel çalışmada kullanılan rijit yükleme sisteminin sanal modeli Abaqus ortamında da oluşturulmuş ve yatayda deplasman olarak ittirilmiştir. Çözüm (time) adımlara (step) bölünerek doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Analizler yakınsamanın bittiği noktaya kadar devam ettirilmiştir.

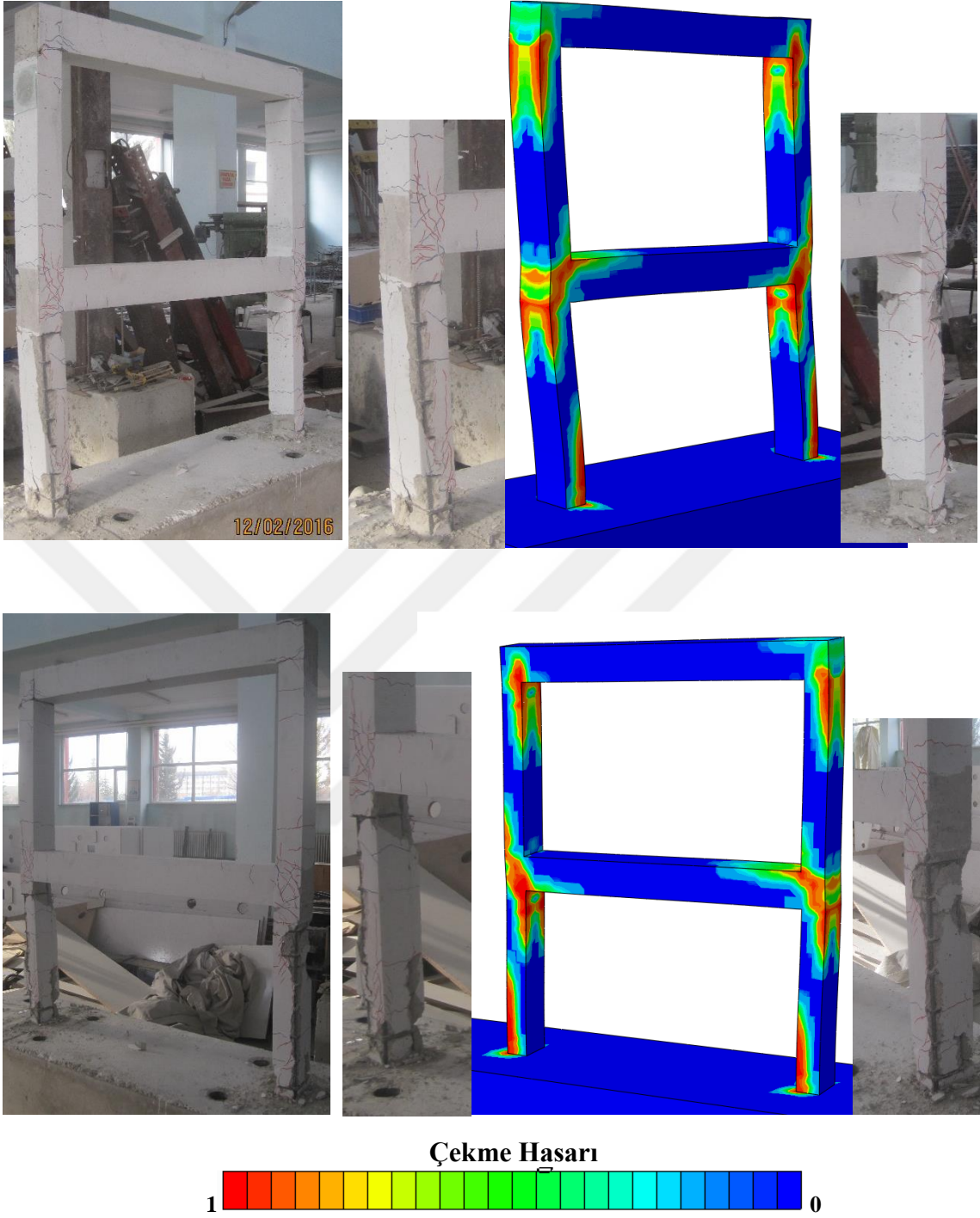
Denenen numunelere ait histersis eğrileri ve deneysel sonuçların sayısal karşılaştırılması bu bölümün dışında bırakılmıştır. Bu nedenle sadece toplam yatay yük-tepe deplasman eğrileri ve bu eğrilerin Abaqus sonuçları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

İlk denenen numune için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiği Şekil Ek1- 9.'da verilmiştir.

Şekil Ek1- 10'da ise deney sonrasında numunede oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımı verilmiştir.

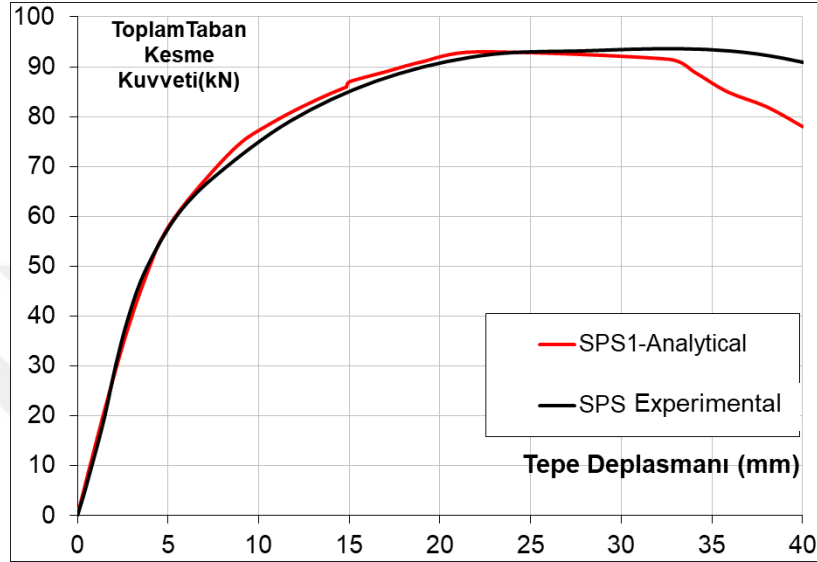


Şekil Ek1- 9. Referans boş numuneye için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.



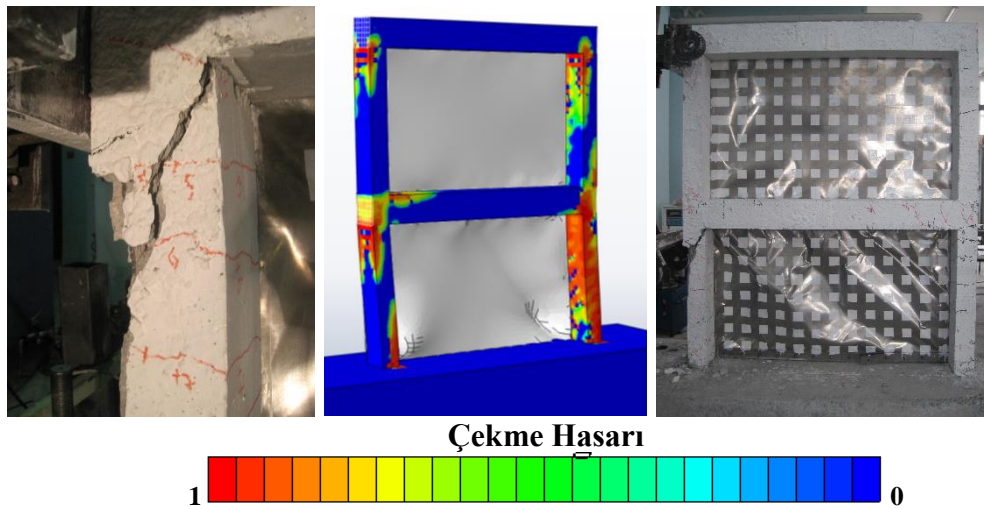
Şekil Ek1- 10. Deneysel sonuçlarında RF1 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması

İkinci deney numunesinde (**SPS1**) çerçevenin yatay rijitlik ve yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla, çerçeve dış yüzeyi 0.3 mm saç ile kaplanmıştır. Numune ile ilgili detaylar Korkmaz ve Ecemiş (2017) çalışmasında bulunabilir. **SPS1** numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiği Şekil Ek1- 11.'de verilmiştir.



