



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**BETONARME YAPILARIN YÜK GEÇMİŞİNE BAĞLI KESİT TESİRLERİNİN
DEĞİŞİMİNİN 2019 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI**

Furkan İNAL

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Aralık 2019**

BETONARME YAPILARIN YÜK GEÇMİŞİNE BAĞLI KESİT TESİRLERİNİN
DEĞİŞİMİNİN 2019 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI

Furkan İNAL

KTO Karatay Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

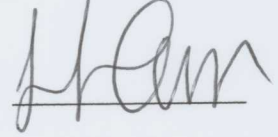
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüsnü CAN

Konya
Aralık 2019

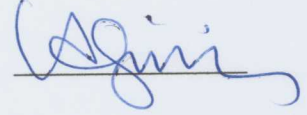
KABUL VE ONAY

Furkan İNAL tarafından hazırlanan “Betonarme Yapıların Yük Geçmişine Bağlı Kesit Tesirlerinin Değişiminin 2019 Deprem Yönetmeliğine Göre Araştırılması” başlıklı bu çalışma, 20 Aralık 2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

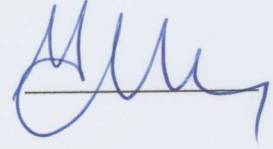
Jüri Başkanı: Prof. Dr. Hüsnü CAN
KTO Karatay Üniversitesi



Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim İLGÜN
KTO Karatay Üniversitesi



Jüri Üyesi: Prof. Dr. Ülkü Sultan KESKİN
Konya Teknik Üniversitesi



Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.



Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dâhilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.^{3,4}

20 Aralık 2019



Furkan İNAL

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Prof. Dr. Hüsnü CAN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

20 Aralık 2019



Furkan İNAL

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Hüsnü CAN'a ve kıymetli tecrübelerinden faydalandığım KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Aralık 2019

Furkan İNAL



ÖZET

Furkan İNAL

BETONARME YAPILARIN YÜK GEÇMİŞİNE BAĞLI KESİT TESİRLERİNİN DEĞİŞİMİNİN 2019 DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ARAŞTIRILMASI

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2019

Beton doğası gereği sünme ve büzülme etkilerinden dolayı zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzemedir. Betonda sünmeden dolayı meydana gelecek deformasyonları doğru bir şekilde hesaplayabilmek için betonun elastisite modülünün düşürülmesi gerekir. Kalıcı yükler altında betonun elastisite modülü ilk değerinin yarısına hatta üçte birine kadar düşebilmektedir. Sünme nedeni ile elemanların elastisite modülünün azalması kolonların eğilme rijitliğini azaltmaktadır. Kirişlerde ise servis yükleri altında meydana gelen çatlaklar sebebi ile atalet momentleri değişmekte ve dolayısıyla eğilme rijitlikleri de değişmektedir. Dayanıma göre yapı tasarımında şimdiye kadar yapıda bulunan taşıyıcı elemanların eğilme rijitlikleri, yapıda kalıcı yükler altında sünme ve diğer etkenlerden dolayı elemanların eğilme rijitliklerinin değiştiği bilinmesine rağmen sabit bir değer olarak alınmaktaydı. 2019 deprem yönetmeliği ile bu değişmiş ve taşıyıcı elemanlara farklı etkin kesit rijitlikleri atanmaya başlanmıştır. Bu tez çalışmasında 9 ve 18 katlı iki yapı ilk önce 2007 ve 2019 deprem yönetmeliklerine göre yapısal analizi yapılmış ve yapılarda hesaplanan periyot değerleri, kat yer değiştirmeleri ve kesit tesirleri (eksenel kuvvet ve moment değerleri) karşılaştırılmıştır. Sonrasında ise 9 ve 18 katlı iki yapı tüm katlarındaki eğilme rijitliklerinin aynı alınması ile sünme ve diğer etkilere bağlı olarak eğilme rijitliklerinin değişimi dikkate alınarak yapılan çözümler sonucunda taşıyıcı elemanlarda gözlenen farklı kesit tesirleri irdelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem yönetmeliği, Yük geçmişine bağlı kesit tesirlerinin değişimi, Mod Birleştirme yöntemi

ABSTRACT

Furkan İNAL

INVESTIGATION OF THE CHANGE IN CROSS-SECTION EFFECTS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES DUE TO LOAD HISTORY ACCORDING TO 2019 EARTHQUAKE REGULATIONS

Master's Thesis

Konya, 2019

Due to its nature, concrete is a material that shows time-dependent deformation due to the effects of creep and shrinkage. The elasticity modulus of the concrete must be lowered in order to accurately calculate the deformations that will occur due to creep in the concrete. Under permanent loads, the elasticity modulus of concrete can be reduced to half or even one-third of the initial value. The reduction of the elasticity modulus of the elements due to creep reduces the bending rigidity of the columns. In the beams, due to cracks occurring under service loads, the moment of inertia changes and hence the bending rigidity changes. The bending rigidity of the bearing elements so far was taken as a constant value in the structure, although it is known that the bending rigidity of the elements changed due to creep and other factors under permanent loads in the structure. With the earthquake regulation of 2019, this has been changed and different effective cross-section rigidity has been assigned to the bearing elements. In this thesis, two structures with 9 and 18 floors were first analyzed according to the 2007 and 2019 earthquake regulations and calculated period values, floor displacements and cross section effects (axial force and moment values) were compared. After that, the different cross-sectional effects observed in the bearing elements were examined as a result of the analysis made by taking the same bending rigidity in all floors of two buildings with 9 and 18 floors and taking into account the change of bending rigidity depending on the creep and other effects.

Keywords: Earthquake regulation, Change of cross-section effects depending on load history, Response spectrum analysis

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xviii
SİMGELER DİZİNİ	xxii
KISALTMALAR DİZİNİ	xxiv
1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
2. DÜNYA’DA DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN İLK ÖRNEKLERİ VE TÜRKİYE’DEKİ DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	2
2.1. Giriş	2
2.2. Dünyada Deprem Yönetmeliklerinin İlk Örnekleri	3
2.2.1. Messina Depremi	3
2.2.2. Kanto Depremi	3
2.3. Türkiye’deki Deprem Yönetmeliklerinin Tarihsel Gelişimi.....	5
2.3.1. 1940 Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi.....	5
2.3.2. 1944 Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi.....	6
2.3.3. 1945 ve 1947 Tarihli Yer Sarsıntısı Bölgeleri Haritaları	7
2.3.4. 1949 Türkiye Yer Sarsıntıları Bölgeleri Yapı Yönetmeliği	8
2.3.5. 1953 Yer Sarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik	8
2.3.6. 1962 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	9
2.3.7. 1963 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	10
2.3.8. 1968 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	10
2.3.9. 1972 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	11
2.3.10. 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	11
2.3.11. 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	13

2.3.12. 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	14
3. BETONARME ELEMANLARDA KALICI YÜKLER ALTINDA MEYDANA GELEN KESİT TESİRLERİ DEĞİŞİMLERİNİN İRDELENMESİ	15
3.1. Giriş	15
3.2. Literatür Çalışması.....	15
3.3. Büzülme	18
3.4. Sünme	20
3.5. Sünme Birim Deformasyonunu Etkileyen Faktörler	24
3.5.1. Betona Uygulanan Sabit Gerilmenin Büyüklüğü:	24
3.5.2. Su/Çimento Oranı	25
3.5.3. Betonun Yaşı	25
3.5.4. Zaman	25
3.5.5. Beton Elemanın Boyutlarının ve Geometrik Özelliklerinin Sünme Deformasyonuna Etkisi	26
3.6. Betonda Gerilme-Deformasyon Özelliklerinin Zamana Bağlı Değişimi.....	26
4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK (DBYYHY 2007)	29
4.1. Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Belirlenmesi... ..	29
4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	31
4.3. Mod Birleştirme Yöntemi	34
4.4. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	35
5. TÜRK BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019 (TBDY 2019)	36
5.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	36
5.2. Harita Tasarım İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları.....	36
5.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	38
5.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	39
5.5. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısı	40
5.6. Deprem Tasarım Sınıfları	41
5.7. Bina Yükseklik Sınıfları	41
5.8. Bina Performans Düzeyleri.....	42
5.9. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları.....	43

5.10. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Belirlenmesi.....	43
5.11. Düşey Deprem Etkisi	45
5.12. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi	46
5.13. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	46
5.14. Mod Birleştirme Yöntemi.....	48
5.15. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	49
6. DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE YAPILACAK ANALİZLERDE KULLANILACAK YÜKLER, MALZEME BİLGİLERİ VE TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR.....	51
6.1. Malzeme Bilgileri	51
6.2. Yapıya Etkiyen Yüğüler	51
6.2.1. Sabit Yüğüler.....	51
6.2.2. Hareketli Yüğüler	51
6.3. Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar ve Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutları	52
6.4. Analizlerde İç Kuvvetlerin Belirlenmesinde Kullanılacak Yüğü Birleşimleri.....	62
7. YÜĞ GEÇMİŞİNE BAĞLI KESİT TESİRLERİNİN ARAŞTIRILMASI İÇİN YAPILACAK ANALİZLERDE KULLANILACAK YÜKLER, MALZEME BİLGİLERİ VE TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR.....	63
8. 2007 DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİĞİNE GÖRE ÇÖZÜM.....	65
8.1. 9 ve 18 Katlı Yapıların Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi.....	65
8.2. 9 Katlı Yapının DBYYHY 2007'ye Göre Çözümü.....	66
8.2.1. 9 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi.....	66
8.2.2. 9 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüğülerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması	67
8.2.3. 9 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı.....	69
8.2.4. 9 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi	72
8.2.5. 9 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	73
8.2.6. 9 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler	75
8.3. 18 Katlı Yapının DBYYHY 2007'ye Göre Çözümü.....	77
8.3.1. 18 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi.....	77

8.3.2.	18 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması	77
8.3.3.	18 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı	80
8.3.4.	18 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi	85
8.3.5.	18 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	87
8.3.6.	18 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler	90
9.	2019 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ÇÖZÜM	93
9.1.	9 ve 18 Katlı Yapıların Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi.....	93
9.2.	9 Katlı Yapının TBDY 2019'a Göre Çözümü	94
9.2.1.	9 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi.....	94
9.2.2.	9 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması	96
9.2.3.	9 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı	97
9.2.4.	9 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi	100
9.2.5.	9 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	101
9.2.6.	9 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler	105
9.3.	18 Katlı Yapının TBDY 2019'a Göre Çözümü	107
9.3.1.	18 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi.....	107
9.3.2.	18 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması	108
9.3.3.	18 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı	109
9.3.4.	18 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi	114
9.3.5.	18 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri	115
9.3.6.	18 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler	120
10.	ANALİZ SONUÇLARININ KIYASLANMASI.....	122
10.1.	Deprem Yönetmeliklerinin Kıyaslanması	122
10.1.1.	9 Katlı Yapı	123
10.1.2.	18 Katlı Yapı	131
10.2.	Kalıcı Yükler Altında Meydana Gelen Moment Değişimlerinin Kıyaslanması.....	138

10.2.1. 9 Katlı Yapı	139
10.2.2. 18 Katlı Yapı	148
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	161
KAYNAKÇA	167
ÖZGEÇMİŞ.....	170



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 1923 Kanto depreminde hasar seviyesine göre bina adetleri	4
Çizelge 2.2 Farklı zemin türlerine göre c katsayısı	9
Çizelge 2.3 C_0 katsayısı	9
Çizelge 2.4 n_1 katsayısı.....	9
Çizelge 2.5 Dinamik katsayısı γ	11
Çizelge 2.6 Yapı tipi katsayısı, K	12
Çizelge 4.1 Etkin yer ivmesi katsayısı A_0	29
Çizelge 4.2 Bina önem katsayısı (I)	29
Çizelge 4.3 Spektrum karakteristik periyotları.....	30
Çizelge 4.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R.....	31
Çizelge 4.5 Hareketli yük katılım katsayısı (n)	32
Çizelge 4.6 Düzensiz binalar	33
Çizelge 5.1 Deprem yer hareketleri	36
Çizelge 5.2 F_S katsayıları.....	38
Çizelge 5.3 F_1 katsayıları.....	38
Çizelge 5.4 Bina kullanım amacına göre bina önem katsayıları (I)	40
Çizelge 5.5 Deprem tasarım sınıfları	41
Çizelge 5.6 Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları	42
Çizelge 5.7 Bina performans düzeyleri	42
Çizelge 5.8 Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$).....	43
Çizelge 5.9 Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları	43
Çizelge 5.10 Düşey elastik spektrumu koşullarını sağlayan yapı elemanları.....	45
Çizelge 5.11 Hareketli yük katılım katsayısı (n)	47
Çizelge 5.12 Düzensiz binalar	48
Çizelge 6.1 Sabit yükler	51
Çizelge 6.2 Hareketli yükler.....	52
Çizelge 6.3 9 Katlı yapıda kullanılan taşıyıcı elemanların boyutları	53
Çizelge 6.4 18 Katlı yapıda kullanılan taşıyıcı elemanların boyutları	53
Çizelge 6.5 Etkin kesit rijitliği çarpanları.....	54
Çizelge 7.1 9 ve 18 Katlı yapılar için kolon boyutları.....	63
Çizelge 7.2 Yapısal çözümlenelerde E_c ve I_g 'nin farklı durumlara göre belirtilmesi	64
Çizelge 8.1 Deprem parametreleri.....	65
Çizelge 8.2 9 Katlı yapının zemin katındaki perdelerde oluşan kesme kuvvetleri.....	66

Çizelge 8.3 9 Katlı yapı α_s katsayısı hesabı.....	66
Çizelge 8.4 9 Katlı yapının kat ağırlıkları ve katlara etkiyen fiktif yükler.....	67
Çizelge 8.5 9 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (X Yönü).....	67
Çizelge 8.6 9 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (Y Yönü).....	68
Çizelge 8.7 9 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü).....	69
Çizelge 8.8 9 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü).....	69
Çizelge 8.9 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü).....	69
Çizelge 8.10 9 katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü).....	70
Çizelge 8.11 9 katlı yapıda katlar arası A1 düzensizliği kontrolü.....	70
Çizelge 8.12 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü.....	71
Çizelge 8.13 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü.....	71
Çizelge 8.14 9 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları..	72
Çizelge 8.15 9 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması	73
Çizelge 8.16 Etkin görel kat ötelemeleri	73
Çizelge 8.17 9 Katlı yapının ikinci mertebe gösterge değerleri	74
Çizelge 8.18 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (G+Q+SpecX+0,3SpecY ve G+Q+SpecY+0,3SpecX)	75
Çizelge 8.19 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (0,9G+SpecX+0,3SpecY ve 0,9G+SpecY+0,3SpecX)	76
Çizelge 8.20 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecXP).....	76
Çizelge 8.21 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP).....	76
Çizelge 8.22 18 Katlı yapının zemin katındaki perdelerde oluşan kesme kuvvetleri.....	77
Çizelge 8.23 18 Katlı yapı α_s katsayısı hesabı.....	77
Çizelge 8.24 18 Katlı yapının kat ağırlıkları ve katlara etkiyen fiktif yükler.....	78
Çizelge 8.25 18 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (X Yönü)	78
Çizelge 8.26 18 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (Y Yönü)	79
Çizelge 8.27 18 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü).....	80
Çizelge 8.28 18 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü).....	80
Çizelge 8.29 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)	81

Çizelge 8.30 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)	81
Çizelge 8.31 18 Katlı yapıda katlar arası A1 düzensizliği kontrolü.....	82
Çizelge 8.32 B2 türü düzensizliği kontrolü.....	84
Çizelge 8.33 18 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları	86
Çizelge 8.34 18 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması	86
Çizelge 8.35 Etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliklerine oranı	87
Çizelge 8.36 18 Katlı yapının ikinci mertebeye gösterge değerleri	89
Çizelge 8.37 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (G+Q+SpecX+0,3SpecY ve G+Q+SpecY+0,3SpecX).....	91
Çizelge 8.38 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (0,9G+SpecX+0,3SpecY ve 0,9G+SpecY+0,3SpecX)	91
Çizelge 8.39 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP).....	91
Çizelge 8.40 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP).....	92
Çizelge 9.1 9 Katlı yapıda perdelerin tabanında oluşan devrilme momentleri	95
Çizelge 9.2 9 Katlı yapıda perdelerin aldığı devrilme momentlerinin, binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerine oranı	95
Çizelge 9.3 9 Katlı yapıda $M_o/3$ kontrolü	96
Çizelge 9.4 9 Katlı yapıda $M_o/6$ kontrolü	96
Çizelge 9.5 9 Katlı yapıda T_{pA} kontrolü	96
Çizelge 9.6 9 Katlı yapının eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü).....	97
Çizelge 9.7 9 Katlı yapının eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü).....	97
Çizelge 9.8 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü).....	97
Çizelge 9.9 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü).....	98
Çizelge 9.10 9 Katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü	98
Çizelge 9.11 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü.....	99
Çizelge 9.12 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü.....	99
Çizelge 9.13 9 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları	100
Çizelge 9.14 9 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması	101
Çizelge 9.15 Tasarım spektral ivme değerleri	102
Çizelge 9.16 9 Katlı yapıda görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü	103
Çizelge 9.17 9 Katlı yapıda ikinci mertebeye gösterge değerleri	104

Çizelge 9.18 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler($G+Q+0,2S\pm SpecX\pm 0,3SpecY+0,3Ed^{(Z)}$ ve $G+Q+0,2S\pm SpecY\pm 0,3SpecX+0,3Ed^{(Z)}$)	105
Çizelge 9.19 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($0,9G\pm SpecX\pm 0,3SpecY-0,3Ed^{(Z)}$ ve $0,9G\pm SpecY\pm 0,3SpecX-0,3Ed^{(Z)}$)	106
Çizelge 9.20 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP)	106
Çizelge 9.21 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecYP)	106
Çizelge 9.22 18 Katlı yapıda perdelerin tabanında oluşan devrilme momentleri	107
Çizelge 9.23 18 Katlı yapıda perdelerin aldığı devrilme momentlerinin, binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerine oranı	107
Çizelge 9.24 18 Katlı yapıda $M_o/3$ kontrolü	108
Çizelge 9.25 18 katlı Yapıda $M_o/6$ kontrolü	108
Çizelge 9.26 18 Katlı yapıda T_{pA} kontrolü	108
Çizelge 9.27 18 Katlı yapının eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü)	109
Çizelge 9.28 18 Katlı yapının eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü)	109
Çizelge 9.29 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)	109
Çizelge 9.30 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)	110
Çizelge 9.31 18 Katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü	110
Çizelge 9.32 18 Katlı yapıda ortalama görelî kat ötelemesinin kat yüksekliklerine oranı	112
Çizelge 9.33 18 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları	114
Çizelge 9.34 18 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması	115
Çizelge 9.35 Tasarım spektral ivme değerleri	116
Çizelge 9.36 18 Katlı yapıda görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü	116
Çizelge 9.37 18 Katlı yapıda ikinci mertebe gösterge değerleri	118
Çizelge 9.38 18 katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($G+Q+0,2S\pm SpecX\pm 0,3SpecY+0,3Ed^{(Z)}$ ve $G+Q+0,2S\pm SpecY\pm 0,3SpecX+0,3Ed^{(Z)}$)	120
Çizelge 9.39 18 katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($0,9G\pm SpecX\pm 0,3SpecY-0,3Ed^{(Z)}$ ve $0,9G\pm SpecY\pm 0,3SpecX-0,3Ed^{(Z)}$)	121
Çizelge 9.40 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP)	121
Çizelge 9.41 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP)	121
Çizelge 10.1 9 Katlı yapının doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen elastik spektral ivme değerleri	124

Çizelge 10.2 18 Katlı yapının doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen elastik spektral ivme değerleri.....	132
Çizelge 10.3 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	139
Çizelge 10.4 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	139
Çizelge 10.5 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	140
Çizelge 10.6 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	141
Çizelge 10.7 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	141
Çizelge 10.8 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	142
Çizelge 10.9 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X.....)	142
Çizelge 10.10 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	143
Çizelge 10.11 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	144
Çizelge 10.12 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında meydana gelen momentler (X yönü)	144
Çizelge 10.13 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	145
Çizelge 10.14 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	145
Çizelge 10.15 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	146
Çizelge 10.16 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	147
Çizelge 10.17 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	147
Çizelge 10.18 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	148
Çizelge 10.19 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	148
Çizelge 10.20 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	149
Çizelge 10.21 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	149
Çizelge 10.22 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	150
Çizelge 10.23 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	150
Çizelge 10.24 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler	151
Çizelge 10.25 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	152
Çizelge 10.26 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	152
Çizelge 10.27 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	153
Çizelge 10.28 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) ...	153
Çizelge 10.29 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) .	154
Çizelge 10.30 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) .	155
Çizelge 10.31 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü) .	155
Çizelge 10.32 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	156
Çizelge 10.33 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	156
Çizelge 10.34 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	157
Çizelge 10.35 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) ...	158
Çizelge 10.36 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) .	158
Çizelge 10.37 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) .	159
Çizelge 10.38 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü) .	159
Çizelge 11.1 9. Katta X yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar	164

Çizelge 11.2 9. Katta Y yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar	164
Çizelge 11.3 18. Katta X yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar	165
Çizelge 11.4 18. Katta Y yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar	165



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Messina depremi	3
Şekil 2.2 1923 Kanto depremi	4
Şekil 2.3 1894 İstanbul depremi	5
Şekil 2.4 Büyük Erzincan depremi	6
Şekil 2.5 1945 Yer sarsıntısı bölgeleri haritası	7
Şekil 2.6 1996 Türkiye deprem bölgeleri haritası	13
Şekil 3.1 Kuruma ve ıslanma durumunda betonun zamana bağlı şekil değiştirmesi	18
Şekil 3.2 Farklı relatif nemli ortamlarda saklanmış betonların büzülme ve zaman ilişkisi	19
Şekil 3.3 Sabit gerilme ve sıcaklık altında, metallerdeki tipik “sünme birim deformasyonu – zaman” ilişkisi	20
Şekil 3.4 Kalıcı yük etkisi altında betonun zamana göre yaptığı şekil değişimi	21
Şekil 3.5 Üzerinde yük yokken betonda kuruma etkisiyle meydana gelen büzülme	22
Şekil 3.6 Sabit yük etkisi altında betonda meydana gelen deformasyon (beton numunenin nemi ile ortamın nemi eşit)	22
Şekil 3.7 sabit yük ve kuruma etkileri etkisindeki betonda meydana gelen deformasyon	23
Şekil 3.8 Sünme deformasyonu ile beton elemana uygulanan gerilme ile dayanımı arasındaki ilişki	24
Şekil 3.9 Su/Çimento oranı ile betonda meydana gelen sünme deformasyonu arasındaki ilişki	25
Şekil 3.10 Yükleme hızının gerilme-birim deformasyona olan etkileri	26
Şekil 3.11 Gerilme/basınç oranının beton davranışına etkisi	27
Şekil 4.1 Ek dışmerkezlilik etkisi	34
Şekil 5.1 Deprem tehlike haritası	37
Şekil 5.2 Yatay Elastik tasarım spektral ivmeleri	39
Şekil 5.3 Düşey elastik tasarım spektrumu	40
Şekil 6.1 9 Katlı Yapının Kat Planı	55
Şekil 6.2 9 Katlı yapı 1-1 kesiti	55
Şekil 6.3 9 Katlı yapı 2-2 kesiti	56
Şekil 6.4 9 Katlı yapı a-a kesiti	56
Şekil 6.5 9 Katlı yapı b-b kesiti	57
Şekil 6.6 9 Katlı yapı d-d kesiti	57
Şekil 6.7 9 Katlı yapının perspektif görünüşü	58
Şekil 6.8 18 Katlı yapının kat planı	58
Şekil 6.9 18 Katlı yapı 1-1 kesiti	59
Şekil 6.10 18 Katlı yapı 2-2 kesiti	59
Şekil 6.11 18 Katlı yapı a-a kesiti	60
Şekil 6.12 18 Katlı yapı b-b kesiti	60

Şekil 6.13 18 Katlı yapı d-d kesiti	61
Şekil 6.14 18 Katlı yapının perspektif görünüşü	61
Şekil 8.1 Elastik spektral ivmeler $S_{ac}(T)$	65
Şekil 9.1 Spektral ivme katsayıları	93
Şekil 9.2 TBDY 2019'e göre yatay elastik tasarım spektrumu	94
Şekil 9.3 DD-3 spektral ivme katsayıları	102
Şekil 10.1 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri	122
Şekil 10.2 9 Katlı yapıya X yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri.....	123
Şekil 10.3 9 Katlı yapıya Y yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri.....	124
Şekil 10.4 9 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (X Yönü).....	125
Şekil 10.5 9 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (Y Yönü).....	126
Şekil 10.6 9 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (X Yönü)..	126
Şekil 10.7 9 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (Y Yönü)..	127
Şekil 10.8 SpecXP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında X yönünde meydana gelen momentler	127
Şekil 10.9 SpecYP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında Y yönünde meydana gelen momentler	128
Şekil 10.10 G+Q'lu depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler	128
Şekil 10.11 G+Q'lu depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler	129
Şekil 10.12 G+q'lu depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen eksenel kuvvetler	129
Şekil 10.13 0,9G'li depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler	130
Şekil 10.14 0,9G'li depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler	130
Şekil 10.15 0,9G'li depremlili yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen eksenel kuvvetler	131
Şekil 10.16 18 Katlı yapıya X yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri.....	131
Şekil 10.17 18 Katlı yapıya Y yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri.....	132
Şekil 10.18 18 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (X Yönü).....	133
Şekil 10.19 18 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (Y Yönü).....	133
Şekil 10.20 18 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (X Yönü)	134

Şekil 10.21 18 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (Y Yönü)	134
Şekil 10.22 SpecXP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında X yönünde meydana gelen momentler	135
Şekil 10.23 SpecYP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında Y yönünde meydana gelen momentler	135
Şekil 10.24 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler	136
Şekil 10.25 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler	136
Şekil 10.26 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, meydana gelen eksenel kuvvetler	137
Şekil 10.27 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler	137
Şekil 10.28 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler	138
Şekil 10.29 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, meydana gelen eksenel kuvvetler	138
Şekil 10.30 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	139
Şekil 10.31 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	140
Şekil 10.32 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	140
Şekil 10.33 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	141
Şekil 10.34 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	141
Şekil 10.35 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	142
Şekil 10.36 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	143
Şekil 10.37 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	143
Şekil 10.38 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	144
Şekil 10.39 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	144
Şekil 10.40 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	145
Şekil 10.41 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	146
Şekil 10.42 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	146
Şekil 10.43 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	147
Şekil 10.44 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	147
Şekil 10.45 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	148
Şekil 10.46 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	149
Şekil 10.47 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	149
Şekil 10.48 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	150
Şekil 10.49 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	150
Şekil 10.50 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	151
Şekil 10.51 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler	151

Şekil 10.52	1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	152
Şekil 10.53	5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	152
Şekil 10.54	6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	153
Şekil 10.55	9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	154
Şekil 10.56	10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	154
Şekil 10.57	11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	155
Şekil 10.58	18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)	155
Şekil 10.59	1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	156
Şekil 10.60	5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	157
Şekil 10.61	6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	157
Şekil 10.62	9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y Yönü).....	158
Şekil 10.63	10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	158
Şekil 10.64	11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	159
Şekil 10.65	18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)	160

SİMGELER DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A(T):	Spektral İvme Katsayısı
A _o :	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
B _B :	Mod Birleştirme Yöntemi'nde mod katkılarının birleştirilmesi ile bulunan herhangi bir büyüklük
B _D :	B _B büyüklüğüne ait buyutulmuş değer
DD-:	50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2:	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3:	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4:	50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
d _{fi} :	Binanın i'inci katında F _{fi} fiktif yuklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
E _c :	Elastisite modülü
F _s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F ₁	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
F _{fi} :	Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkileyen fiktif yük
F _i :	Esdeğer Deprem Yuku Yöntemi'nde i'inci kata etkileyen esdeğer deprem yükü
g:	Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s ²)
g _i :	Binanın i'inci katındaki toplam sabit yuk
H _i :	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
h _i :	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I:	Bina Önem Katsayısı
I _{cr} :	Çatlamış kesit atalet momenti
M _{DEV} :	Betonarme perdenin veya çaprazlı çerçevenin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momenti [kNm]
M _o :	Binanın tümü için deprem yüklerinden tabanda meydana gelen toplam devrilme momenti [kNm]
m _i :	Binanın i'inci katının kutlesi (m _i = w _i / g)
N:	Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı
n:	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
R:	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R _a (T):	Deprem Yuku Azaltma Katsayısı
S(T):	Spektrum Katsayısı
S _{ae} (T):	Elastik spektral ivme [m /s ²]
S _{aR} (T _r):	r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s ²]
S _{ae} (T)	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S _{aed} (T)	Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S _{de} (T)	Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi [m]
S _{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1}	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T :	Bina doğal titreşim periyodu [s]
T_1 :	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T_A, T_B :	Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{AD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_{BD}	Düşey elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_{LD}	Düşey elastik tasarım spektrumunda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
T_p	Binanın hakim doğal titreşim periyodu [s]
V_i :	Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_t :	Esdeğer Deprem Yuku Yontemi'nde gozonune alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam esdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
V_{iB} :	Mod Birlestirme Yontemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda modlara ait katkıların birlestirilmesi ile bulunan bina toplam deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$(V_S)_{30}$	Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
W :	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i :	Binanın i'inci katının, hareketli yuk katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
α_s :	Suneklik duzeyi yuksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tumu icin tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
β :	Mod Birlestirme Yontemi ile hesaplanan buyukluklerin alt sınırlarının belirlenmesi icin kullanılan katsayı
Δ_i :	Binanın i'inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelemesi
$(\Delta_i)_{ort}$:	Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
ΔF_N :	Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek esdeğer deprem yükü
δ_i :	Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$:	Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
η_{bi} :	i'inci katta tanımlanan Burulma Duzensizliği Katsayısı
η_{ci} :	i'inci katta tanımlanan Dayanım Duzensizliği Katsayısı
η_{ki} :	i'inci katta tanımlanan Rijitlik Duzensizliği Katsayısı
θ_i :	i'inci katta tanımlanan İkinci Mertebe Gosterge Değeri

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar Açıklama

ABYYHY:	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
DBYYHY:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
TBDY:	Türk Bina Deprem Yönetmeliği



1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Depreme karşı dayanıklı yapı tasarımının temelini deprem yönetmelikleri oluşturmaktadır. Deprem yönetmelikleri o günün teknolojisini ve depreme karşı yapı tasarımında o günün bilgi birikimini yansıtmaktadır. Bundan dolayı depreme dayanıklı yapı tasarlamak için güncel deprem yönetmelikleri hem tasarımcılar hem de uygulayıcılar tarafından iyi bir şekilde anlaşılmalıdır. Bu amaçla 2019 Deprem Yönetmeliğinin binaların dayanımına göre tasarımına getirdiği yeni kavramların anlaşılabilmesinin en iyi yolu 2019 ve 2007 deprem yönetmeliklerinin aynı binalar üzerinde kıyaslamalı çözümlerinin yapılmasıdır. Bu tez çalışmasında aynı kat planına sahip 9 ve 18 katlı iki betonarme yapı 2019 ve 2007 deprem yönetmeliğine göre yapısal analizi yapılarak iki deprem yönetmeliğine göre yapısal analizde çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deprem yönetmeliklerine göre yapılan çözümlerinde bir işlem sırası takip edilerek yönetmeliklerin karışık yapısı daha basit bir formata indirgenmeye çalışılmıştır. Bununla beraber bu tez çalışmasının tasarımcılara, bu açıdan yol göstermesi temenni edilmektedir.

Bu tez çalışmasında incelenen başka bir konuda taşıyıcı elemanların elastisite modülleri ve dolayısıyla da eğilme rijitliklerinin sünme ve büzülme gibi etkenlerden dolayı değişmesidir. Yapılar kullanım süreleri boyunca sürekli olarak servis yüklerine ve kalıcı zati yüklere maruz kalmaktadır. Yapı tasarımında kullanılan elastisite modülleri sabit hızda yüklemeler neticesinde elde edilmektedir. Fakat sünmenin etkisiyle kolonlarda kullanılacak zamana bağlı elastisite modülünün değeri, ilk değerinin yarısına veya üçte birine kadar inebilir (Ersoy ve Özcebe, 2017). Ayrıca kullanma yükleri altında oluşan çatlaklar nedeni ile elemanların atalet momentleri de büyük ölçüde değişikliğe uğramaktadır (Ersoy, 1985). Bu sebeplerden taşıyıcı elemanların eğilme rijitlikleri değişmektedir. Tez çalışmasında 9 ve 18 katlı iki yapının zati yükler altında tüm katlarındaki elemanların eğilme rijitliklerinin aynı alınması ile zamana bağlı olarak eğilme rijitliklerinin değişimini dikkate alarak yapılan çözümlerden hesaplanan kesit tesirleri irdelenmeye çalışılmıştır.

2. DÜNYA'DA DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN İLK ÖRNEKLERİ VE TÜRKİYE'DEKİ DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

2.1. Giriş

Önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi yönünden deprem, doğal afetler arasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Deprem meydana gelmeden önce bazı ön işaretler görülebilse de, günümüzde depremin önceden tahmin edilmesi konusunda güvenilir sonuçlar henüz mevcut değildir (Celep, 2018). Can kaybının önlenmesi açısından depremlerin önceden tahmin edilmesi önemli olsa da, günümüzde birçok önemli şehrin deprem kuşağında yer almasından dolayı yapıların depreme dayanıklı tasarlanması ve inşa edilmesi gerekmektedir. Geçmişten günümüze birçok şehir deprem kuşağındaki bölgelerde kurulmuş ve gelişmiştir. Özellikle şehirlerin büyümesi ve yapıların yüksekliklerinin artması neticesinde depremlerden meydana gelecek olası can ve mal kayıpları tehlikesi de artış göstermektedir.

Bu bölümde dünyada depreme dayanıklı yapı tasarımının ilk örneklerinden bazılarında değinilmiş olup, aynı zamanda ülkemizde deprem yönetmeliklerinin tarihsel gelişimi kronolojik bir sırada verilmiştir. Yayınlanan her yeni deprem yönetmeliğinin getirdiği yeniliklerden kısaca bahsedilmiştir.

2.2. Dünyada Deprem Yönetmeliklerinin İlk Örnekleri

2.2.1. Messina Depremi

Sicilya’da Aralık 1908’de meydana gelen Messina Depremi yaklaşık olarak 83000 kişinin canını almıştır (Şekil 2.1). Felaketten sonra İtalya Kraliyet Hükümeti tarafından Jeoloji Komitesi ve Mühendislik Komitesi kurulmuştur. Mühendislik Komitesi yaptığı incelemelerin ardından, yapıların deprem tasarımında kullanılacak olan, sismik ivmenin yer çekimi ivmesine bölünmesi ile elde edilen sismik oranın ilk katın 1/12’sine üstündeki katların ise 1/8’sine eşit alınması önerisinde bulunmuştur. Yapılan bu öneri tarihte sismik kuvvetlerin hesabı için yapılan ilk sayısal öneri özelliğini göstermektedir (Otani, 2008).



Şekil 2.1 Messina depremi

Kaynak: (Tarihi Olaylar, 2019).

2.2.2. Kanto Depremi

1923 Kanto Depremi, Tokyo’nun yaklaşık 100 km güneyindeki Sagami Yarığında gerçekleşmiştir (Şekil 2.2). Felaket evlerin keresteden yapılmasından dolayı daha da

kötüleştirmiştir. Yaklaşık 105000 kişi çoğunlukla deprem sonrası çıkan yangınlarla can verirken, 103700 kişi yaralanmıştır. Ayrıca 109000 ev yıkılırken, 212000 ev yanmıştır (Otani, 2008).



Şekil 2.2 1923 Kanto depremi

Kaynak: (Rare Historical Photos, 2019).

Çizelge 2.1 incelendiği zaman 553 betonarme yapıdan 22 tanesi ağır hasar alırken, betonarme yapıların %75'inden fazlası depremden hasar almadan depremi atlattığı görülmektedir. Bu yapıların dizaynının herhangi bir deprem kuvveti alınmadan yapıldığı düşünüldüğünde bu rakam dikkat çekicidir (Otani, 2008).

Çizelge 2.1 1923 Kanto depreminde hasar seviyesine göre bina adetleri

Hasar Seviyesi	Bina Adedi
Yıkılan	7
Ağır Hasar	11
Büyük Hasar	4
Hafif Hasar	69
Önemsiz Hasar	462
Toplam	553

Kaynak: (Otani, 2008).

İlk Japon Yapı Yönetmeliği 6 büyük şehirdeki (Tokyo, Yokohama, Nagoya, Kyoto, Osaka ve Kobe) yapıları düzenlemek için Kentsel İmar Kanunu adıyla Nisan 1919'da yürürlüğe girdi. Büyük yapıların inşaatına sadece hükümet onay verebiliyordu. Bina yüksekliği ise 30.3 m ile sınırlandırıldı (Otani, 2008).

Kentsel İmar Yönetmeliğine Haziran 1924'e yapılan yenileme ile birlikte bina tasarımında kullanılacak olan ve 0,1 alınması istenen sismik katsayı ilave edilmiştir. Bunun sonucunda da tasarım sismik kuvveti her kat için, kat ağırlığının %10'u alınarak hesaplanmaya başlanmıştır (Otani, 2008).

2.3. Türkiye'deki Deprem Yönetmeliklerinin Tarihsel Gelişimi

Ülkemiz tarihinde detaylı bir şekilde belgelenen ilk deprem 10 Temmuz 1894'te dönemin başkenti İstanbul'da meydana gelen depremdir (Şekil 2.3) (M=7). Deprem neticesinde 1500-2500 insan hayatını kaybetmiştir (Gülkan ve Ergünay, 2018).



Şekil 2.3 1894 İstanbul depremi

Kaynak: (Gülkan ve Ergünay, 2018).