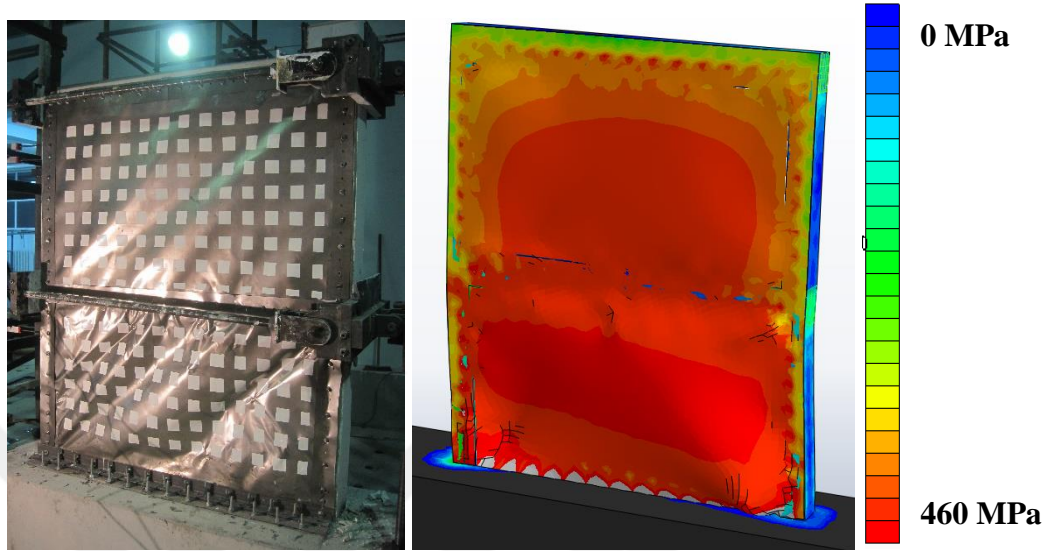
Şekil Ek1- 11.SPS1 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.

SPS1 numunesi betonarme çerçevesinde deney sırasında meydana gelen çatlak durumu ve Abaqus çözümü ile elde edilen çekme hasar dağılımı Şekil Ek1- 12.'de karşılaştırılmıştır.



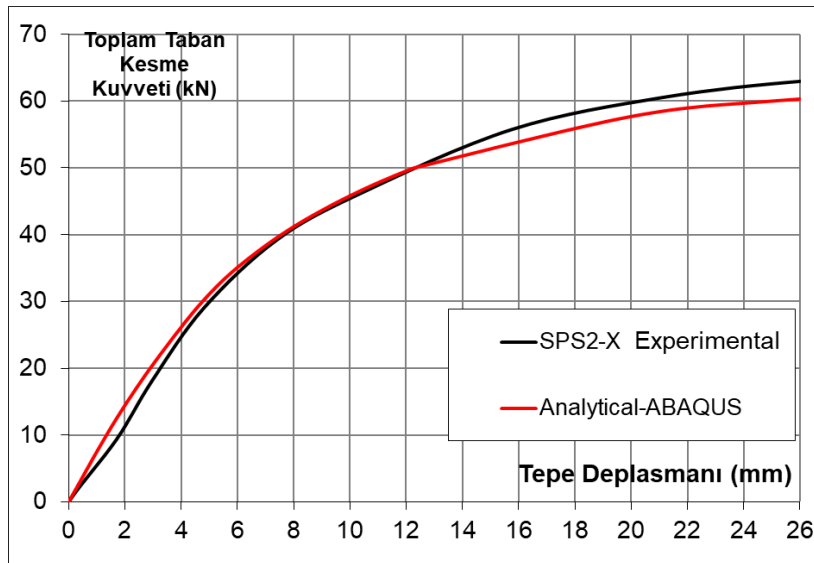
Şekil Ek1- 12. Deney sonrasında SPS1 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması

Abaqus analizi sonucu, çelik saç elemanda elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 13.'de verilmiştir.



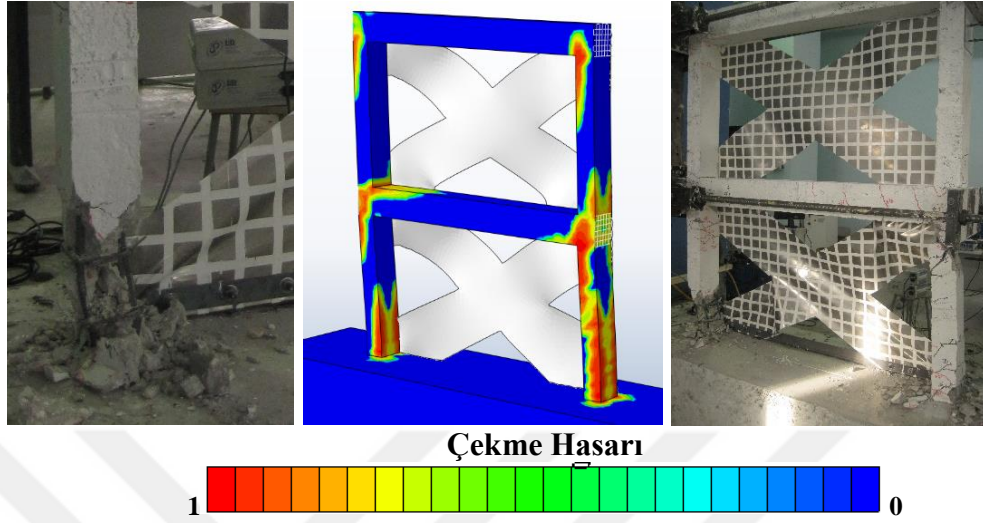
Şekil Ek1- 13. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması.

Üçüncü deney numunesinde çerçeve boşluğunu dolduran bütün çelik saç yerine, X şeklinde kesilmiş diyagonal olarak uzanan bir tasarım kullanılmıştır. Çelik saç kolon ve kiriş birleşim bölgelerinden betonarme çerçeve yüzüne ankre edilmiştir. SPS2-X numunesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman eğrisi Şekil Ek1- 14.'de verilmiştir.



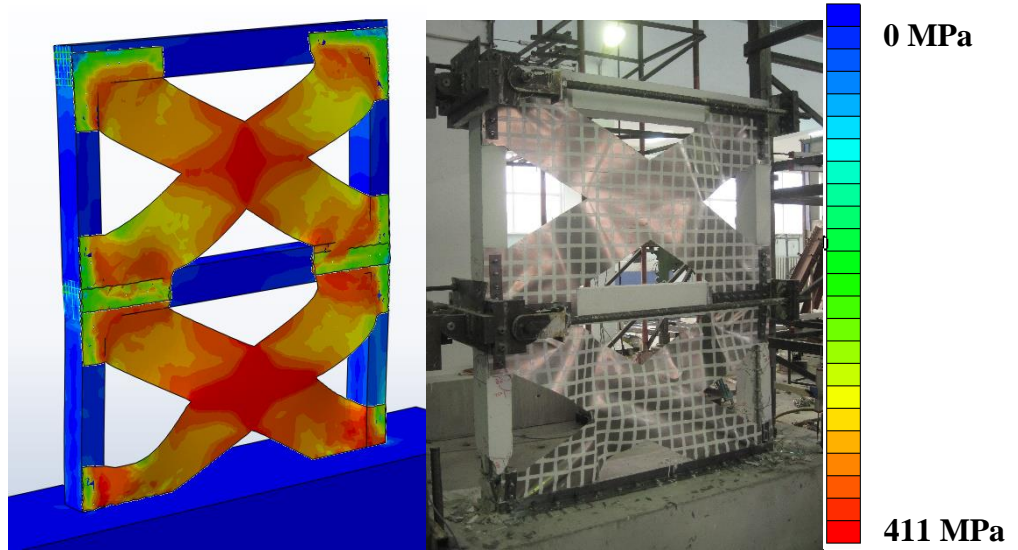
Şekil Ek1- 14. SPS2 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.

SPS2-X numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 15.'de karşılaştırılmıştır.



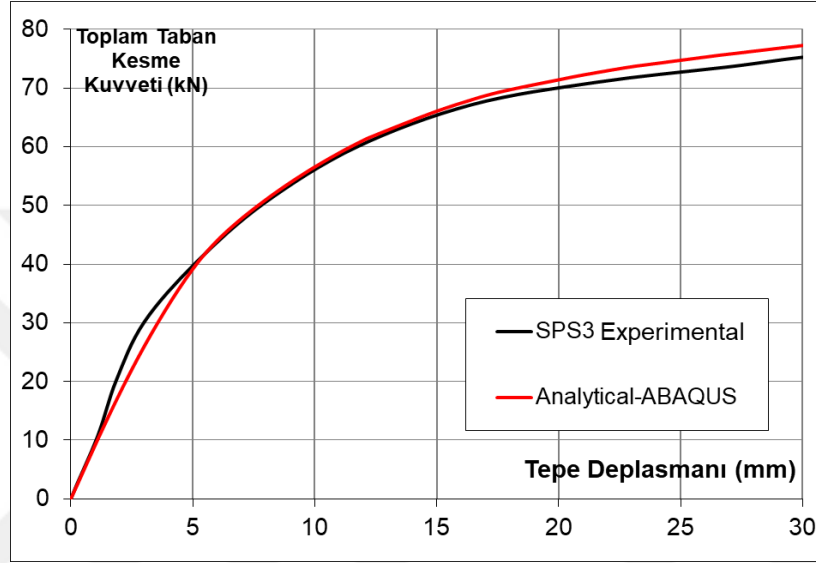
Şekil Ek1- 15. Deneysel numunede gözlenen çatlak durumu ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasarı dağılımının karşılaştırılması

SPS2-X numunesinde, Abaqus analizi sonucu çelik saç elemanda elde edilen Von-Mises gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 16.'da verilmiştir.