2.3.1. 1940 Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaat Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi

Türkiye'de yapılar için ilk sismik tasarım kodu 1939 yılında gerçekleşen Büyük Erzincan Depreminden (M=7,9) sonra (Şekil 2.4) 1940 yılında Zelzele Mıntıklarında Yapılacak İnşaat Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi adı altında yayınlanmıştır.



Şekil 2.4 Büyük Erzincan depremi

Kaynak: (AFAD, Erzincan Depremi, 2019).

Deprem neticesinde 32.692 vatandaş can vermiş ve 116.720 bina yıkılmış ya da tahribata uğramıştır. O dönemde yapılan yapıların büyük bir çoğunluğu yığma yapı olduğu için getirilen yönetmelik genellikle mimarı konulara değinmiştir (Soyluk ve Harmankaya, 2012).

2.3.2. 1944 Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi

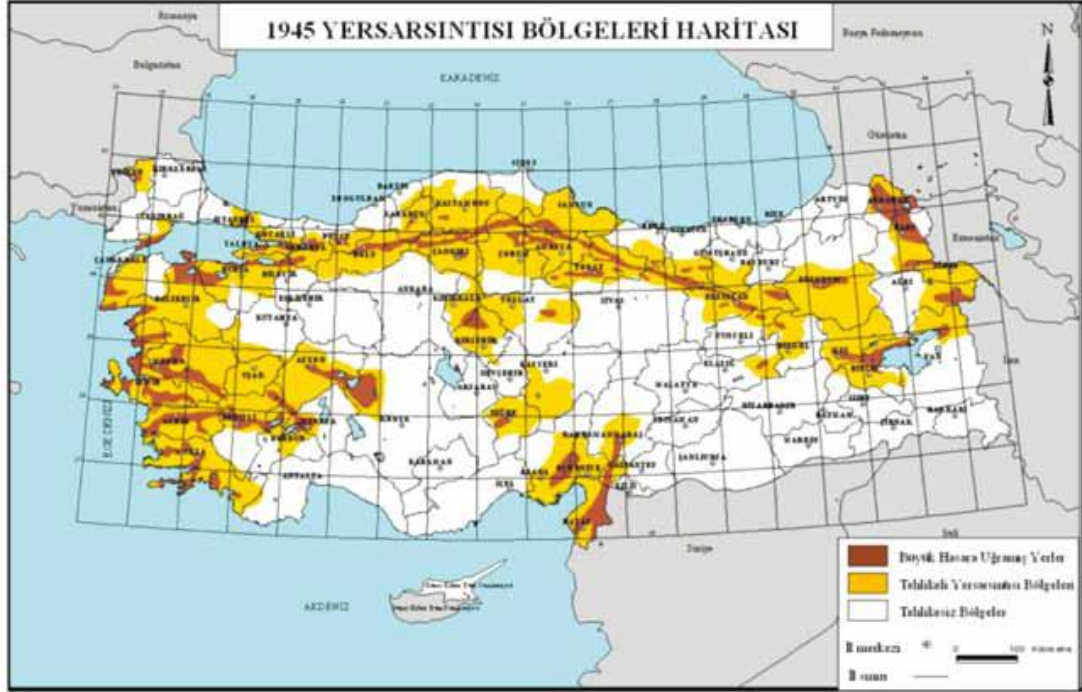
1939-1944 yılları arasında Türkiye’de başka büyük depremlerde meydana gelmiştir. Bu depremler arasındaki en önemlisi ise 1944’ teki Bolu-Gerede (M=7.2) Depremidir. 1944 yılında çıkan yasa ile depremlerden önce önleyici önlem almak zorunlu hale getirilmiştir. 1944 yılında yürürlüğe sokulan 2. Deprem yönetmeliğimiz olan Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi ile depreme karşı yapı tasarımında tabanda oluşan kesme kuvveti, V , yatay kuvvet katsayısı, C , ve bina ağırlığına, W , Denklem 1’e göre hesaplanmaya başlanmıştır.

$$V = C * W \quad (1)$$

C değeri yapının Türkiye’de hangi bölgede yapıldığına bakılmaksızın 0,1 değerine eşit alınmıştır. Aynı zamanda taban kesme kuvveti de düzgün yayılı bir şekilde bina yüksekliği boyunca dağıtılmıştır (Soyluk ve Harmankaya, 2012).

2.3.3. 1945 ve 1947 Tarihli Yer Sarsıntısı Bölgeleri Haritaları

1945 yılında geçmiş yıllarda meydana gelmiş depremlerin yaratmış oldukları hasarlar göz önüne alınarak hazırlanan 1945 Yer Sarsıntısı Bölgeleri Haritası ülkemizin ilk deprem haritası olma özelliğini taşımaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 1945 Yer sarsıntısı bölgeleri haritası

Kaynak: (Özmen, 2012).

Hazırlanan haritaya göre Türkiye üç deprem bölgesine ayrılmıştır (Özmen, 2012).

- Büyük hasara uğramış bölgeler
- Tehlikeli yer sarsıntısı bölgeleri
- Tehlikesiz Bölgeler

İlk haritanın hazırlanmasından sonra yapılan incelemeler neticesinde çok şiddetli yer sarsıntısı bölgelerini gösteren sınırların geniş tutulduğu, daha küçük ve dar sahaları çerçevesiyen sınırlar içine alınması gerektiği yönünde hazırlanan rapor doğrultusunda, 1945 haritası güncellenmiş ve 1947 Yersarsıntısı Bölgeleri Haritası adı altında yürürlüğe girmiştir (Pampal ve Özmen, 2007).

2.3.4. 1949 Türkiye Yer Sarsıntıları Bölgeleri Yapı Yönetmeliği

1945 ve 1947 Yer Sarsıntıları Bölge Haritalarının yürürlüğe girmesi ve ülkemizi 3 adet deprem bölgesine ayırmasının ardından, deprem bölgesini göz ardı ederek hesaplanan tasarım deprem yükü hesapları 1949 Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği ile güncellenmiştir. Bu yönetmelik ile yatay yük katsayısı, C, birinci derece deprem bölgelerinde 0,04 ~ 0,02, ikinci derece deprem bölgelerinde 0,03 ~ 0,01 değerleri arasında alınmaya başlanmıştır (Soyluk ve Harmankaya, 2012).

Bu yönetmeliğe göre yapı ağırlığı Denklem 2'ye göre hesaplanmaya başlanmıştır.

$$W = \Sigma_i w_i = \Sigma_i (g_i + \eta p_i) \quad (2)$$

Hareketli yüklerin katılım katsayısı olan, n, konutlar için 0,33, ticari yapılar için 0,5 ve birçok kişinin aynı anda bulunduğu yapılar içinse 1 olarak alınacaktır (Soyluk ve Harmankaya, 2012).

2.3.5. 1953 Yer Sarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1953 yılında Yer Sarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik adı altında yayınlanan Deprem Yönetmeliği yük birleşimlerini inşaat dünyasıyla tanıştırmıştır. Deprem tasarımı için gerekli kuvvet, U, aşağıdaki formülle hesaplanmaya başlanmıştır (Soyluk ve Harmankaya, 2012).

$$U = G + P + E + 0,5J \quad (3)$$

Denklemde J, rüzgâr yüklerini temsil ederken, G, ölü yükü, P, hareketli yükü, E, ise deprem yükünü temsil etmektedir.

Deprem kuvveti, E, hesabı daha ayrıntılı bir şekilde hesaplanmaya başlanmış ve deprem katsayısı, C (Çizelge 2.2), değeri farklı zemin türlerine göre farklılık göstermiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

Çizelge 2.2 Farklı zemin türlerine göre C katsayısı

Zemin Cinsi	1. Derece	2. Derece
a) Yerlikaya kalınlığı 1m' den fazla olan zeminler üzerine yapılacak yapılar için	0,02	0,01
b) Asgari kalınlığı 3 m olan sert kil zeminler üzerine yapılacak yapılar için	0,03	0,02
c) Diğer iki şıktaki zeminlerin dışında kalan zeminler üzerine yapılacak yapılar için	0,04	0,03

Kaynak: (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

2.3.6. 1962 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1962 Deprem Yönetmeliğinde, bir önceki yönetmeliğe kıyasla deprem katsayısı, C, hesabı geliştirilmiştir (Alyamaç ve Erdoğan 2005).

$$C = C_0 * n_1 * n_2 \quad (4)$$

Formülde C_0 bina yüksekliğine göre değişen bir katsayı (Çizelge 2.3), n_1 , deprem bölgesi ve zemin cinsine göre değişen bir katsayı (Çizelge 2.4) ve n_2 deprem bölgesine göre değişen bir katsayıdır.

Çizelge 2.3 C_0 katsayısı

Bina Yüksekliği (m)	C_0 Katsayısı
<16	0,06
16-22	0,07
22-28	0,08
28-34	0,09
34-40	0,01
>40	+0,01/her 3m' de

Kaynak: (İlki ve Celep, 2012).

Çizelge 2.4 n_1 katsayısı

Zemin Cinsi	Betonarme Yapılar	Çelik Yapılar
I	0,8	0,6
II	0,9	0,8
III	1	1

Kaynak: (İlki ve Celep, 2012).

2.3.7. 1963 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

1947 Yer Sarsıntı Bölgeleri Haritasında, deprem bölgeleri dışında bırakılması gereken bölgelerin deprem bölgesinde, birinci derece deprem bölgesinde bulunması gereken bazı yerleşim yerlerinin de deprem bölgesi dışında bırakılması gibi önemli yanlışlıklar içeren 1947 tarihli deprem bölgesi haritası yerini 1963 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına bırakmıştır. Bu harita ülkemizi 4 bölgeye ayırmıştır (Pampal ve Özmen, 2007).

- Birinci derece deprem bölgeleri
- İkinci derece deprem bölgeleri
- Üçüncü derece deprem bölgeleri
- Tehlikesiz bölgeler olmak

2.3.8. 1968 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1968 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik önceki yönetmeliklerden ayrı olarak betonarme taşıyıcı elemanlara minimum boyut şartı getirmiştir. Özellikle altıncı bölüm başlığı altında betonarme yapıların oturma planlarının mümkün olduğunca basit ve tercihen dikdörtgen veya kare şeklinde yapılmasının istenmesi notu dikkat çekicidir. Yine aynı bölümün “Derzler” alt başlığında “Betonarme karkas yapılarda yatay ve düşey atalet kuvvetlerini alacak kolon ve rijitlik perdelerinin rijitlik merkezi, mümkün olduğu kadar yapının kütle merkezine intibak ettirilmelidir.” maddesi ile yönetmeliğin tasarımcıyı düzenli yapı tasarımına itmeye çalıştığı yorumu yapılabilir.

Deprem katsayısı, C , hesabı önceki yönetmeliğe göre geliştirilmiştir.

$$C = C_0 \cdot a \cdot \beta \cdot \gamma \quad (5)$$

Denklemden yer alan dinamik katsayısı (Çizelge 2.5), γ , yapı periyoduna bağlı bir katsayı olduğu için yönetmeliklerimize ilk defa spektral şekil kavramı girmiştir (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[ABYYHY], 1968).

Çizelge 2.5 Dinamik katsayısı γ

	γ
$T \leq 0,5$	1
$T > 0,5$	$\frac{0,5}{T}$

Kaynak: (ABYYHY, 1968).

2.3.9. 1972 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

1963 haritasında tehlikesiz bölge olarak gösterilen bazı bölgelerde yıkıcı depremlerin meydana gelmesi ve 1968 yılında Strasbourg'da toplanan Avrupa Sismoloji Komisyonunun tavsiyeleriyle tam uyumlu olmaması gibi nedenlerle 1968 yılında yeni deprem haritası çalışmalarına başlanmıştır (Ergünay, 1976). Yukarıda belirtilen eksiklikleri giderecek şekilde hazırlanmış olan yeni deprem haritası, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası 1972 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu haritaya göre ülkemiz;

- Birinci derece deprem bölgeleri (IX veya daha büyük şiddetteki depremlerin olduğu veya olabileceği yerler)
- İkinci derece deprem bölgeleri (VIII şiddetindeki depremlerin olduğu veya olabileceği yerler)
- Üçüncü derece deprem bölgeleri (VII şiddetindeki depremlerin olduğu veya olabileceği yerler)
- Dördüncü derece deprem bölgeleri (VI şiddetindeki depremlerin olduğu veya olabileceği yerler)
- Tehlikesiz bölgeler, olmak üzere beş bölgeye ayrılmıştır (Pampal ve Özmen, 2007).

2.3.10. 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1972 yılında yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 4 deprem bölgesinin bulunması, 3 deprem bölgesine göre hesap yapılan 1968 ABYYHY ile tam uyuşmamaktaydı. Bu uyumsuzluğu gidermek adına 1975 yılında Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik adı altında yeni bir deprem yönetmeliği yürürlüğe girdi. Bu yönetmelikte ilk defa süreklilik tanımı yapılmış olup yönetmeliğin

getirdiği konstrüktif kurallar ile üretimi yapılan betonarme sistemlere sünek sistemler olarak kabul edilmiştir.

1975 Deprem Yönetmeliğinde ilk defa düzenli ve düzensiz yapılar tanımı yapılmıştır.

Toplam yatay yük hesabında ise deprem katsayısı, C, hesabı geliştirilmiştir.

$$C = C_0 \cdot K \cdot S \cdot I \quad (6)$$

Denklemden yer alan Yapı Tipi Katsayısı (Çizelge 2.6), K, aşağıdaki çizelgeye göre belirlenmektedir.

Çizelge 2.6 Yapı tipi katsayısı, K

Yapı Tipi	Dolgu Duvar Tipi	K	
Bundan Sonra Tanımlanacak Çerçeve Sistemi Dışında Kalanlar	-	1,00	
Tüm Perde Duvarlı Kutu Sistemler	-	1,33	
Tüm Yatay Yüklerin Çerçeveler Tarafından Taşıdığı Binalar	Sünek Sistemler	a	0,60
		b	0,80
		c	1,00
	Sünek Olmayan Sistemler	a	1,20
		b	1,50
		c	1,50
Düktil Çerçeveleri ile Yatay Yüklerin en az %25'ini Taşıyabilen Perde Duvarlı Sistemler	a	0,80	
	b	1,00	
	c	1,20	

Dolgu duvar tipleri: a=betonarme ya da yatay veya düşey donatılı yığma bölme duvarlı, b=donatısız yığma bölme duvarlı, c=hafif ve az bölme duvarlı ya da prefabrike beton bölme duvarlı

Kaynak: (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[ABYYHY], 1975).

Çizelge 2.6'dan da görüldüğü gibi sünek olmayan yapıların sünek yapılara oranla daha fazla cezalandırıldığı görülmektedir. Aynı zamanda 1968 deprem yönetmeliğinden itibaren yapıların, yapının doğal periyoduna göre hesaplanan dinamik katsayısı bu yönetmelikte hem yapı doğal periyoduna göre hem de zemin doğal periyoduna göre hesaplanan bir katsayı haline gelmiştir.

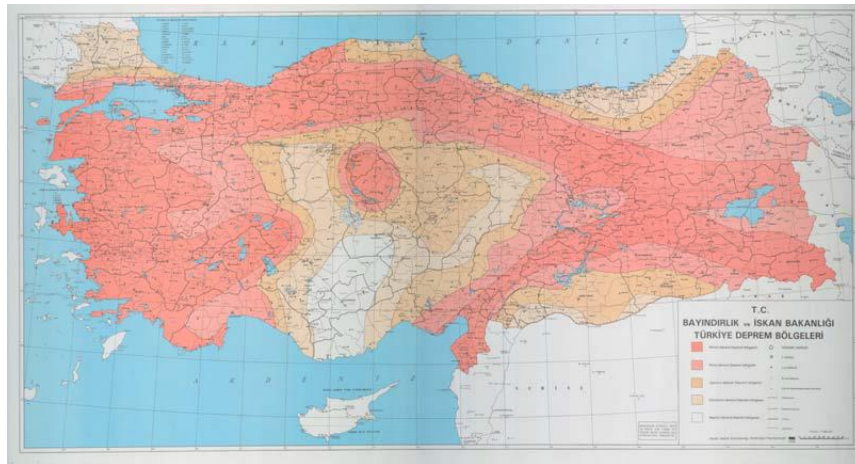
$$S = \frac{1}{|0.8 + T - T_0|} \quad (7)$$

Denklem 7’de T yapının doğal periyoduna karşılık geliyorken T_0 değeri de zemin hâkim periyodudur (ABYYHY, 1975).

2.3.11. 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

1996 yılında yayımlanan ve 22 yıl boyunca yürürlükte kalan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ülkemizde gelecekteki 50 yıl içerisinde %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmelerini göstermektedir (Şekil 2.6). Bu haritaya göre ülkemiz;

- Birinci derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.40 g ve daha büyük olacağı bölgeler)
- İkinci derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.30 – 0.40 g arasında olması beklenen bölgeler)
- Üçüncü derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.20 – 0.30 g arasında olması beklenen bölgeler)
- Dördüncü derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.10 – 0.20 g arasında olması beklenen bölgeler)
- Beşinci derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.10 g den küçük olması beklenen bölgeler), olmak üzere beş bölgeye ayrılmıştır (Pampal ve Özmen, 2007).



Şekil 2.6 1996 Türkiye deprem bölgeleri haritası

Kaynak: (Pampal ve Özmen, 2007)

2.3.12. 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

1998 yılında Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik adı altında yürürlüğe giren 98 Deprem Yönetmeliği birçok açıdan yapıların depreme dayanıklı tasarımı açısından devrim niteliği taşımaktadır. Yönetmelik hem deprem yükünün hesaplanması hem de betonarme elemanların tasarımı için birçok kuralı inşaat dünyasına kazandırmıştır. Öncelikle önceki yönetmeliklerde bahsi geçen ama tam olarak tanımlanmayan bina düzensizlikleri bu yönetmeliğimizde ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Onun ardından yapıya etki eden taban kesme kuvvetinin hesabında eşdeğer deprem yükü, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesaplar yönetmeliğimize girmiştir. Önceki yönetmeliklerimizde konstrüktif kurallar içerisinde yer alan kolon sarılma bölgelerinin donatılandırılması koşulları bu yönetmeliğimizde daha ileri bir seviyeye taşınarak inşaat dünyasına güçlü kolon-zayıf kiriş tasarım prensibini sokmuştur (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[ABYYHY], 1998). 1999 yılında meydana gelen Marmara Depremindeki (M=7,4) hasar kayıtları göstermiştir ki kolon-kiriş sarılma bölgesine yeteri kadar önem verilmemesi, kolonların olması gerektiğinden daha ince yapılması ya da kirişlerin olması gerektiğinden daha kalın yapılması deprem gibi yapıyı elastik ötesi davranışa zorlayan yükler altında binada oluşan plastik mafsalların kolonlarda meydana gelmesine yol açmış ve yapılarda göçmeler meydana gelmiştir. Üzücüdür ki bunun sonucunda resmi kayıtlara göre 18.373 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 23.781 kişi sakat kalmış, 285.211 ev, 42902 iş yeri hasar görmüştür (AFAD, Gölcük Depremi, 2019). Deprem yönetmeliğinin getirmiş olduğu bu yeni kurallardan dolayı ülkemizde bulunan inşaat mühendislerinin birçoğu 1998-1999 ve sonrasında yönetmeliğe uygun yapılan yapıların eski yapılara göre çok daha güvenliği olduğuna inanmaktadır (İlki ve Celep, 2012).

3. BETONARME ELEMANLARDA KALICI YÜKLER ALTINDA MEYDANA GELEN KESİT TESİRLERİ DEĞİŞİMLERİNİN İRDELENMESİ

3.1. Giriş

Bilindiği üzere tasarımcılar dayanıma göre bina analizi yaparken taşıyıcı elemanların eğilme rijitliklerini tüm katlarda sabit olarak almaktaydı. 2019 Deprem Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte dayanıma göre tasarımda taşıyıcı elemanlarda farklı etkin kesit rijitlikleri kullanılmaya başlanmıştır. Fakat bu rijitlikler depreme göre hesapta kullanılması öngörülmüştür. Ancak bilindiği gibi yapıda kalıcı yükler altında sünme ve diğer etkenlerden dolayı elemanların elastisite modülünün azalması kolonların eğilme rijitliğini azaltmaktadır. Kirişlerde ise servis yükleri altında meydana gelen çatlaklar sebebi ile atalet momentleri değişmekte ve dolayısıyla eğilme rijitlikleri de değişmektedir.

3.2. Literatür Çalışması

Can (1987) betonarme çerçevelerin yük geçmişi ve zamana bağlı olarak düğüm noktalarında oluşan moment değişimlerini incelemek için STRESS programı aracılığı ile betonarme bir çerçevenin iki boyutlu analizini yapmıştır. Yaptığı karşılaştırmalarda tüm elemanların eğilme rijitliklerinin aynı alınması ile zamana ve yük geçmişine bağlı olarak eğilme rijitliklerinin değişimi dikkate alınarak yapılan, çözümlenelerde farklılıklar olduğu sonucuna varmıştır.

Can (1988) çerçeve ve boşluklu perdelerden oluşan yatay yük etkisindeki yüksek betonarme yapılarda yük geçmişi ve zamana bağlı moment değişimlerini incelemek için TABS 80 bilgisayar programı ile yapılan iki boyutlu analizlerin sonucunda perde momentlerinde %10 ile %14 arasında azalmalar olduğu görülürken %46'ya varan deformasyon artışları tespit etmiştir.

Ateş ve Çimen (2019) mevcut bir binanın ilk başta TS500-2000'de bulunan standart formüller ile statik analizini yapmış daha sonrada yapıdan aldıkları karot numunelerine gauge(strengaç) bağlantıları ile gerçek zamanlı ölçümlere tabi tutarak elde ettikleri deneysel elastisite değerleri ile ikinci bir statik analiz yapmışlardır. Deneysel olarak

hesapladıkları elastisite modülü TS500-2000'de bulunan ampirik formül ile hesapladıkları değerden %30 daha az çıkmış olup bu değer kaybından dolayı bina yatay yük kapasitesinin olması gerekenden %8 fazla hesaplandığını görmüşlerdir.

Elçi ve Terzi (2005) betonarme yapıların yükleme yaşına ve zamana bağlı olarak kesit tesirlerinin ve düğüm noktası deplasmanlarının değişimini araştırmak için fortran dilinde yazdıkları bilgisayar programı aracılığı ile uzun süreli yüklere maruz kalan yapılarda özellikle de eksenel yükün fazla olduğu kolonlarda eksenel yüke bağlı boyutlandırma yapılması gerektiğini bulmuşlar. Aynı zamanda da yapının yükleme yaşı arttıkça da sünme deformasyonunun azaldığını gözlemlemişlerdir.

Felekoğlu ve Türkel (2004) betonun farklı yükleme hızlarında yapmış olduğu davranışı incelemek için iki farklı dayanım sınıfındaki beton karışımları ile hazırladıkları standart silindir örneklerini iki farklı yaştaki üç farklı gerilme artış hızıyla yüklenmesi sonucunda elde edilen basınç dayanımlarını gözlemlemişlerdir. Deneylerin sonucunda yüksek yükleme hızlarında basınç dayanımının bir miktar arttığını, düşük yükleme hızlarında bir miktar azaldığı gözlemlenmiştir.

Tasevski, Ruiz ve Muttoni (2018) yapmış oldukları çalışmada yüksek gerilme seviyelerinde ve farklı yükleme çeşitlerinde kırılma davranışı gösteren betonları incelemişlerdir. Bu çalışmada doğrusal ve doğrusal olmayan sünme birim şekil yer değiştirme ile betonda meydana gelen hasar ve olası kırılma arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmacılar silindir beton numuneleri üzerinde yaptıkları deneyler neticesinde betonun uzun süreli ve farklı yükleme şekillerine göre kırılma davranışının tahmini için kapsamlı bir metot önermişlerdir.

Rüsch (1960) yapmış olduğu öncü çalışma neticesinde betonun çok yüksek gerilme seviyelerinde sürekli olarak basınç etkisi altında kalmasını incelemiş ve inşaat dünyasına uzun süreli yükler etkisinde beton dayanımı kavramını kazandırmıştır. Yapmış olduğu deneyler neticesinde yüksek seviyelerde uzun süreli yüksek basınç gerilmesine tabi tutulan betonların yük seviyelerine göre davranışını incelemiştir. Yaptığı deneyler neticesinde, beton dayanımının %80'inden daha az bir gerilmeye tabi tutulan numunelerin yükü sonsuza kadar taşıyabileceğini görmüş fakat yük seviyesinin beton dayanımının %80'inden fazla olduğu durumlarda betonun bir süre sonra kırıldığını gözlemlemiştir.

Ozbolt ve Reinhardt (2001), yaptıkları deneysel ve numerik analizler sonucunda betonun mukavemetinin uzun süreli yükler altında, betonun ani basınç dayanımına kıyasla %30 daha az olduğunu görmüşlerdir. Aynı zamanda uzun süreli yükler altında betonun çekme dayanımının test numunelerinin arasındaki uyumsuzluğa karşı son derece hassas olduğunu gören araştırmacılar sünme-çatlama ilişkisi analizinde gerilme şekil değiştirme bölgesinin homojensizliği ve betonun gerçekçi modellenmesinin önemli bir rol oynadığını görmüşlerdir.

Ruiz, Muttoni ve Gambarova (2007) yaptıkları çalışmada betonun basınç altında doğrusal olmayan sünme davranışını ve betonun sünme davranışı ile tek eksenli basınç altında çatlama arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Doğrusal ve doğrusal olmayan sünme birim şekil değiştirmenin rolünü ve işleyişini açıklamak için fiziksel bir modeli çalışmalarında sunmuşlardır. Oluşturdukları model bütün sünme birim şekil değiştirmelerin betonda meydana gelen mikro çatlaklardan oluştuğu kabulüne dayanmaktadır. Araştırmacılar önerdikleri modelin, farklı beton yaşlarına sahip numunelerin çeşitli yükleme şekilleri uygulanarak yaptıkları deneysel çalışmalar ile uyumlu olduğu sonucuna varmışlardır. Aynı zamanda yaptıkları çalışma neticesinde yakınlık hipotezinin, uzun süreli yüklemeler altında dengesiz bir şekilde büyüyen çatlaklardan dolayı kırılan betonlarda geçerliliğini kaybettiği sonucuna varmışlardır.

Neville (1966), yapmış olduğu çalışmada o dönemlerde üstünde durulmaya başlanan betonun uzun süreli yükler altında sünme davranışı ile alakalı araştırmasında bu olay ile alakalı araştırılmasını gerekli gördüğü problemleri sıralamıştır. Bu problemlerden bazıları: Kalıcı yük altında yüksek gerilmeleri maruz bırakılan betonların kırılma kriterleri, kalıcı yük altında orta seviyede gerilmelere maruz bırakılan betonların mukavemetinin artması, betonun mukavemeti ve sünme arasındaki ilişki, %95 bağıl nem ortamında büzülme ve sünme arasındaki ilişki, hafif betonlarda sünme olarak sıralanabilir.

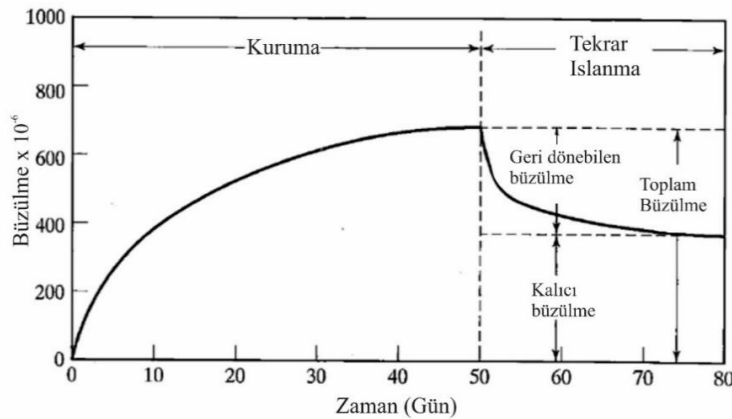
Kumbasar (2015), yapmış olduğu çalışmada kesit hesabında, göçme durumuna kadar olan davranış için yapılan kabullere uygun olarak elde edilen kesit dönmesinden yararlanarak, göçme sınırına kadar değişken olan bir rijitlik tanımlamış ve konuyla ilgili deneysel olarak elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrileri ile karşılaştırmıştır. Bu çalışmada farklı

dışmerkezlilik oranları ve farklı donatı oranlarına sahip betonarme kesitlerde yapmış olduğu analizlerde rijitliğin düştüğünü görmüştür.

Öztürk, Demir, Dok ve Güç (2017) yapmış oldukları çalışmada Eurocode-8, TDY 2007 ve çalışmanın yapılmış olduğu dönemde taslak halinde olan TBDY2016’da verilen etkin kesit rijitlikleri değerlerini analitik olarak araştırmışlardır. Bu amaçla dairesel ve dikdörtgen kolonlar için, farklı enine ve boyuna donatı oranları farklı en kesit ölçüleri kullanarak etkin kesit rijitliklerinin değişimini XTRACT programı aracılığıyla incelemiştir. Çalışmalarında aksel kuvvetteki değişim de dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda bulunan kesit rijitlikleri Eurocode-8 ve TBDY2016 yönetmelikleri tarafından önerilen değerlerden oldukça farklı bulunmuştur. Ancak TDY2007 tarafından önerilen değerler diğer yönetmeliklere kıyasla analiz sonuçlarına daha yakın çıkmıştır

3.3. Büzülme

Betondaki çimentonun hidrasyonu için gerekli su miktarı, çimento ağırlığının %25’i kadardır. Ancak, işlenebilir bir beton elde etmek için gerekli olan su miktarı %25’in çok üzerindedir. Bu nedenle, beton kalıplara yerleştirildikten sonra hidrasyon için gerekmeyen su buharlaşarak betondan ayrılır (Ersoy ve Özcebe, 2017). Betonun içerisindeki suyun fiziksel ve/veya kimyasal nedenlerle azalması sonucunda betonun boyunda ve hacminde yer alan küçülmeye, “büzülme” denilmektedir (*ACI Cement and Concrete Terminology*, 1994). Beton buharlaşma nedeni ile su kaybettikçe hacimsel küçülme olur, başka bir deyişle büzülerek kısalır.

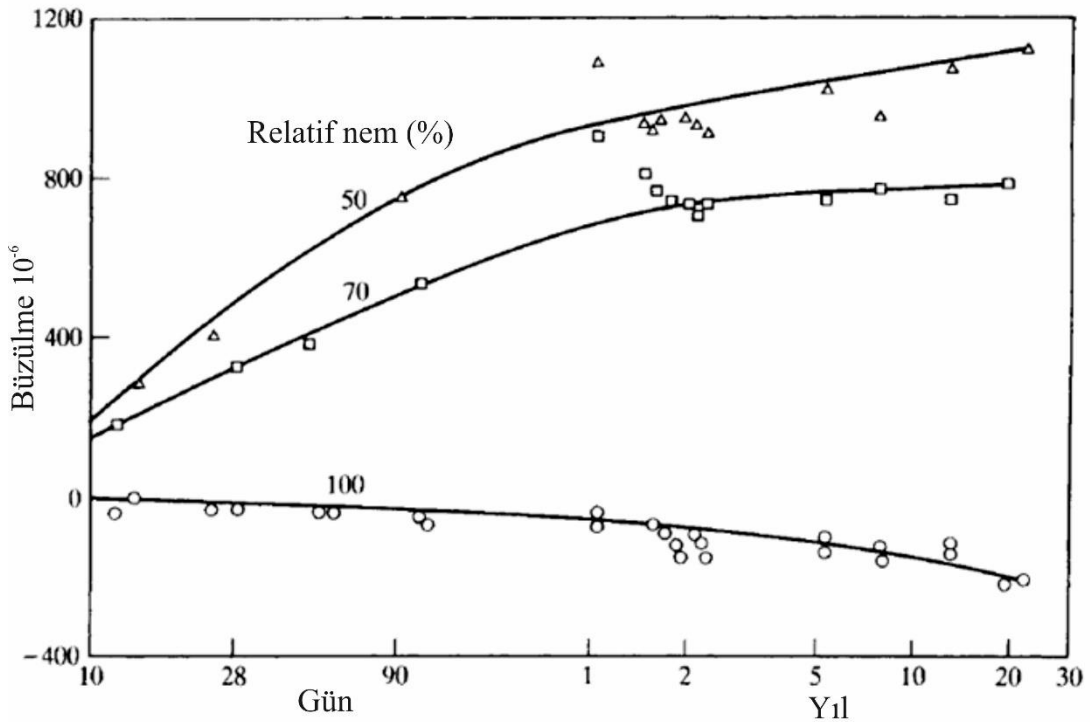


Şekil 3.1 Kuruma ve ıslanma durumunda betonun zamana bağlı şekil değiştirmesi

Kaynak: (Mindess, Young ve Darwin, 2003), (Erdoğan, 2015).

Şekil 3.1’de görüleceği üzere kurumakta olan beton su kaybederek büzülmektedir, yani hacmi küçülmektedir. Kurumakta olan beton tekrar ıslatıldığında kaybedilen suyun bir kısmı geri kazanılmakta fakat bu geri kazanım %100 olmamaktadır. Bu sebeple de büzülme neticesinde oluşan şekil değişiminin bir kısmı kalıcı olmaktadır (Mindess vd, 2003).

Büzülme buharlaşma ve buharlaşma hızına bağlı olduğundan, ortamın sıcaklığı, nemi ve elemanın bu ortama açık olan yüzeyinin büyüklüğü büzülmeyi etkiler. Olay fazla suyun buharlaşması ile ilişkili olduğundan, karışımda su/çimento oranı da önemli bir rol oynar (Ersoy ve Özcebe, 2017). Şekil 3.2’de görüldüğü üzere farklı Relatif neme sahip ortamlarda saklanan betonlarda meydana gelen şekil değişimlerinin büyük bir kısmı ilk üç ay içerisinde meydana gelmiştir. Şekilden de görüleceği üzere daha az nemli ortamlarda betonda su kaybı daha çok neme sahip ortamlara nazaran daha fazla olmuş ve doğal olarak betondaki büzülme artmıştır. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere büzülme etkisinde, nemin ne derece önemli bir rol oynadığı görülmektedir (Neville ve Brooks, 1987), (Erdoğan, 2015).

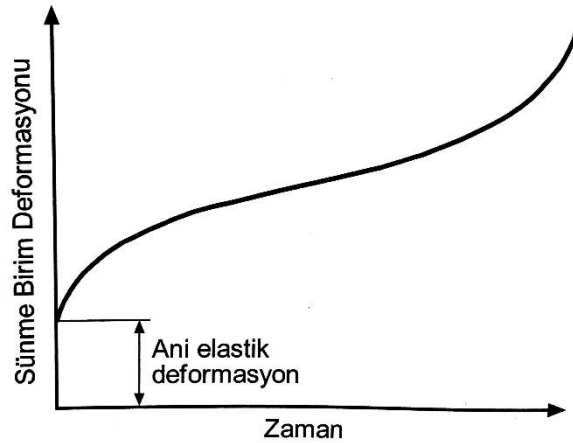


Şekil 3.2 Farklı relatif nemli ortamlarda saklanmış betonların büzülme ve zaman ilişkisi

Kaynak: (Ersoy ve Özcebe, 2017), (Neville ve Brooks, 1987), (Erdoğan, 2015).

3.4. Sünme

Malzemelerin üzerine, taşıyabilecekleri maksimum gerilmeden daha küçük bir gerilme uygulandığı takdirde, çok kısa bir süre içerisinde, belirli miktarda bir deformasyon oluşmaktadır. Bu deformasyona “ani elastik deformasyon” denilmektedir. Şayet, uygulanan belirli büyüklükteki bir gerilme malzemenin üzerinde devamlı olarak bırakılacak olursa, gerilmenin büyüklüğü değişmese dahi zaman ilerledikçe, malzemenin ilk yükleme anında oluşmuş olan deformasyonunda yavaş tempoda fakat sürekli bir artış görülmektedir. Üzerine uygulanan sabit gerilmenin etkisiyle, zaman geçtikçe malzemenin gösterdiği yavaş fakat ilerleyen deformasyona “sünme” denilmektedir. Sünme olayı, mühendislikte kullanılan bütün malzemelerde yer alan bir olaydır. Metallerdeki sünme, genellikle, yüksek sıcaklık ortamında ve yüksek gerilmeler altında meydana gelmektedir. Şekil 3.3’te sabit çekme gerilmesi altında ve sabit sıcaklık ortamında, metallerdeki tipik “sünme birim deformasyonu – zaman” ilişkisi gösterilmektedir (Erdoğan, 2015).

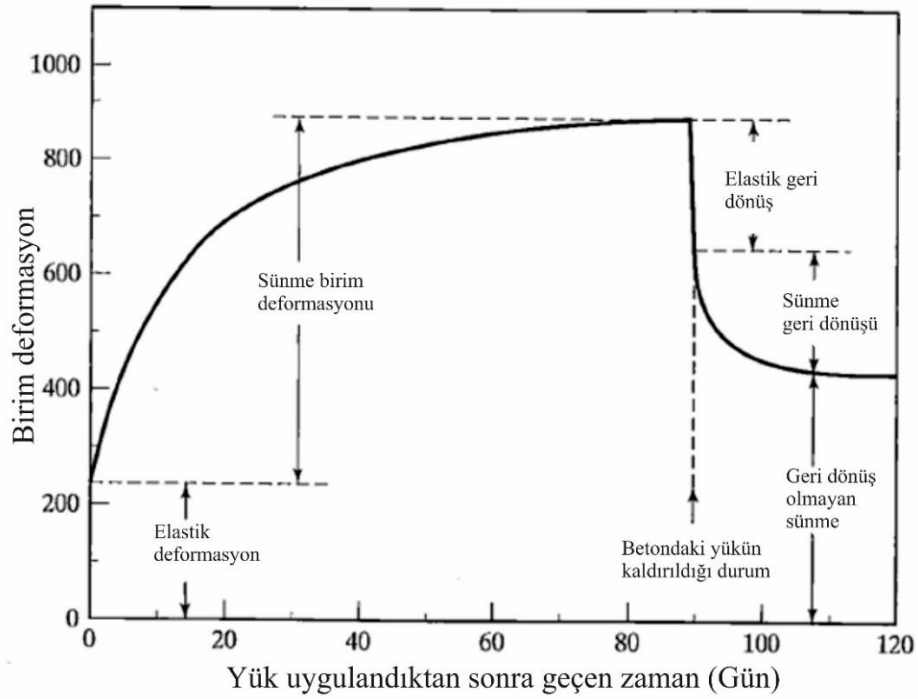


Şekil 3.3 Sabit gerilme ve sıcaklık altında, metallerdeki tipik “sünme birim deformasyonu – zaman” ilişkisi

Kaynak: (Erdoğan, 2015).

Betondaki sünme ise düşük gerilmeler altında ve normal sıcaklık ortamında da meydana gelmektedir. Şekil 3.4 sabit basınç yükü altındaki bir betonun tipik sünme eğrisini göstermektedir (Erdoğan, 2015).

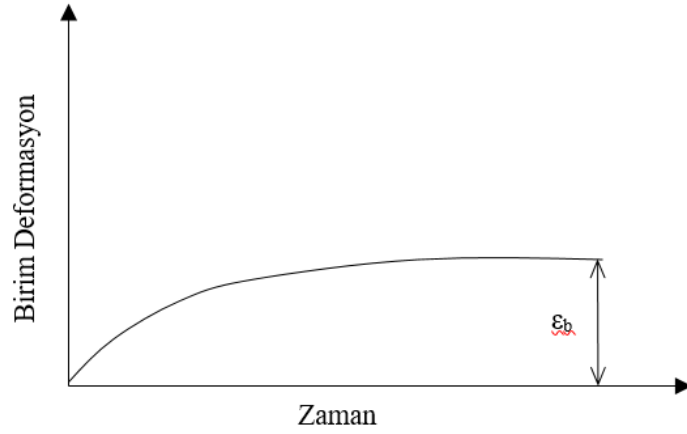
Şekil 3.4 incelendiğinde, basınç yükünün uygulandığı anda, yukarıda da belirtildiği üzere beton ani elastik deformasyon yapmaktadır. Daha sonra yük sabit kalmasına rağmen betondaki şekil değiştirme zaman ilerledikçe artmaktadır. Şekilden de görüleceği üzere 90. günde betonun üzerindeki yük kaldırılmıştır. Yük kaldırıldıktan sonra, yüklendikten hemen sonra meydana gelen ani elastik deformasyon beton tarafından anında geri kazanılmıştır. Bu geri kazanımı takiben sünme geri dönüşü olarak adlandırılan deformasyon azalması meydana gelmektedir. Fakat bu sünme geri dönüşü tamamlandıktan sonra beton eski boyutlarına hiçbir zaman geri dönememektedir. Sünme olayı sebebiyle oluşan deformasyonun bir kısmı kalıcı olmaktadır (Mindess vd 2003), (Erdoğan, 2015).



Şekil 3.4 Kalıcı yük etkisi altında betonun zamana göre yaptığı şekil değişimi

Kaynak: (Ersoy ve Özcebe, 2017), (Mindess vd., 2003), (Erdoğan, 2015).

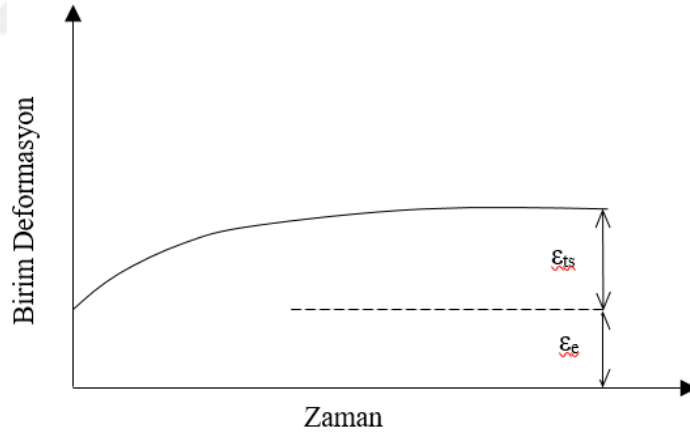
Sünme deformasyonu, betonun sabit yük altında zamana bağlı olarak gösterdiği deformasyondur. Büzülme deformasyonu ise, üzerinde yük bulunmadığı durumda dahi, betonun zamana bağlı olarak gösterdiği deformasyondur. Her iki olayda da elde edilen birim deformasyon – zaman eğrileri yukarıdaki şekillerden görüleceği üzere birbirine oldukça benzerdir. Gerek sünme olayında ve gerekse büzülme olayında büyük miktarda “kalıcı deformasyon” meydana gelmektedir (Erdoğan, 2015).



Şekil 3.5 Üzerinde yük yokken betonda kuruma etkisiyle meydana gelen büzülme

Kaynak: (Erdoğan, 2015)

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi kuruma etkisindeki beton, üzerinde hiçbir yük bulunmasa dahi büzülme davranışı göstererek deformasyona uğramaktadır. Şekil 3.5’te üzerinde yük bulunmayan betonun belirli bir zaman içerisinde yapmış olduğu büzülme birim deformasyonu (ϵ_b) gösterilmektedir (Mindess vd, 2003), (Erdoğan, 2015), (Neville, 1981).

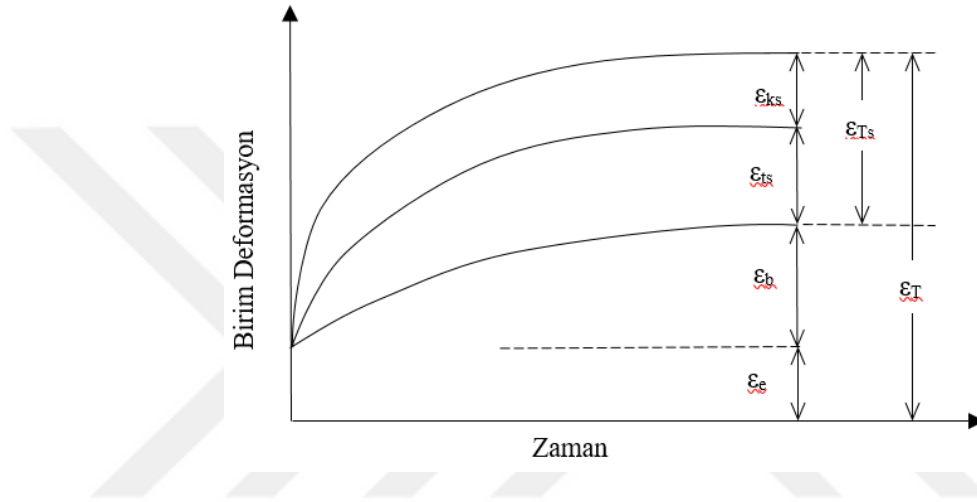


Şekil 3.6 Sabit yük etkisi altında betonda meydana gelen deformasyon (beton numunenin nemi ile ortamın nemi eşit)

Kaynak: (Erdoğan, 2015).

Şekil 3.6’da üzerinde sabit bir yük bulunan betonun sadece bu yük etkisi altında zamanla göstereceği sünme birim deformasyon gösterilmektedir (Mindess vd, 2003), (Erdoğan, 2015), (Neville, 1981).Gösterilen bu durumda beton numunenin içerisindeki nem miktarı ile ortamda bulunan nem miktarının dengede olduğu bir durum ifade edilmektedir. Şekil

3.4'te de gösterildiği gibi beton numuneye yük uygulanır uygulanmaz betonda ani elastik deformasyon meydana gelmektedir (ϵ_e). Yük sabit olarak bırakıldığı için sünme deformasyonu devam etmektedir. Ortamın nemi ile beton numunenin içerisindeki nem dengeli olduğu için ani elastik deformasyondan sonra (ϵ_e) sabit yük etkisiyle betonda oluşan deformasyona temel sünme birim deformasyonu (ϵ_{Ts}) olarak tanımlanmaktadır (Erdoğan, 2015).



Şekil 3.7 sabit yük ve kuruma etkileri etkisindeki betonda meydana gelen deformasyon

Kaynak: (Erdoğan, 2015)

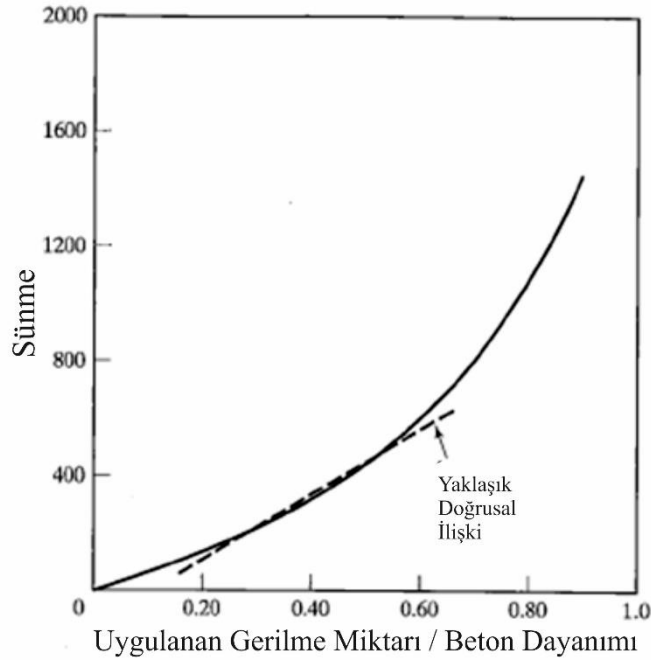
Betonun tipik büzülme ve sünme davranışları yukarıdaki şekillerde gösterilmiştir. Oysaki üzerinde sabit bir yük bulunan betonda sünme ve büzülme deformasyonları bir arada gerçekleşmektedir. Betonda sünmeden dolayı gerçekleşen deformasyon, betonun aynı anda kurumadan dolayı gösterdiği büzülme davranışından etkilenmektedir. Şekil 3.7'de betonun hem sabit yük etkisi altında gösterdiği sünme davranışını hem de kurumadan dolayı betonda meydana gelen büzülme davranışını göstermektedir. Şekil 3.7 incelendiğinde şekilde gösterilen ϵ_e ve ϵ_b 'nin tanımları daha önceden yapılmıştı. Burada açıklanması gereken sünmeden dolayı betonda meydana gelen deformasyondur (ϵ_{Ts}). Sünme nedeniyle meydana gelen deformasyonun bir kısmı temel sünme birim deformasyonundan (ϵ_{ts}) meydana gelirken bir kısmı da kuruma nedeniyle betonda meydana gelen sünme birim deformasyonudur (ϵ_{ks}) (Erdoğan, 2015).

3.5. Sünme Birim Deformasyonunu Etkileyen Faktörler

Sabit gerilme altındaki betonun göstereceği sünme deformasyonu birçok değişkene bağlıdır. Bunlardan en önemlileri aşağıda sıralanmıştır.

3.5.1. Betona Uygulanan Sabit Gerilmenin Büyüklüğü:

Betona uygulanan kalıcı yükün büyüklüğünün mertebesi ne kadar artarsa beton elemanda oluşan sünme deformasyonun büyüklüğü de o kadar fazla olmaktadır. Şekil 3.8’de görüldüğü üzere betona uygulanan kalıcı yükün beton dayanımına oranı %40’ı kadar olduğu durumlarda sünme birim deformasyonu uygulanan gerilme ile orantılı olarak artarken. Uygulanan gerilme miktarı betona dayanımının %40’ından büyük olduğu durumlarda ise sünme deformasyonu ile gerilme arasındaki bu doğrusallık ortadan kalkmaktadır (Ersoy ve Özcebe, 2017), (Mindess vd, 2003), (Erdoğan,2015).

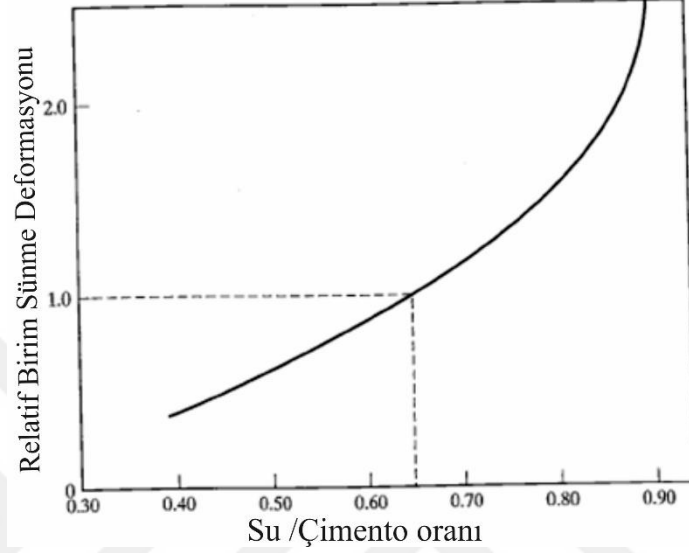


Şekil 3.8 Sünme deformasyonu ile beton elemana uygulanan gerilme ile dayanımı arasındaki ilişki

Kaynak: (Mindess vd., 2003), (Erdoğan, 2015).

3.5.2. Su/Çimento Oranı

Su/çimento oranının artması beton dayanımını düşürdüğü için sünme deformasyonun artmasına yol açmaktadır (Ersoy ve Özcebe, 2017). Şekil 3.9'da su/çimento oranı ile sünme deformasyonu arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 3.9 Su/Çimento oranı ile betonda meydana gelen sünme deformasyonu arasındaki ilişki

Kaynak: (Mindess vd., 2003), (Erdoğan, 2015).

3.5.3. Betonun Yaşı

Betonun yaşı, betonun kazanmış olduğu sünme dayanımını etkilemektedir. Genel olarak, daha yüksek dayanıma sahip betonlarda daha az sünme deformasyonu meydana gelmektedir. Bu sebeple, betonun yaşının sünme deformasyonuna etkisi ilk zamanlarda daha çok olmakla birlikte ilerleyen zamanlarda fazla etkili olmamaktadır (Erdoğan, 2015). Yani beton taze iken kalıcı yük etkisi altındaki numunede daha fazla sünme deformasyonu meydana gelmektedir.

3.5.4. Zaman

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere sünme deformasyonu yaş betonda etkisini daha fazla gösterirken, beton yaşlanmaya başlayınca etkisini kaybetmektedir. Sünmenin etkisi

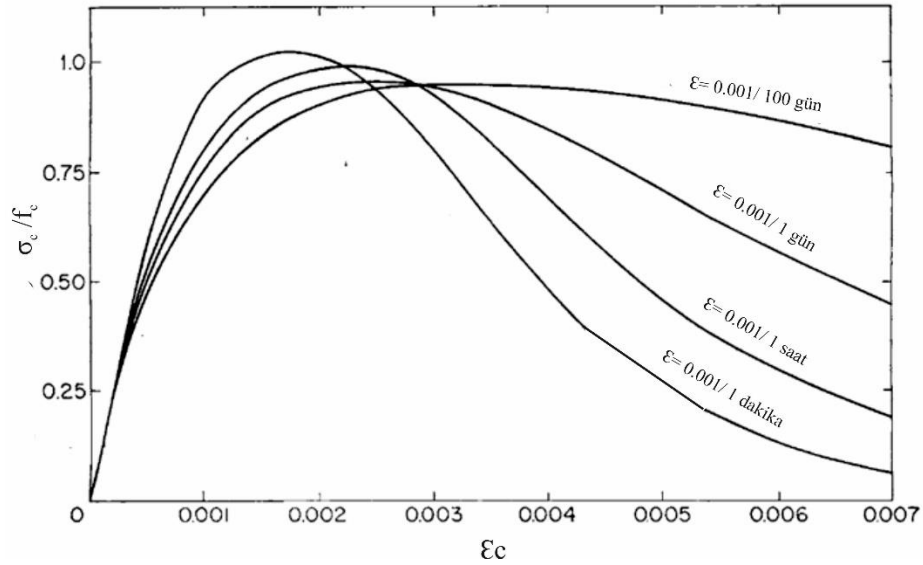
betonun yaşı ile ters orantılı olsa da deformasyon artışı yaklaşık 3 yıl boyunca devam etmektedir (Ersoy ve Özcebe, 2017).

3.5.5. Beton Elemanın Boyutlarının ve Geometrik Özelliklerinin Sünme Deformasyonuna Etkisi

Boyutları daha büyük olan beton elemanlardaki sünme deformasyonu, boyutları daha küçük olanlarınkine göre, daha az olmaktadır. Bunun muhtemel nedeni, büyük boyutlu elemanlardaki kurumanın nispeten daha yavaş yer alması olarak gösterilmektedir. Büyük boyutlu elemanların iç kısımlarındaki su hemen kaybolmadığı için, bu elemanların iç kısımları daha yüksek dayanım kazanmaktadır (Erdoğan, 2015).

3.6. Betonda Gerilme-Deformasyon Özelliklerinin Zamana Bağlı Değişimi

Betonun gerilme-birim deformasyon özelliklerini birçok değişkenin etkilediği bilinmektedir. Bu değişkenlerden bir tanesi de yükleme hızının betonun gerilme deformasyon özelliklerine olan etkisidir. Bugün yürürlükte olan şartnameler, beton numunelerin sabit gerilme hızı altında denenmesini kabul etmektedir (Ersoy ve Özcebe, 2017). Fakat Şekil 3.10 incelendiğinde yükleme hızının betona olan etkileri görülmektedir.

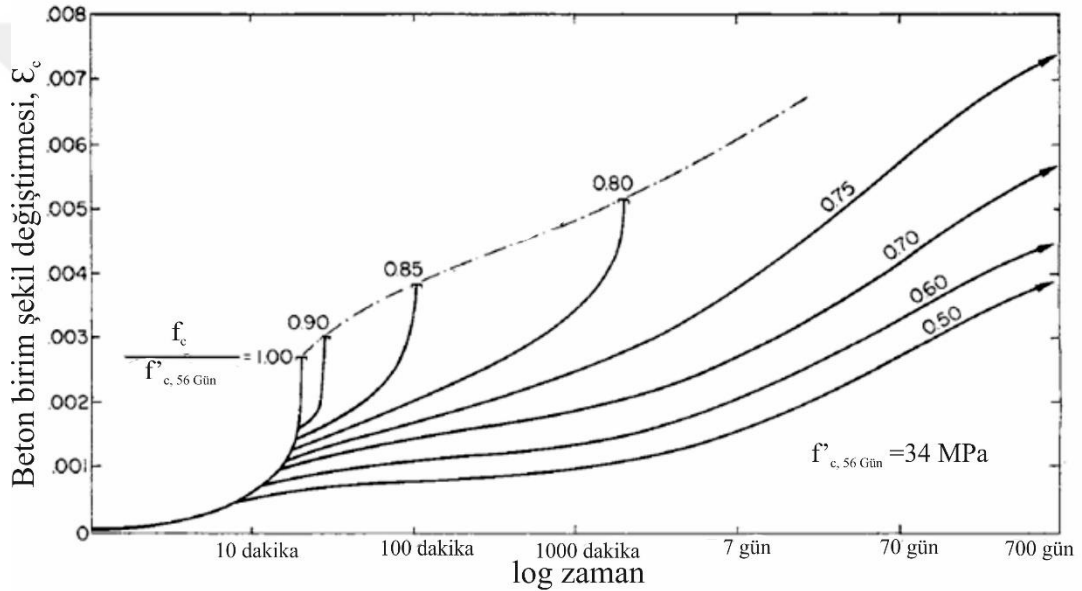


Şekil 3.10 Yükleme hızının gerilme-birim deformasyona olan etkileri

Kaynak: (Rüsch, 1960), (Ersoy ve Özcebe, 2017).

Şekil 3.10’de görüleceği üzere yükleme hızı arttıkça beton numunenin dayanımı artarken sünekliği düşmektedir. Yükleme hızı düştükçe de beton numunenin dayanımı düşmekte fakat aynı zamanda süneklik değeri de artmaktadır (Rüsch, 1960), (Ersoy ve Özcebe, 2017).

Şekil 3.11’de farklı gerilme/basınç oranlarına sahip beton numunelerin zamana bağlı yapmış olduğu deformasyon görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere gerilme/dayanım oranı 0,80’den küçük numunelerde yük taşınmakta ve betonda bir kırılma meydana gelmemektedir. Fakat yük oranı 0,80 ve üstü olduğu durumlarda beton numunelerinde kırılma meydana gelmektedir (Rüsch, 1960).



Şekil 3.11 Gerilme/basınç oranının beton davranışına etkisi

Kaynak: (Rüsch, 1960), (Ersoy ve Özcebe, 2017).

Rüsch(1960) tarafından yapılan deney sonucunda elde edilen Şekil 3.11 sünmeninin beton dayanımına olan etkisini gözler önüne sermektedir. Aynı zamanda farklı araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda da betonda kırılmalar gerilme/dayanım oranı yaklaşık olarak %70, %75 oranlarına geldiği zaman gerçekleşmektedir (Ruiz vd., 2007), (Shah ve Chandra, 1970), (Foure, 1985), (Schlappal, Schweigler, Gwainer, Peyerl ve Pichler, 2017).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki kalıcı yükler altında betonun dayanımında düşüşler meydana gelirken, deformasyonunda da önemli artışlar meydana gelmektedir. Bu

sonuçların ışığında betondaki elastisite modülü kalıcı yükün mertebesine ve zamana bağlıdır (Elçi ve Terzi, 2005). Sünmenin de bulunduğu durumlarda kullanılacak zamana bağlı elastisite modülünün değeri, ilk değerin yarısına veya üçte birine kadar inebilir (Ersoy ve Özcebe, 2017). Ayrıca kullanma yükleri altında oluşan çatlaklar nedeni ile elemanların atalet momentleri de büyük ölçüde değişikliğe uğramaktadır. Bu nedenle betonarme yapılarda rijitliğin tahmin edilmesi oldukça zorlaşmaktadır. Örneğin kolon ve perdelerin rijitliğini $\pm\%50$ hata ile tahmin etmek bile büyük bir başarı olarak bilinmektedir (Ersoy, 1985).

Sünme nedeni ile elastisite modülünün azalması, elemanların eğilme rijitliklerini azaltmaktadır. Bu nedenle yüksek düzeyde kalıcı yük altındaki kirişlerde yükün uygulanmasından bir, iki yıl sonraki deplasman (sehim), yükün uygulandığı, andaki deplasmanın 2 veya 3 katına çıktığı gözlenmiştir (Ersoy ve Özcebe, 2017).

4. DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİK (DBYYHY 2007)

Bu bölümde 2007 Deprem Yönetmeliğinde bulunan ve analizi yapılacak yapılarda kullanılacak kurallar genel hatlarıyla belirtilmiştir (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[DBYYHY], 2007).

4.1. Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yükü Azaltma Katsayısının Belirlenmesi

Deprem yüklerinin belirlenebilmesi için kullanılacak olan spektral ivme katsayısı, $A(T)$, Denklem 8'e göre belirlenecektir.

$$A(T) = A_0 * I * S(T) \quad (8)$$

Denklemden yer alan etkin yer ivme katsayısı A_0 Çizelge 4.1'de deprem bölgesine göre belirlenecektir.

Çizelge 4.1 Etkin yer ivmesi katsayısı A_0

Deprem Bölgesi	A_0
1	0,4
2	0,3
3	0,2
4	0,1

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

Spektral ivme katsayısının bulunmasında kullanılan bina önem katsayısı, I , Çizelge 4.2'ye göre belirlenmektedir.

Çizelge 4.2 Bina önem katsayısı (I)

Bina Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri: vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet nplanlama istasyonları)	1,5

Bina Kullanım Amacı veya Türü	Bina Önem Katsayısı (I)
b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	
2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli eşyanın saklandığı binalar a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1,4
3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları	1,2
4. Diğer binalar Yukarıdaki tanımlamaya girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

Denklem 9'da yer alan spektrum katsayısı, $S(T)$, yapı doğal periyoduna ve spektrum karakteristik periyotlarına göre aşağıdaki denklemlere göre belirlenir.

$$\begin{aligned}
S(T) &= 1 + 1,5 \cdot \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\
S(T) &= 2,5 & (T_A \leq T \leq T_B) \\
S(T) &= 2,5 \left(\frac{T_B}{T}\right)^{0,8} & (T_B < T)
\end{aligned} \tag{9}$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan T_A ve T_B Çizelge 4.3'e te yerel zemin sınıflarına göre belirlenir.

Çizelge 4.3 Spektrum karakteristik periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

Spektral ivme katsayısı belirlendikten sonra deprem yükü azaltma katsayısını belirleyebilmek için yerinde dökme betonarme binalar için yapı davranış katsayısı, R , Çizelge 4.4'e göre belirlenir.

Çizelge 4.4 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	SÜNEKLİK DÜZEYİ NORMAL SİSTEMLER	SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK SİSTEMLER
(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR		
Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7
Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6
Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

2007 Deprem Yönetmeliğinde deprem yüklerinin süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler ile süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle taşındığı sistemlerde Çizelge 4.4'e göre belirlenen yapı davranış katsayısının kullanılabilmesi için boşluksuz perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen kesme kuvvetlerinin toplamı, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin %75'inden fazla olmaması gerekmektedir. Bu şart sağlanamıyorsa da yapı davranış katsayısı aşağıdaki denkleme göre belirlenecektir.

$$R = 10 - 4a_s \quad (11)$$

Yapı davranış katsayısı belirlendikten sonra yapının doğal titreşim periyotlarına göre deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$ belirlenir.

$$R_a = 1,5 + (R - 1,5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (12)$$

$$R_a = R \quad (T_A \leq T) \quad (13)$$

4.2. Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Yukarıdaki değerler hesaplandıktan sonra eşdeğer deprem yükü aşağıdaki denkleme göre belirlenir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0 * I * W \quad (14)$$

Yapının analizinde hesaplanan yapının X ve Y yönlerindeki yapı titreşim periyodu değerleri aşağıdaki denklemden bulunacak değerden daha büyük alınmayacaktır.

$$T_1 = 2\pi \frac{(\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2)}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \quad (15)$$

Denklem 16'da yer alan F_{fi} değeri de aşağıdaki formül yardımıyla bulunmaktadır

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N W_j H_j} \quad (16)$$

Denklem 16'da yer alan yapı ağırlığı, W , aşağıdaki denklemlere göre belirlenir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (17)$$

$$w_i = g_i + nq_i \quad (18)$$

Denklem 18'de belirtilen hareketli yük katılım katsayısı, n , Çizelge 4.5'e göre belirlenir.

Çizelge 4.5 Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,50
Konut işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

Katlara etki eden eşdeğer deprem yükünün hesabı aşağıdaki denklemler yardımıyla yapılmaktadır.

$$\Delta F_N = 0,0075 N V_t \quad (19)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (20)$$

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (21)$$

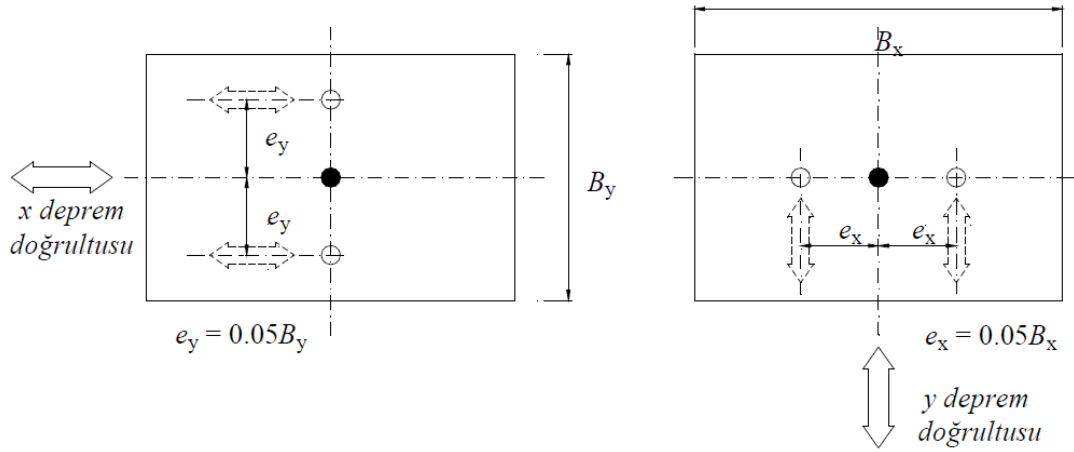
Eşdeğer deprem yükü belirlendikten sonra düzensizlik kontrolleri Çizelge 4.6'ya göre yapılır.

Çizelge 4.6 Düzensiz binalar

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<p>A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görel kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görel ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi}'nin 1.2'den büyük olması durumu. [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$] Görel kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre yapılacaktır.</p>
<p>A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede I – Merdiven ve asansör boşlukları dâhil boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>
<p>A3 – Planda Çıkıntıların Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.</p>
B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<p>B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir katındaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci}'nin 0,80'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$] Herhangi bir katta etkili kesme alanı tanımı: $\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0,15 \Sigma A_k$</p>
<p>B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki}'nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$] Görel kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre yapılacaktır.</p>
<p>B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne ucuna oturtulması ya da kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu</p>

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

Çizelge 4.6'da belirtilen \pm %5 ek dışmerkezlik Şekil 3.1'e göre kat döşemelerine etki ettirilecektir.



Şekil 4.1 Ek dışmerkezlilik etkisi

Kaynak: (DBYYHY, 2007).

4.3. Mod Birleştirme Yöntemi

2007 Deprem Yönetmeliği her bir mod için analize, yapının hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından az olmamasını, gözönüne alınan her iki deprem doğrultusu içinde şart koşmuştur. Yapı analizine yeterli miktarda etkin kütle girildiği gösterildikten sonra Mod Birleştirme Yöntemi sonucu bulunan kesme kuvvetlerinin Eşdeğer Deprem Yüküne göre bulunan değerlere göre ölçeklendirilmesi aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \quad (22)$$

Formülde kullanılacak β katsayısı yapıda eğer A1, B2 ya da B3 türü düzensizliklerde herhangi biri varsa $\beta=0,90$ alınacak iken bu düzensizlikler yapıda yok ise $\beta=0,80$ olarak alınacaktır. Eğer analiz sonucunda mod birleştirme yöntemine göre çıkan toplam taban kesme kuvveti yapı düzensizliğine göre eşdeğer deprem yüküne göre bulunan taban kesme kuvvetinin 0,8'inden ya da 0,9'undan küçük ise analiz sonucunda çıkan taban kesme kuvvetleri yeterli katsayılarla çarpılarak büyütülür.

4.4. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

Mod Birleştirme Yöntemine göre bulunan yüklerin ölçeklendirilmesi tamamlandıktan sonra göreli kat ötelemeleri kontrol edilir. Göreli kat ötelemesi hesaplanırken ilk önce azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i , aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \quad (23)$$

Sonrasında etkin göreli kat ötelemeleri bulunur.

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (24)$$

Son olarak da aşağıdaki formüle göre binanın katlarında oluşan göreli kat ötelemeleri kontrol edilir.

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (25)$$

Denklem 25'teki şartın binanın herhangi bir katında sağlanamaması durumunda yapının rijitliği artırılarak deprem hesabının tekrarlanması gerekmektedir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha keskin bir hesap yapılmadığı için, ikinci mertebe etkileri aşağıdaki formüle göre kontrol edilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=1}^N w_j}{V_i h_i} \leq 0.12 \quad (26)$$

Denklem 26'daki koşulun yapının herhangi bir katında sağlanamaması durumunda binanın rijitliği artırılarak deprem hesabının tekrarlanması gerekir.

5. TÜRK BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019 (TBDY 2019)

Bu bölümde 2019 Deprem Yönetmeliğinde bulunan ve analizi yapılacak yapıda kullanılacak kurallar genel hatlarıyla belirtilmiştir (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği[TBDY], 2019).

5.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

2019 Türk Bina Deprem Yönetmeliği inşaat dünyasına yeni kavramlar kazandırmıştır. Bunlardan ilki deprem yer düzeyi hareketleridir. Bilindiği üzere 2007 Deprem Yönetmeliğinde hesaplanan deprem yükleri Bina Önem Katsayısı, $I=1$ olan binalar için, tasarım depreminin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. TBDY 2019’te tanımlanan deprem yer düzeyi hareketleri ise Çizelge 5.1’de sıralanmıştır.

Çizelge 5.1 Deprem yer hareketleri

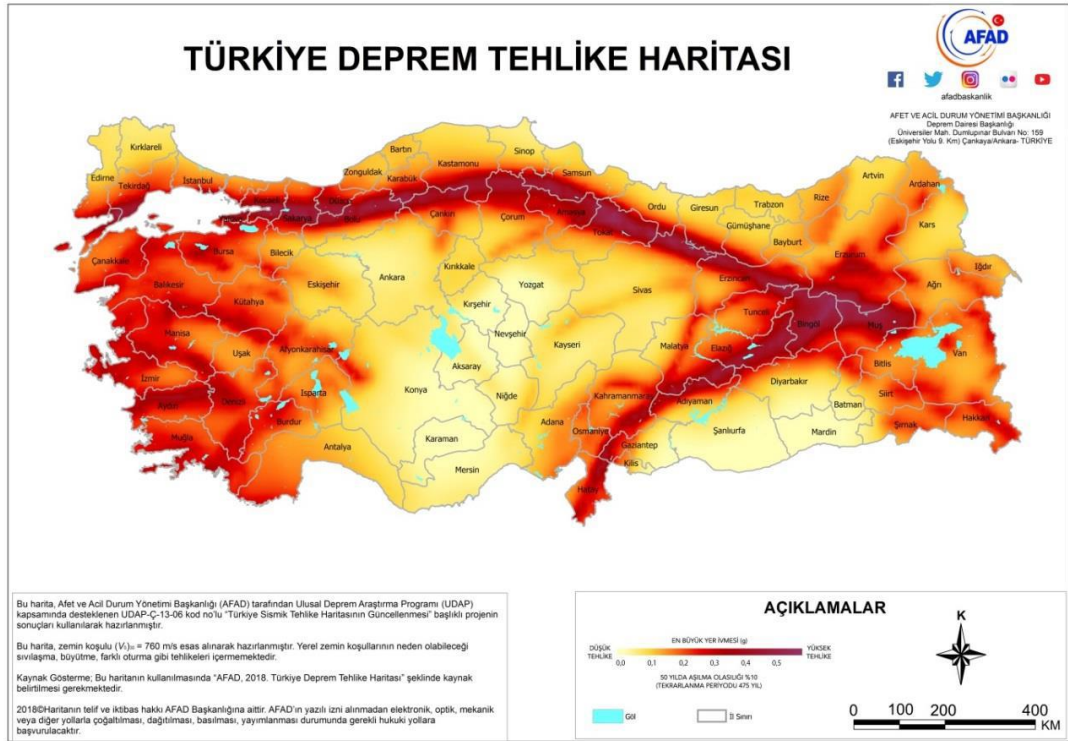
Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelendirmektedir. Bu deprem yer hareketi, gözönüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelendirmektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.
Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.
Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)	Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.2. Harita Tasarım İvme Katsayıları ve Tasarım Spektral İvme Katsayıları

2019 Deprem Yönetmeliği ile birlikte gelen en büyük değişikliklerde birisi de tasarım spektrumunun hesabının daha fazla değişkene bağlı hale getirilmesi olmuştur. Bilindiği üzere önceki yönetmelikte yatay tasarım spektrumu sadece yapı doğal titreşim periyoduna

ve yerel zemin sınıfına bağlı değişkenler olan T_A ve T_B değerlerine bağlıydı. Yeni yönetmelik ile tasarım spektrum hesaplarında birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelen harita spektral ivme katsayıları olan S_S (Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı) ve S_1 (1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı) belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu esas alınarak %5 sönüm oranı için harita spektral ivmelerinin yer çekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz katsayılar olarak tanımlanmıştır. S_S ve S_1 değerleri dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için e-devlet kapısından erişilen Türkiye Deprem Tehlike Haritası İnteraktif Web Uygulamasında tanımlanmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Deprem tehlike haritası

Kaynak: (AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 2019).

S_S ve S_1 değerleri aşağıdaki denklem yardımıyla tasarım spektral ivme katsayıları olan S_{DS} ve S_{D1} 'e dönüştürülür.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (27)$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 \quad (28)$$

Yukarıdaki denklemde belirtilen F_S ve F_1 yerel zemin etki katsayılarını belirtmektedir. F_S ve F_1 değerleri Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'e göre belirlenir.

Çizelge 5.2 F_S katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Kaynak: (TBDY, 2019).

Çizelge 5.3 F_1 katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayıları					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.35$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.4	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Kaynak: (TBDY, 2019).

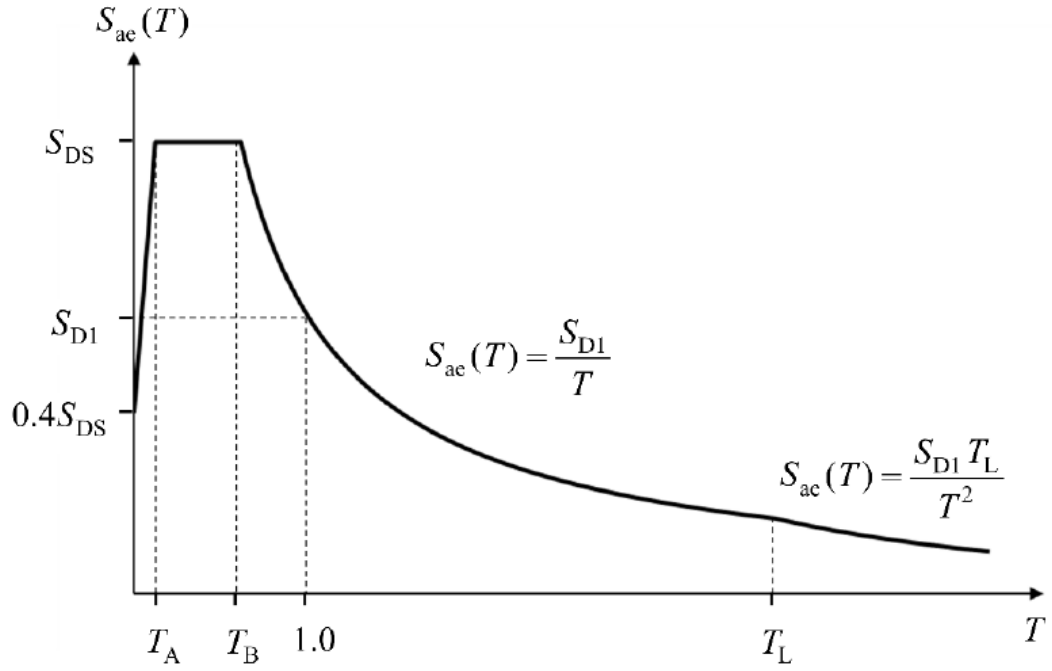
S_{DS} ve S_{D1} değerleri belirlendikten sonra yatay elastik tasarım spektrumu hesabına geçilebilir. Analiz için gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yer çekimi ivmesi cinsinden aşağıdaki denklemlere göre hesaplanacaktır.