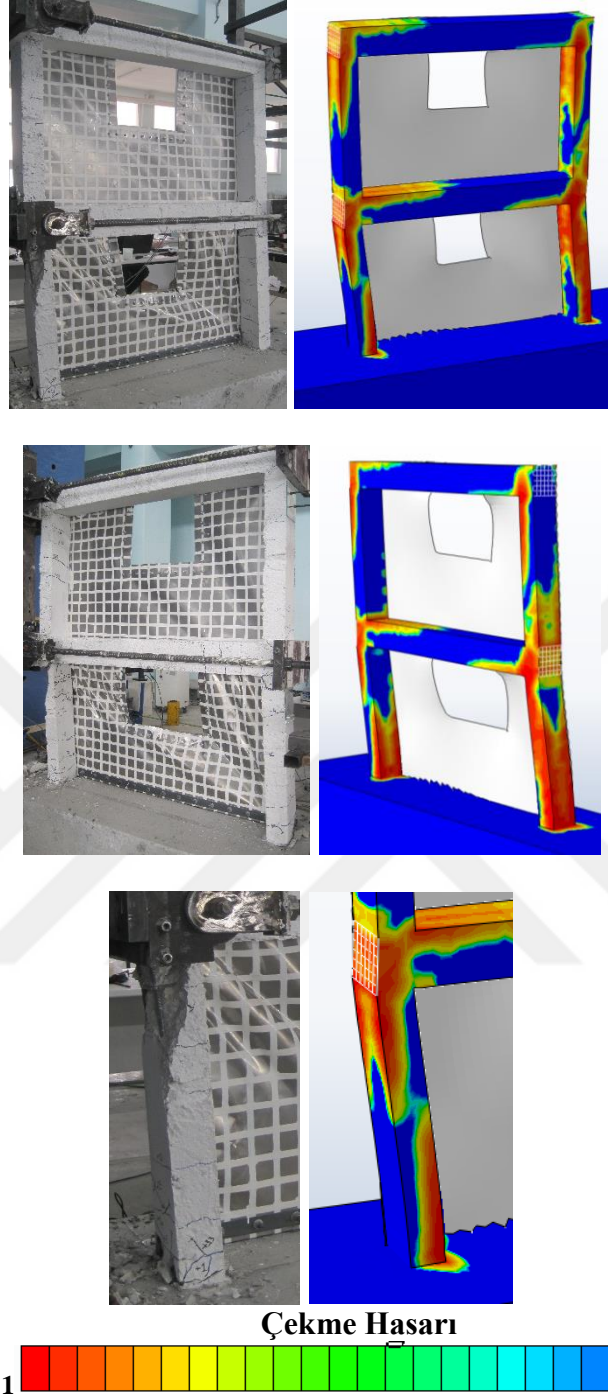
Şekil Ek1- 16. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Mises gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması.

Bu deney serisinde denenen numunelerin binanın dış cephesinde bulunan bir çerçeve olması öngörülmüştür. Dolayısıyla yapılacak uygulama binanın dış cephesinde yer alacaktır. Bina dış cephesinde de genellikle pencere boşluğu bulunacağı için, dördüncü deney numunesi **SPS3** 'de çerçeve boşluğunda pencere boşlukları bırakılarak ince çelik saç uygulaması yapılmıştır. **SPS3** numunesine ait deneysel ve Abaqus analizi yatay yük-tepe deplasmanı eğrileri Şekil Ek1- 17.'de karşılaştırılmıştır.



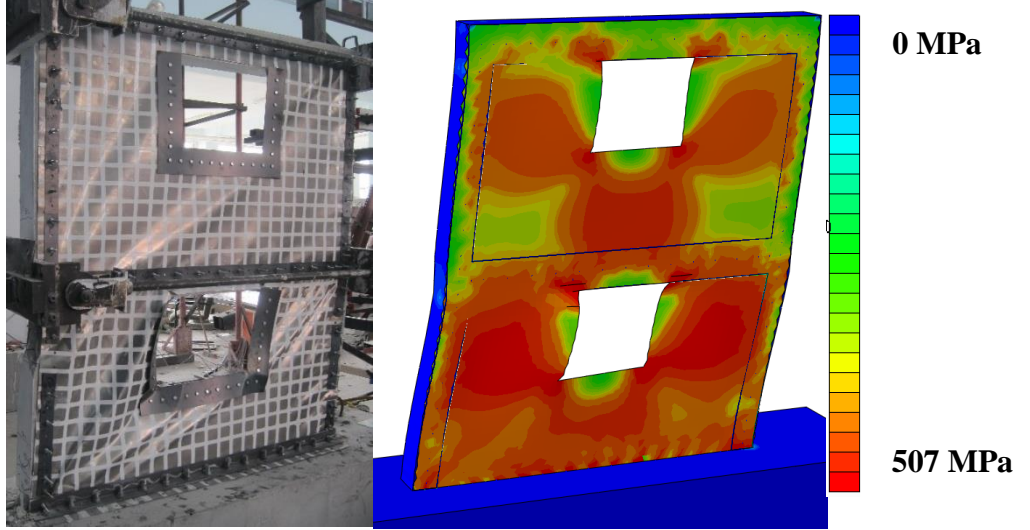
Şekil Ek1- 17. SPS3 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.

SPS3 numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 18.'de karşılaştırılmıştır.



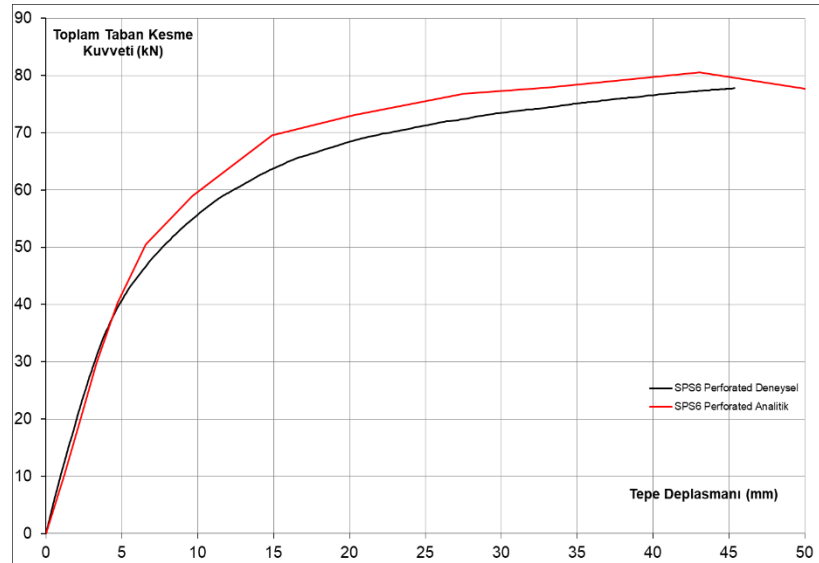
Şekil Ek1- 18. Deney sonrasında SPS3 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması

SPS3 numunesinde, Abaqus analizi sonucu çelik saç elemanda elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 19.'da verilmiştir.