5.3. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \rightarrow (0 \leq T \leq T_A) \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} \rightarrow (T_A \leq T \leq T_B) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} \rightarrow (T_B \leq T \leq T_L) \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \rightarrow (T_L \leq T)
 \end{aligned} \tag{29}$$

Yatay tasarım spektrumu köşe periyotlarının hesabı da Denklem 30'a göre yapılır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{30}$$



Şekil 5.2 Yatay Elastik tasarım spektral ivmeleri

Kaynak: (TBDY, 2019).

Şekil 4.2’de bulunan T_L sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu olarak ifade edilmekte olup 6 sn olarak alınacaktır.

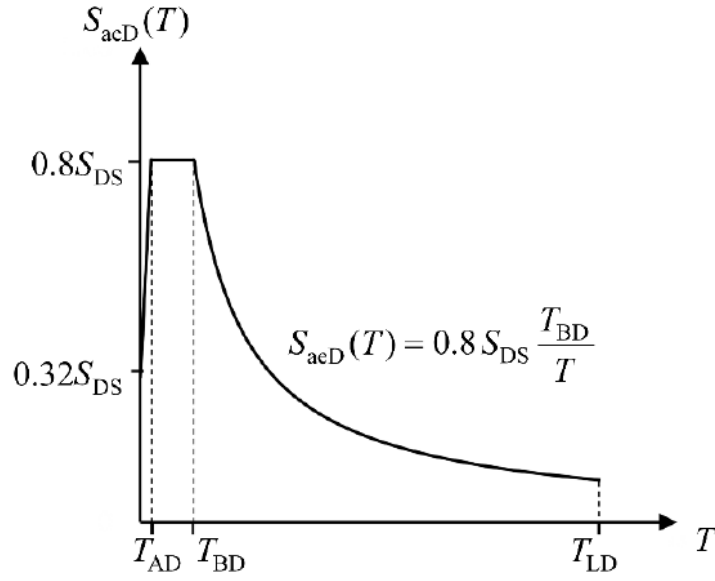
5.4. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

TBDY 2019’te bulunan başka bir önemli değişiklikte yapı analizinde yatay deprem yükünün yanında hesaplara bundan itibaren düşey deprem yer hareketinin de dâhil edilmesi olmuştur. Düşey elastik tasarım spektrumu aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned}
 S_{aeD} &= \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} & \rightarrow & \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \\
 S_{aeD} &= 0,8 S_{DS} & \rightarrow & \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \\
 S_{aeD} &= 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} & \rightarrow & \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD})
 \end{aligned} \tag{31}$$

T_{AD} ve T_{BD} köşe periyot değerleri ile T_{LD} periyodu aşağıdaki denkleme göre hesaplanacaktır.

$$T_{AD} = \frac{T_{AD}}{3} ; T_{BD} = \frac{T_B}{3} ; T_{LD} = \frac{T_L}{2} \tag{32}$$



Şekil 5.3 Düşey elastik tasarım spektrumu

Kaynak: (TBDY, 2019).

Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi için gerekli olan bir başka değişkende bina önem katsayısıdır. Çizelge 5.3'te Binanın kullanım amacına göre bina önem katsayıları tanımlanmıştır.

5.5. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayısı

Çizelge 5.4 Bina kullanım amacına göre bina önem katsayıları (I)

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS=1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisler, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1,5
BKS=2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar	1,2

Bina Kullanım Sınıfı	Bina Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
	Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	
BKS=3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen atnıma girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapılar, vb.)	1,0

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.6. Deprem Tasarım Sınıfları

Yapı analizinde uygulanacak tasarım yönteminin belirlenmesinde önemli bir rol oynayan deprem tasarım sınıfları, bina kullanım sınıfları ve kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına göre Çizelge 5.5'e göre belirlenir.

Çizelge 5.5 Deprem tasarım sınıfları

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS =1	BKS =2,3
$S_{DS} < 0,33$	DTS= 4a	DTS= 4
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	DTS= 3a	DTS= 3
$0,50 \leq S_{DS} < 0,75$	DTS= 2a	DTS= 2
$0,75 \leq S_{DS}$	DTS= 1a	DTS= 1

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.7. Bina Yükseklik Sınıfları

TBDY 2019'e göre bina yükseklik sınıfları 8 farklı sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflar bina yükseklik aralıklarına ve deprem tasarım sınıflarına göre Çizelge 5.6'da belirtilmiştir.

Çizelge 5.6 Bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan bina yükseklik aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları (m)		
	DTS= 1,1a,2,2a	DTS= 3,3a	DTS=4,4a
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	105
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.8. Bina Performans Düzeyleri

Çizelge 5.7’de yönetmelikte tanımlanan 4 adet performans düzeyi yer almaktadır.

Çizelge 5.7 Bina performans düzeyleri

Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi	Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarımda yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.
Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi	Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer bir deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.
Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi	Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.
Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi	Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.9. Deprem Etkisi Altında Bina Performans Hedefleri ve Uygulanacak Tasarım Yaklaşımları

Yapı analizinde yeni yapılacak yapılarda ($BYS \geq 2$) kullanılacak değerlendirme/tasarım yaklaşımı ve bina performans hedefleri deprem yer hareketi ve deprem tehlike sınıflarına göre, Çizelge 5.8'e göre belirlenecektir.

Çizelge 5.8 Yeni yapılacak yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar için performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (Yüksek Binalar Dışında – $BYS \geq 2$)

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS= 1,1a ⁽¹⁾ ,2,2a ⁽¹⁾ ,3,3a,4,4a		DTS= 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	SGDT
DD-2	KH	DGT ⁽⁵⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

⁽¹⁾ $BYS > 3$ olan binalarda uygulanacaktır.

⁽²⁾ $BYS = 2, 3$ olan binalarda uygulanacaktır.

⁽³⁾ Ön tasarım olarak yapılacaktır.

⁽⁴⁾ $I = 1, 5$ olarak alınacaktır.

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.10. Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Belirlenmesi

Çizelge 5.9'da süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemlere sahip yerinde dökme binalar için kullanılacak taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R, dayanım fazlalığı, D ve izin verilen bina yükseklik sınıfları verilmiştir.

Çizelge 5.9 Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLER			
A.1 Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A.1.1 Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A.12 Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS _≥ 2
A.13 Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS _≥ 2
A.14 Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	BYS _≥ 2
A.15 Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5	BYS _≥ 2
A.16 Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12m'yi geçmeyen süneklik düzeyi yüksek betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	-

Kaynak: (TBDY, 2019).

2019 Deprem Yönetmeliğinde süneklik düzeyi yüksek boşluklu veya boşluksuz yerinde dökme betonarme perdeler ile moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çerçevelerle birlikte kullanıldığı binalarda perdelerin tabanında deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerinin toplamı, binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam devrilme momentinin %40'ından az, %75'inden fazla olmayacaktır.

$$0.40M_o < \sum M_{DEV} < 0.75M_o \quad (33)$$

Yukarıdaki bağıntının üst sınır koşulunun sağlanamaması durumunda deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek perdelerle karşılandığı durumlar için tanımlanan R ve D katsayıları ile izin verilen en üst BYS dikkate alınacaktır. Alt sınır koşulunun sağlanamaması durumunda ise izin verilen R ve D katsayılarında değişiklik yapılmayacak olup en üst BYS'nin bir fazlası dikkate alınacaktır.

Çizelge 5.9'dan R katsayısı belirlendikten sonra TBDY 2019'de bulunan ve DTS= 1, 1a, 2, 2a olan betonarme perdeli yapılarda yapılması gereken iki kontrol vardır. Bunlardan ilki taşıyıcı sistemde tek bir perdenin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti

M_0 'ın 1/3'ünden fazla olmayacaktır. İkinci kontrolde aynı zamanda binanın her bir kenar aksında yer alan perde/perdelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} veya M_{DEV} 'lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_0 'ın 1/6'sından az olmayacaktır. Bu iki koşuldan herhangi birinin sağlanamaması durumunda taşıyıcı sistem davranış katsayısı 4/5(R) olarak alınacaktır. Görüldüğü üzere yönetmelik tasarımcıyı daha hiperstatik bir yapı tasarımına itmeye çalışarak yapıda, deprem yüklerinin tek bir noktada toplanmasının önüne geçmeye çalışmaktadır. Eğer tasarımcı bunu sağlayamıyorsa da yönetmelik yapıyı cezalandırarak güvenli tarafta kalmaya çalışmaktadır.

Yapı davranış katsayısı belirlendikten sonra deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T)$ aşağıdaki denklemlere göre belirlenmektedir.

$$R_a = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} \quad T > T_B \quad (34)$$

$$R_a = R \quad T \leq T_B \quad (35)$$

5.11. Düşey Deprem Etkisi

DTS=1, 1a, 2, 2a olarak sınıflandırılan ve Çizelge 5.10'daki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların yerel titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için 4.4'te tanımlanan düşey elastik ivme spektrumuna göre mod birleştirme yöntemi kullanılarak yapılacaktır. Düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$ 'in bu şekilde tüm taşıyıcı sistemler için $R/I=1$ ve $D=1$ alınacaktır.

Çizelge 5.10 Düşey elastik spektrumu koşullarını sağlayan yapı elemanları

a)	Açıklıkların yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar.
b)	Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5m veya daha fazla olan konsollar içeren binalar
c)	Kirişlere oturan kolonları içeren binalar
d)	Kolonları düşeye göre eğimli plan binalar

Kaynak: (TBDY, 2019).

Çizelge 5.10'daki elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve yukarıdaki tanımın dışında kalan binalarda düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın Denklem 36'ya göre hesaplanacaktır.

$$E_d^{(Z)} = (2/3) * S_{DS} * G \quad (36)$$

5.12. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımında kullanılacak olan depremlili yük birleşimleri aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$G + Q + 0,2S + E_d^{(H)} + E_d^{(Z)} \quad (37)$$

$$0,9G + H + E_d^{(H)} - E_d^{(Z)} \quad (38)$$

Yukarıdaki denklemlerde yer alan ve yatay birbirine dik doğrultulardaki deprem etkilerinin birleştirilmesinin ifade eden, $E_d^{(H)}$, aşağıdaki denklemlere göre belirlenecektir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0,3E_d^{(Y)} \quad (39)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0,3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (40)$$

5.13. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Gözönüne alınan herhangi bir deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti), $V_{tE}^{(X)}$, aşağıdaki denkleme göre belirlenecektir.

$$V_{tE} = m_t * S_{aR}(T_p) \geq 0.04 * m_t * I * S_{DS} * g \quad (41)$$

Denklem 41'de bulunan yapının toplam kütlesi, m_t , aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmaktadır.

$$w_j^{(S)} = w_{Gj}^{(S)} + n w_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{w_j^{(S)}}{g} \quad (42)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (43)$$

Denklem 42’de bulunan hareketli yük katılım katsayısı, n, Çizelge 5.11’e göre belirlenecektir.

Çizelge 5.11 Hareketli yük katılım katsayısı (n)

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0,50
Konut işyeri, otel, hastane, vb.	0,30

Kaynak: (TBDY, 2019).

Katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri aşağıdaki denklemler yardımıyla bulunmaktadır.

$$\Delta F_N = 0,0075 N V_t \quad (44)$$

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (45)$$

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (46)$$

Yapı analizinde sonra belirlenecek olan binanın hâkim doğal titreşim periyodu aşağıdaki denklemden bulunan T_{pA} periyodunun 1,4 katından daha fazla alınmayacaktır.

$$T_{pA} = C_t * H_N^{\frac{3}{4}} \quad (47)$$

Eşdeğer deprem yükü tespit edildikten sonra Çizelge 5.12’ye göre düzensizlik kontrolü yapılır.

Çizelge 5.12 Düzensiz binalar

A – PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
A1 – Burulma Düzensizliği: Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1.2'den büyük olması durumu. [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} > 1.2$] Görelî kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yapılacaktır.
A2 – Döşeme Süreksizlikleri: Herhangi bir kattaki döşemede I – Merdiven ve asansör boşlukları dâhil boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu
A3 – Planda Çıkıntılarının Bulunması: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu.
B – DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir katındaki etkili kesme alanı'nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı'na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} 'nin 0,80'den küçük olması durumu. [$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$] Herhangi bir katta etkili kesme alanı tanımı: $\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0,15 \Sigma A_k$
B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumu. [$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$ veya $\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$] Görelî kat ötelemelerinin hesabı \pm %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemine göre yapılacaktır.
B3 – Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne ucuna oturtulması ya da kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu

Kaynak: (TBDY, 2019).

5.14. Mod Birleştirme Yöntemi

TBDY 2019 her bir mod için analize yapının hesaplanan etkin kütlelerinin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %95'inden az olmamasını, gözönüne alınan her iki deprem doğrultusu içinde şart koşmuştur. Yapı analizine yeterli miktarda etkin kütlelerin girdiği gösterildikten sonra Mod Birleştirme Yöntemi sonucu bulunan kesme kuvvetlerinin Eşdeğer Deprem Yüğüne göre bulunan değerlere göre ölçeklendirilmesi aşağıdaki formüle göre yapılmaktadır.

$$\beta_{tE} = \frac{\gamma_E V_{tE}}{V_t} \geq 1 \quad (48)$$

Bu denklemde γ_E katsayısı yapıda eğer A1, B2 ya da B3 türü düzensizliklerin herhangi birinin yapıda bulunması halinde $\gamma_E=0.9$, bahsi geçen düzensizliklerin hiçbirinin yapıda bulunmaması halinde ise $\gamma_E=0.8$ alınacaktır.

5.15. Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

Herhangi bir deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi, $\Delta_i^{(X)}$, aşağıdaki denkleme göre belirlenir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (49)$$

Herhangi bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdeler için etkin görelî kat ötelemesi Denklem 50'ye göre belirlenecektir.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} * \Delta_i^{(X)} \quad (50)$$

Her bir deprem doğrultusu için, binanın i 'inci katındaki kolon veya perdelerde hesaplanan $\delta_i^{(X)}$ etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri $\delta_{i,max}^{(X)}$, aşağıda verilen (a) veya (b)'de verilen koşulları sağlayacaktır.

(a) Gevrek malzemedan yapılmış boşluklu veya boşluksuz dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının çerçeve elemanlarına, aralarında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmaksızın, tamamen bitişik olması durumunda;

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0.008\kappa \quad (51)$$

(b) Gevrek malzemedan yapılmış dolgu duvarları ile çerçeve elemanlarının aralarında esnek derzler yapılması, cephe elemanlarının dış çerçevelere esnek bağlantılarla bağlanması veya dolgu duvar elemanlarının çerçevelerden bağımsız olması durumunda;

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}}{h_i} \leq 0.016\kappa \quad (52)$$

Denklemlerdeki κ katsayısı betonarme binalarda 1 olarak, çelik binalarda ise 0,5 olarak alınacaktır. Denklemlerde yer alan λ katsayısı ise binanın gözönüne alınan hâkim titreşim periyodu için DD-3 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesinin, daha önceden hesaplanan DD-2 deprem yer hareketinin elastik tasarım spektral ivmesine oranıdır.

Denklem 51 veya Denklem 52’de verilen koşullardan herhangi birinin sağlanamaması durumunda, taşıyıcı sistemin rijitliği artırılarak deprem hesabı tekrarlanacaktır.

İkinci mertebe etkileri ise gözönüne alınan herhangi bir deprem doğrultusunda her bir katta Denklem 53’e göre hesaplanacaktır.

$$\theta_{II,i} = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{k=i}^N w_k}{V_i h_i} \quad (53)$$

Tüm katlarda hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerlerinin maksimum değerleri Denklem 54’teki şartı sağladığı müddetçe ikinci mertebe etkilerinin tasarıma esas iç kuvvetlerin hesabında göz önüne alınmasına gerek yoktur.

$$\theta_{II,max} \leq 0.12 \frac{D}{C_h R} \quad (54)$$

Tüm katlarda hesaplanan ikinci mertebe gösterge değerleri Denklem 54’teki şartı sağlayamadığı takdirde, gözönüne alınan deprem doğrultusu için tüm iç kuvvetler Denklem 55’te bulunan değer ile çarpılıp büyütülecektir.

$$\beta_{II}^{(X)} = 0,88 + \frac{C_h * R}{D} * \theta_{II}^{(X)} \geq 1 \quad (55)$$

Bu durumda uygulanabilecek diğer bir seçenek, taşıyıcı sistemin rijitlik ve/veya dayanımının uygun bir şekilde artırılarak deprem hesabının yenilenmesidir.

6. DEPREM YÖNETMELİKLERİNE GÖRE YAPILACAK ANALİZLERDE KULLANILACAK YÜKLER, MALZEME BİLGİLERİ VE TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

Bu bölümde analizi yapılacak yapılara etki ettirilecek yükler, taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılacak malzeme bilgileri, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların boyutları ve taşıyıcı sistem elemanların modellenmesinde kullanılan kurallar açıklanacaktır.

6.1. Malzeme Bilgileri

9 katlı yapıda analizlerde kullanılan modellerde betonarme elemanların beton sınıfı C35 olarak alınmış olup, malzemenin elastisite modülü $E_c=33000$ MPa olarak alınmıştır. 18 katlı yapıda ise analizlerde kullanılan modellerde betonarme elemanların beton sınıfı C40 olarak alınmış olup, malzemenin elastisite modülü $E_c=34000$ MPa olarak alınmıştır. Her iki yapı tipinde de donatı sınıfı ise B420C alınmış olup donatının elastisite modülü $E_s=200000$ MPa'dır.

6.2. Yapıya Etkiyen Yükler

6.2.1. Sabit Yükler

Yapıya etki ettirilen sabit (ölü) yükler Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Sabit yükler

Betonarme elemanın zati ağırlığı	$\gamma_c = 25$ kN/m ³
Kaplama Yükü (Normal Kat)	$g = 1,5$ kN/m ²
Bölme Duvar	$g = 4$ kN/m ³
Kaplama Yükü (Çatı)	$g = 4$ kN/m ²

Bölme duvarlar yapının dış çerçevesinde bulunmakta olup binanın iç kısımlarında bulunmamaktadır.

6.2.2. Hareketli Yükler

Yapıya etki ettirilen hareketli yükler Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Hareketli yükler

Döşeme Hareketli Yük	$q = 3,5 \text{ kN/m}^2$
Çatı Hareketli Yük	$q = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Kar Yükü	$q = 0,75 \text{ kN/m}^2$

6.3. Taşıyıcı Sistemin Modellenmesine İlişkin Kurallar ve Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutları

Yapıların analizlerinde ETABS programının 17.0.1 sürümü kullanılmıştır (Etabs, 2017). Bu program yardımıyla analize girecek yapılar iki deprem yönetmeliğine göre de hem Eşdeğer Deprem Yüküne, hem de Mod Birleştirme yöntemine göre analizleri yapılmıştır. DBYYHY 2007 ve TBDY 2019 yapıların burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği kontrollerini eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yaptırmaktadır. Aynı zamanda da mod birleştirme yönteminin uygulanabilmesi içinde, mod birleştirme yönteminden bulunan taban kesme kuvvetlerinin, eşdeğer deprem yüküne göre hesaplanan taban kesme kuvvetlerine göre ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple analizlerde düzensizlik kontrolleri eşdeğer deprem yüküne göre yapılmış olup mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan taban kesme kuvvetlerinin ölçeklendirilmesi yapıldıktan sonra görelî kat ötelemesi ve ikinci mertebe etkileri kontrollerinde mod birleştirme yöntemine göre bulunan kat ötelemeleri kullanılmıştır. Son olarak da yük birleşimlerine giren deprem yükleri de mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan değerlerdir.

Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların süneklik düzeyi yüksek olarak seçilmiştir. Elastik deprem yükleri belirlenirken kullanılacak yapı davranış katsayıları her iki yönetmelik içinde süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler için belirlenen yapı davranış katsayıları olacaktır. Çizelge 6.3'te 9 ve 18 katlı yapıları oluşturan taşıyıcı elemanların boyutları verilmiştir.

Çizelge 6.3 9 Katlı yapıda kullanılan taşıyıcı elemanların boyutları

Kolon	1. Kat	60x60 cm
	2. Kat	55x55 cm
	3 – 9 Kat	50x50 cm
Kiriş	40x60 cm	
Perde	30/500 cm	
Döşeme	15 cm	

Çizelge 6.4 18 Katlı yapıda kullanılan taşıyıcı elemanların boyutları

Kolon	1-2. Kat	75x75 cm
	3-4. Kat	70x70 cm
	5-6. Kat	65x65 cm
	7-18. Kat	60x60 cm
Kiriş	40x60 cm	
Perde	30/500 cm	
Döşeme	15 cm	

Analizi yapılacak yapıların deprem yükleri hem perdeler hem de çerçeveler tarafından taşınmaktadır. Aynı zamanda kolonlar ve perdeler zemine ankastre mesnet ile bağlanmışlardır. Modellemesi yapılan kirişler ve kolonlar her bir noktasında 6 serbestlik derecesinin tümü gözönüne alınacak şekilde çubuk sonlu eleman olarak modellenmiştir. Boşluksuz perdelerde ise kabuk sonlu eleman olarak modellenmiş olup, kabuk sonlu elemanların birleştiği düğüm noktalarında 6 serbestlik derecesinin tümü gözönüne alınmıştır. Aynı zamanda perdelerin hepsi yeterli derecede kabuk sonlu elemanlara bölünmüştür.

2019 Deprem Yönetmeliğinin getirmiş olduğu en büyük yeniliklerden birisi olan etkin kesit rijitliği çarpanları 2019 Türk Bina Deprem Yönetmeliğine göre yapılan analizlerde kullanılmış, 2007 Deprem Yönetmeliğine göre yapılan analizlerde taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları değiştirilmemiştir.

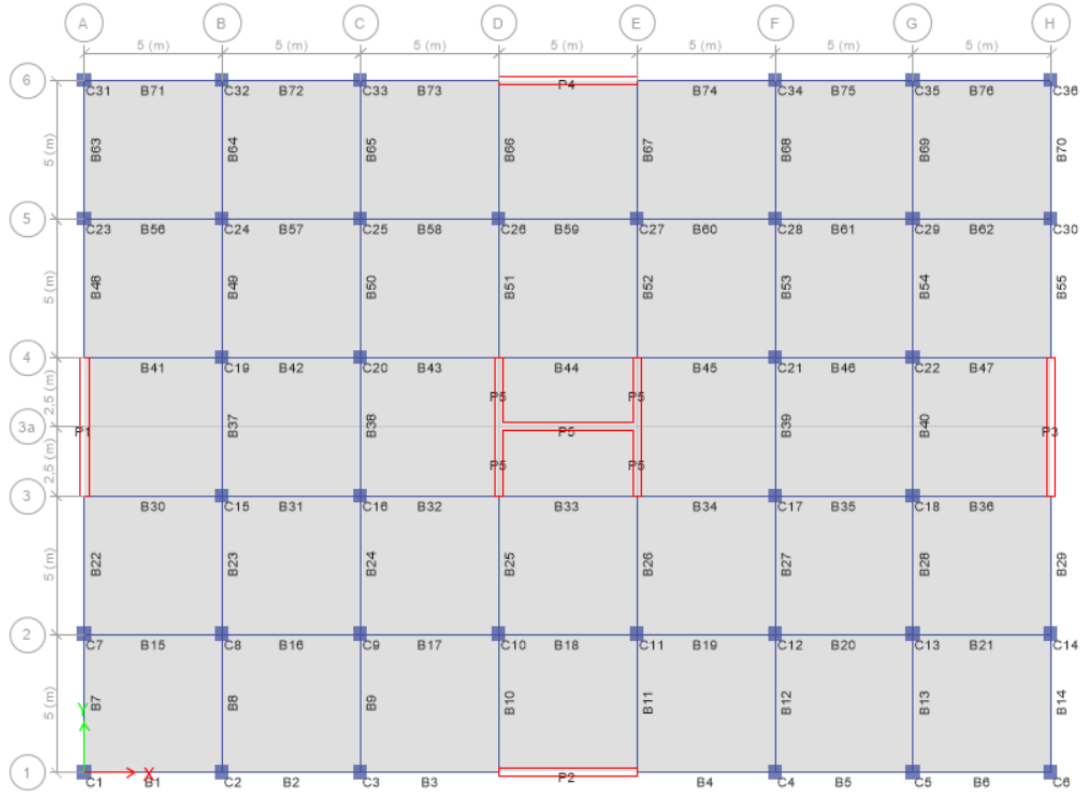
Çizelge 6.5 Etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde-Döşeme Düzlem İçi		
Perde	0,50	0,50
Bodrum Perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25
Perde-Döşeme Düzlem İçi	Eğilme	Kesme
Perde	0,25	1,00
Bodrum Perdesi	0,25	1,00
Döşeme	0,25	1,00
Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Bağ Kirişi	0,15	1,00
Çerçeve Kirişi	0,35	1,00
Çerçeve Kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

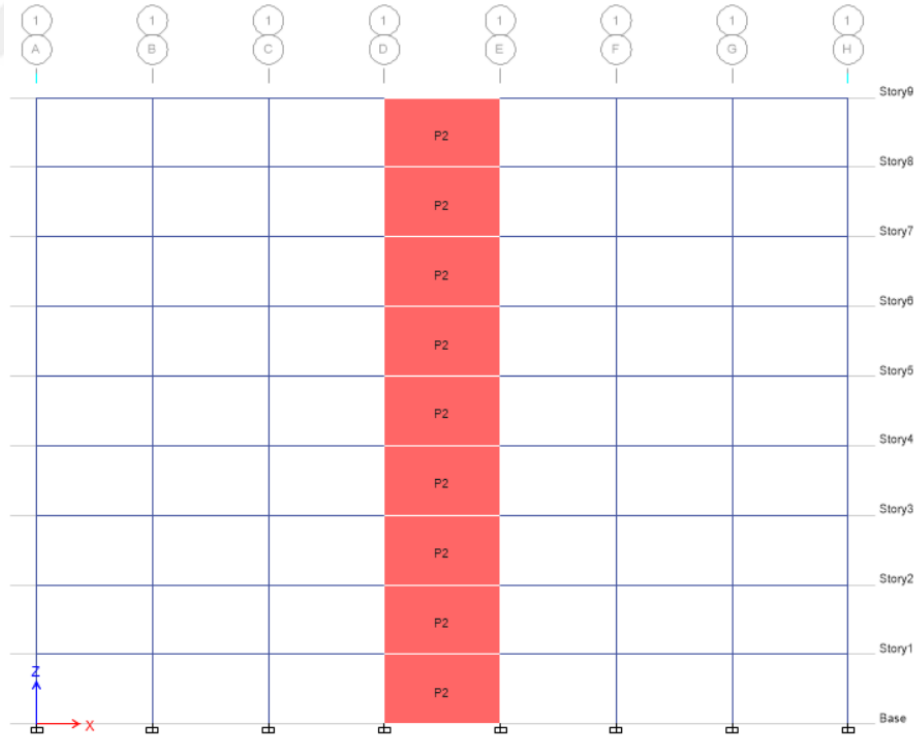
Kaynak: (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 2019).

Yapı analizlerinde aynı kat planına sahip, kat planı X yönünde 5 m aralıklı 8 aks, Y yönünde de 5 m aralıklı 6 akstan oluşan, 9 katlı (27 m) ve 18 katlı (54 m) 2 adet yapı hem DBYYHY 2007 hem de TBDY 2019'a göre çözümü yapılacaktır. Aynı kat planına sahip bu iki yapının tüm katlarının yüksekliği 3 m'dir. Bu yapıların kat planı ve perspektif görünüşleri sırasıyla Şekil 5.1-Şekil 5.14'te verilmiştir.

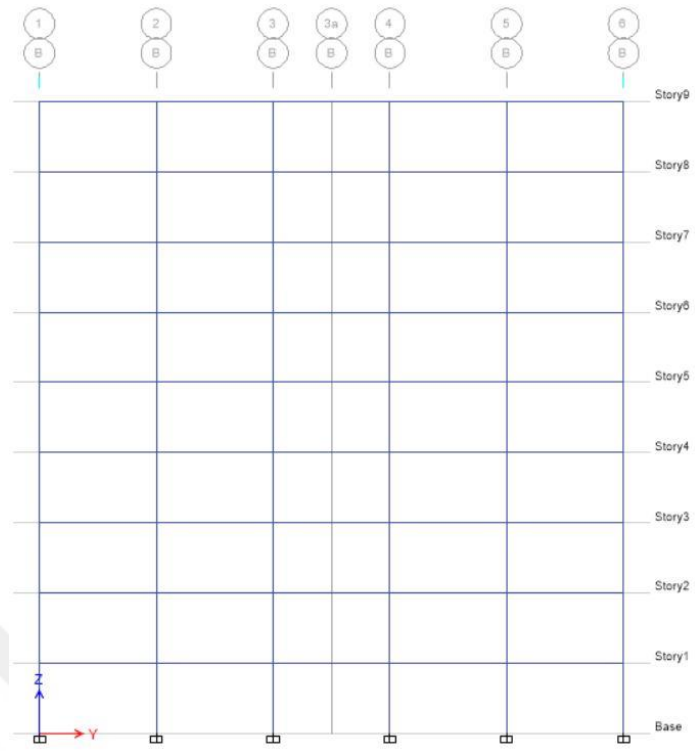
Konut olarak kullanılacak olan iki yapıda da döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilmiş olup \pm %5 ek dışmerkezlilikler hesaplarda birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde hesaplanmıştır. Yapıların inşa edileceği yer olarak İstanbul/Avcılar seçilmiştir. DBYYHY 2007'ye göre tasarım için zemin sınıfı Z3 olarak seçilirken TBDY 2019'a göre tasarımda zemin sınıfı ZD olarak seçilmiştir.



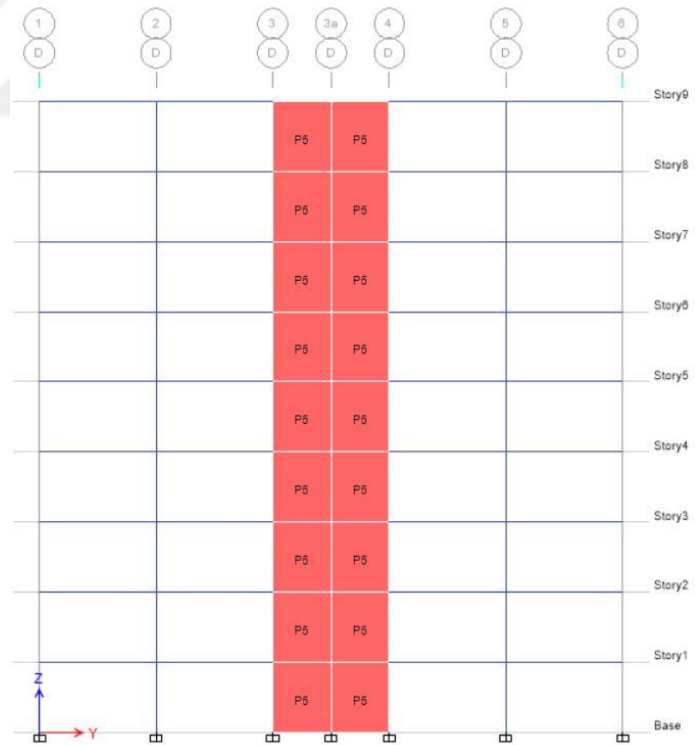
Şekil 6.1 9 Katlı Yapının Kat Planı



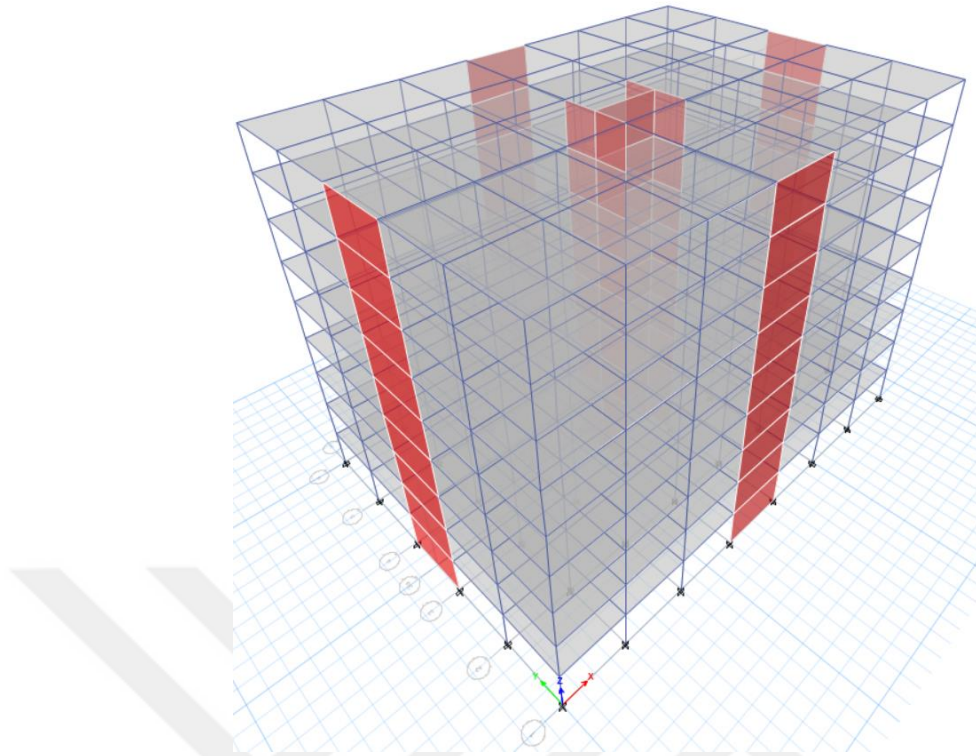
Şekil 6.2 9 Katlı Yapı 1-1 kesiti



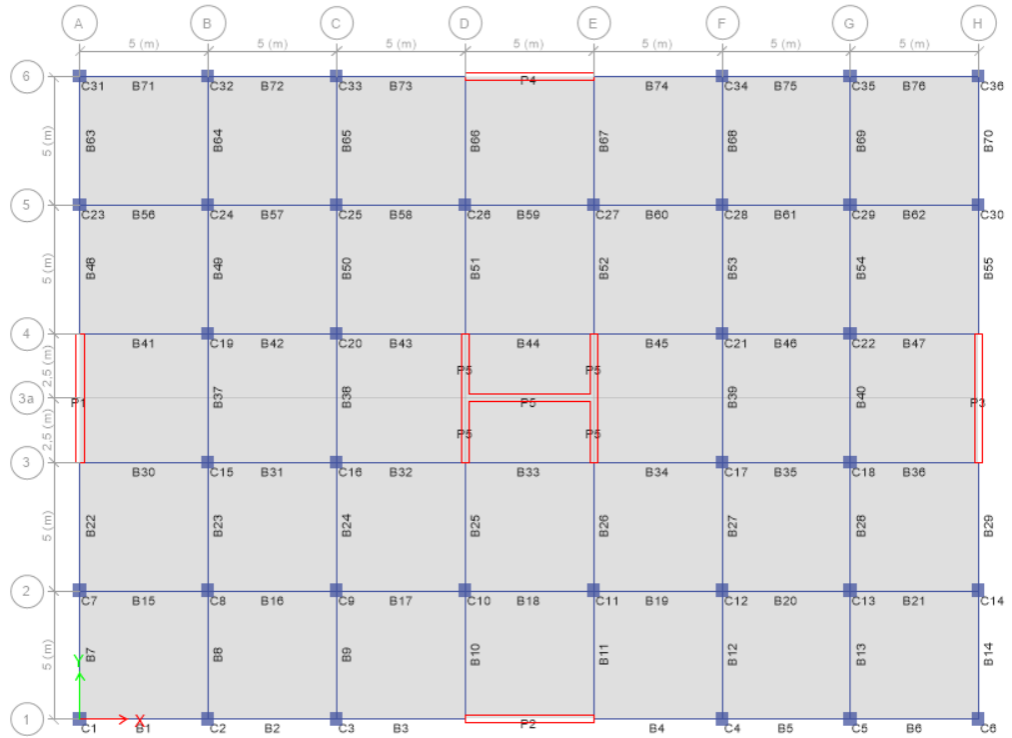
Şekil 6.5 9 Katlı yapı b-b kesiti



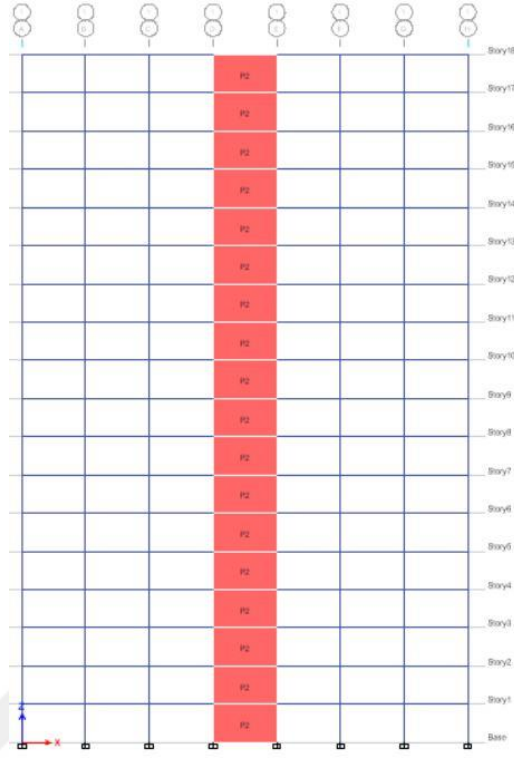
Şekil 6.6 9 Katlı yapı d-d kesiti



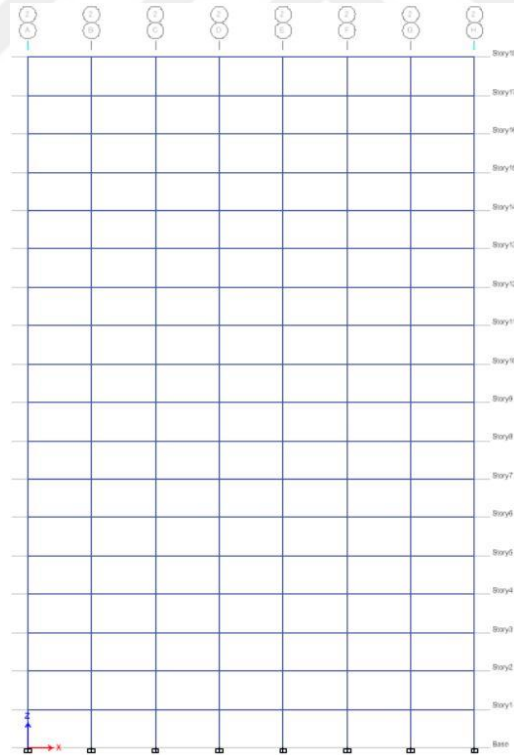
Şekil 6.7 9 Katlı yapının perspektif görünüşü



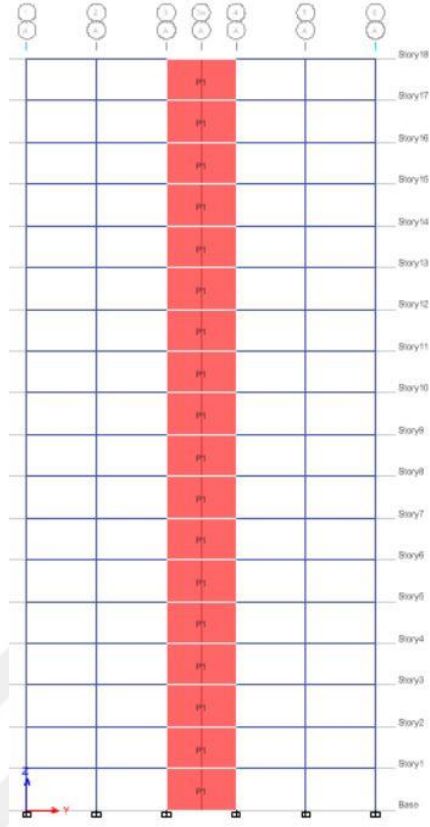
Şekil 6.8 18 Katlı yapının kat planı



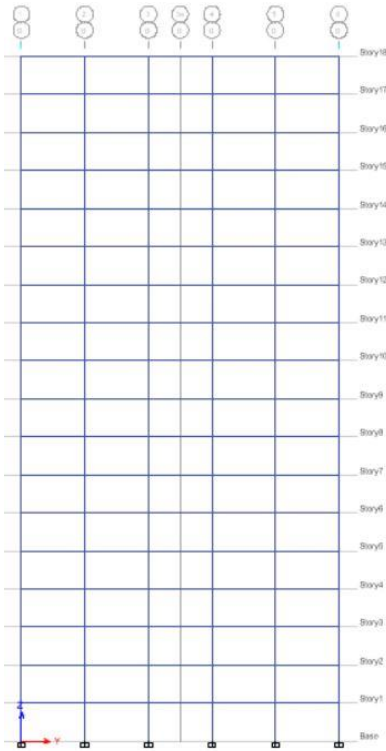
Şekil 6.9 18 Katlı yapı 1-1 kesiti



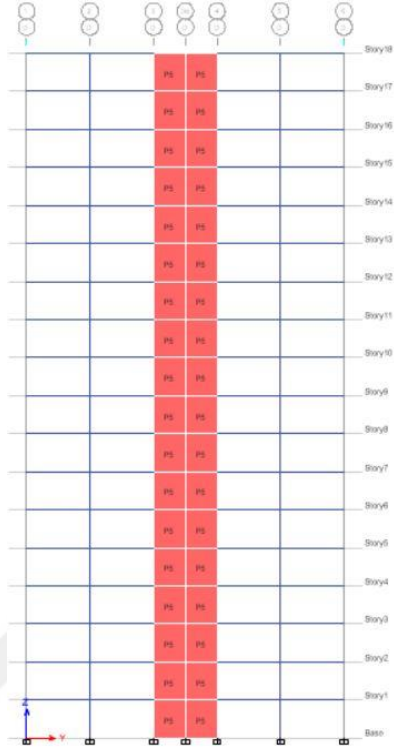
Şekil 6.10 18 Katlı yapı 2-2 kesiti



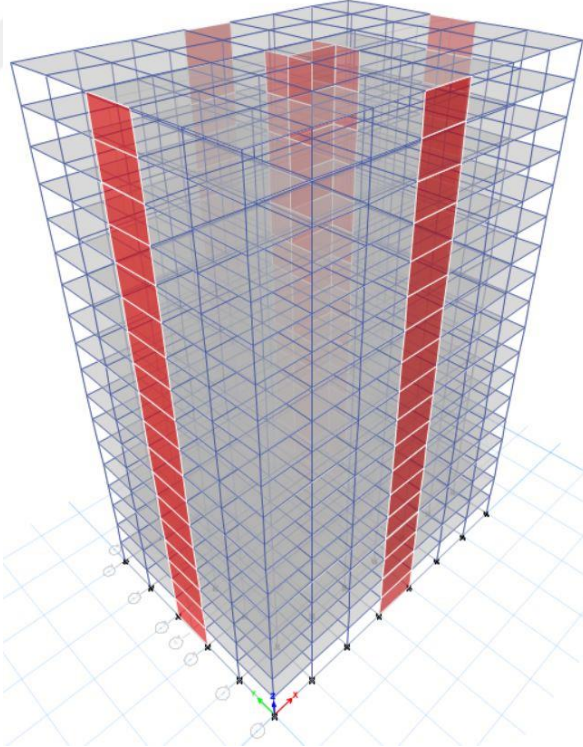
Şekil 6.11 18 Katlı yapı a-a kesiti



Şekil 6.12 18 Katlı yapı b-b kesiti



Şekil 6.13 18 Katlı yapı d-d kesiti



Şekil 6.14 18 Katlı yapının perspektif görünüşü

6.4. Analizlerde İç Kuvvetlerin Belirlenmesinde Kullanılacak Yük Birleşimleri

DBYYHY 2007'ye göre yapılacak analizlerde iç kuvvetler belirlenirken aşağıda sıralanan yük birleşimleri kullanılmıştır.

$$G + Q \pm SpecX \pm 0,3SpecY \quad (56)$$

$$G + Q \pm SpecY \pm 0,3SpecX \quad (57)$$

$$0,9G \pm SpecX \pm 0,3SpecY \quad (58)$$

$$0,9G \pm SpecY \pm 0,3SpecX \quad (59)$$

TBDY 2019'a göre yapılacak analizlerde iç kuvvetlerin belirlenmesinde aşağıdaki yük birleşimleri kullanılmıştır.

$$G + Q + 0,2S \pm SpecX \pm 0,3SpecY + 0,3E_d^{(Z)} \quad (60)$$

$$G + Q + 0,2S \pm SpecY \pm 0,3SpecX + 0,3E_d^{(Z)} \quad (61)$$

$$0,9G \pm SpecX \pm 0,3SpecY - 0,3E_d^{(Z)} \quad (62)$$

$$0,9G \pm SpecY \pm 0,3SpecX - 0,3E_d^{(Z)} \quad (63)$$

7. YÜK GEÇMİŞİNE BAĞLI KESİT TESİRLERİNİN ARAŞTIRILMASI İÇİN YAPILACAK ANALİZLERDE KULLANILACAK YÜKLER, MALZEME BİLGİLERİ VE TAŞIYICI SİSTEMİN MODELLENMESİNE İLİŞKİN KURALLAR

Yük geçmişine bağlı kesit tesirlerinin incelenmesi için yapılacak analizlerde Bölüm 6'daki şekillerde verilen 9 ve 18 katlı yapılar kullanılmıştır. Fakat kolonlarda meydana gelecek kesit tesirlerinin daha iyi incelenmesi için kolon boyutları değiştirilmiş olup tüm katlarda sabit tutulmuştur. Kiriş ve perde boyutları değiştirilmemiştir. 9 katlı yapıda analizlerde kullanılan modellerde betonarme elemanların beton sınıfı C35 olarak alınmış olup, malzemenin elastisite modülü $E_c=33000$ MPa olarak alınmıştır. 18 katlı yapıda ise analizlerde kullanılan modellerde betonarme elemanların beton sınıfı C40 olarak alınmış olup, malzemenin elastisite modülü $E_c=34000$ MPa olarak alınmıştır. 9 ve 18 katlı yapılarda kullanılan kolon boyutları tüm katlar için aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 7.1 9 ve 18 Katlı yapılar için kolon boyutları

Kolon	9 Katlı Yapı	55x55 cm
	18 Katlı Yapı	70x70 cm

Analizler yapılırken elastisite modülünün değişimi için Denklem 64'te tanımlanan durumlar, taşıyıcı elemanların zati yüklerinden hesaplanan aksenal kuvvetlerine göre taşıyıcı elemanlara uygulanmıştır. Aynı zamanda sonuçlar kısmında verilen aksenal kuvvet ve moment değerleri de elemanların zati yüklerinden dolayı hesaplanan sonuçlardır.

Betonda sünmeden dolayı meydana gelecek deformasyonları doğru bir şekilde hesaplayabilmek için betonun elastisite modülünün düşürülmesi gerekir (Ersoy, Özcebe ve Canbay, 2019). Bu sebeple yük geçmişine bağlı kesit tesirlerinin incelenmesi için kolon ve perdelerdeki elastisite modülleri aşağıdaki denklemler vasıtasıyla değiştirilmiştir. Kirişlerin çatlama kesit atalet momentleri (I_{cr}) kesit atalet momentinin yarısı kadar alınmıştır (Can, 1987).

Kolon ve perdelerde;

$$\begin{aligned}
 f_c = \frac{N}{A_c} > 80 \frac{kgf}{cm^2} \text{ geçen elemanlarda } E_c = \frac{E_{ci}}{3} \\
 f_c = \frac{N}{A_c} > 40 \frac{kgf}{cm^2} \text{ geçen elemanlarda } E_c = \frac{E_{ci}}{2} \\
 f_c = \frac{N}{A_c} < 20 \frac{kgf}{cm^2} \text{ geçen elemanlarda } E_c = E_{ci}
 \end{aligned} \tag{64}$$

Çizelge 7.2'de kalıcı yükler altında meydana gelen moment değişimlerinin etkilerini gözlemleyebilmek için 3 farklı durum listelenmiştir. 9 ve 18 katlı yapıların kolon, perde ve kirişleri aşağıdaki 3 farklı duruma göre modellenecektir.

Çizelge 7.2 Yapısal çözümlerinde E_c ve I_g 'nin farklı durumlara göre belirtilmesi

	Kolonlar	Perdeler	Kirişler
Durum 1	E_c, I_g (Bütün katlarda sabit)	E_c, I_g (Bütün katlarda sabit)	E_c, I_g (Bütün katlarda sabit)
Durum 2	$E_c, E_{ci}/2, I_g$ (E, gerilmeye bağlı değişken)	$E_c, E_{ci}/2, I_g$ (E, gerilmeye bağlı değişken)	E_c, I_g (Bütün katlarda sabit)
Durum 3	$E_c, E_{ci}/2, I_g$ (E, gerilmeye bağlı değişken)	$E_c, E_{ci}/2, I_g$ (E, gerilmeye bağlı değişken)	E_c, I_{cr} (Bütün katlarda sabit)

Kaynak: (Can, 1987)

8. 2007 DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİĞİNE GÖRE ÇÖZÜM

Bu bölümde 9 katlı ve 18 katlı iki yapının dayanıma göre hesapları DBYYHY 2007’de verilen kurallara göre yapılacaktır.

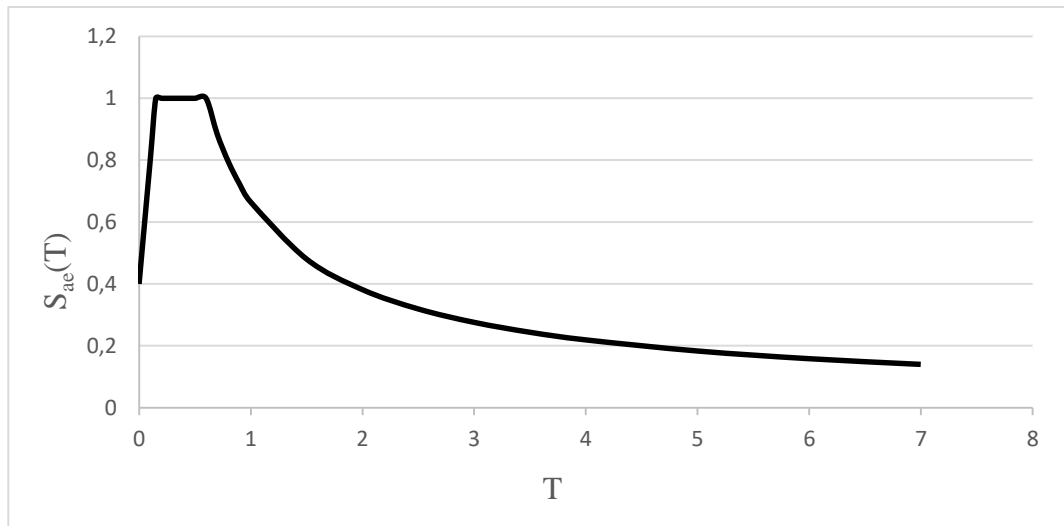
8.1. 9 ve 18 Katlı Yapıların Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi

Çözümü yapılacak iki yapıda İstanbul İlinin Avcılar İlçesinde yer almaktadır. 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında yapıların yapılacağı bölge 1. derece deprem bölgesi olarak geçmektedir. Aynı zamanda iki yapının da zemin sınıfı Z3 olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda yapının spektrum grafiğinin köşe periyotlarını temsil eden T_A ve T_B sırasıyla 0,15 sn ve 0,60 sn olarak Çizelge 4.2’ye göre seçilmiştir. Eşdeğer deprem yükünün hesabında kullanılacak parametreler Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Deprem parametreleri

Etkin Yer İvmesi Katsayısı	$A_0=0,4$	
Zemin Sınıfı	Z3	$T_A=0,15$ sn
		$T_B=0,6$ sn
Bina Önem Katsayısı	I=1	
Hareketli Yük Katılım Katsayısı	n=0,3	

Yukarıdaki bilgilere göre ve 4. bölümdeki spektrum katsayısı denklemlerine göre yapıların elastik spektral ivmesi g cinsinden Şekil 8.1’de verilmiştir.



Şekil 8.1 Elastik spektral ivmeler $S_{ae}(T)$

8.2. 9 Katlı Yapının DBYYHY 2007'ye Göre Çözümü

8.2.1. 9 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi

Yapılarımızın taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler ile süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler tarafından oluşmaktadır. Çizelge 4.4'e göre R katsayısı belirlenmeden önce Denklem 11'e göre yapının tabanında perdelerin aldığı toplam kesme kuvvetinin, yapının tabanında oluşan taban kesme kuvvetine olan oranlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Eğer bahsi geçen bu oran %75'in üzerinde ise R katsayısının Denklem 11'e göre hesaplanması gerekmektedir. Yapılarımızda uygulayacağımız R_a katsayısı belirlenmediği için α_s katsayısı hesabında yapıya deprem kuvveti etki ettirilirken herhangi bir deprem kuvveti azaltma katsayısı kullanılmamış olup $R_a=1$ olarak alınmıştır. Çizelge 8.2'de 9 katlı yapının perdelerinin aldığı kesme kuvvetlerinin değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.2 9 Katlı yapının zemin katındaki perdelerde oluşan kesme kuvvetleri

Perde İsmi	X-X Doğrultusu	Y-Y Doğrultusu
	Keme Kuvveti (kN)	Kesme Kuvveti (kN)
P1	379	11785
P2	13034	362
P3	379	11785
P4	13034	362
P5	23968	24118
ΣV	50794,01	48410,83

Çizelge 8.3'te yukarıda verilen perde kesme kuvvetlerinin, binada oluşan taban kesme kuvvetine oranları verilmiş olup 9 katlı yapının X ve Y yönleri için α_s katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 8.3 9 Katlı yapı α_s katsayısı hesabı

V_{tBx} (Kn)	ΣV_{Px} (Kn)	$\alpha_s=V_x/\Sigma V_{Px}$	V_{tBy} (Kn)	ΣV_{Py} (Kn)	$\alpha_s=V_y/\Sigma V_{Py}$
67748,95	50794,01	0,75	64578,76	48410,83	0,75

Yukarıdaki çizelgeden görüldüğü gibi 9 katlı yapıda iki deprem yönü doğrultusu içinde α_s katsayısı 0,75 değerini aşmamıştır. Bu yüzden de yapı davranış katsayısı $R_x=R_y=7,00$ alınacaktır.

8.2.2. 9 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yükü Azaltma Katsayısının Tanımlanması

ETABS v.17 programında yapılan yapı analizi sonucunda 9 katlı yapının X yönündeki doğal titreşim periyodu, $T_x = 0,57$ sn, Y yönünde doğal titreşim periyodu, $T_y = 0,634$ sn olarak bulunmuştur. Eşdeğer deprem yükünün bulunmasında kullanılacak olan bu periyot değerleri DBYYHY 2007'ye 4. Bölümde açıklanan Denklem 15'ten bulunacak değerden daha büyük alınamayacaktır. Bu kontroller 9 katlı yapı için Çizelge 8.4, Çizelge 8.5 ve Çizelge 8.6'da yapılmıştır.

Çizelge 8.4 9 Katlı yapının kat ağırlıkları ve katlara etkiyen fiktif yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (Kn)
9	10394,00	27	280638,0	0,206
8	10029,00	24	240696,0	0,176
7	10029,00	21	210609,0	0,154
6	10029,00	18	180522,0	0,132
5	10029,00	15	150435,0	0,110
4	10029,00	12	120348,0	0,088
3	10029,00	9	90261,0	0,066
2	10081,27	6	60487,6	0,044
1	10211,17	3	30633,5	0,022
Σ	90860,45		1364630,15	1,00

Çizelge 8.5 9 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (X Yönü)

Kat No	m_i (kNs ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fix} (m)	$m_i d_{fix}^2$ (kNs ² m)	$F_{fi} d_{fix}$ (kNm)
9	1060	0,206	2,00E-06	4,24E-09	4,11E-07
8	1023	0,176	1,00E-06	1,02E-09	1,76E-07
7	1023	0,154	1,00E-06	1,02E-09	1,54E-07
6	1023	0,132	1,00E-06	1,02E-09	1,32E-07
5	1023	0,110	1,00E-06	1,02E-09	1,10E-07
4	1023	0,088	1,00E-06	1,02E-09	8,82E-08
3	1023	0,066	4,31E-07	1,90E-10	2,85E-08
2	1028	0,044	2,37E-07	5,77E-11	1,05E-08
1	1041	0,022	8,43E-08	7,41E-12	1,89E-09
Σ		1,000		9,61E-09	1,11E-06
T_{1x} (sn)	0,584				

Çizelge 8.5'te görüldüğü üzere Çizelge 8.4'te bulunan fiktif yükler X doğrultusunda yapının kat kütle merkezlerine etki ettirildiğinde oluşan deplasmanlara göre hesaplanan X yönündeki yapının doğal titreşim periyodu $T_{1x} = 0,584$ sn olarak bulunmuştur. Bulunan

bu değer Etabs programında modal analize göre hesaplanan periyottan ($T_x = 0,57$ sn) büyük olduğu için eşdeğer deprem yükü hesabında 0,57 sn değeri kullanılacaktır.

Çizelge 8.6 9 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (Y Yönü)

Kat No	m_i	F_{fi}	d_{fix} (m)	$m_i d_{fix}^2$	$F_{fi} d_{fix}$
9	1060	0,206	2,00E-06	4,24E-09	4,11E-07
8	1023	0,176	2,00E-06	4,09E-09	3,53E-07
7	1023	0,154	2,00E-06	4,09E-09	3,09E-07
6	1023	0,132	1,00E-06	1,02E-09	1,32E-07
5	1023	0,110	1,00E-06	1,02E-09	1,10E-07
4	1023	0,088	1,00E-06	1,02E-09	8,82E-08
3	1023	0,066	1,00E-06	1,02E-09	6,61E-08
2	1028	0,044	2,78E-07	7,94E-11	1,23E-08
1	1041	0,022	9,23E-08	8,86E-12	2,07E-09
Σ		1,000		1,66E-08	1,48E-06
T_{1y} (sn)	0,665				

Çizelge 8.6’da grldği üzere izelge 8.4’te bulunan fiktif yükler Y doğrultusunda yapının kat kütle merkezlerine etki ettirildiğinde oluşan deplasmanlara göre hesaplanan Y yönündeki yapının doğal titreşim periyodu $T_{1y} = 0,665$ sn olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer Etabs programında modal analize göre hesaplanan periyottan ($T_y = 0,634$ sn) büyük olduğu için eşdeğer deprem yükü hesabında fiktif yüklere göre hesaplanan periyot olan 0,634 sn değeri kullanılacaktır.

EŞdeğer deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak doğal titreşim periyotları 9 katlı yapı için yukarıda hesaplanmıştır. 9 katlı yapının spektrum X yönünde hesaba katılacak doğal titreşim periyodu T_A ve T_B değerlerinin arasında kaldığı için $S(T_x) = 2,5$ olarak alınmıştır. Y yönünde hesaba katılacak doğal titreşim periyodu ise Denklem 9’a göre hesabı yapıldığında $S(T_y) = 2,392$ olarak hesaplanmıştır.

9 katlı yapının spektrum katsayılarının belirlenmesinden sonra yapının spektral ivme katsayıları 4. Bölümde verilen kurallara göre Denklem 65 ve Denklem 66’da 9 katlı bina için aşağıda hesaplanmıştır.

$$A(T_x) = 0,4 * 1 * 2,5 \quad \rightarrow \quad A(T_x) = 1,00 \quad (65)$$

$$A(T_y) = 0,4 * 1 * 2,397 \quad \rightarrow \quad A(T_y) = 0,96 \quad (66)$$

Spektral ivme katsayıları bulunduktan sonra deprem yükü azaltma katsayısı, R_a 'nın belirlenmesine geçebilir. 9 katlı yapı için bulunan doğal titreşim periyotları T_A değerinden küçük olmadığı için yapının daha öncesinden belirlenen yapı davranış katsayıları Denklem 11'e göre hesaplanmayacak olup 9 katlı yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde $R_a=7$ olarak alınacaktır.

8.2.3. 9 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Yukarıda bulunan değerlerin ardında Eşdeğer Deprem Yükü, V_t , hesabına geçilebilir.

9 katlı yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu için eşdeğer deprem yükü hesabı Çizelge 8.7 ve Çizelge 8.8'de yapılmıştır.

Çizelge 8.7 9 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü)

W(kN)	A(T_x)	$R_a(T_x)$	V_{tx} (kN)	$\geq 0,1 \cdot A_0 \cdot W$ (kN)
90860	1,00	7,00	12980,06	3634,41793

Çizelge 8.8 9 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü)

W	A(T_y)	$R_a(T_y)$	V_{ty} (kN)	$\geq 0,1 \cdot A_0 \cdot W$ (kN)
90860	0,96	7,00	12420,14	3634,41793

9 katlı yapı için, eşdeğer deprem yükleri belirlendikten sonra kat kütle merkezlerine etki ettirilecek eşdeğer deprem yükleri ve $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkisine göre kat kütle merkezlerine etki ettirilecek ek burulma momentleri 9 katlı yapı için Çizelge 8.9 ve Çizelge 8.10'da verilmiştir.

Çizelge 8.9 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_{ix} (Kn)	M_{ix} (kNm)
9	10394,00	27	280637,99	3365,34	4206,67
8	10029,00	24	240696,00	2134,91	2668,64
7	10029,00	21	210609,00	1868,05	2335,06
6	10029,00	18	180522,00	1601,18	2001,48
5	10029,00	15	150435,00	1334,32	1667,90
4	10029,00	12	120348,00	1067,46	1334,32
3	10029,00	9	90261,00	800,59	1000,74
2	10081,27	6	60487,65	536,51	670,64
1	10211,17	3	30633,52	271,71	339,64
Σ	90860,45		1364630,15	12980,06	

Çizelge 8.10 9 katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_{iy} (Kn)	M_{iy} (kNm)
9	10394,00	27	280637,99	3220,17	5635,2931
8	10029,00	24	240696,00	2042,82	3574,9274
7	10029,00	21	210609,00	1787,46	3128,0614
6	10029,00	18	180522,00	1532,11	2681,1955
5	10029,00	15	150435,00	1276,76	2234,3296
4	10029,00	12	120348,00	1021,41	1787,4637
3	10029,00	9	90261,00	766,06	1340,5978
2	10081,27	6	60487,65	513,37	898,39032
1	10211,17	3	30633,52	259,99	454,98316
Σ	90860,45		1364630,15	12420,14	

8.2.3.1. 9 katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

9 katlı yapıda Çizelge 8.9 ve Çizelge 8.10'da verilen deprem yüklerine göre elde edilen görelî kat yer değiştirmeleri Çizelge 8.11'de verilmiş ve A1 Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 8.11 9 katlı yapıda katlar arası A1 düzensizliği kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	u_{imax} (mm)	Δ_{imax} (mm)	u_{iort} (mm)	Δ_{iort} (mm)	η_{bi}
Kat 9	EXP	23,98	2,55	22,08	2,35	1,09
	EXN	23,98	2,55	22,08	2,35	1,09
	EYP	29,75	3,14	26,19	2,76	1,14
	EYN	29,75	3,14	26,19	2,76	1,14
Kat 8	EXP	21,43	2,81	19,73	2,59	1,09
	EXN	21,43	2,81	19,73	2,59	1,09
	EYP	26,61	3,45	23,43	3,03	1,14
	EYN	26,61	3,45	23,43	3,03	1,14
Kat 7	EXP	18,62	3,01	17,14	2,78	1,09
	EXN	18,62	3,01	17,14	2,78	1,09
	EYP	23,17	3,74	20,40	3,29	1,14
	EYN	23,17	3,74	20,40	3,29	1,14
Kat 6	EXP	15,61	3,16	14,37	2,91	1,09
	EXN	15,61	3,16	14,37	2,91	1,09
	EYP	19,43	3,97	17,11	3,49	1,14
	EYN	19,43	3,97	17,11	3,49	1,14
Kat 5	EXP	12,44	3,20	11,46	2,94	1,09
	EXN	12,44	3,20	11,46	2,94	1,09
	EYP	15,46	4,06	13,61	3,57	1,14
	EYN	15,46	4,06	13,61	3,57	1,14
Kat 4	EXP	9,24	3,09	8,52	2,84	1,09

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
	EXN	9,24	3,09	8,52	2,84	1,09
	EYP	11,41	3,93	10,04	3,46	1,14
	EYN	11,41	3,93	10,04	3,46	1,14
Kat 3	EXP	6,15	2,79	5,68	2,56	1,09
	EXN	6,15	2,79	5,68	2,56	1,09
	EYP	7,48	3,51	6,59	3,09	1,14
	EYN	7,48	3,51	6,59	3,09	1,14
Kat 2	EXP	3,37	2,18	3,11	2,01	1,08
	EXN	3,37	2,18	3,11	2,01	1,08
	EYP	3,97	2,66	3,50	2,34	1,14
	EYN	3,97	2,66	3,50	2,34	1,14
Kat 1	EXP	1,19	1,19	1,10	1,10	1,08
	EXN	1,19	1,19	1,10	1,10	1,08
	EYP	1,31	1,31	1,16	1,16	1,14
	EYN	1,31	1,31	1,16	1,16	1,14

Çizelge 8.11’den de görüleceği üzere 9 katlı yapının herhangi bir katında A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

8.2.3.2. 9 katlı yapıda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

9 katlı yapıda Çizelge 8.9 ve Çizelge 8.10’da verilen deprem yüklerine göre elde edilen görelî kat yer değıştirmeleri Çizelge 8.12 ve Çizelge 8.13’te verilmiş ve B2 türü Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 8.12 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü

$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	Kat 1	Kat2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Kat 6	Kat 7	Kat 8	Kat 9
EXP	0,55	0,78	0,90	0,97	1,01	1,05	1,07	1,10	-
EXN	0,55	0,78	0,90	0,97	1,01	1,05	1,07	1,10	-
EYP	0,49	0,76	0,89	0,97	1,02	1,06	1,08	1,10	-
EYN	0,49	0,76	0,89	0,97	1,02	1,06	1,08	1,10	-

Çizelge 8.13 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü

$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$	Kat 1	Kat2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Kat 6	Kat 7	Kat 8	Kat 9
EXP	-	1,82	1,28	1,11	1,04	0,99	0,95	0,93	0,91
EXN	-	1,82	1,28	1,11	1,04	0,99	0,95	0,93	0,91
EYP	-	2,02	1,32	1,12	1,03	0,98	0,94	0,92	0,91
EYN	-	2,02	1,32	1,12	1,03	0,98	0,94	0,92	0,91

Çizelge 8.13’te görüldüğü üzere 2. katta katlar arası görelî kat ötelemelerinin oranı 2,02 çıktığı için 9 katlı yapıda Y yönünde B2 düzensizliği tespit edilmiştir.

8.2.4. 9 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi

Binamızda betonarme elemanların tasarımında kullanılacak deprem yükü yöntemi mod birleştirme yöntemidir. Mod birleştirme yönteminin uygulanabilmesi için eşdeğer deprem yükünün hesaplanması gerekmektedir. Eşdeğer deprem yükü hesaplandıktan sonra bulunan yatay kuvvet yapıda bulunan düzensizliklere göre mod birleştirme yöntemine göre ölçeklendirilir. Aynı zamanda DBYYHY 2007 bu yöntemin uygulanabilmesi için, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %90'ından fazla olması koşulunu istemektedir. Çizelge 8.14'te 9 katlı yapının Etabs programında mod birleştirme yöntemine göre analizinin kaç mod ile yapıldığı ve hesaba giren etkin kütle oranları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 8.14 9 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları

Mod	Periyot (Sn)	U _X	U _Y	Σ U _X	Σ U _Y
1	0,634	0	0,721	0	0,721
2	0,57	0,7261	0	0,7261	0,721
3	0,557	0	0	0,7261	0,721
4	0,172	0	0,152	0,7261	0,873
5	0,157	0,1617	0	0,8878	0,873
6	0,151	0	0	0,8878	0,873
7	0,08	0	0,0625	0,8878	0,9355
8	0,077	0,056	0	0,9438	0,9355
9	0,071	0	0	0,9438	0,9355
10	0,05	0,0263	0	0,97	0,9355
11	0,049	0	0,0307	0,97	0,9662
12	0,043	0	0	0,97	0,9662
13	0,037	0,0134	0	0,9835	0,9662
14	0,035	0	0,0157	0,9835	0,9819
15	0,031	0	0	0,9835	0,9819
16	0,03	0,0072	0	0,9907	0,9819
17	0,028	0	0,0083	0,9907	0,9902
18	0,026	0,004	0	0,9947	0,9902
19	0,025	0	0	0,9947	0,9902
20	0,024	0	0,0044	0,9947	0,9946

Çizelge 8.14'te görüleceği üzere 9 katlı yapıda hesaba katılan etkin kütle oranı %90'ın üzerindedir.

Çizelge 8.15'de 9 katlı yapı için mod birleştirme yöntemine göre analizde bulunan yatay kuvvet ve bu kuvvetin daha önceden bulunan eşdeğer deprem yüküne göre

ölçeklendirilmesi Bölüm 4’te tanımlanan kurallar ışığında birbirine dik iki deprem yönü içinde verilmiştir.

Çizelge 8.15 9 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması

$V_{tx}(kN)$	12980,06	$V_{ty}(kN)$	12420,14
$B_{Bx}(kN)$	10419,35	$B_{By}(kN)$	11253,36
A1, B2 ve B3	X	A1, B2 ve B3	√
β	0,8	β	0,9
Büyütme Katsayısı	1,00	Büyütme Katsayısı	1,00
$V_{tBx}(kN)$	10384,05	$V_{tBy}(kN)$	11178,12

8.2.5. 9 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

9 katlı yapının görelî kat ötelemeleri mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerine göre Çizelge 8.16’da verilmiştir.

Çizelge 8.16 Etkin görelî kat ötelemeleri

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/ h_i
Kat 9	SpecXP	18,64	1,93	13,48	0,004
	SpecXN	18,64	1,93	13,48	0,004
	SpecYP	26,11	2,68	18,77	0,006
	SpecYN	26,11	2,68	18,77	0,006
Kat 8	SpecXP	16,71	2,14	15,01	0,005
	SpecXN	16,71	2,14	15,01	0,005
	SpecYP	23,43	2,97	20,80	0,007
	SpecYN	23,43	2,97	20,80	0,007
Kat 7	SpecXP	14,57	2,33	16,29	0,005
	SpecXN	14,57	2,33	16,29	0,005
	SpecYP	20,46	3,26	22,80	0,008
	SpecYN	20,46	3,26	22,80	0,008
Kat 6	SpecXP	12,24	2,46	17,22	0,006
	SpecXN	12,24	2,46	17,22	0,006
	SpecYP	17,20	3,49	24,40	0,008
	SpecYN	17,20	3,49	24,40	0,008
Kat 5	SpecXP	9,78	2,50	17,53	0,006
	SpecXN	9,78	2,50	17,53	0,006
	SpecYP	13,72	3,59	25,10	0,008
	SpecYN	13,72	3,59	25,10	0,008
Kat 4	SpecXP	7,28	2,43	16,99	0,006

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/h_i
	SpecXN	7,28	2,43	16,99	0,006
	SpecYP	10,13	3,48	24,39	0,008
	SpecYN	10,13	3,48	24,39	0,008
	SpecXP	4,85	2,19	15,35	0,005
Kat 3	SpecXN	4,85	2,19	15,35	0,005
	SpecYP	6,65	3,12	21,83	0,007
	SpecYN	6,65	3,12	21,83	0,007
	SpecXP	2,66	1,72	12,01	0,004
Kat 2	SpecXN	2,66	1,72	12,01	0,004
	SpecYP	3,53	2,36	16,53	0,006
	SpecYN	3,53	2,36	16,53	0,006
	SpecXP	0,94	0,94	6,57	0,002
Kat 1	SpecXN	0,94	0,94	6,57	0,002
	SpecYP	1,17	1,17	8,18	0,003
	SpecYN	1,17	1,17	8,18	0,003
	SpecXP	1,17	1,17	8,18	0,003

Çizelge 8.16’da görüldüğü üzere 9 katlı yapıda δ_{imax}/h_i değeri 0.02’den küçüktür. 9 katlı yapıda görel kat ötelemelerinin kontrolü yapıldıktan sonra yapıda oluşacak ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmalıdır. Çizelge 8.17’de 9 katlı yapı için ikinci mertebe gösterge değerlerini verilmiştir.

Çizelge 8.17 9 Katlı yapının ikinci mertebe gösterge değerleri

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	$\Sigma w_j (Kn)$	V_i	θ_i
Kat 9	SpecXP	17,93	1,85	10394,00	2493,78	0,003
	SpecXN	17,93	1,85			
	SpecYP	24,83	2,55		2739,78	0,003
	SpecYN	24,83	2,55			
Kat 8	SpecXP	16,08	2,06	20423,00	4381,79	0,003
	SpecXN	16,08	2,06			
	SpecYP	22,28	2,82		4759,84	0,004
	SpecYN	22,28	2,82			
Kat 7	SpecXP	14,02	2,24	30452,00	5956,52	0,004
	SpecXN	14,02	2,24			
	SpecYP	19,46	3,10		6458,77	0,005
	SpecYN	19,46	3,10			
Kat 6	SpecXP	11,78	2,37	40481,00	7273,16	0,004
	SpecXN	11,78	2,37			
	SpecYP	16,36	3,31		7886,21	0,006
	SpecYN	16,36	3,31			
Kat 5	SpecXP	9,41	2,41	50510,00	8348,81	0,005
	SpecXN	9,41	2,41			
	SpecYP	13,05	3,41		9051,53	0,006

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta i_{ort}(mm)$	$\Sigma w_j (Kn)$	V_i	θ_i
	SpecYN	13,05	3,41			
Kat 4	SpecXP	7,00	2,33	60539,00	9193,00	0,005
	SpecXN	7,00	2,33			
	SpecYP	9,64	3,32		9960,63	0,007
	SpecYN	9,64	3,32			
Kat 3	SpecXP	4,67	2,11	70568,00	9811,11	0,005
	SpecXN	4,67	2,11			
	SpecYP	6,33	2,97		10617,11	0,007
	SpecYN	6,33	2,97			
Kat 2	SpecXP	2,56	1,65	80649,27	10214,96	0,004
	SpecXN	2,56	1,65			
	SpecYP	3,36	2,25		11039,24	0,005
	SpecYN	3,36	2,25			
Kat 1	SpecXP	0,91	0,91	90860,45	10419,35	0,003
	SpecXN	0,91	0,91			
	SpecYP	1,11	1,11		11253,36	0,003
	SpecYN	1,11	1,11			

Çizelge 8.17’de görüldüğü gibi yapının bütün katlarında istenen şart sağlanmıştır. Göreli kat ötelemeleri ve ikinci derece etkileri kontrolleri istenen üst sınırlar aşılmadığı için Çizelge 6.3’te verilen betonarme elemanların boyutlarının değiştirilmesine gerek yoktur.