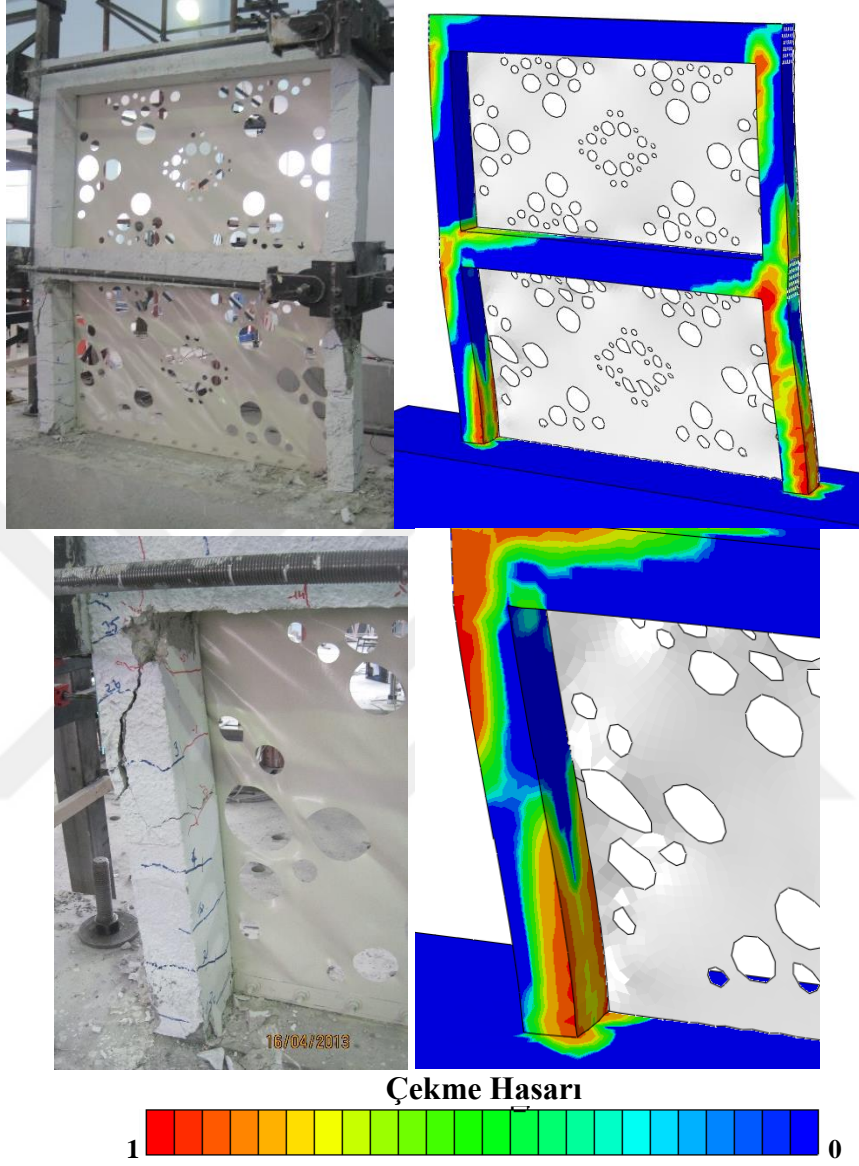
Şekil Ek1- 19. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması

Uygulanan çelik saç levha binanın dış cephesinde yer alacaktır. Uygulama sonrası binanın dış görüntüsü değişecektir. Bu değişim olumlu yada olumsuz olabilir. Çelik saç uygulamasında estetik kaygıların ön planda olduğu **SPS6** numunesinde, saç levha içine çok sayıda dairesel delik açılmıştır. Bu deliklerin çelik saç levhaların kolonda kesme kırılması olmadan önce akmasını da sağlaması amaçlanmıştır. **SPS6** numunesinin denenmesi sonrasında elde edilen deneysel ve Abaqus analizi tepe deplasmanı-toplam yatay yük zarf eğrileri Şekil Ek1- 20.'de karşılaştırılmıştır.



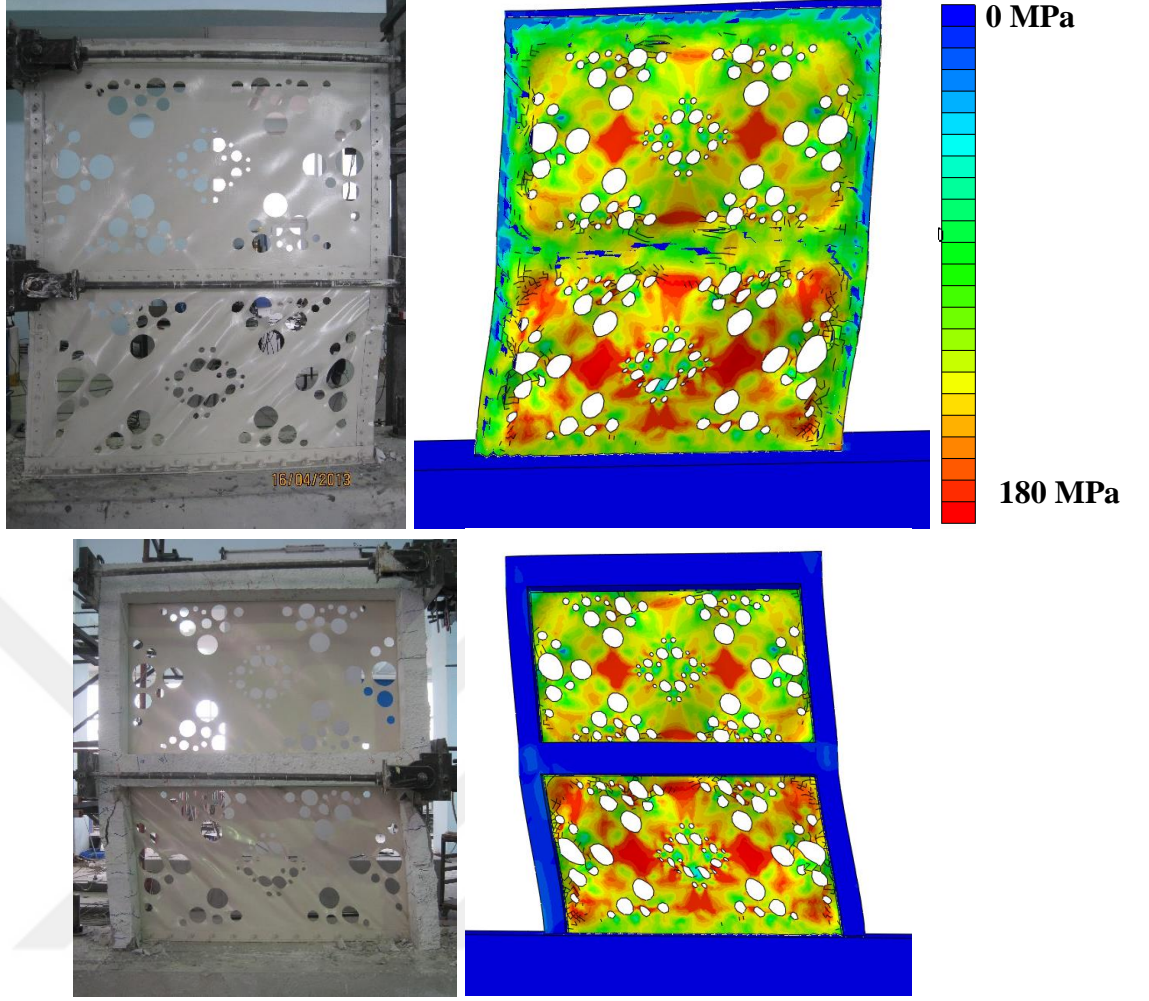
Şekil Ek1- 20. SPS6 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.

SPS6 numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 21.'de karşılaştırılmıştır.



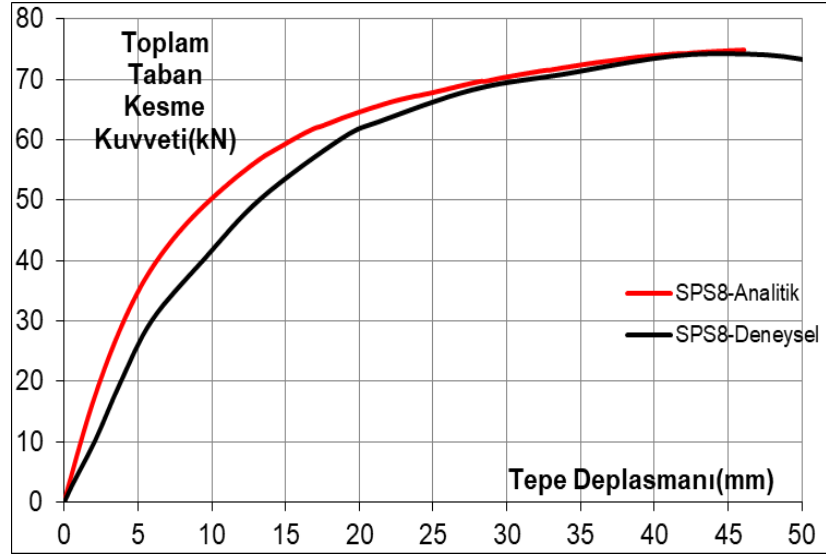
Şekil Ek1- 21. Deney sonrasında SPS6 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması

SPS6 numunesinde, Abaqus analizi sonucu çelik saç elemanda elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 22.'de verilmiştir.