8.2.6. 9 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler

Bölüm 6.4’te belirtilen $G+Q+SpecX+0,3SpecY$ ve $G+Q+SpecY+0,3SpecX$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 9 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 8.18’de verilmiştir.

Çizelge 8.18 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($G+Q+SpecX+0,3SpecY$ ve $G+Q+SpecY+0,3SpecX$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	2149,92	76,54	84,03	173,63	148,50
1. Kat	C3	2557,06	88,94	87,65	169,78	160,05
1. Kat	C8	2593,32	82,21	96,87	181,99	150,90
1. Kat	C10	2744,42	80,94	92,96	171,15	149,72
1. Kat	C15	2717,11	78,15	95,05	180,30	144,23

Bölüm 6.4’te belirtilen $0,9G+SpecX+0,3SpecY$ ve $0,9G+SpecY+0,3SpecX$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 9 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan momentlerin mutlak değerleri Çizelge 8.19’da verilmiştir.

Çizelge 8.19 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (0,9G+SpecX+0,3SpecY ve 0,9G+SpecY+0,3SpecX)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1806,76	71,01	78,62	168,60	143,36
1. Kat	C3	2010,18	88,41	77,73	160,57	159,56
1. Kat	C8	1732,99	82,11	96,64	181,77	150,81
1. Kat	C10	1902,39	81,35	92,80	171,00	150,10
1. Kat	C15	1837,05	78,79	95,28	180,51	144,83

Yük birleşimlerinin yanında SpecXP yani salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler 9 katlı yapı için Çizelge 8.20’de verilmiştir.

Çizelge 8.20 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecXP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	449,5409	56,8895	5,2973	11,88	127,98
1. Kat	C3	114,0802	84,4206	2,6285	5,43	153,60
1. Kat	C8	27,9198	81,0029	5,5055	10,09	148,42
1. Kat	C10	229,302	80,6359	4,9774	5,62	148,08
1. Kat	C15	82,6203	76,317	5,2507	9,85	142,08

Aynı zamanda SpecYP yani salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler 9 katlı yapı için Çizelge 8.21’de verilmiştir.

Çizelge 8.21 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	604,4704	5,8351	64,9217	153,79	12,95
1. Kat	C3	598,2593	8,5228	63,4322	146,38	15,45
1. Kat	C8	63,5214	5,1354	95,2616	179,00	9,29
1. Kat	C10	273,6126	5,5091	91,2228	169,24	9,64
1. Kat	C15	180,3973	11,6844	94,3753	178,18	12,37

8.3. 18 Katlı Yapının DBYYHY 2007'ye Göre Çözümü

8.3.1. 18 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi

9 katlı yapıya benzer bir şekilde hesaplanan kesme kuvvetleri, 18 katlı yapıda da Çizelge 8.22'de verilmiştir.

Çizelge 8.22 18 Katlı yapının zemin katındaki perdelerde oluşan kesme kuvvetleri

Perde İsmi	X-X Doğrultusu	Y-Y Doğrultusu
	Keme Kuvveti(kN)	Kesme Kuvveti(kN)
P1	435	12890
P2	14291	414
P3	435	12890
P4	14291	414
P5	26115	26407
ΣV	55568	53016

Çizelge 8.23'te yukarıda verilen perde kesme kuvvetlerinin, binada oluşan taban kesme kuvvetine oranları verilmiş olup 18 katlı yapının X ve Y yönleri için α_s katsayıları hesaplanmıştır.

Çizelge 8.23 18 Katlı yapı α_s katsayısı hesabı

V_{tBx} (Kn)	ΣV_{Px} (Kn)	$\alpha_s=V_x/\Sigma V_{Px}$	V_{tBy} (Kn)	ΣV_{Py} (Kn)	$\alpha_s=V_y/\Sigma V_{Py}$
84260,89	55567,70	0,66	78637,14	53015,86	0,67

Yukarıdaki çizelgeden görüldüğü gibi 18 katlı yapıda iki deprem yönü doğrultusu içinde α_s katsayısı 0,75 değerini aşmamıştır. Bu yüzden de yapı davranış katsayısı $R_x=R_y=7,00$ alınacaktır.

8.3.2. 18 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması

ETABS v.17 programında yapılan yapı analizi sonucunda 18 katlı yapının X yönündeki doğal titreşim periyodu, $T_x = 1,22$ sn, Y yönünde doğal titreşim periyodu, $T_y= 1,335$ sn olarak bulunmuştur. Eşdeğer deprem yükünün bulunmasında kullanılacak olan bu periyot değerleri DBYYHY 2007'ye 4. Bölümde açıklanan Denklem 15'ten bulunacak değerden daha büyük alınamayacaktır. Bu kontroller 18 katlı yapı için Çizelge 8.24, Çizelge 8.25 ve Çizelge 8.26'da yapılmıştır.

Çizelge 8.24 18 Katlı yapının kat ağırlıkları ve katlara etkiyen fiktif yükler

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$ (kNm)	F_{fi} (Kn)
18	10505,30	54	567286,2	0,107
17	10288,80	51	524728,8	0,099
16	10288,80	48	493862,4	0,093
15	10288,80	45	462996,0	0,087
14	10288,80	42	432129,6	0,081
13	10288,80	39	401263,2	0,076
12	10288,80	36	370396,8	0,070
11	10288,80	33	339530,4	0,064
10	10288,80	30	308664,0	0,058
9	10288,80	27	277797,6	0,052
8	10288,80	24	246931,2	0,047
7	10288,80	21	216064,8	0,041
6	10354,57	18	186382,3	0,035
5	10438,95	15	156584,2	0,030
4	10511,47	12	126137,7	0,024
3	10602,60	9	95423,4	0,018
2	10681,87	6	64091,2	0,012
1	10779,75	3	32339,2	0,006
Σ	187051,32		5302609,11	1,00

Çizelge 8.25 18 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (X Yönü)

Kat No	m_i (Kns ² /m)	F_{fi} (kN)	d_{fix} (m)	$m_i d_{fix}^2$ (Kns ² m)	$F_{fi} d_{fix}$ (kNm)
18	1071	0,107	4,00E-06	1,71E-08	4,28E-07
17	1049	0,099	4,00E-06	1,68E-08	3,96E-07
16	1049	0,093	3,00E-06	9,44E-09	2,79E-07
15	1049	0,087	3,00E-06	9,44E-09	2,62E-07
14	1049	0,081	3,00E-06	9,44E-09	2,44E-07
13	1049	0,076	3,00E-06	9,44E-09	2,27E-07
12	1049	0,070	3,00E-06	9,44E-09	2,10E-07
11	1049	0,064	2,00E-06	4,20E-09	1,28E-07
10	1049	0,058	2,00E-06	4,20E-09	1,16E-07
9	1049	0,052	2,00E-06	4,20E-09	1,05E-07
8	1049	0,047	2,00E-06	4,20E-09	9,31E-08
7	1049	0,041	1,00E-06	1,05E-09	4,07E-08
6	1056	0,035	1,00E-06	1,06E-09	3,51E-08
5	1064	0,030	1,00E-06	1,06E-09	2,95E-08
4	1072	0,024	1,00E-06	1,07E-09	2,38E-08
3	1081	0,018	4,10E-07	1,81E-10	7,37E-09
2	1089	0,012	2,21E-07	5,32E-11	2,67E-09
1	1099	0,006	7,66E-08	6,45E-12	4,67E-10
Σ		1,000		1,02E-07	2,63E-06
$T1x$ (sn)	1,240				

Çizelge 8.25'te görüldüğü üzere Çizelge 8.24'te bulunan fiktif yükler X doğrultusunda yapının kat kütle merkezlerine etki ettirildiğinde oluşan deplasmanlara göre hesaplanan X yönündeki yapının doğal titreşim periyodu $T_{1x} = 1,240$ sn olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer Etabs programında modal analize göre hesaplanan periyottan ($T_x = 1,22$ sn) büyük olduğu için eşdeğer deprem yükü hesabında 1,22 sn değeri kullanılacaktır.

Çizelge 8.26 18 Katlı yapıya etki eden fiktif yüklere göre yapı doğal periyodunun hesaplanması (Y Yönü)

Kat No	m_i	F_{fi}	d_{fiy} (m)	$m_i d_{fiy}^2$	$F_{fi} d_{fiy}$
18	1071	0,107	4,00E-06	1,71E-08	4,28E-07
17	1049	0,099	4,00E-06	1,68E-08	3,96E-07
16	1049	0,093	4,00E-06	1,68E-08	3,73E-07
15	1049	0,087	4,00E-06	1,68E-08	3,49E-07
14	1049	0,081	4,00E-06	1,68E-08	3,26E-07
13	1049	0,076	3,00E-06	9,44E-09	2,27E-07
12	1049	0,070	3,00E-06	9,44E-09	2,10E-07
11	1049	0,064	3,00E-06	9,44E-09	1,92E-07
10	1049	0,058	3,00E-06	9,44E-09	1,75E-07
9	1049	0,052	2,00E-06	4,20E-09	1,05E-07
8	1049	0,047	2,00E-06	4,20E-09	9,31E-08
7	1049	0,041	2,00E-06	4,20E-09	8,15E-08
6	1056	0,035	1,00E-06	1,06E-09	3,51E-08
5	1064	0,030	1,00E-06	1,06E-09	2,95E-08
4	1072	0,024	1,00E-06	1,07E-09	2,38E-08
3	1081	0,018	4,87E-07	2,56E-10	8,76E-09
2	1089	0,012	2,56E-07	7,11E-11	3,09E-09
1	1099	0,006	8,38E-08	7,72E-12	5,11E-10
Σ		1,000		1,38E-07	3,06E-06
T_{1y} (sn)	1,336				

Çizelge 8.26'da görüldüğü üzere Çizelge 8.24'te bulunan fiktif yükler Y doğrultusunda yapının kat kütle merkezlerine etki ettirildiğinde oluşan deplasmanlara göre hesaplanan X yönündeki yapının doğal titreşim periyodu $T_{1y} = 1,336$ sn olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer Etabs programında modal analize göre hesaplanan periyottan ($T_y = 1,335$ sn) büyük olduğu için eşdeğer deprem yükü hesabında 1,335 sn değeri kullanılacaktır.

Eşdeğer deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak doğal titreşim periyotları 18 katlı yapı için yukarıda bulunmuştur. 18 katlı yapının spektrum katsayısı 4. Bölümde verilen Denklem 9'a göre hesabı yapıldığı zaman $S(T_x)=1,417$, $S(T_y)=1,318$ olarak hesaplanmıştır.

18 katlı yapının spektrum katsayılarının belirlenmesinden sonra yapının spektral ivme katsayıları 4. Bölümde verilen kurallara göre Denklem 67 ve Denklem 68'de 18 katlı bina için aşağıda hesaplanmıştır.

$$A(T_x) = 0,4 * 1 * 1,417 \quad \rightarrow \quad A(T_x) 0,567 \quad (67)$$

$$A(T_y) = 0,4 * 1 * 1,318 \quad \rightarrow \quad A(T_y) = 0,527 \quad (68)$$

Spektral ivme katsayıları bulunduğundan sonra deprem yükü azaltma katsayısı, R_a 'nın belirlenmesine geçebilir. 18 katlı yapı için bulunan doğal titreşim periyotları T_A değerinden küçük olmadığı için yapının daha öncesinden belirlenen yapı davranış katsayıları Denklem 11'e göre hesaplanmayacak olup 18 katlı yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde $R_a=7$ olarak alınacaktır.

8.3.3. 18 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yükü Hesabı

Yukarıda bulunan değerlerin ardında Eşdeğer Deprem Yükü, V_t , hesabına geçilebilir. 18 katlı ve yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu için hesabı Çizelge 8.27 ve Çizelge 8.28'de yapılmıştır.

Çizelge 8.27 18 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (X Yönü)

W(kN)	A(T_x)	$R_a(T_x)$	$V_{tx}(kN)$	$\geq 0,1 * A_0 * W(kN)$
187051,32	0,567	7,00	15145,93	7482,05

Çizelge 8.28 18 Katlı yapı eşdeğer deprem yükü hesabı ve kontrolü (Y Yönü)

W(kN)	A(T_y)	$R_a(T_y)$	$V_{ty}(kN)$	$\geq 0,1 * A_0 * W(kN)$
187051,32	0,527	7,00	14092,85	7482,05

Her iki yapı içinde eşdeğer deprem yükleri belirlendikten sonra kat kütle merkezlerine etki ettirilecek eşdeğer deprem yükleri ve $\pm 5\%$ ek dışmerkezlilik etkisine göre kat kütle merkezlerine etki ettirilecek ek burulma momentleri 18 katlı yapı için Çizelge 8.29 ve Çizelge 8.30'da verilmiştir.

Çizelge 8.29 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_{ix} (Kn)	M_{ix} (kNm)
18	10505,30	54	567286,19	3446,30	4307,88
17	10288,80	51	524728,79	1296,45	1620,57
16	10288,80	48	493862,39	1220,19	1525,24
15	10288,80	45	462995,99	1143,93	1429,91
14	10288,80	42	432129,59	1067,67	1334,59
13	10288,80	39	401263,19	991,41	1239,26
12	10288,80	36	370396,79	915,14	1143,93
11	10288,80	33	339530,39	838,88	1048,60
10	10288,80	30	308663,99	762,62	953,28
9	10288,80	27	277797,60	686,36	857,95
8	10288,80	24	246931,20	610,10	762,62
7	10288,80	21	216064,80	533,83	667,29
6	10354,57	18	186382,35	460,50	575,62
5	10438,95	15	156584,25	386,87	483,59
4	10511,47	12	126137,70	311,65	389,56
3	10602,60	9	95423,40	235,76	294,70
2	10681,87	6	64091,25	158,35	197,94
1	10779,75	3	32339,25	79,90	99,88
Σ	187051,32		5302609,11	15145,93	

Çizelge 8.30 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)

Kat No	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i H_i$	F_{iy} (Kn)	M_{iy} (kNm)
18	10505,30	54	567286,19	3206,68	5611,6969
17	10288,80	51	524728,79	1206,31	2111,0483
16	10288,80	48	493862,39	1135,35	1986,869
15	10288,80	45	462995,99	1064,39	1862,6897
14	10288,80	42	432129,59	993,43	1738,5103
13	10288,80	39	401263,19	922,47	1614,331
12	10288,80	36	370396,79	851,52	1490,1517
11	10288,80	33	339530,39	780,56	1365,9724
10	10288,80	30	308663,99	709,60	1241,7931
9	10288,80	27	277797,60	638,64	1117,6138
8	10288,80	24	246931,20	567,68	993,43448
7	10288,80	21	216064,80	496,72	869,25517
6	10354,57	18	186382,35	428,48	749,83904
5	10438,95	15	156584,25	359,98	629,95763
4	10511,47	12	126137,70	289,98	507,46743
3	10602,60	9	95423,40	219,37	383,90003
2	10681,87	6	64091,25	147,34	257,84695
1	10779,75	3	32339,25	74,35	130,10477
Σ	187051,32		5302609,11	14092,85	

8.3.3.1. 18 katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

18 katlı yapıda Çizelge 8.29 ve Çizelge 8.30’da verilen deprem yüklerine göre elde edilen görelî kat yer değiştirmeleri Çizelge 8.31’de verilmiş ve A1 Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 8.31 18 Katlı yapıda katlar arası A1 düzensizliği kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	u_{imax} (mm)	Δ_{imax} (mm)	u_{iort} (mm)	Δ_{iort} (mm)	η_{bi}
Kat 18	EXP	64,46	2,68	59,85	2,52	1,07
	EXN	64,46	2,68	59,85	2,52	1,07
	EYP	74,14	2,89	65,72	2,59	1,12
	EYN	74,14	2,89	65,72	2,59	1,12
Kat 17	EXP	61,78	2,93	57,33	2,75	1,07
	EXN	61,78	2,93	57,33	2,75	1,07
	EYP	71,26	3,15	63,13	2,82	1,12
	EYN	71,26	3,15	63,13	2,82	1,12
Kat 16	EXP	58,86	3,15	54,58	2,95	1,07
	EXN	58,86	3,15	54,58	2,95	1,07
	EYP	68,11	3,43	60,32	3,06	1,12
	EYN	68,11	3,43	60,32	3,06	1,12
Kat 15	EXP	55,71	3,39	51,64	3,17	1,07
	EXN	55,71	3,39	51,64	3,17	1,07
	EYP	64,68	3,74	57,26	3,33	1,12
	EYN	64,68	3,74	57,26	3,33	1,12
Kat 14	EXP	52,32	3,63	48,47	3,39	1,07
	EXN	52,32	3,63	48,47	3,39	1,07
	EYP	60,95	4,05	53,93	3,61	1,12
	EYN	60,95	4,05	53,93	3,61	1,12
Kat 13	EXP	48,69	3,86	45,08	3,60	1,07
	EXN	48,69	3,86	45,08	3,60	1,07
	EYP	56,89	4,36	50,32	3,87	1,12
	EYN	56,89	4,36	50,32	3,87	1,12
Kat 12	EXP	44,83	4,07	41,49	3,79	1,08
	EXN	44,83	4,07	41,49	3,79	1,08
	EYP	52,54	4,64	46,44	4,12	1,13
	EYN	52,54	4,64	46,44	4,12	1,13
Kat 11	EXP	40,76	4,25	37,70	3,95	1,08
	EXN	40,76	4,25	37,70	3,95	1,08
	EYP	47,90	4,89	42,33	4,33	1,13
	EYN	47,90	4,89	42,33	4,33	1,13
Kat 10	EXP	36,51	4,39	33,76	4,07	1,08
	EXN	36,51	4,39	33,76	4,07	1,08
	EYP	43,01	5,09	37,99	4,50	1,13
	EYN	43,01	5,09	37,99	4,50	1,13
Kat 9	EXP	32,12	4,47	29,69	4,14	1,08

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
	EXN	32,12	4,47	29,69	4,14	1,08
	EYP	37,93	5,23	33,49	4,63	1,13
	EYN	37,93	5,23	33,49	4,63	1,13
	EXP	27,65	4,50	25,54	4,16	1,08
Kat 8	EXN	27,65	4,50	25,54	4,16	1,08
	EYP	32,70	5,29	28,87	4,68	1,13
	EYN	32,70	5,29	28,87	4,68	1,13
	EXP	23,15	4,45	21,38	4,12	1,08
Kat 7	EXN	23,15	4,45	21,38	4,12	1,08
	EYP	27,41	5,28	24,19	4,66	1,13
	EYN	27,41	5,28	24,19	4,66	1,13
	EXP	18,70	4,25	17,27	3,92	1,08
Kat 6	EXN	18,70	4,25	17,27	3,92	1,08
	EYP	22,13	5,08	19,53	4,48	1,13
	EYN	22,13	5,08	19,53	4,48	1,13
	EXP	14,45	4,03	13,35	3,72	1,08
Kat 5	EXN	14,45	4,03	13,35	3,72	1,08
	EYP	17,06	4,84	15,04	4,27	1,13
	EYN	17,06	4,84	15,04	4,27	1,13
	EXP	10,42	3,63	9,62	3,35	1,08
Kat 4	EXN	10,42	3,63	9,62	3,35	1,08
	EYP	12,22	4,36	10,78	3,85	1,13
	EYN	12,22	4,36	10,78	3,85	1,13
	EXP	6,79	3,14	6,28	2,90	1,08
Kat 3	EXN	6,79	3,14	6,28	2,90	1,08
	EYP	7,86	3,74	6,93	3,30	1,13
	EYN	7,86	3,74	6,93	3,30	1,13
	EXP	3,65	2,39	3,38	2,21	1,08
Kat 2	EXN	3,65	2,39	3,38	2,21	1,08
	EYP	4,12	2,77	3,63	2,44	1,13
	EYN	4,12	2,77	3,63	2,44	1,13
	EXP	1,26	1,26	1,17	1,17	1,08
Kat 1	EXN	1,26	1,26	1,17	1,17	1,08
	EYP	1,35	1,35	1,19	1,19	1,13
	EYN	1,35	1,35	1,19	1,19	1,13
	EXP	1,26	1,26	1,17	1,17	1,08

Çizelge 8.31'den de görüleceği üzere 18 katlı yapının herhangi bir katında A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

8.3.3.2. 18 katlı yapıda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Çizelge 8.32'de verilmiş ve B2 türü Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 8.32 B2 türü düzensizliği kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	$\Delta_{iort}(mm)$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$
Kat 18	EXP	2,52	8,39E-04	-	0,92
	EXN	2,52	8,39E-04	-	0,92
	EYP	2,59	8,62E-04	-	0,92
	EYN	2,59	8,62E-04	-	0,92
Kat 17	EXP	2,75	9,15E-04	1,09	0,93
	EXN	2,75	9,15E-04	1,09	0,93
	EYP	2,82	9,39E-04	1,09	0,92
	EYN	2,82	9,39E-04	1,09	0,92
Kat 16	EXP	2,95	9,82E-04	1,07	0,93
	EXN	2,95	9,82E-04	1,07	0,93
	EYP	3,06	1,02E-03	1,09	0,92
	EYN	3,06	1,02E-03	1,09	0,92
Kat 15	EXP	3,17	1,06E-03	1,08	0,94
	EXN	3,17	1,06E-03	1,08	0,94
	EYP	3,33	1,11E-03	1,09	0,92
	EYN	3,33	1,11E-03	1,09	0,92
Kat 14	EXP	3,39	1,13E-03	1,07	0,94
	EXN	3,39	1,13E-03	1,07	0,94
	EYP	3,61	1,20E-03	1,08	0,93
	EYN	3,61	1,20E-03	1,08	0,93
Kat 13	EXP	3,60	1,20E-03	1,06	0,95
	EXN	3,60	1,20E-03	1,06	0,95
	EYP	3,87	1,29E-03	1,07	0,94
	EYN	3,87	1,29E-03	1,07	0,94
Kat 12	EXP	3,79	1,26E-03	1,05	0,96
	EXN	3,79	1,26E-03	1,05	0,96
	EYP	4,12	1,37E-03	1,06	0,95
	EYN	4,12	1,37E-03	1,06	0,95
Kat 11	EXP	3,95	1,32E-03	1,04	0,97
	EXN	3,95	1,32E-03	1,04	0,97
	EYP	4,33	1,44E-03	1,05	0,96
	EYN	4,33	1,44E-03	1,05	0,96
Kat 10	EXP	4,07	1,36E-03	1,03	0,98
	EXN	4,07	1,36E-03	1,03	0,98
	EYP	4,50	1,50E-03	1,04	0,97
	EYN	4,50	1,50E-03	1,04	0,97
Kat 9	EXP	4,14	1,38E-03	1,02	1,00
	EXN	4,14	1,38E-03	1,02	1,00
	EYP	4,63	1,54E-03	1,03	0,99
	EYN	4,63	1,54E-03	1,03	0,99
Kat 8	EXP	4,16	1,39E-03	1,00	1,01
	EXN	4,16	1,39E-03	1,00	1,01
	EYP	4,68	1,56E-03	1,01	1,00
	EYN	4,68	1,56E-03	1,01	1,00

Kat No	Deprem Yüğü	$\Delta_{i,ort}(mm)$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$
Kat 7	EXP	4,12	1,37E-03	0,99	1,05
	EXN	4,12	1,37E-03	0,99	1,05
	EYP	4,66	1,55E-03	1,00	1,04
	EYN	4,66	1,55E-03	1,00	1,04
Kat 6	EXP	3,92	1,31E-03	0,95	1,05
	EXN	3,92	1,31E-03	0,95	1,05
	EYP	4,48	1,49E-03	0,96	1,05
	EYN	4,48	1,49E-03	0,96	1,05
Kat 5	EXP	3,72	1,24E-03	0,95	1,11
	EXN	3,72	1,24E-03	0,95	1,11
	EYP	4,27	1,42E-03	0,95	1,11
	EYN	4,27	1,42E-03	0,95	1,11
Kat 4	EXP	3,35	1,12E-03	0,90	1,15
	EXN	3,35	1,12E-03	0,90	1,15
	EYP	3,85	1,28E-03	0,90	1,17
	EYN	3,85	1,28E-03	0,90	1,17
Kat 3	EXP	2,90	9,66E-04	0,87	1,31
	EXN	2,90	9,66E-04	0,87	1,31
	EYP	3,30	1,10E-03	0,86	1,35
	EYN	3,30	1,10E-03	0,86	1,35
Kat 2	EXP	2,21	7,37E-04	0,76	1,89
	EXN	2,21	7,37E-04	0,76	1,89
	EYP	2,44	8,14E-04	0,74	2,06
	EYN	2,44	8,14E-04	0,74	2,06
Kat 1	EXP	1,17	3,89E-04	0,53	-
	EXN	1,17	3,89E-04	0,53	-
	EYP	1,19	3,96E-04	0,49	-
	EYN	1,19	3,96E-04	0,49	-

18 katlı yapıda Çizelge 8.32’de görüleceği üzere 2. katta katlar arası görelî kat ötelemelerinin oranı 2,06’ya çıktığı için 18 katlı yapıda B2 düzensizliği tespit edilmiştir.

8.3.4. 18 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi

Çizelge 8.33’te 18 katlı yapının Etabs programında mod birleştirme yöntemine göre analizinin kaç mod ile yapıldığı ve hesaba giren etkin kütle oranları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 8.33 18 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları

Mod	Periyot (Sn)	U_x	U_y	ΣU_x	ΣU_y
1	1,335	0	0,7323	0	0,7323
2	1,22	0,7285	0	0,7285	0,7323
3	1,163	0	0	0,7285	0,7323
4	0,403	0	0,123	0,7285	0,8553
5	0,362	0,1321	0	0,8607	0,8553
6	0,354	0	0	0,8607	0,8553
7	0,205	0	0,0518	0,8607	0,9071
8	0,184	0,0544	0	0,915	0,9071
9	0,183	0	0	0,915	0,9071
10	0,126	0	0,0294	0,915	0,9366
11	0,116	0,0283	0	0,9434	0,9366
12	0,112	0	0	0,9434	0,9366
13	0,087	0	0,0187	0,9434	0,9553
14	0,082	0,0169	0	0,9603	0,9553
15	0,077	0	0	0,9603	0,9553
16	0,064	0	0,0125	0,9603	0,9678
17	0,063	0,0109	0	0,9712	0,9678
18	0,057	0	0	0,9712	0,9678
19	0,051	0,0074	0	0,9787	0,9678
20	0,05	0	0,0086	0,9787	0,9764

Çizelge 8.33'te görüleceği üzere 18 katlı yapıda hesaba katılan etkin kütle oranı %90'ın üzerindedir.

Çizelge 8.34'te 18 katlı yapı için mod birleştirme yöntemine göre analizde bulunan yatay kuvvet ve bu kuvvetin daha önceden bulunan eşdeğer deprem yüküne göre ölçeklendirilmesi Bölüm 4'te tanımlanan kurallar ışığında birbirine dik iki deprem yönü içinde verilmiştir.

Çizelge 8.34 18 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması

$V_{ix}(kN)$	15145,93	$V_{iy}(kN)$	14092,85
$B_{Bx}(kN)$	12197,26	$B_{By}(kN)$	12741,63
A1, B2 ve B3	X	A1, B2 ve B3	√
β	0,8	β	0,9
Büyütme Katsayısı	1,00	Büyütme Katsayısı	1,00
$V_{tBx}(kN)$	12116,74	$V_{tBy}(kN)$	12683,56

8.3.5. 18 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

18 katlı yapının görelî kat ötelemeleri mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerine göre Çizelge 8.35’te verilmiştir.

Çizelge 8.35 Etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliklerine oranı

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/ h_i
Kat 18	SpecXP	46,34	1,68	11,73	0,004
	SpecXN	46,34	1,68	11,73	0,004
	SpecYP	59,60	1,98	13,85	0,005
	SpecYN	59,60	1,98	13,85	0,005
Kat 17	SpecXP	44,67	1,86	13,05	0,004
	SpecXN	44,67	1,86	13,05	0,004
	SpecYP	57,63	2,20	15,43	0,005
	SpecYN	57,63	2,20	15,43	0,005
Kat 16	SpecXP	42,80	2,05	14,38	0,005
	SpecXN	42,80	2,05	14,38	0,005
	SpecYP	55,42	2,47	17,26	0,006
	SpecYN	55,42	2,47	17,26	0,006
Kat 15	SpecXP	40,75	2,26	15,85	0,005
	SpecXN	40,75	2,26	15,85	0,005
	SpecYP	52,96	2,76	19,33	0,006
	SpecYN	52,96	2,76	19,33	0,006
Kat 14	SpecXP	38,48	2,48	17,33	0,006
	SpecXN	38,48	2,48	17,33	0,006
	SpecYP	50,19	3,07	21,47	0,007
	SpecYN	50,19	3,07	21,47	0,007
Kat 13	SpecXP	36,01	2,68	18,76	0,006
	SpecXN	36,01	2,68	18,76	0,006
	SpecYP	47,13	3,37	23,56	0,008
	SpecYN	47,13	3,37	23,56	0,008
Kat 12	SpecXP	33,33	2,87	20,09	0,007
	SpecXN	33,33	2,87	20,09	0,007
	SpecYP	43,76	3,65	25,52	0,009
	SpecYN	43,76	3,65	25,52	0,009
Kat 11	SpecXP	30,46	3,04	21,25	0,007
	SpecXN	30,46	3,04	21,25	0,007
	SpecYP	40,12	3,90	27,27	0,009
	SpecYN	40,12	3,90	27,27	0,009
Kat 10	SpecXP	27,42	3,17	22,21	0,007
	SpecXN	27,42	3,17	22,21	0,007
	SpecYP	36,22	4,11	28,77	0,010
	SpecYN	36,22	4,11	28,77	0,010

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/h_i
Kat 9	SpecXP	24,25	3,27	22,90	0,008
	SpecXN	24,25	3,27	22,90	0,008
	SpecYP	32,11	4,28	29,94	0,010
	SpecYN	32,11	4,28	29,94	0,010
Kat 8	SpecXP	20,98	3,32	23,27	0,008
	SpecXN	20,98	3,32	23,27	0,008
	SpecYP	27,83	4,38	30,67	0,010
	SpecYN	27,83	4,38	30,67	0,010
Kat 7	SpecXP	17,65	3,33	23,28	0,008
	SpecXN	17,65	3,33	23,28	0,008
	SpecYP	23,45	4,42	30,92	0,010
	SpecYN	23,45	4,42	30,92	0,010
Kat 6	SpecXP	14,33	3,20	22,41	0,007
	SpecXN	14,33	3,20	22,41	0,007
	SpecYP	19,04	4,29	30,06	0,010
	SpecYN	19,04	4,29	30,06	0,010
Kat 5	SpecXP	11,13	3,07	21,47	0,007
	SpecXN	11,13	3,07	21,47	0,007
	SpecYP	14,74	4,13	28,91	0,010
	SpecYN	14,74	4,13	28,91	0,010
Kat 4	SpecXP	8,06	2,78	19,47	0,006
	SpecXN	8,06	2,78	19,47	0,006
	SpecYP	10,61	3,76	26,29	0,009
	SpecYN	10,61	3,76	26,29	0,009
Kat 3	SpecXP	5,28	2,43	16,99	0,006
	SpecXN	5,28	2,43	16,99	0,006
	SpecYP	6,86	3,25	22,74	0,008
	SpecYN	6,86	3,25	22,74	0,008
Kat 2	SpecXP	2,85	1,86	13,04	0,004
	SpecXN	2,85	1,86	13,04	0,004
	SpecYP	3,61	2,42	16,94	0,006
	SpecYN	3,61	2,42	16,94	0,006
Kat 1	SpecXP	0,99	0,99	6,92	0,002
	SpecXN	0,99	0,99	6,92	0,002
	SpecYP	1,19	1,19	8,31	0,003
	SpecYN	1,19	1,19	8,31	0,003

Çizelge 8.35'te görüldüğü üzere 18 katlı yapıda δ_{imax}/h_i değeri 0.02'den küçüktür. 18 katlı yapıda görel kat ötelemelerinin kontrolü yapıldıktan sonra yapıda oluşacak ikinci mertebe etkilerinin kontrolü yapılmalıdır. Çizelge 8.36'da 18 katlı yapı için ikinci mertebe gösterge değerleri verilmiştir.

Çizelge 8.36 18 Katlı yapının ikinci merteye gösterge değerleri

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	$\Sigma w_j (Kn)$	V_i	θ_i
Kat 18	SpecXP	44,71	1,62	10505,30	1692,90	0,003
	SpecXN	44,71	1,62		1812,47	0,004
	SpecYP	56,74	1,89			
	SpecYN	56,74	1,89			
Kat 17	SpecXP	43,09	1,81	20794,10	3051,89	0,004
	SpecXN	43,09	1,81		3223,55	0,005
	SpecYP	54,86	2,10			
	SpecYN	54,86	2,10			
Kat 16	SpecXP	41,28	1,99	31082,90	4206,33	0,005
	SpecXN	41,28	1,99		4418,57	0,006
	SpecYP	52,76	2,35			
	SpecYN	52,76	2,35			
Kat 15	SpecXP	39,30	2,19	41371,70	5223,41	0,006
	SpecXN	39,30	2,19		5474,80	0,007
	SpecYP	50,41	2,63			
	SpecYN	50,41	2,63			
Kat 14	SpecXP	37,11	2,39	51660,50	6118,75	0,007
	SpecXN	37,11	2,39		6400,44	0,008
	SpecYP	47,78	2,92			
	SpecYN	47,78	2,92			
Kat 13	SpecXP	34,72	2,59	61949,30	6919,46	0,008
	SpecXN	34,72	2,59		7227,61	0,009
	SpecYP	44,86	3,20			
	SpecYN	44,86	3,20			
Kat 12	SpecXP	32,13	2,77	72238,10	7645,10	0,009
	SpecXN	32,13	2,77		7976,90	0,010
	SpecYP	41,66	3,47			
	SpecYN	41,66	3,47			
Kat 11	SpecXP	29,36	2,93	82526,90	8308,12	0,010
	SpecXN	29,36	2,93		8660,91	0,012
	SpecYP	38,19	3,71			
	SpecYN	38,19	3,71			
Kat 10	SpecXP	26,43	3,06	92815,70	8922,77	0,011
	SpecXN	26,43	3,06		9297,11	0,013
	SpecYP	34,48	3,91			
	SpecYN	34,48	3,91			
Kat 9	SpecXP	23,37	3,16	103104,50	9491,41	0,011
	SpecXN	23,37	3,15		9888,02	0,014
	SpecYP	30,57	4,07			
	SpecYN	30,57	4,07			
Kat 8	SpecXP	20,21	3,20	113393,30	10018,47	0,012
	SpecXN	20,21	3,20		10439,75	0,015
	SpecYP	26,49	4,17			
	SpecYN	26,49	4,17			
Kat 7	SpecXP	17,01	3,20	123682,10	10504,72	0,013

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta i_{ort}(mm)$	$\Sigma w_j (Kn)$	V_i	θ_i
	SpecXN	17,01	3,20		10952,71	0,016
	SpecYP	22,32	4,20			
	SpecYN	22,32	4,20			
Kat 6	SpecXP	13,81	3,08	134036,67	10944,66	0,013
	SpecXN	13,81	3,08		11419,03	0,016
	SpecYP	18,12	4,09			
	SpecYN	18,12	4,09			
Kat 5	SpecXP	10,72	2,96	144475,62	11338,27	0,013
	SpecXN	10,72	2,96		11838,22	0,016
	SpecYP	14,03	3,93			
	SpecYN	14,03	3,93			
Kat 4	SpecXP	7,77	2,68	154987,10	11669,48	0,012
	SpecXN	7,77	2,68		12189,82	0,015
	SpecYP	10,10	3,58			
	SpecYN	10,10	3,58			
Kat 3	SpecXP	5,09	2,34	165589,70	11926,23	0,011
	SpecXN	5,09	2,34		12459,60	0,014
	SpecYP	6,53	3,09			
	SpecYN	6,53	3,09			
Kat 2	SpecXP	2,75	1,80	176271,57	12109,47	0,009
	SpecXN	2,75	1,80		12651,55	0,011
	SpecYP	3,43	2,30			
	SpecYN	3,43	2,30			
Kat 1	SpecXP	0,96	0,96	187051,32	12197,26	0,005
	SpecXN	0,96	0,96		12741,63	0,006
	SpecYP	1,13	1,13			
	SpecYN	1,13	1,13			

Çizelge 8.36’da görüldüğü gibi yapının bütün katlarında istenen şart sağlanmıştır. Görelî kat ötelemeleri ve ikinci mertbe etkileri kontrolleri istenen üst sınırlar aşılmadığı için Çizelge 6.4’te verilen betonarme elemanların boyutlarının değiştirilmesine gerek yoktur.

8.3.6. 18 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler

Bölüm 6.4’te belirtilen $G+Q+SpecX+0,3SpecY$ ve $G+Q+SpecY+0,3SpecX$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 18 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 8.37’de verilmiştir.

Çizelge 8.37 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($G+Q+SpecX+0,3SpecY$ ve $G+Q+SpecY+0,3SpecX$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	5316,17	116,23	121,02	353,11	309,06
1. Kat	C3	5776,59	136,73	122,39	335,91	327,56
1. Kat	C8	5281,39	130,14	142,58	363,34	314,09
1. Kat	C10	5512,05	130,55	128,96	332,66	314,46
1. Kat	C15	5452,30	120,25	141,92	362,76	297,66

Bölüm 6.4'te belirtilen $0,9G+SpecX+0,3SpecY$ ve $0,9G+SpecY+0,3SpecX$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 18 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 8.38'de verilmiştir.

Çizelge 8.38 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($0,9G+SpecX+0,3SpecY$ ve $0,9G+SpecY+0,3SpecX$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	4454,48	110,82	115,70	348,32	304,19
1. Kat	C3	4577,57	135,84	112,61	327,11	326,76
1. Kat	C8	3681,78	129,70	141,96	362,79	313,69
1. Kat	C10	3885,03	130,85	128,66	332,39	314,74
1. Kat	C15	3775,44	121,31	142,03	362,86	298,61

Yük birleşimlerinin yanında SpecXP yani X yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler 9 katlı yapı için Çizelge 8.39'da verilmiştir.