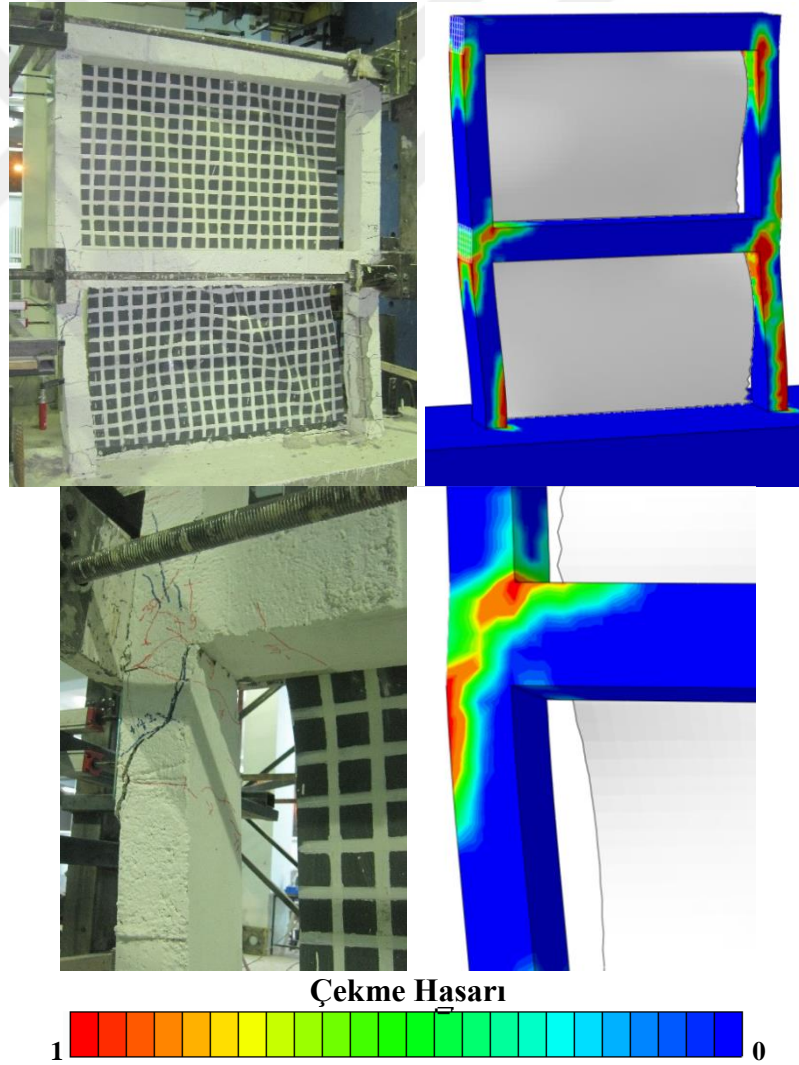


Şekil Ek1- 22. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması.

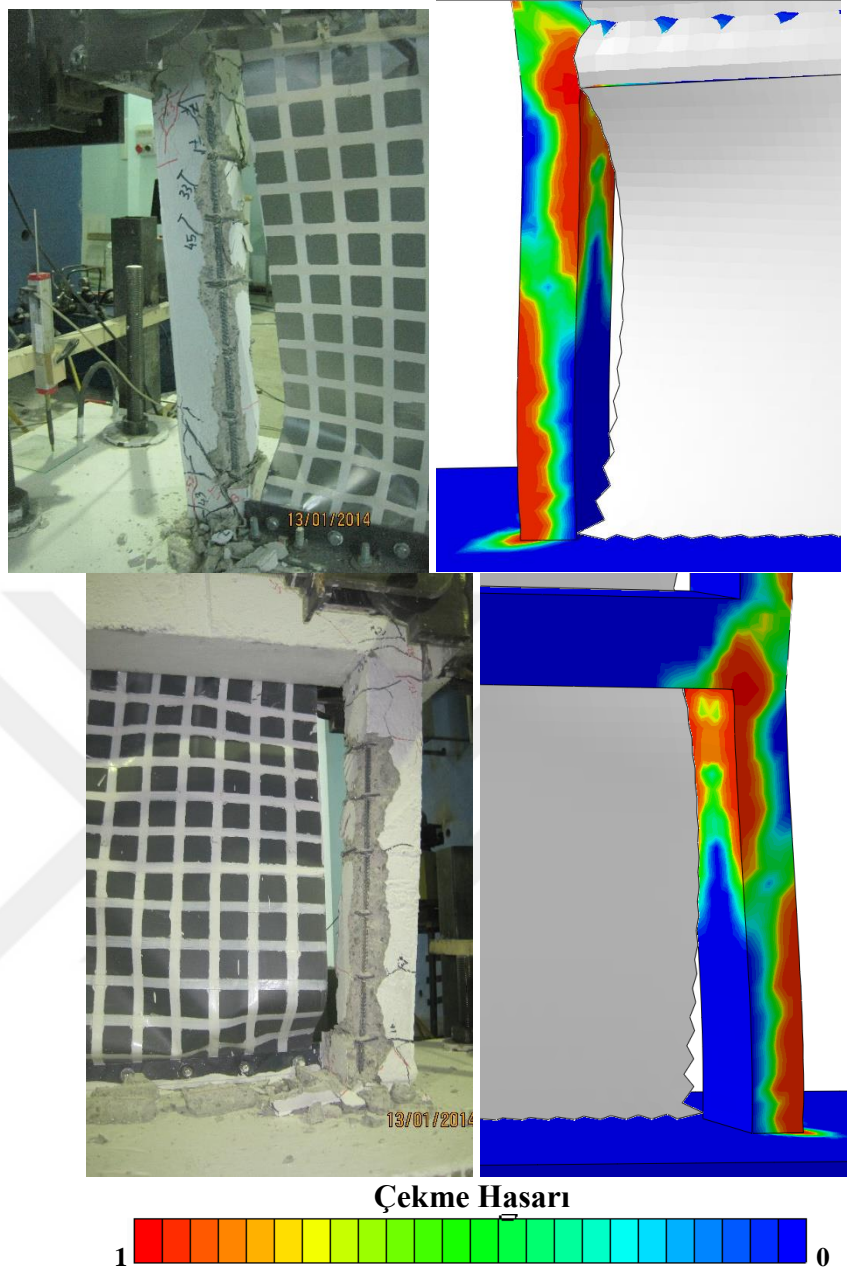
İnce çelik saç uygulaması ile güçlendirilen çerçeve kolonlarında gözlenen kesme kırılmasını önlemek amacıyla **SPS8** numunesinde çelik saç sadece kirişlere sabitlenmiş ve kolonlara yük aktarımı yapılmamıştır. **SPS8** numunesinin denenmesi sonrasında elde edilen deneysel ve Abaqus analizi tepe deplasmanı-toplam yatay yük zarf eğrileri Şekil Ek1- 23.'de karşılaştırılmıştır. **SPS8** numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 24. ve Şekil Ek1- 25.'de karşılaştırılmıştır.



Şekil Ek1- 23. SPS8 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.