Çizelge 8.39 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1261,53	96,11	8,37	25,84	285,21
1. Kat	C3	199,67	130,01	3,76	11,23	315,78
1. Kat	C8	296,36	127,74	8,40	20,64	308,49
1. Kat	C10	427,91	129,29	5,86	7,89	309,89
1. Kat	C15	450,61	119,41	8,04	20,31	295,76

Aynı zamanda SpecYP yani Y yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan momentlerin mutlak değerleri 9 katlı yapı için Çizelge 8.40'da verilmiştir.

Çizelge 8.40 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1587,20	8,87	101,33	329,90	27,11
1. Kat	C3	1594,34	11,92	98,32	311,90	29,85
1. Kat	C8	376,68	6,95	139,36	356,52	17,73
1. Kat	C10	646,55	7,81	126,80	329,93	18,50
1. Kat	C15	369,37	13,09	140,19	357,27	15,61



9. 2019 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE ÇÖZÜM

Bu bölümde 9 katlı ve 18 katlı iki yapının dayanıma göre hesapları TBDY 2019'da verilen kurallara göre yapılacaktır.

9.1. 9 ve 18 Katlı Yapıların Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi

İstanbul İlinin Avcılar İlçesinde(Enlem:40.98026, Boylam:28.720708) yapılacak olan yapıların performans düzeyi kontrollü hasar performans düzeyi olup yapıların tasarımı DD-2 deprem yer hareketi altında yapılacaktır. E-devlet kapısı aracılığıyla ulaşılabilen uygulama üzerinden DD-2 yer hareketi için belirlenen spektral ivme katsayıları Şekil 9.1'de verilmiştir (AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, 2019).



Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	AV DD2	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	40.98026°	
Boylam	28.720708°	

Çıktılar

$S_5 = 1.275$ $S_1 = 0.344$ $PGA = 0.521$ $PGV = 31.811$

S_5 : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

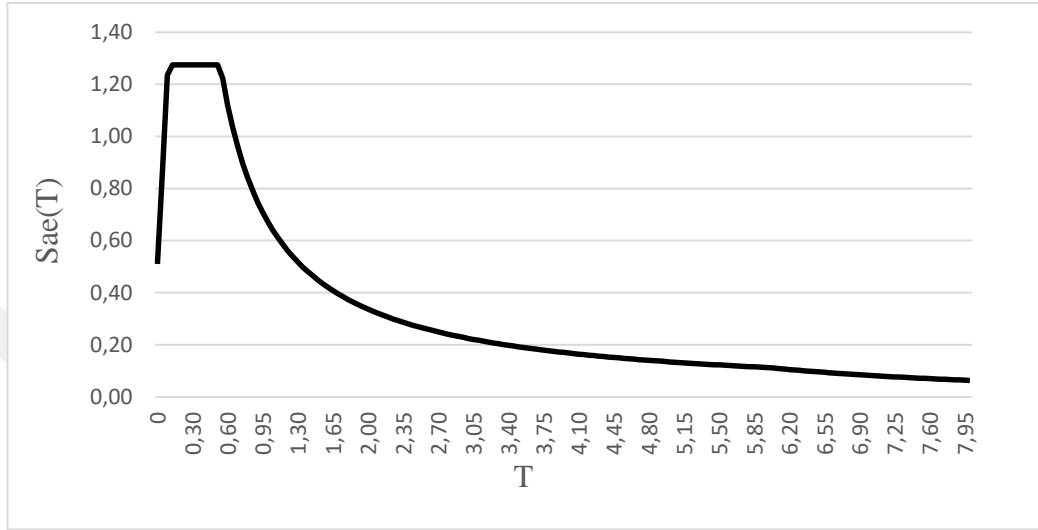
PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 9.1 Spektral ivme katsayıları

Kaynak: (AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, 2019).

Şekil 9.1’de verilen kısa periyot ve 1,0 saniye periyot harita spektral ivmeleri Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’te verilen yerel zemin etki katsayıları ile çarpılarak $S_{DS}=1,275$ $S_{D1}=0,672$ olarak hesaplanmıştır. Yatay elastik tasarım ivme spektrumunun köşe periyotları olan $T_A=0,106$ sn $T_B=0,528$ sn olarak hesaplanmıştır. 5. Bölümde verilen denklemler yardımıyla her iki yapı içinde yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 9.2’de verilmiştir.



Şekil 9.2 TBDY 2019'e göre yatay elastik tasarım spektrumu

TBDY 2019 ile tanıştığımız düşey elastik tasarım spektrumu, her iki yapıda da 4.12'nci bölümde listelenen yapı elemanlarına sahip olmadığı için hesaplanmayacak olup düşey deprem etkisi yapı elemanlarının iç kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Her iki yapıda konut olarak kullanılacağı için BKS=3, bina önem katsayısı I=1 olarak alınacaktır. 9 ve 18 katlı yapılarda deprem tehlike sınıfı, DTS= 1 olarak alınacaktır. Belirlenen I ve DTS değerleri ile bina yükseklik sınıfları; 18 katlı yapı için BYS=3, 9 katlı yapı için BYS=5'tir.

9.2. 9 Katlı Yapının TBDY 2019'a Göre Çözümü

9.2.1. 9 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi

Yapılarımızda uygulayacağımız R_a katsayısı belirlenmediği için M_{DEV} hesabında yapıya deprem kuvveti etki ettirilirken herhangi bir deprem kuvveti azaltma katsayısı kullanılmamış olup $R_a=1$ olarak alınmıştır. Çizelge 9.1 9 katlı yapının perdelerinin aldığı devrilme momenti değerleri verilmiştir.

Çizelge 9.1 9 Katlı yapıda perdelerin tabanında oluşan devrilme momentleri

Perde İsmi	X-X Doğrultusu	Y-Y Doğrultusu
	Eğilme Momenti (kNm)	Eğilme Momenti (kNm)
P1	369	83913
P2	80920	353
P3	369	83913
P4	80920	353
P5	323459	168591
ΣM_{DEV}	486037	337122

Çizelge 9.2’de yukarıda verilen devrilme momentlerinin, binanın tabanında oluşan devrilme momentlerine oranları verilmiştir.

Çizelge 9.2 9 Katlı yapıda perdelerin aldığı devrilme momentlerinin, binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerine oranı

ΣM_{ox} (kNm)	ΣM_{DEVx} (kNm)	$\Sigma M_{DEVx}/\Sigma M_{ox}$	ΣM_{oy} (kNm)	ΣM_{DEVy} (kNm)	$\Sigma M_{DEVy}/\Sigma M_{oy}$
1048224,16	486037,23	0,46	935587,30	337122,29	0,36

9 katlı yapımızda da deprem kuvvetleri süneklik düzeyi yüksek çerçeveler ve süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler tarafından taşınmaktadır. Bu bağlamda 9 katlı yapımızın yapı davranış katsayısı Çizelge 5.9’daki A15 türü yapılar için verilen 7 olarak seçilecektir. Fakat Çizelge 9.2’de görüldüğü üzere 9 katlı yapıda X ve Y doğrultularında 5. Bölümde verilen Denklem 33’teki alt koşul sağlanamamaktadır. Alt koşulun sağlanamadığı durumlarda TBDY 2019 BYS değerinin 1 arttırılmasını istemektedir. 9 katlı yapımızın BYS değeri 5 olduğu için yapının yüksekliğini azaltmamıza gerek yoktur.

TBDY 2019 perdelerin kullanıldığı yapı sistemlerinde yapı davranış katsayısını belirlemek için iki adet daha kontrol yapılmasını şart koşmaktadır. Bunlarda ilki yapı sisteminde bulunan perdelerden herhangi biri hesap yapılan deprem doğrultusunda binanın tümü için hesaplanan devrilme momenti M_o ’ın 1/3’ünden fazlasını almayacaktır. İkinci kontrol ise, binanın her bir kenar aksında bulunan perde/perdelerin aldığı taban devrilme momenti M_{DEV} ’lerin toplamı, o doğrultuda binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen toplam taban devrilme momenti M_o ’ın 1/6’sından az olmayacaktır. Çizelge 9.3 ve Çizelge 9.4’te 9 katlı yapı için yukarıda yapılması istenen kontroller yapılmıştır.

Çizelge 9.3 9 Katlı yapıda Mo/3 kontrolü

Perde İsmi	X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol
P1	0,04%	Sağlandı	8,97%	Sağlandı
P2	7,72%	Sağlandı	0,04%	Sağlandı
P3	0,04%	Sağlandı	8,97%	Sağlandı
P4	7,72%	Sağlandı	0,04%	Sağlandı
P5	30,86%	Sağlandı	18,02%	Sağlandı

Çizelge 9.4 9 Katlı yapıda Mo/6 kontrolü

Perde İsmi	X Doğrultusu		Perde İsmi	Y Doğrultusu	
	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol		$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol
P2	7,72%	X	P1	8,97%	X
P4	7,72%	X	P3	8,97%	X

Çizelge 9.4'te görüldüğü üzere 9 katlı binada birbirine dik iki deprem doğrultusu için Mo/6 şartını sağlamamaktadır. Bu sebeple binamızın R katsayısı 4/5 ile çarpılarak 5,60 olarak alınacaktır.

9.2.2. 9 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması

Eşdeğer Deprem Yüğü hesabında kullanılacak yatay elastik tasarım spektral ivmesi $S_{ae}(T)$ 'nin belirlenebilmesi için yapının hesap yapılacak deprem yönü için doğal titreşim periyodunun bulunması gerekmektedir. ETABS v.17 programında yapılan yapı analizi sonucunda 9 katlı yapının X yönündeki doğal titreşim periyodu, $T_x = 0,833$ sn, Y yönünde doğal titreşim periyodu, $T_y = 0,93$ sn olarak bulunmuştur. Eşdeğer deprem yükünün bulunmasında kullanılacak olan bu periyot değerleri 5. Bölümde açıklanan Denklem 47'den bulunacak T_{pA} değerinin 1,4 katından daha büyük alınamayacaktır. Bu kontroller 9 katlı yapı için Çizelge 9.5'te yapılmıştır.

Çizelge 9.5 9 Katlı yapıda T_{pA} kontrolü

T_{pA}	$1,4 * T_{pA}$	T_x	T_y
0,829	1,161	0,83	0,93

Yukarıda yapılan kontroller neticesinde ETABS v.17 programında bulunan periyot değerlerinin kullanılmasında herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

Eşdeğer deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak doğal titreşim periyotları her iki yapı içinde yukarıda bulunmuştur. 9 katlı yapının yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

5. Bölümde verilen Denklem 29'a göre hesabı yapıldığı zaman $S_{ae}(T_x)=0,808$, $S_{ae}(T_y)=0,724$ olarak hesaplanmıştır.

9 katlı yapı için bulunan doğal titreşim periyotları T_B değerinden küçük olmadığı için her iki yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde $R_a=5,60$ olarak alınacaktır.

9.2.3. 9 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Yukarıda bulunan değerlerin ardında Eşdeğer Deprem Yüğü, V_t , hesabına geçilebilir. 9 katlı yapının birbirine dik iki deprem doğrultusu için eşdeğer deprem yüğü hesabı Çizelge 9.6 ve Çizelge 9.7'de yapılmıştır.

Çizelge 9.6 9 Katlı yapının eşdeğer deprem yüğü hesabı ve kontrolü (X Yönü)

W(kN)	$S_{ae}(T_x)$	$R_a(T_x)$	V_{tX} (kN)	$\geq 0,04*m_t*I*S_{DS}*g$
90860	0,808	5,60	13105,97	4633,88

Çizelge 9.7 9 Katlı yapının eşdeğer deprem yüğü hesabı ve kontrolü (Y Yönü)

W(kN)	$S_{ae}(T_y)$	$R_a(T_y)$	V_{tY} (kN)	$\geq 0,04*m_t*I*S_{DS}*g$
90860	0,724	5,60	11739,00	4633,88

Her iki yapı içinde eşdeğer deprem yükleri belirlendikten sonra kat kütle merkezlerine etki ettirilecek eşdeğer deprem yükleri ve $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkisine göre kat kütle merkezlerine etki ettirilecek ek burulma momentleri 9 katlı yapı için Çizelge 9.8 ve Çizelge 9.9'da verilmiştir.

Çizelge 9.8 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)

Kat No	m_i (ton)	H_i (m)	$w_i H_i$	Fix(kN)	Mix(kNm)
9	1059,89	27	28617,11	3397,98	4247,48
8	1022,67	24	24544,16	2155,62	2694,52
7	1022,67	21	21476,14	1886,17	2357,71
6	1022,67	18	18408,12	1616,71	2020,89
5	1022,67	15	15340,10	1347,26	1684,08
4	1022,67	12	12272,08	1077,81	1347,26
3	1022,67	9	9204,06	808,36	1010,45
2	1028,00	6	6168,02	541,71	677,14
1	1041,25	3	3123,75	274,35	342,93
Σ	9265,19		139153,55	13105,97	

Çizelge 9.9 9 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)

Kat No	mi(ton)	Hi(m)	wiHi	Fiy(kN)	Miy(kNm)
9	1059,89	27	28617,11	3043,57	5326,25
8	1022,67	24	24544,16	1930,79	3378,87
7	1022,67	21	21476,14	1689,44	2956,51
6	1022,67	18	18408,12	1448,09	2534,16
5	1022,67	15	15340,10	1206,74	2111,80
4	1022,67	12	12272,08	965,39	1689,44
3	1022,67	9	9204,06	724,04	1267,08
2	1028,00	6	6168,02	485,21	849,12
1	1041,25	3	3123,75	245,73	430,03
Σ	9265,19		139153,55	11739,00	

9.2.3.1. 9 katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

9 katlı yapıda Çizelge 9.8 ve Çizelge 9.9’da verilen deprem yüklerine göre elde edilen görelî kat yer değiştirmeleri Çizelge 9.10’da verilmiş ve A1 Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 9.10 9 Katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	u _{imax} (mm)	Δ _{imax} (mm)	u _{ıort} (mm)	Δ _{ıort} (mm)	η _{bi}
Kat 9	EXP	52,00	5,63	47,89	5,19	1,09
	EXN	52,00	5,63	47,89	5,19	1,09
	EYP	60,61	6,49	53,39	5,71	1,14
	EYN	60,61	6,49	53,39	5,71	1,14
Kat 8	EXP	46,37	6,20	42,70	5,71	1,09
	EXN	46,37	6,20	42,70	5,71	1,09
	EYP	54,12	7,13	47,67	6,28	1,14
	EYN	54,12	7,13	47,67	6,28	1,14
Kat 7	EXP	40,18	6,61	36,99	6,08	1,09
	EXN	40,18	6,61	36,99	6,08	1,09
	EYP	46,99	7,69	41,40	6,77	1,14
	EYN	46,99	7,69	41,40	6,77	1,14
Kat 6	EXP	33,57	6,89	30,90	6,34	1,09
	EXN	33,57	6,89	30,90	6,34	1,09
	EYP	39,30	8,12	34,63	7,15	1,14
	EYN	39,30	8,12	34,63	7,15	1,14
Kat 5	EXP	26,67	6,94	24,56	6,38	1,09
	EXN	26,67	6,94	24,56	6,38	1,09
	EYP	31,18	8,26	27,47	7,28	1,14
	EYN	31,18	8,26	27,47	7,28	1,14
Kat 4	EXP	19,73	6,67	18,18	6,13	1,09

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
	EXN	19,73	6,67	18,18	6,13	1,09
	EYP	22,92	7,96	20,20	7,02	1,13
	EYN	22,92	7,96	20,20	7,02	1,13
Kat 3	EXP	13,07	5,97	12,06	5,49	1,09
	EXN	13,07	5,97	12,06	5,49	1,09
	EYP	14,96	7,07	13,18	6,23	1,13
	EYN	14,96	7,07	13,18	6,23	1,13
Kat 2	EXP	7,10	4,64	6,57	4,28	1,08
	EXN	7,10	4,64	6,57	4,28	1,08
	EYP	7,89	5,32	6,95	4,69	1,13
	EYN	7,89	5,32	6,95	4,69	1,13
Kat 1	EXP	2,46	2,46	2,29	2,29	1,08
	EXN	2,46	2,46	2,29	2,29	1,08
	EYP	2,57	2,57	2,26	2,26	1,13
	EYN	2,57	2,57	2,26	2,26	1,13

Çizelge 9.10'dan da görüleceği üzere 9 katlı yapının herhangi bir katında A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

9.2.3.2. 9 Katlı yapıda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Çizelge 9.11 ve Çizelge 9.12'de B2 türü düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 9.11 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü

$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	Kat 1	Kat2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Kat 6	Kat 7	Kat 8	Kat 9
EXP	0,53	0,78	0,90	0,96	1,01	1,04	1,07	1,10	-
EXN	0,53	0,78	0,90	0,96	1,01	1,04	1,07	1,10	-
EYP	0,48	0,75	0,89	0,96	1,02	1,06	1,08	1,10	-
EYN	0,48	0,75	0,89	0,96	1,02	1,06	1,08	1,10	-

Çizelge 9.12 9 Katlı yapıda B2 – düzensizliği kontrolü

$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$	Kat 1	Kat2	Kat 3	Kat 4	Kat 5	Kat 6	Kat 7	Kat 8	Kat 9
EXP	-	1,87	1,28	1,12	1,04	0,99	0,96	0,94	0,91
EXN	-	1,87	1,28	1,12	1,04	0,99	0,96	0,94	0,91
EYP	-	2,07	1,33	1,13	1,04	0,98	0,95	0,93	0,91
EYN	-	2,07	1,33	1,13	1,04	0,98	0,95	0,93	0,91

Çizelge 9.12'de görüldüğü üzere 2. katta katlar arası görelî kat ötelemelerinin oranı 2,07 çıktığı için 9 katlı yapıda Y yönünde B2 düzensizliği tespit edilmiştir.

9.2.4. 9 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi

Binamızda betonarme elemanların tasarımında kullanılacak deprem yükü yöntemi mod birleştirme yöntemidir. Mod birleştirme yönteminin uygulanabilmesi için eşdeğer deprem yükünün hesaplanması gerekmektedir. Eşdeğer deprem yükü hesaplandıktan sonra bulunan yatay kuvvet yapıda bulunan düzensizliklere göre mod birleştirme yöntemine göre ölçeklendirilir. Aynı zamanda TBDY 2019 bu yöntemin uygulanabilmesi için, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden fazla olması koşulunu istemektedir. Çizelge 9.13'te 9 katlı yapının Etabs programında mod birleştirme yöntemine göre analizinin kaç mod ile yapıldığı ve hesaba giren etkin kütle oranları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 9.13 9 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları

Mod	Periyot (Sn)	U _X	U _Y	Σ U _X	Σ U _Y
1	0,93	0	0,7175	0	0,7175
2	0,833	0,7218	0	0,7218	0,7175
3	0,815	0	0	0,7218	0,7175
4	0,248	0	0,1538	0,7218	0,8713
5	0,226	0,1642	0	0,886	0,8713
6	0,217	0	0	0,886	0,8713
7	0,114	0	0,0629	0,886	0,9342
8	0,11	0,0562	0	0,9422	0,9342
9	0,1	0	0	0,9422	0,9342
10	0,071	0,0264	0	0,9686	0,9342
11	0,07	0	0,0308	0,9686	0,965
12	0,061	0	0	0,9686	0,965
13	0,052	0,0137	0	0,9823	0,965
14	0,05	0	0,0159	0,9823	0,9809
15	0,044	0	0	0,9823	0,9809
16	0,042	0,0075	0	0,9899	0,9809
17	0,039	0	0,0085	0,9899	0,9894
18	0,035	0,0043	0	0,9941	0,9894
19	0,034	0	0	0,9941	0,9894
20	0,033	0	0,0046	0,9941	0,994

Çizelge 9.13'te görüleceği üzere 9 katlı yapıda hesaba katılan etkin kütle oranları %95'in üzerindedir.

Çizelge 9.14'te sırasıyla 9 katlı yapı için mod birleştirme yöntemine göre analizde bulunan yatay kuvvet ve bu kuvvetin daha önceden bulunan eşdeğer deprem yüküne göre

ölçeklendirilmesi Bölüm 5’te tanımlanan kurallara göre birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde verilmiştir.

Çizelge 9.14 9 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması

$V_{IE}^{(X)}$ (kN)	13105,97	$V_{IE}^{(Y)}$ (kN)	11739,00
$V_{Ix}^{(X)}$ (kN)	10993,68	$V_{Ix}^{(Y)}$ (kN)	10641,28
A1, B2 ve B3	X	A1, B2 ve B3	√
γ_E	0,8	γ_E	0,9
Büyütme Katsayısı	1,00	Büyütme Katsayısı	1,00
$\gamma_E * V_{IE}^{(X)}$ (kN)	10484,78	$\gamma_E * V_{IE}^{(Y)}$ (kN)	10565,10

9.2.5. 9 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

9 katlı yapının görelî kat ötelemeleri mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerine göre bulunacaktır. Yapımızda yapılması planlanan dolgu duvarlarının ve cephe elemanlarının, çerçeve elemanları ile arasında herhangi bir esnek derz veya bağlantı olmayacaktır. Bu sebeple hesaplar yapılırken Denklem 51’de durum göz önüne alınacaktır. Formüldeki κ katsayısı betonarme binalarda $\kappa=1$ olarak alınacaktır. E-devlet kapısı aracılığıyla ulaşılabilen uygulama üzerinden DD-3 yer hareketi için belirlenen spektral ivme katsayıları Şekil 9.3’te verilmiştir (AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, 2019).

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Avcılar DD-3	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	40.98026°	
Boylam	28.720708°	

Çıktılar

$$S_s = 0.465 \quad S_1 = 0.121 \quad PGA = 0.198 \quad PGV = 12.154$$

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 9.3 DD-3 spektral ivme katsayıları

Kaynak: (AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, 2019).

Yukarıdaki verilen değerlere göre hesaplanan S_{DS} ve S_{D1} değerleri Çizelge 9.15'te hesaplanmıştır.

Çizelge 9.15 Tasarım spektral ivme değerleri

F_s	S_{DS}	F_1	S_{D1}
1,428	0,664	2,358	0,285

DD-3 deprem yer hareketine göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri 9 katlı yapı için aşağıdaki denklemler de X ve Y yönleri için hesaplanmıştır.

$$S_{ae}(T_x) = \frac{0.285}{0.833} = 0,342 \quad \rightarrow \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (68)$$

$$S_{ae}(T_y) = \frac{0.285}{0,93} = 0,307 \quad \rightarrow \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (69)$$

Denklem 70’te 9 katlı yapı için birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde “λ” katsayısı hesaplanmıştır.

$$\lambda_x = \frac{0,342}{0,808} = 0,424 \quad ; \quad \lambda_x = \frac{0,307}{0,724} = 0,424 \quad (70)$$

Yukarıda bulunan değerlere göre 9 katlı yapı için 8.16’da görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 9.16 9 Katlı yapıda görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/ h_i	$\leq 0,008$
Kat 9	SpecXP	38,04	4,07	22,80	0,008	0,003
	SpecXN	38,04	4,07	22,80	0,008	0,003
	SpecYP	47,47	5,06	28,31	0,009	0,004
	SpecYN	47,47	5,06	28,31	0,009	0,004
Kat 8	SpecXP	33,97	4,48	25,10	0,008	0,004
	SpecXN	33,97	4,48	25,10	0,008	0,004
	SpecYP	42,42	5,53	30,98	0,010	0,004
	SpecYN	42,42	5,53	30,98	0,010	0,004
Kat 7	SpecXP	29,48	4,77	26,72	0,009	0,004
	SpecXN	29,48	4,77	26,72	0,009	0,004
	SpecYP	36,89	5,94	33,26	0,011	0,005
	SpecYN	36,89	5,94	33,26	0,011	0,005
Kat 6	SpecXP	24,71	4,97	27,83	0,009	0,004
	SpecXN	24,71	4,97	27,83	0,009	0,004
	SpecYP	30,95	6,27	35,08	0,012	0,005
	SpecYN	30,95	6,27	35,08	0,012	0,005
Kat 5	SpecXP	19,74	5,02	28,10	0,009	0,004
	SpecXN	19,74	5,02	28,10	0,009	0,004
	SpecYP	24,68	6,40	35,82	0,0119	0,005
	SpecYN	24,68	6,40	35,82	0,0119	0,005
Kat 4	SpecXP	14,73	4,86	27,20	0,009	0,004
	SpecXN	14,73	4,86	27,20	0,009	0,004
	SpecYP	18,28	6,22	34,85	0,012	0,005
	SpecYN	18,28	6,22	34,85	0,0116	0,005
Kat 3	SpecXP	9,87	4,42	24,75	0,008	0,003
	SpecXN	9,87	4,42	24,75	0,008	0,003
	SpecYP	12,06	5,61	31,41	0,010	0,004
	SpecYN	12,06	5,61	31,41	0,010	0,004

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{i,max}$ (mm)	$\Delta_{i,max}$ (mm)	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\delta_{i,max}/h_i$	$\leq 0,008$
Kat 2	SpecXP	5,45	3,52	19,72	0,007	0,003
	SpecXN	5,45	3,52	19,72	0,007	0,003
	SpecYP	6,45	4,31	24,14	0,008	0,003
	SpecYN	6,45	4,31	24,14	0,008	0,003
Kat 1	SpecXP	1,93	1,93	10,80	0,003	0,001
	SpecXN	1,93	1,93	10,80	0,003	0,001
	SpecYP	2,14	2,14	12,00	0,003	0,001
	SpecYN	2,14	2,14	12,00	0,003	0,001

Çizelge 9.16’da görüldüğü gibi $\lambda \cdot \delta_{i,max}/h_i$ değeri 0.008’den küçüktür. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü yapıldıktan sonra yapıda oluşacak ikinci mertbe etkilerinin kontrolü yapılmalıdır.

9 Katlı yapı için ikinci mertbe gösterge değerleri Çizelge 9.17’de verilmiştir.

Çizelge 9.17 9 Katlı yapıda ikinci mertbe gösterge değerleri

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{i,ort}$ (mm)	$\Delta_{i,ort}$ (mm)	Σw_j (kN)	V_i (kN)	$\theta_{i,max}$
Kat 9	SpecXP	36,48	3,90	10394,00	3191,12	0,004
	SpecXN	36,48	3,90			
	SpecYP	44,94	4,77		3259,66	0,005
	SpecYN	44,94	4,77			
Kat 8	SpecXP	32,58	4,29	20423,00	5045,19	0,006
	SpecXN	32,58	4,29			
	SpecYP	40,17	5,22		4968,45	0,007
	SpecYN	40,17	5,22			
Kat 7	SpecXP	28,29	4,57	30452,00	6217,32	0,007
	SpecXN	28,29	4,57			
	SpecYP	34,95	5,61		6015,95	0,009
	SpecYN	34,95	5,61			
Kat 6	SpecXP	23,72	4,76	40481,00	7143,03	0,009
	SpecXN	23,72	4,76			
	SpecYP	29,33	5,93		6888,29	0,012
	SpecYN	29,33	5,93			
Kat 5	SpecXP	18,96	4,81	50510,00	8008,04	0,010
	SpecXN	18,96	4,81			
	SpecYP	23,41	6,06		7716,61	0,013
	SpecYN	23,41	6,06			
Kat 4	SpecXP	14,15	4,66	60539,00	8865,71	0,011
	SpecXN	14,15	4,66			
	SpecYP	17,35	5,90		8529,86	0,014
	SpecYN	17,35	5,90			
Kat 3	SpecXP	9,49	4,24	70568,00	9728,29	0,010

Kat No	Deprem Yüğü	u_{iort} (mm)	Δ_{iort} (mm)	Σw_j (kN)	V_i (kN)	$\theta_{II,max}$
	SpecXN	9,49	4,24		9364,46	0,013
	SpecYP	11,45	5,32			
	SpecYN	11,45	5,32			
Kat 2	SpecXP	5,25	3,39	80649,27	10516,87	0,009
	SpecXN	5,25	3,39		10155,46	0,011
	SpecYP	6,13	4,09			
	SpecYN	6,13	4,09			
Kat 1	SpecXP	1,86	1,86	90860,45	10993,68	0,005
	SpecXN	1,86	1,86		10641,28	0,006
	SpecYP	2,04	2,04			
	SpecYN	2,04	2,04			

Çizelge 9.17’de hesaplanan en büyük ikinci mertebe gösterge değeri 0,014’tür. Denklem 54’e göre bu değerin kontrolü Denklem 71’de yapılmıştır.

$$0,009 \leq 0,12 * \frac{2,5}{0,5 * 5,6} = 0,107 \quad (71)$$

9.2.6. 9 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler

$G+Q+0,2S \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} + 0,3E_d^{(Z)}$ ve $G+Q+0,2S \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} + 0,3E_d^{(Z)}$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 9 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.18’de verilmiştir.

Çizelge 9.18 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler($G+Q+0,2S \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} + 0,3E_d^{(Z)}$) ve $G+Q+0,2S \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} + 0,3E_d^{(Z)}$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	2281,282	90,8728	90,3494	208,13	196,68
1. Kat	C3	2939,857	97,5245	97,1572	204,82	203,10
1. Kat	C8	3105,85	88,6006	91,756	204,70	190,47
1. Kat	C10	3552,83	91,1857	83,1111	186,81	192,93
1. Kat	C15	3373,096	78,361	91,4618	204,44	176,64

Bölüm 6.4’te belirtilen $0,9G \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} - 0,3E_d^{(Z)}$ ve $0,9G \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} - 0,3E_d^{(Z)}$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 9 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.19’da verilmiştir.

Çizelge 9.19 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($0,9G \pm SpecX \pm 0,3SpecY - 0,3Ed^{(Z)}$ ve $0,9G \pm SpecY \pm 0,3SpecX - 0,3Ed^{(Z)}$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1384,44	77,51	77,10	195,60	184,05
1. Kat	C3	1584,61	95,15	77,35	186,10	200,85
1. Kat	C8	1243,26	89,10	91,71	204,66	190,94
1. Kat	C10	1608,55	92,21	83,81	187,47	193,90
1. Kat	C15	1449,48	82,13	92,42	205,35	180,20

Yük birleşimlerinin yanında SpecXP yani X yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.20’de verilmiştir.

Çizelge 9.20 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	433,8472	66,3029	5,9848	15,98	170,46
1. Kat	C3	97,9651	90,9498	3,5431	7,77	193,89
1. Kat	C8	12,2481	88,0816	5,8371	12,89	188,19
1. Kat	C10	241,7052	91,2463	4,252	5,49	191,19
1. Kat	C15	127,1638	81,7877	5,7975	12,86	179,28

Aynı zamanda SpecYP yani Y yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetlet Çizelge 9.21’de verilmiştir.

Çizelge 9.21 9 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecYP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(kN)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	515,6983	5,8418	65,9277	181,95	15,51
1. Kat	C3	530,5006	7,951	65,2416	173,33	17,50
1. Kat	C8	11,9926	4,7254	90,0125	200,84	10,46
1. Kat	C10	268,9297	5,7129	82,9533	186,22	11,39
1. Kat	C15	158,2722	8,7208	91,4201	202,18	10,24

9.3. 18 Katlı Yapının TBDY 2019'a Göre Çözümü

9.3.1. 18 Katlı Yapıda Taşıyıcı Sistemin R Katsayısının Belirlenmesi

9 katlı yapıya benzer bir şekilde hesaplanan devrilme momentleri, 18 katlı yapı için Çizelge 9.22'de verilmiştir.

Çizelge 9.22 18 Katlı yapıda perdelerin tabanında oluşan devrilme momentleri

Perde İsmi	X-X Doğrultusu	Y-Y Doğrultusu
	Eğilme Momenti (kNm)	Eğilme Momenti (kNm)
P1	365	86242
P2	82106	358
P3	365	86242
P4	82106	358
P5	342890	173224
ΣM_{DEV}	507833	346426

Çizelge 9.23'te yukarıda verilen devrilme momentlerinin, binanın tabanında oluşan devrilme momentlerine oranları verilmiştir.

Çizelge 9.23 18 Katlı yapıda perdelerin aldığı devrilme momentlerinin, binanın tümü için deprem yüklerinden meydana gelen devrilme momentlerine oranı

$\Sigma M_{ox}(kNm)$	$\Sigma M_{DEVx}(kNm)$	$\Sigma M_{DEVx} / \Sigma M_{ox}$	$\Sigma M_{oy}(kNm)$	$\Sigma M_{DEVy}(kNm)$	$\Sigma M_{DEVy} / \Sigma M_{oy}$
1876274,21	507833,01	0,27	1731952,26	346425,99	0,20

18 katlı yapımızda da deprem kuvvetleri süneklik düzeyi yüksek çerçeveler ve süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeler tarafından taşınmaktadır. Bu bağlamda 18 katlı yapımızın yapı davranış katsayısı Çizelge 5.9'daki A15 türü yapılar için verilen 7 olarak seçilecektir. Fakat Çizelge 9.23'te görüldüğü üzere 18 katlı yapıda X ve Y doğrultularında 5. Bölümde verilen Denklem 33'teki alt koşul sağlanamamaktadır. Alt koşulun sağlanamadığı durumlarda TBDY 2019 BYS değerinin 1 arttırılmasını istemektedir. 18 katlı binanın BYS değeri 3 olduğu için yapının yüksekliğini azaltmamıza gerek yoktur.

Çizelge 9.24 ve Çizelge 9.25'te 18 katlı yapı için, Bölüm 5'te yapılması istenen kontroller yapılmıştır.

Çizelge 9.24 18 Katlı yapıda Mo/3 kontrolü

Perde İsmi	X Doğrultusu		Y Doğrultusu	
	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol
P1	0,02%	Sağlandı	4,98%	Sağlandı
P2	4,38%	Sağlandı	0,02%	Sağlandı
P3	0,02%	Sağlandı	4,98%	Sağlandı
P4	4,38%	Sağlandı	0,02%	Sağlandı
P5	18,28%	Sağlandı	10,00%	Sağlandı

Çizelge 9.25 18 katlı Yapıda Mo/6 kontrolü

Perde İsmi	X Doğrultusu		Perde İsmi	Y Doğrultusu	
	$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol		$\Sigma M_{DEV}/\Sigma M_o$	Kontrol
P2	4,38%	X	P1	4,98%	X
P4	4,38%	X	P3	4,98%	X

Çizelge 9.25'te görüldüğü üzere 18 katlı yapı birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde Mo/6 şartını sağlamamaktadır. Bu yüzden 18 katlı binada yukarıda belirlenen R katsayısı 4/5 ile çarpılarak 5,60 olarak alınacaktır.

9.3.2. 18 Katlı Yapıda Elastik Deprem Yüklerinin ve Deprem Yüğü Azaltma Katsayısının Tanımlanması

ETABS v.17 programında yapılan yapı analizi sonucunda 18 katlı yapının X yönündeki doğal titreşim periyodu, $T_x = 1,843$ sn, Y yönünde doğal titreşim periyodu, $T_y = 2,006$ sn olarak bulunmuştur. Eşdeğer deprem kuvvetinin bulunmasında kullanılacak periyot değerlerinin uygunluğu Çizelge 9.26'da kontrol edilmiştir.

Çizelge 9.26 18 Katlı yapıda T_{pA} kontrolü

T_{pA}	$1.4 * T_{pA}$	T_x	T_y
1,394	1,952	1,843	2,006

Çizelge 9.26'da yapılan kontroller neticesinde ETABS programında bulunan periyot değerlerine bakıldığı zaman eşdeğer deprem yükü hesabında $T_y = 1,952$ sn olarak alınacaktır.

Eşdeğer deprem yükünün hesaplanmasında kullanılacak doğal titreşim periyotları 18 katlı binamız için yukarıda bulunmuştur. 18 katlı yapının yatay elastik tasarım spektral ivmeleri 5. Bölümde verilen Denklem 29'a göre hesabı yapıldığında $S_{ac}(T_x) = 0,365$, $S_{ac}(T_y) = 0,345$ olarak hesaplanmıştır.

18 katlı yapı için bulunan doğal titreşim periyotları T_B değerinden küçük olmadığı için her iki yapının birbirine dik iki deprem doğrultusunda $R_a=5,60$ olarak alınacaktır.

9.3.3. 18 Katlı Yapıda Eşdeğer Deprem Yüğü Hesabı

Yukarıda bulunan değerlerin ardında Eşdeğer Deprem Yüğü, V_t hesabına geçilebilir. 18 katlı ve yapının birbirine dik iki deprem doğrultusunda için hesabı Çizelge 9.27 ve Çizelge 9.28'de yapılmıştır.

Çizelge 9.27 18 Katlı yapının eşdeğer deprem yüğü hesabı ve kontrolü (X Yönü)

W	$S_{ae}(T_x)$	$R_a(T_x)$	$V_{tE}^{(X)}$ (kN)	$\geq 0,04*m_t*I*S_{DS}*g$
187051	0,365	5,60	12194,80	9539,62

Çizelge 9.28 18 Katlı yapının eşdeğer deprem yüğü hesabı ve kontrolü (Y Yönü)

W	$S_{ae}(T_y)$	$R_a(T_y)$	$V_{tE}^{(Y)}$ (kN)	$\geq 0,04*m_t*I*S_{DS}*g$
187051	0,345	5,60	11512,74	9539,62

18 katlı yapı için eşdeğer deprem yükleri hesaplandıktan sonra kat kütle merkezlerine etki ettirilecek eşdeğer deprem yükleri ve $\pm\%5$ ek dışmerkezlilik etkisine göre kat kütle merkezlerine etki ettirilecek ek burulma momentleri 18 katlı yapı için Çizelge 9.29 ve Çizelge 9.30'da verilmiştir.