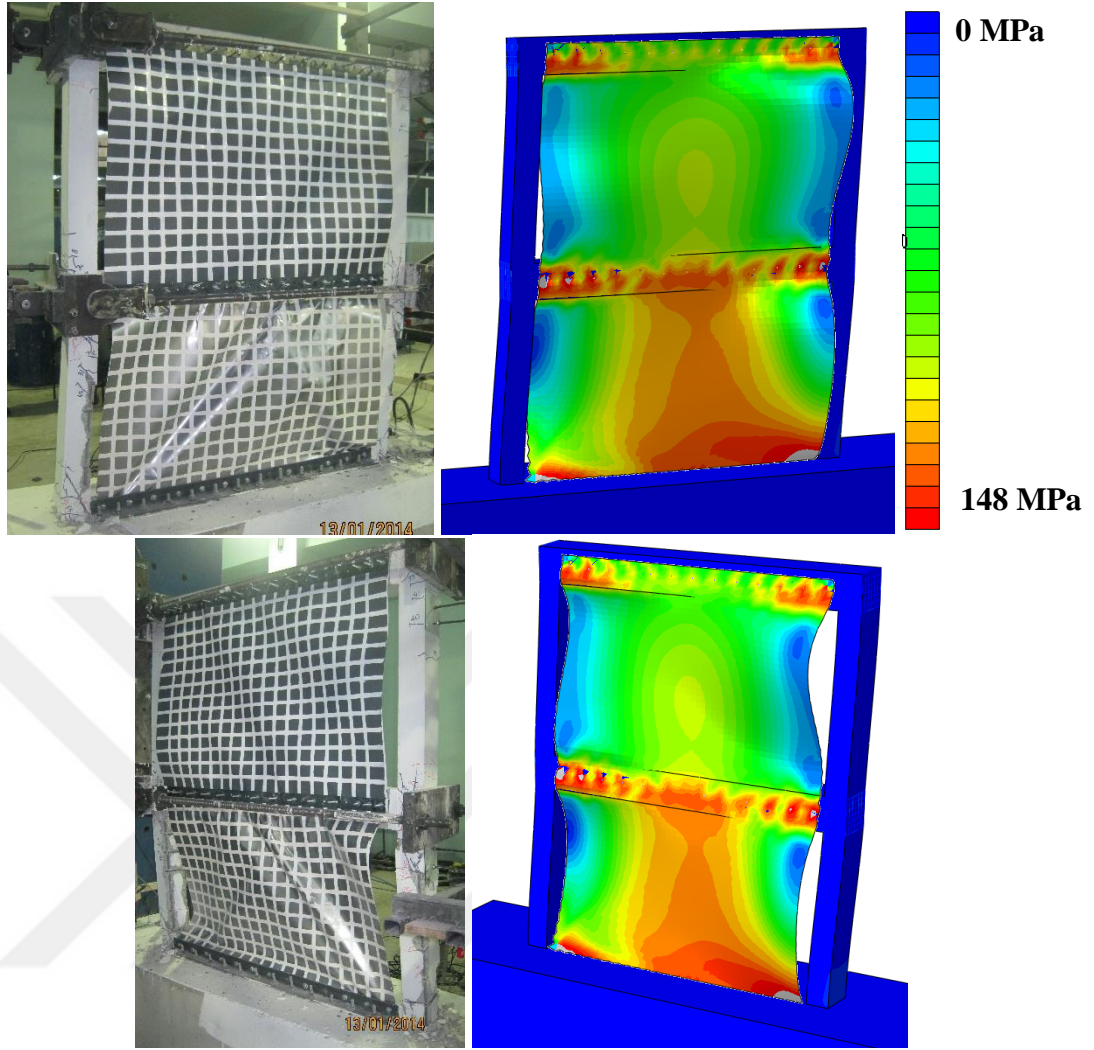


Şekil Ek1- 24. Deney sonrasında SPS8 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması-1



Şekil Ek1- 25. Deney sonrasında SPS8 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması-2

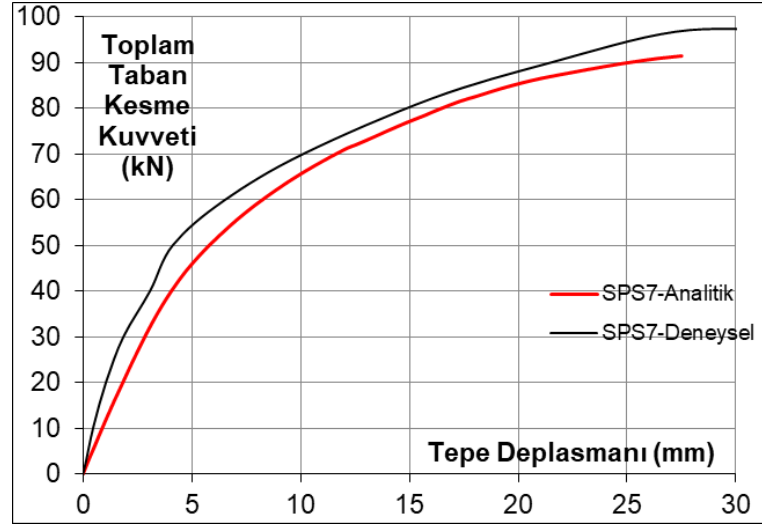
SPS8 numunesinde, Abaqus analizi sonucu çelik saç elemanda elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 26.'da verilmiştir.



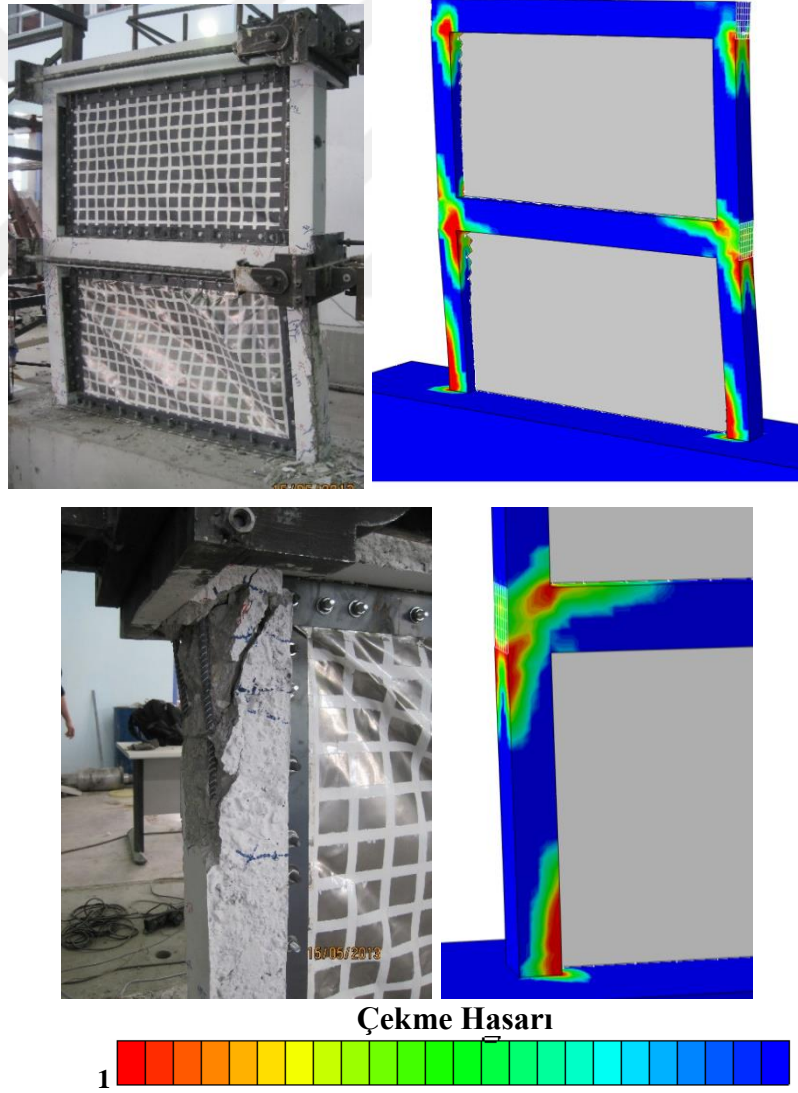
Şekil Ek1- 26. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması.

Şimdiye kadar denenen numunelerde, ince çelik sac uygulaması çerçevenin dış cephesinde yer almıştır. **SPS7** numunesinde ise çelik sacın çerçeve içine sabitlenmesi gerçekleştirilmiştir.

SPS7 numunesinin denenmesi sonrasında elde edilen deneysel ve Abaqus analizi tepe deplasmanı-toplam yatay yük zarf eğrileri Şekil Ek1- 27.'de karşılaştırılmıştır. **SPS7** numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 28.'de karşılaştırılmıştır.

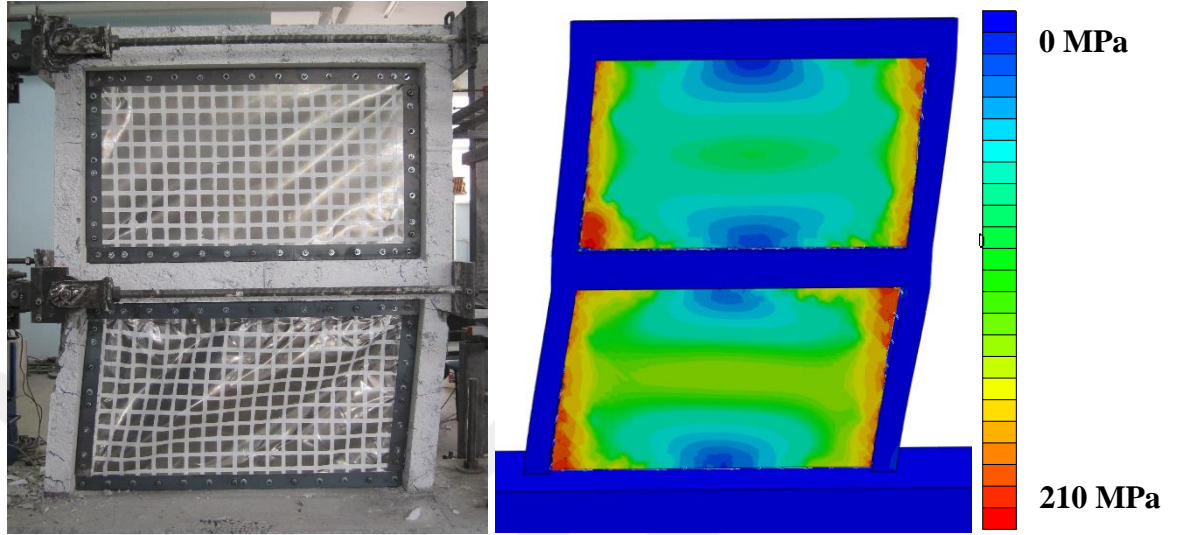


Şekil Ek1- 27. SPS7 numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.



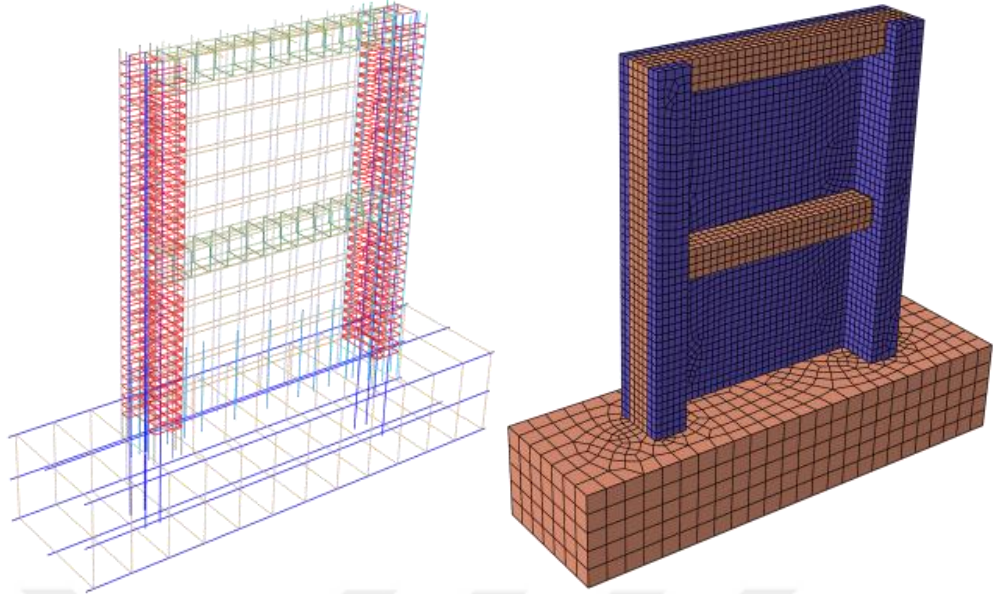
Şekil Ek1- 28. Deney sonrasında SPS7 numunesinde oluşan hasar ve Abaqus çözümünden elde edilen çekme hasar dağılımının karşılaştırılması

SPS7 numunesinde, Abaqus analizi sonucu çelik saç elemanda elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı ve analitik numunenin deformasyon durumu, deney sonrasında gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması Şekil Ek1- 29.'da verilmiştir.

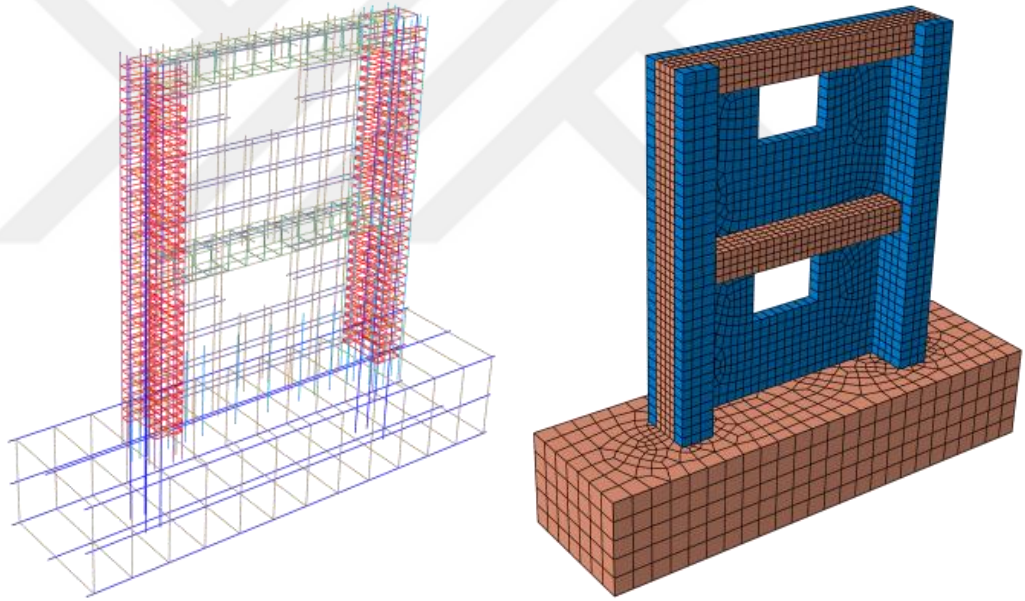


Şekil Ek1- 29. Abaqus analizi sonucu elde edilen Von-Misses gerilme dağılımı deney numunesinde gözlenen deformasyon durumu ile karşılaştırması.

Çalışmada denenen 6 adet deney numunesine ek olarak, Badahır (2012) tarafından denenen 2 adet deney numunesinin de Abaqus modelleri oluşturulmuş ve deneysel ve analitik sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deney numuneleri boyut ve donatı detayı olarak özdeştir. İlk numunede çerçeve dış cephesinde betonarme perde duvar uygulaması yapılmıştır. Perde duvarlara ek olarak kolonlarda mantolanmıştır. Bu perdenin binanın dış cephesinde yer alması düşünülmüştür. İkinci numunede ise perde duvar içinde pencere boşluğu yer almıştır. Deney numuneleri ile ilgili detaylar (Bahadır, 2012) çalışmasından incelenebilir. Deney numunelerine ait modeller Şekil Ek1- 30. ve Şekil Ek1- 31.'de gösterilmiştir.

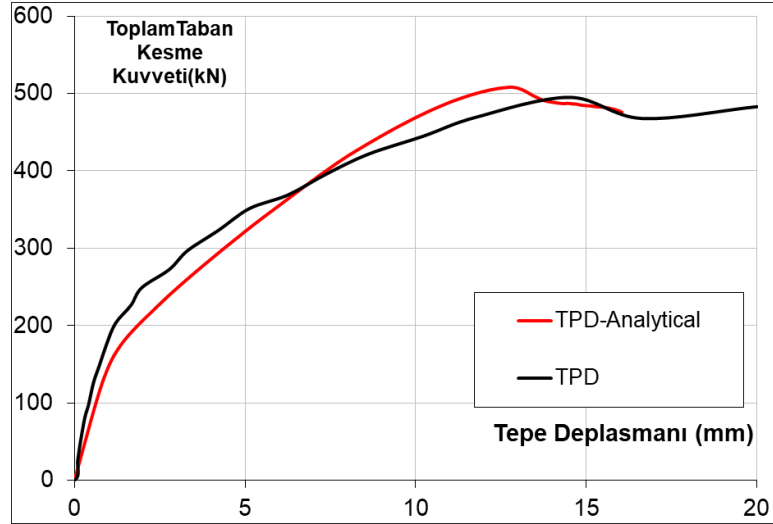


Şekil Ek1- 30. Boşluksuz dış perde duvar ile güçlendirilen numunelere ait Abaqus modeli (Dere 2017)

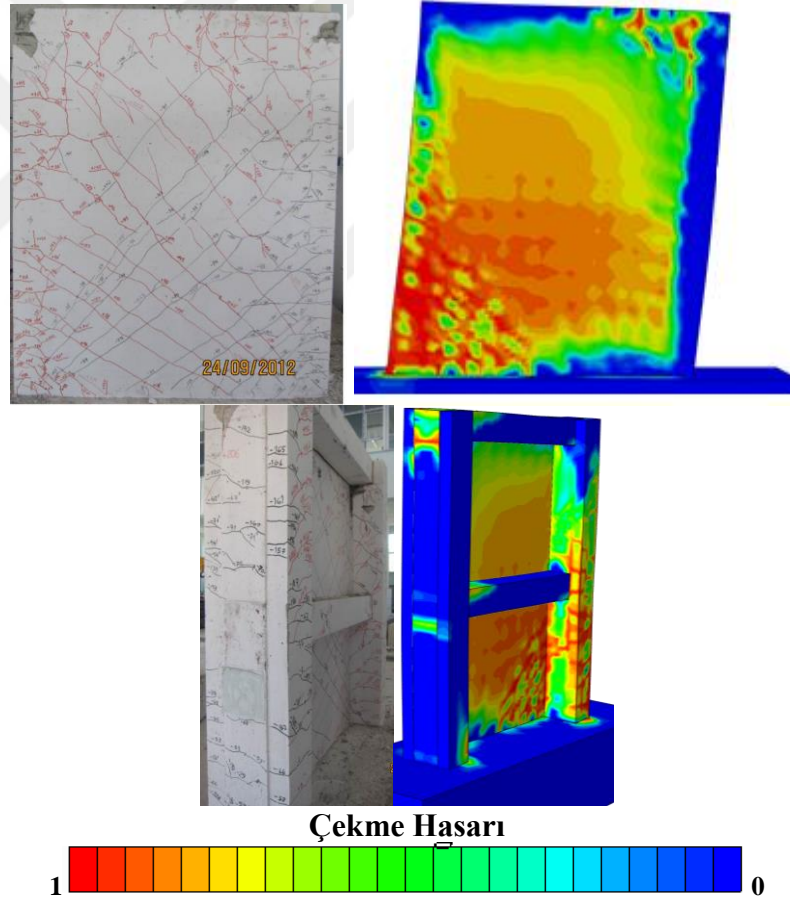


Şekil Ek1- 31. Pencere boşluklu dış perde duvar ile güçlendirilen numunelere ait Abaqus modeli (Dere 2017)

TPD numunesinin denenmesi sonrasında elde edilen deneysel ve Abaqus analizi tepe deplasmanı-toplam yatay yük zarf eğrileri Şekil Ek1- 32.'de karşılaştırılmıştır. **TPD** numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 33.'de karşılaştırılmıştır.



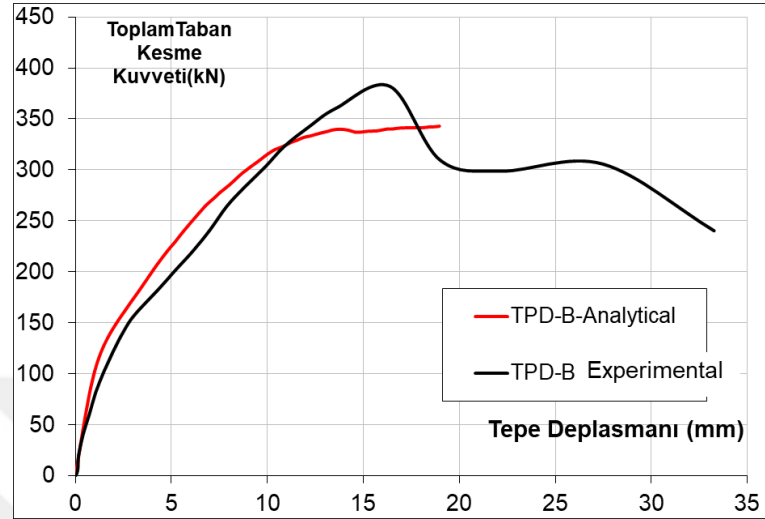
Şekil Ek1- 32. TPD numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.



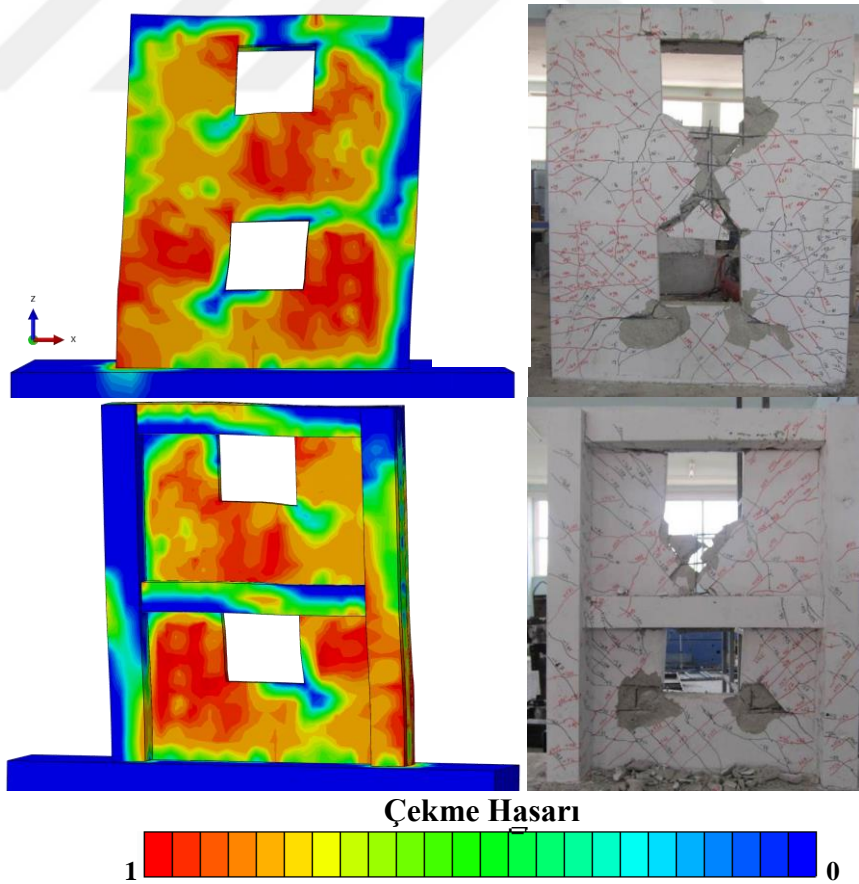
Şekil Ek1- 33. Dış Perde duvarla güçlendirilmiş numunenin deneysel çatlak ve analitik çekme hasarı dağılımı karşılaştırması (Dere 2017)

TPD-B numunesinin denenmesi sonrasında elde edilen deneysel ve Abaqus analizi tepe deplasmanı-toplam yatay yük zarf eğrileri Şekil Ek1- 34.'de

karşılaştırılmıştır. **TPD-B** numunesinin Abaqus analizi sonucu elde edilen çekme hasarı dağılımı ve deneysel numunede gözlenen çatlak durumu Şekil Ek1- 35.'de karşılaştırılmıştır.



Şekil Ek1- 34. TPD-B numunesi için elde edilen deneysel ve Abaqus modellemesine ait toplam yatay yük-tepe deplasman grafiklerinin karşılaştırılması.



Şekil Ek1- 35. Boşluklu dış perde duvarla güçlendirilmiş numunenin deneysel çatlak ve analitik çekme hasarı dağılımı karşılaştırması (Dere 2017)

Yukarıda verilen deneyler ve analitik modellerin karşılaştırılmasından gerçekleştirilen sonlu elemanlar modeli sistematığının ve malzeme modellerinin gerçek davranışa yakın sonuçlar verebildiği değerlendirilmiştir. Dolayısı ile daha büyük sistemler üzerinde yapılacak analitik çalışmaların doğruluğu konusunda olumlu öngörü yapılabilir.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ali Serdar ECEMİŞ
Uyruğu : T. C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar – 20.06.1975
Telefon : 0-312-4725801
Faks : 0-312-4725802
e-mail : serdar@arfenmuhendislik.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Özel Yükseliş Koleji, Ankara	1993
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. İnş. Müh. Konya	1997
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya	2000
Doktora	: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya	2004 -

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1997 – 2000	Selçuk Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. İnş. Müh. Böl.	Arş. Gör.
2001 - 2009	Teknodizayn Müh. İnş. Tic. Ltd. Şti.	Tasarım Şefi
2009 -	Arfen Müh. Müş. Ltd. Şti.	Şirket Müd.

UZMANLIK ALANI

Statik – Betonarme Tasarım, Deprem Mühendisliği, Güçlendirme.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

1. Korkmaz H. H., Ecemiş S, “Earthquake Strengthening of Reinforced Concrete Building with Outside Steel Frames”, *7th World Conference on Design, Arts and Education, BAU International Berlin University of Applied Sciences, 28-30 June 2018 Berlin, Germany.*
2. Korkmaz H. H., Ecemiş S, “Seismic Upgrading of Reinforced Concrete Frames with Steel Plate Shearwalls”, *Earthquakes and Structures, Vol:13, No:5, 2017*
3. Korkmaz H. H., Ecemiş A. S, “Seismic Performance Improvement of RC Structures with External Steel Frames”, *International Conference on Structural and Civil Engineering (ICSCE 2017), September 21-23, 2017 Lyon, France*

4. Korkmaz S. Z., Korkmaz H. H., Ecemiş A. S, “A Simple Strengthening Method for Reinforced Concrete Structures Under Earthquake Threat”, *International Conference on Structural and Civil Engineering (ICSCE 2017)*, September 21-23, 2017 Lyon, France
5. Kaltakçı M.Y., Ecemiş S.“Hasar Görmüş Betonarme Kirişlerin Epoksi ile Çelik Levha Yapıştırılarak Güçlendirilmesi Üzerine Deneysel Bir İnceleme”, *TÜBİTAK İnşaat ve Çevre Teknolojileri Araştırma Grubu Yapı Mekaniği Lab. Toplantısı, Bildiriler Kitabı, Sayfa: 29-34, 5-6 Kasım 2001, TÜBİTAK, Ankara. (Yüksek Lisans tezinden yapılmıştır.)*