Çizelge 9.29 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (X Yönü)

Kat No	m_i (ton)	H_i (m)	$w_i H_i$	Fix(kN)	Mix(kNm)
18	1071,24	54	57847,09	2774,80	3468,50
17	1049,17	51	53507,45	1043,85	1304,81
16	1049,17	48	50359,95	982,44	1228,05
15	1049,17	45	47212,45	921,04	1151,30
14	1049,17	42	44064,96	859,64	1074,55
13	1049,17	39	40917,46	798,23	997,79
12	1049,17	36	37769,96	736,83	921,04
11	1049,17	33	34622,46	675,43	844,29
10	1049,17	30	31474,97	614,03	767,53
9	1049,17	27	28327,47	552,62	690,78
8	1049,17	24	25179,97	491,22	614,03
7	1049,17	21	22032,48	429,82	537,27
6	1055,87	18	19005,71	370,77	463,46
5	1064,48	15	15967,15	311,49	389,37
4	1071,87	12	12862,47	250,93	313,66
3	1081,16	9	9730,48	189,83	237,28

Kat No	mi(ton)	Hi(m)	wiHi	Fix(kN)	Mix(kNm)
2	1089,25	6	6535,49	127,50	159,37
1	1099,23	3	3297,69	64,33	80,42
Σ	19073,93		540715,65	12194,80	

Çizelge 9.30 18 Katlı yapıda katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve ek burulma momentleri (Y Yönü)

Kat No	mi(ton)	Hi(m)	wiHi	Fiy(kN)	Miy(kNm)
18	1071,24	54	57847,09	2619,61	4584,31
17	1049,17	51	53507,45	985,46	1724,56
16	1049,17	48	50359,95	927,49	1623,11
15	1049,17	45	47212,45	869,53	1521,67
14	1049,17	42	44064,96	811,56	1420,23
13	1049,17	39	40917,46	753,59	1318,78
12	1049,17	36	37769,96	695,62	1217,34
11	1049,17	33	34622,46	637,65	1115,89
10	1049,17	30	31474,97	579,68	1014,45
9	1049,17	27	28327,47	521,72	913,00
8	1049,17	24	25179,97	463,75	811,56
7	1049,17	21	22032,48	405,78	710,11
6	1055,87	18	19005,71	350,03	612,56
5	1064,48	15	15967,15	294,07	514,63
4	1071,87	12	12862,47	236,89	414,56
3	1081,16	9	9730,48	179,21	313,62
2	1089,25	6	6535,49	120,37	210,64
1	1099,23	3	3297,69	60,73	106,29
Σ	19073,93		540715,65	11512,74	

9.3.3.1. 18 katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

18 katlı yapı için Çizelge 9.29 ve Çizelge 9.30'da verilen deprem yüklerine göre hesaplanan göreceli kat yer değiştirmeleri Çizelge 9.31'de verilmiş ve A1 Düzensizliği kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 9.31 18 Katlı yapıda A1 düzensizliği kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
Kat 18	EXP	119,02	5,04	110,45	4,72	1,07
	EXN	119,02	5,04	110,45	4,72	1,07
	EYP	136,48	5,18	120,62	4,60	1,13
	EYN	136,48	5,18	120,62	4,60	1,13
Kat 17	EXP	113,98	5,50	105,73	5,16	1,07
	EXN	113,98	5,50	105,73	5,16	1,07

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
	EYP	131,29	5,69	116,02	5,05	1,13
	EYN	131,29	5,69	116,02	5,05	1,13
Kat 16	EXP	108,48	5,89	100,57	5,51	1,07
	EXN	108,48	5,89	100,57	5,51	1,07
	EYP	125,61	6,20	110,97	5,50	1,13
	EYN	125,61	6,20	110,97	5,50	1,13
Kat 15	EXP	102,58	6,33	95,06	5,91	1,07
	EXN	102,58	6,33	95,06	5,91	1,07
	EYP	119,40	6,79	105,47	6,02	1,13
	EYN	119,40	6,79	105,47	6,02	1,13
Kat 14	EXP	96,25	6,77	89,14	6,31	1,07
	EXN	96,25	6,77	89,14	6,31	1,07
	EYP	112,61	7,40	99,45	6,55	1,13
	EYN	112,61	7,40	99,45	6,55	1,13
Kat 13	EXP	89,49	7,18	82,84	6,69	1,07
	EXN	89,49	7,18	82,84	6,69	1,07
	EYP	105,21	7,99	92,90	7,07	1,13
	EYN	105,21	7,99	92,90	7,07	1,13
Kat 12	EXP	82,30	7,56	76,15	7,03	1,08
	EXN	82,30	7,56	76,15	7,03	1,08
	EYP	97,23	8,53	85,84	7,55	1,13
	EYN	97,23	8,53	85,84	7,55	1,13
Kat 11	EXP	74,74	7,88	69,12	7,31	1,08
	EXN	74,74	7,88	69,12	7,31	1,08
	EYP	88,69	9,02	78,29	7,97	1,13
	EYN	88,69	9,02	78,29	7,97	1,13
Kat 10	EXP	66,86	8,12	61,81	7,53	1,08
	EXN	66,86	8,12	61,81	7,53	1,08
	EYP	79,68	9,41	70,32	8,32	1,13
	EYN	79,68	9,41	70,32	8,32	1,13
Kat 9	EXP	58,74	8,27	54,28	7,66	1,08
	EXN	58,74	8,27	54,28	7,66	1,08
	EYP	70,27	9,70	62,01	8,56	1,13
	EYN	70,27	9,70	62,01	8,56	1,13
Kat 8	EXP	50,47	8,30	46,62	7,68	1,08
	EXN	50,47	8,30	46,62	7,68	1,08
	EYP	60,57	9,84	53,45	8,69	1,13
	EYN	60,57	9,84	53,45	8,69	1,13
Kat 7	EXP	42,17	8,20	38,95	7,58	1,08
	EXN	42,17	8,20	38,95	7,58	1,08
	EYP	50,73	9,82	44,76	8,67	1,13
	EYN	50,73	9,82	44,76	8,67	1,13
Kat 6	EXP	33,97	7,84	31,37	7,24	1,08
	EXN	33,97	7,84	31,37	7,24	1,08

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	η_{bi}
	EYP	40,91	9,49	36,09	8,37	1,13
	EYN	40,91	9,49	36,09	8,37	1,13
Kat 5	EXP	26,13	7,41	24,13	6,84	1,08
	EXN	26,13	7,41	24,13	6,84	1,08
	EYP	31,42	9,02	27,72	7,96	1,13
	EYN	31,42	9,02	27,72	7,96	1,13
Kat 4	EXP	18,72	6,65	17,29	6,13	1,08
	EXN	18,72	6,65	17,29	6,13	1,08
	EYP	22,40	8,12	19,76	7,17	1,13
	EYN	22,40	8,12	19,76	7,17	1,13
Kat 3	EXP	12,07	5,69	11,16	5,25	1,08
	EXN	12,07	5,69	11,16	5,25	1,08
	EYP	14,27	6,89	12,59	6,08	1,13
	EYN	14,27	6,89	12,59	6,08	1,13
Kat 2	EXP	6,39	4,26	5,92	3,94	1,08
	EXN	6,39	4,26	5,92	3,94	1,08
	EYP	7,38	5,03	6,51	4,44	1,13
	EYN	7,38	5,03	6,51	4,44	1,13
Kat 1	EXP	2,12	2,12	1,97	1,97	1,08
	EXN	2,12	2,12	1,97	1,97	1,08
	EYP	2,35	2,35	2,07	2,07	1,13
	EYN	2,35	2,35	2,07	2,07	1,13

Çizelge 9.31'den de görüleceği üzere 18 katlı yapının herhangi bir katında A1 düzensizliği bulunmamaktadır.

9.3.3.2. 18 katlı yapıda B2 komşu katlar arası rijitlik düzensizliği kontrolü

Çizelge 9.32'de 18 katlı yapıda ortalama görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliklerine oranı verilmiştir.

Çizelge 9.32 18 Katlı yapıda ortalama görelî kat ötelemesinin kat yüksekliklerine oranı

Kat No	Deprem Yüğü	$\Delta_{iort}(mm)$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$
Kat 18	EXP	4,72	1,57E-03	-	0,92
	EXN	4,72	1,57E-03	-	0,92
	EYP	4,60	1,53E-03	-	0,91
	EYN	4,60	1,53E-03	-	0,91
Kat 17	EXP	5,16	1,72E-03	1,09	0,94
	EXN	5,16	1,72E-03	1,09	0,94
	EYP	5,05	1,68E-03	1,10	0,92

Kat No	Deprem Yüğü	$\Delta i_{ort}(mm)$	$(\Delta i/hi)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta i/hi)_{ort} / (\Delta i+1/hi+1)_{ort} >2.0$	$\eta_{ki} = (\Delta i/hi)_{ort} / (\Delta i-1/hi-1)_{ort} >2.0$
	EYN	5,05	1,68E-03	1,10	0,92
Kat 16	EXP	5,51	1,84E-03	1,07	0,93
	EXN	5,51	1,84E-03	1,07	0,93
	EYP	5,50	1,83E-03	1,09	0,91
	EYN	5,50	1,83E-03	1,09	0,91
Kat 15	EXP	5,91	1,97E-03	1,07	0,94
	EXN	5,91	1,97E-03	1,07	0,94
	EYP	6,02	2,01E-03	1,09	0,92
	EYN	6,02	2,01E-03	1,09	0,92
Kat 14	EXP	6,31	2,10E-03	1,07	0,94
	EXN	6,31	2,10E-03	1,07	0,94
	EYP	6,55	2,18E-03	1,09	0,93
	EYN	6,55	2,18E-03	1,09	0,93
Kat 13	EXP	6,69	2,23E-03	1,06	0,95
	EXN	6,69	2,23E-03	1,06	0,95
	EYP	7,07	2,36E-03	1,08	0,94
	EYN	7,07	2,36E-03	1,08	0,94
Kat 12	EXP	7,03	2,34E-03	1,05	0,96
	EXN	7,03	2,34E-03	1,05	0,96
	EYP	7,55	2,52E-03	1,07	0,95
	EYN	7,55	2,52E-03	1,07	0,95
Kat 11	EXP	7,31	2,44E-03	1,04	0,97
	EXN	7,31	2,44E-03	1,04	0,97
	EYP	7,97	2,66E-03	1,06	0,96
	EYN	7,97	2,66E-03	1,06	0,96
Kat 10	EXP	7,53	2,51E-03	1,03	0,98
	EXN	7,53	2,51E-03	1,03	0,98
	EYP	8,32	2,77E-03	1,04	0,97
	EYN	8,32	2,77E-03	1,04	0,97
Kat 9	EXP	7,66	2,55E-03	1,02	1,00
	EXN	7,66	2,55E-03	1,02	1,00
	EYP	8,56	2,85E-03	1,03	0,99
	EYN	8,56	2,85E-03	1,03	0,99
Kat 8	EXP	7,68	2,56E-03	1,00	1,01
	EXN	7,68	2,56E-03	1,00	1,01
	EYP	8,69	2,90E-03	1,01	1,00
	EYN	8,69	2,90E-03	1,01	1,00
Kat 7	EXP	7,58	2,53E-03	0,99	1,05
	EXN	7,58	2,53E-03	0,99	1,05
	EYP	8,67	2,89E-03	1,00	1,04
	EYN	8,67	2,89E-03	1,00	1,04
Kat 6	EXP	7,24	2,41E-03	0,95	1,06
	EXN	7,24	2,41E-03	0,95	1,06
	EYP	8,37	2,79E-03	0,97	1,05
	EYN	8,37	2,79E-03	0,97	1,05

Kat No	Deprem Yüğü	$\Delta_{i,ort}(mm)$	$(\Delta_i/h_i)_{ort}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} > 2.0$	$\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} > 2.0$
Kat 5	EXP	6,84	2,28E-03	0,94	1,12
	EXN	6,84	2,28E-03	0,94	1,12
	EYP	7,96	2,65E-03	0,95	1,11
	EYN	7,96	2,65E-03	0,95	1,11
Kat 4	EXP	6,13	2,04E-03	0,90	1,17
	EXN	6,13	2,04E-03	0,90	1,17
	EYP	7,17	2,39E-03	0,90	1,18
	EYN	7,17	2,39E-03	0,90	1,18
Kat 3	EXP	5,25	1,75E-03	0,86	1,33
	EXN	5,25	1,75E-03	0,86	1,33
	EYP	6,08	2,03E-03	0,85	1,37
	EYN	6,08	2,03E-03	0,85	1,37
Kat 2	EXP	3,94	1,31E-03	0,75	2,00
	EXN	3,94	1,31E-03	0,75	2,00
	EYP	4,44	1,48E-03	0,73	2,14
	EYN	4,44	1,48E-03	0,73	2,14
Kat 1	EXP	1,97	6,57E-04	0,50	-
	EXN	1,97	6,57E-04	0,50	-
	EYP	2,07	6,90E-04	0,47	-
	EYN	2,07	6,90E-04	0,47	-

Çizelge 9.32’de görüldüğü üzere 18 katlı yapının 2. katında hem X hem de Y yönünde B2 türü düzensizlik tespit edilmiştir.

9.3.4. 18 Katlı Yapıda Mod Birleştirme Yöntemi

Çizelge 9.33’te 18 katlı yapının Etabs programında mod birleştirme yöntemine göre analizinin kaç mod ile yapıldığı ve hesaba giren etkin kütle oranları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 9.33 18 Katlı yapının hesaba katılan mod sayısı ve hesaba giren etkin kütle oranları

Mod	Periyot (Sn)	U_x	U_y	ΣU_x	ΣU_y
1	2,006	0	0,7326	0	0,7326
2	1,843	0,7247	0	0,7247	0,7326
3	1,76	0	0	0,7247	0,7326
4	0,6	0	0,1193	0,7247	0,8519
5	0,539	0,1324	0	0,8571	0,8519
6	0,528	0	0	0,8571	0,8519
7	0,302	0	0,0526	0,8571	0,9045
8	0,269	0,0553	0	0,9123	0,9045
9	0,267	0	0	0,9123	0,9045

Mod	Periyot (Sn)	U _X	U _Y	Σ U _X	Σ U _Y
10	0,183	0	0,03	0,9123	0,9345
11	0,167	0,0288	0	0,9412	0,9345
12	0,162	0	0	0,9412	0,9345
13	0,124	0	0,019	0,9412	0,9535
14	0,118	0,0171	0	0,9583	0,9535
15	0,11	0	0	0,9583	0,9535
16	0,092	0	0,0127	0,9583	0,9662
17	0,09	0,0111	0	0,9694	0,9662
18	0,081	0	0	0,9694	0,9662
19	0,072	0,0076	0	0,977	0,9662
20	0,071	0	0,0088	0,977	0,975

Çizelge 9.33'te görüleceği üzere 18 katlı yapıda hesaba katılan etkin kütle oranları %95'in üzerindedir.

Çizelge 9.34'te 18 katlı yapı için mod birleştirme yöntemine göre yapı analizinde bulunan yatay kuvvet ve bu kuvvetin daha önceden bulunan eşdeğer deprem yüküne göre ölçeklendirilmesi Bölüm 5'te tanımlanan kurallara göre birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde verilmiştir.

Çizelge 9.34 18 Katlı yapının mod birleştirme yöntemine göre yatay kuvvetlerinin bulunması

V _{IE} ^(X) (kN)	12194,80	V _{IE} ^(Y) (kN)	11512,74
V _{IX} ^(X) (kN)	11337,06	V _{IX} ^(Y) (kN)	10380,49
A1, B2 ve B3	√	A1, B2 ve B3	√
γ _E	0,9	γ _E	0,9
Büyütme Katsayısı	1,00	Büyütme Katsayısı	1,00
γ _E *V _{IE} ^(X) (kN)	10975,32	γ _E *V _{IE} ^(Y) (kN)	10361,46

9.3.5. 18 Katlı Yapıda Görelî Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

18 katlı yapının görelî kat ötelemeleri mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerine göre bulunacaktır. Yapımızda yapılması planlanan dolgu duvarlarının ve cephe elemanları 9 katlı yapı ile aynı şekilde inşa edilecek olup 18 katlı yapının tasarım spektral ivmeleri Çizelge 9.35'de verilmiştir.

Çizelge 9.35 Tasarım spektral ivme değerleri

F_S	S_{DS}	F_1	S_{D1}
1,428	0,664	2,358	0,285

Denklem 29'a göre DD-3 deprem yer hareketine göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri 18 katlı yapı için aşağıdaki denklemler de X ve Y yönleri için hesaplanmıştır.

$$S_{ae}(T_x) = \frac{0,285}{1,843} = 0,155 \quad \rightarrow \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (72)$$

$$S_{ae}(T_y) = \frac{0,285}{2,006} = 0,142 \quad \rightarrow \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (73)$$

Denklem 74'te 18 katlı yapı için birbirine dik iki deprem doğrultusu içinde "λ" katsayısı hesaplanmıştır.

$$\lambda_x = \frac{0,155}{0,365} = 0,424 \quad ; \quad \lambda_y = \frac{0,142}{0,345} = 0,424 \quad (74)$$

Yukarıda bulunan değerlere göre 18 katlı yapı için 8.36'da görel kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 9.36 18 Katlı yapıda görel kat ötelemelerinin sınırlandırılması kontrolü

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{imax}(mm)$	$\Delta_{imax}(mm)$	$\delta_{imax}(mm)$	δ_{imax}/h_i	$\leq 0,008$
Kat 18	SpecXP	83,50	3,29	18,42	0,006	0,003
	SpecXN	83,50	3,29	18,42	0,006	0,003
	SpecYP	95,09	3,30	18,48	0,006	0,003
	SpecYN	95,09	3,30	18,48	0,006	0,003
Kat 17	SpecXP	80,21	3,61	20,24	0,007	0,003
	SpecXN	80,21	3,61	20,24	0,007	0,003
	SpecYP	91,79	3,65	20,41	0,007	0,003
	SpecYN	91,79	3,65	20,41	0,007	0,003
Kat 16	SpecXP	76,60	3,89	21,81	0,007	0,003
	SpecXN	76,60	3,89	21,81	0,007	0,003
	SpecYP	88,14	4,01	22,46	0,007	0,003
	SpecYN	88,14	4,01	22,46	0,007	0,003
Kat 15	SpecXP	72,70	4,20	23,50	0,008	0,003
	SpecXN	72,70	4,20	23,50	0,008	0,003
	SpecYP	84,13	4,43	24,78	0,008	0,003
	SpecYN	84,13	4,43	24,78	0,008	0,003

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{i\max}$ (mm)	$\Delta_{i\max}$ (mm)	$\delta_{i\max}$ (mm)	$\delta_{i\max}/h_i$	$\leq 0,008$
Kat 14	SpecXP	68,50	4,50	25,17	0,008	0,004
	SpecXN	68,50	4,50	25,17	0,008	0,004
	SpecYP	79,71	4,85	27,15	0,009	0,004
	SpecYN	79,71	4,85	27,15	0,009	0,004
Kat 13	SpecXP	64,01	4,78	26,78	0,009	0,004
	SpecXN	64,01	4,78	26,78	0,009	0,004
	SpecYP	74,86	5,27	29,50	0,010	0,004
	SpecYN	74,86	5,27	29,50	0,010	0,004
Kat 12	SpecXP	59,23	5,05	28,29	0,009	0,004
	SpecXN	59,23	5,05	28,29	0,009	0,004
	SpecYP	69,59	5,67	31,74	0,011	0,004
	SpecYN	69,59	5,67	31,74	0,011	0,004
Kat 11	SpecXP	54,18	5,29	29,65	0,010	0,004
	SpecXN	54,18	5,29	29,65	0,010	0,004
	SpecYP	63,93	6,04	33,81	0,011	0,005
	SpecYN	63,93	6,04	33,81	0,011	0,005
Kat 10	SpecXP	48,88	5,51	30,83	0,010	0,004
	SpecXN	48,88	5,51	30,83	0,010	0,004
	SpecYP	57,89	6,37	35,68	0,012	0,005
	SpecYN	57,89	6,37	35,68	0,012	0,005
Kat 9	SpecXP	43,38	5,68	31,78	0,011	0,004
	SpecXN	43,38	5,68	31,78	0,011	0,004
	SpecYP	51,52	6,65	37,23	0,012	0,005
	SpecYN	51,52	6,65	37,23	0,012	0,005
Kat 8	SpecXP	37,70	5,78	32,39	0,011	0,005
	SpecXN	37,70	5,78	32,39	0,011	0,005
	SpecYP	44,87	6,85	38,37	0,013	0,005
	SpecYN	44,87	6,85	38,37	0,013	0,005
Kat 7	SpecXP	31,92	5,83	32,64	0,011	0,005
	SpecXN	31,92	5,83	32,64	0,011	0,005
	SpecYP	38,02	6,97	39,02	0,013	0,005
	SpecYN	38,02	6,97	39,02	0,013	0,005
Kat 6	SpecXP	26,09	5,70	31,90	0,011	0,005
	SpecXN	26,09	5,70	31,90	0,011	0,005
	SpecYP	31,05	6,87	38,48	0,013	0,005
	SpecYN	31,05	6,87	38,48	0,013	0,005
Kat 5	SpecXP	20,39	5,52	30,91	0,010	0,004
	SpecXN	20,39	5,52	30,91	0,010	0,004
	SpecYP	24,18	6,68	37,42	0,012	0,005
	SpecYN	24,18	6,68	37,42	0,012	0,005
Kat 4	SpecXP	14,87	5,09	28,52	0,010	0,004
	SpecXN	14,87	5,09	28,52	0,010	0,004

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{i,max}(mm)$	$\Delta_{i,max}(mm)$	$\delta_{i,max}(mm)$	$\delta_{i,max}/h_i$	$\leq 0,008$
	SpecYP	17,49	6,17	34,54	0,012	0,005
	SpecYN	17,49	6,17	34,54	0,012	0,005
Kat 3	SpecXP	9,78	4,49	25,13	0,008	0,004
	SpecXN	9,78	4,49	25,13	0,008	0,004
	SpecYP	11,33	5,37	30,06	0,010	0,004
	SpecYN	11,33	5,37	30,06	0,010	0,004
Kat 2	SpecXP	5,29	3,49	19,53	0,007	0,003
	SpecXN	5,29	3,49	19,53	0,007	0,003
	SpecYP	5,96	4,03	22,55	0,008	0,003
	SpecYN	5,96	4,03	22,55	0,008	0,003
Kat 1	SpecXP	1,80	1,80	10,10	0,003	0,001
	SpecXN	1,80	1,80	10,10	0,003	0,001
	SpecYP	1,93	1,93	10,82	0,003	0,001
	SpecYN	1,93	1,93	10,82	0,003	0,001

Çizelge 9.36'da görüldüğü gibi $\lambda * \delta_{i,max}/h_i$ değeri 0.008'den küçüktür. Göreli kat ötelemelerinin kontrolü yapıldıktan sonra yapıda oluşacak ikinci merteye etkilerinin kontrolü yapılmalıdır.

18 Katlı yapı için ikinci merteye gösterge değerleri Çizelge 9.37'de verilmiştir.

Çizelge 9.37 18 Katlı yapıda ikinci merteye gösterge değerleri

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{i,ort}(mm)$	$\Delta_{i,ort}(mm)$	$\Sigma w_j(kN)$	$V_i(kN)$	$\theta_{II,max}$
Kat 18	SpecXP	80,13	3,16	10505,30	2387,75	0,005
	SpecXN	80,13	3,16			
	SpecYP	89,86	3,09		2283,75	0,005
	SpecYN	89,86	3,09			
Kat 17	SpecXP	76,98	3,47	20794,10	3904,15	0,006
	SpecXN	76,98	3,47			
	SpecYP	86,77	3,42		3612,42	0,007
	SpecYN	86,77	3,42			
Kat 16	SpecXP	73,51	3,73	31082,90	4853,08	0,008
	SpecXN	73,51	3,73			
	SpecYP	83,35	3,76		4412,56	0,009
	SpecYN	83,35	3,76			
Kat 15	SpecXP	69,78	4,02	41371,70	5524,20	0,010
	SpecXN	69,78	4,02			
	SpecYP	79,59	4,16		5019,17	0,011
	SpecYN	79,59	4,16			
Kat 14	SpecXP	65,75	4,31	51660,50	6027,80	0,012
	SpecXN	65,75	4,31			
	SpecYP	75,44	4,56		5504,50	0,014
	SpecYN	75,44	4,56			

Kat No	Deprem Yüklü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	$\Sigma w_j(kN)$	$V_i(kN)$	$\theta_{II,max}$
Kat 13	SpecXP	61,45	4,58	61949,30	6431,31	0,015
	SpecXN	61,45	4,58		5913,67	0,017
	SpecYP	70,88	4,96			
	SpecYN	70,88	4,96			
Kat 12	SpecXP	56,86	4,84	72238,10	6777,37	0,017
	SpecXN	56,86	4,84		6276,37	0,020
	SpecYP	65,92	5,34			
	SpecYN	65,92	5,34			
Kat 11	SpecXP	52,02	5,08	82526,90	7096,36	0,020
	SpecXN	52,02	5,08		6609,88	0,024
	SpecYP	60,58	5,70			
	SpecYN	60,58	5,70			
Kat 10	SpecXP	46,94	5,28	92815,70	7422,73	0,022
	SpecXN	46,94	5,28		6939,95	0,027
	SpecYP	54,88	6,02			
	SpecYN	54,88	6,02			
Kat 9	SpecXP	41,66	5,44	103104,50	7759,54	0,024
	SpecXN	41,66	5,44		7261,04	0,030
	SpecYP	48,86	6,29			
	SpecYN	48,86	6,29			
Kat 8	SpecXP	36,22	5,55	113393,30	8125,84	0,026
	SpecXN	36,22	5,55		7591,10	0,032
	SpecYP	42,57	6,49			
	SpecYN	42,57	6,49			
Kat 7	SpecXP	30,67	5,59	123682,10	8536,22	0,027
	SpecXN	30,67	5,59		7943,88	0,034
	SpecYP	36,08	6,60			
	SpecYN	36,08	6,60			
Kat 6	SpecXP	25,07	5,47	134036,67	8987,76	0,027
	SpecXN	25,07	5,47		8318,96	0,035
	SpecYP	29,48	6,52			
	SpecYN	29,48	6,52			
Kat 5	SpecXP	19,61	5,30	144475,62	9493,15	0,027
	SpecXN	19,61	5,30		8739,07	0,035
	SpecYP	22,96	6,34			
	SpecYN	22,96	6,34			
Kat 4	SpecXP	14,31	4,89	154987,10	10022,68	0,025
	SpecXN	14,31	4,89		9183,72	0,033
	SpecYP	16,62	5,86			
	SpecYN	16,62	5,86			
Kat 3	SpecXP	9,42	4,32	165589,70	10561,49	0,023
	SpecXN	9,42	4,32		9656,73	0,029
	SpecYP	10,76	5,10			
	SpecYN	10,76	5,10			
Kat 2	SpecXP	5,10	3,36	176271,57	11066,39	0,018
	SpecXN	5,10	3,36			

Kat No	Deprem Yüğü	$u_{iort}(mm)$	$\Delta_{iort}(mm)$	$\Sigma w_j(kN)$	$V_i(kN)$	$\theta_{II,max}$
	SpecYP	5,66	3,83		10126,62	0,022
	SpecYN	5,66	3,83			
Kat 1	SpecXP	1,74	1,74	187051,32	11337,06	0,010
	SpecXN	1,74	1,74		10380,49	0,011
	SpecYP	1,84	1,84			
	SpecYN	1,84	1,84			

Çizelge 9.37’de hesaplanan en büyük ikinci mertbe gösterge değeri 0,035’tir. Denklem 54’e göre bu değerin kontrolü Denklem 75’te yapılmıştır.

$$0,035 \leq 0,12 * \frac{2,5}{0,5 * 5,6} = 0,107 \quad (75)$$

9.3.6. 18 Katlı Yapıda Oluşan İç Kuvvetler

$G+Q+0,2S \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} + 0,3E_d^{(Z)}$ ve $G+Q+0,2S \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} + 0,3E_d^{(Z)}$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 18 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.38’de verilmiştir.

Çizelge 9.38 18 katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($G+Q+0,2S \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} + 0,3E_d^{(Z)}$ ve $G+Q+0,2S \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} + 0,3E_d^{(Z)}$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	5304,15	125,59	116,89	386,75	376,25
1. Kat	C3	6468,66	134,90	121,23	368,76	385,08
1. Kat	C8	6356,01	125,67	119,51	378,39	366,86
1. Kat	C10	7293,14	129,27	105,80	343,69	370,21
1. Kat	C15	6966,15	111,59	119,76	378,64	344,18

Bölüm 6.4’te belirtilen $0,9G \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} - 0,3E_d^{(Z)}$ ve $0,9G \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} - 0,3E_d^{(Z)}$ yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 9 katlı yapının 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.39’da verilmiştir.

Çizelge 9.39 18 katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler ($0,9G \pm \text{SpecX} \pm 0,3\text{SpecY} - 0,3\text{Ed}^{(Z)}$ ve $0,9G \pm \text{SpecY} \pm 0,3\text{SpecX} - 0,3\text{Ed}^{(Z)}$)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	3182,28	112,98	104,29	375,10	364,59
1. Kat	C3	3479,16	131,89	102,36	351,31	382,30
1. Kat	C8	2674,35	125,64	118,96	377,88	366,83
1. Kat	C10	3297,04	130,00	106,26	344,11	370,89
1. Kat	C15	3056,27	115,82	120,52	379,34	348,09

Yük birleşimlerinin yanında SpecXP yani X yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.40'da verilmiştir.

Çizelge 9.40 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler (SpecXP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1047,38	101,68	8,54	32,24	347,44
1. Kat	C3	152,01	126,62	4,54	14,63	370,73
1. Kat	C8	169,08	124,03	7,81	24,61	361,33
1. Kat	C10	436,66	128,47	4,41	7,56	365,45
1. Kat	C15	410,42	115,86	7,84	24,64	346,78

Aynı zamanda SpecYP yani Y yönündeki salt deprem etkisinin +%5 eksişmerkezlilik etkisi ile birlikte gözönüne alınan deprem yükünden dolayı 1. kattaki kolonlarının alt uçlarında hesaplanan iç kuvvetler Çizelge 9.41'de verilmiştir.

Çizelge 9.41 18 Katlı yapıda 1. kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (SpecYP)

Kat	Kolon Adı	N(Kn)	V2(Kn)	V3(Kn)	M2(kNm)	M3(kNm)
1. Kat	C1	1149,01	7,88	92,81	357,18	29,62
1. Kat	C3	1200,33	10,02	90,54	337,25	31,60
1. Kat	C8	171,05	5,82	116,43	370,32	18,78
1. Kat	C10	545,82	6,96	105,26	342,15	19,84
1. Kat	C15	284,75	8,68	118,77	372,51	12,49

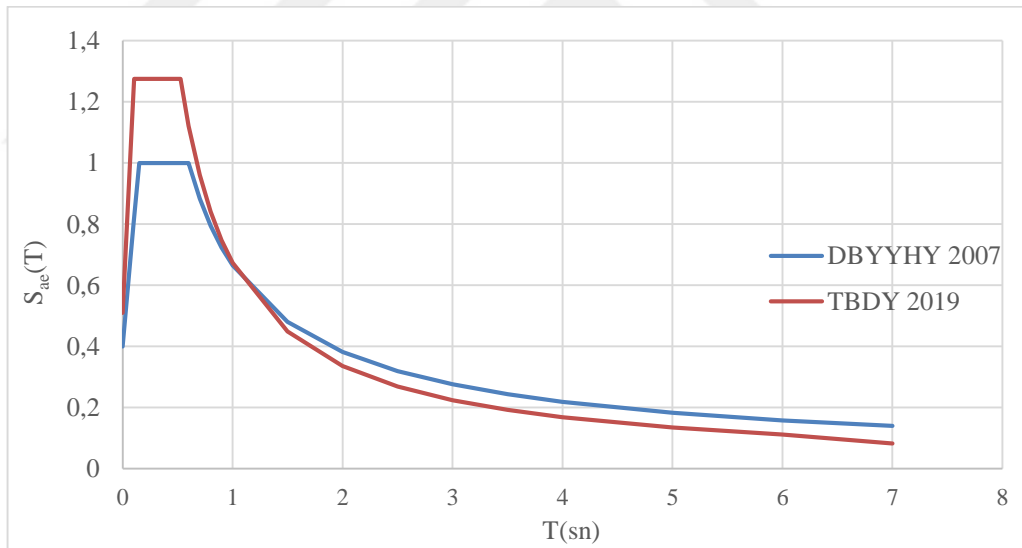
10. ANALİZ SONUÇLARININ KIYASLANMASI

Bu bölümde öncelikle iki farklı deprem yönetmeliğine göre çözümü yapılan 9 ve 18 katlı yapıların sonuçları karşılaştırılacaktır. Daha sonra kalıcı yükler altında hesaplanan aksenal kuvvet ve moment değişimlerini incelemek için modellenen 3 farklı durumda, 9 ve 18 katlı yapılar için ayrı ayrı kıyaslanacaktır.

10.1. Deprem Yönetmeliklerinin Kıyaslanması

Her iki yapı içinde hesaplanan değerlerin ayrı ayrı sonuçlarının kıyaslanmasına geçmeden önce, 9 ve 18 katlı yapıların yapılacağı lokasyon (İstanbul İli, Avcılar İlçesi) aynı olduğu için her iki yapıda da ortak olarak kullanılacak olan tasarım spektrumu grafikleri karşılaştırılacaktır.

Şekil 10.1’de Bölüm 8 ve Bölüm 9’da hesaplanan yatay elastik tasarım spektrumu grafiği 2007 ve 2019 deprem yönetmelikleri için verilmiştir.



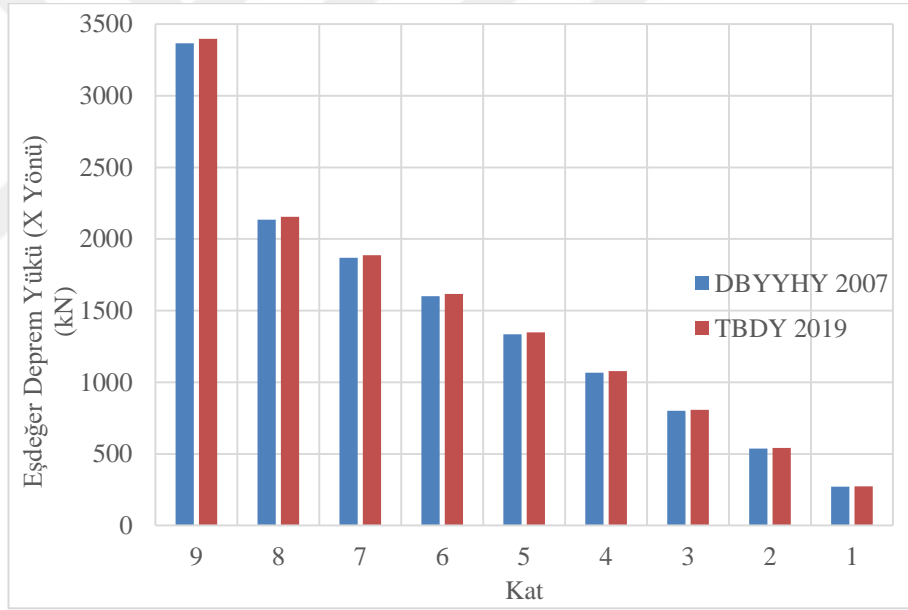
Şekil 10.1 2007 ve 2019 deprem yönetmeliklerine göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

Şekil 10.1’de dikkat çeken birkaç detay bulunmaktadır. Bunlardan ilki ve hemen göze çarpanı 2019 Deprem Yönetmeliğinde en büyük spektral ivmenin 1,275g iken, 2007 Deprem Yönetmeliğinde en büyük spektral ivmenin 1,00g olmasıdır. Fakat tepe değerlerinin köşe periyotları olan T_A ve T_B değerleri 2019 TBDY’de sırasıyla 0,105 sn ve 0,528 sn iken 2007 DBYYHY’de ise 0,15 sn ve 0,60 sn’dir. Bu değerlere göre depremli durumda binanın periyodu ile zemin titreşim periyotlarının çakıştığı yani rezonans

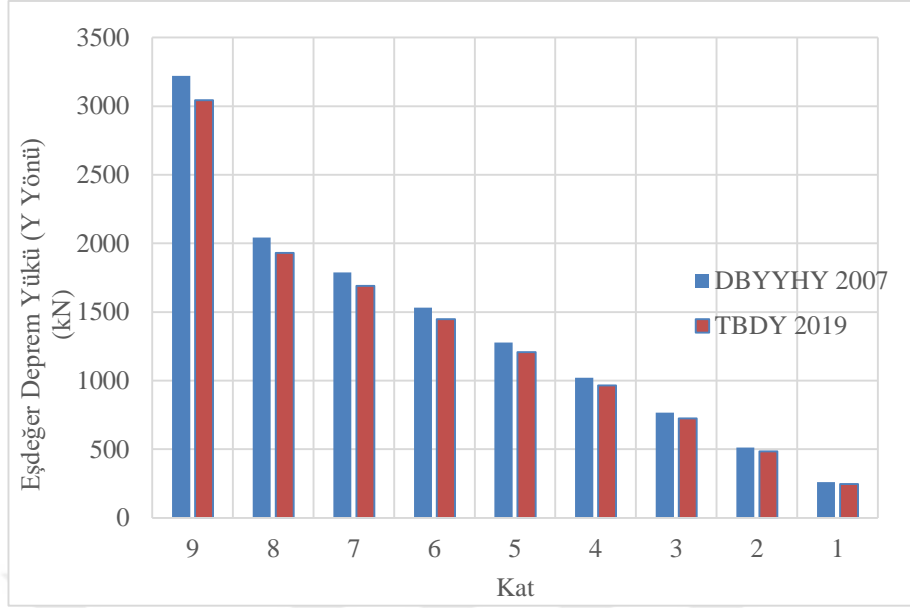
durumunu temsil eden bu periyot değerleri 2007 Deprem Yönetmeliğinde daha yüksek bir değere sahiptir. Şekildeki grafikte dikkat çeken bir başka durumda, her ne kadar 2019 TBDY’de tepe spektral ivme katsayısı değeri 2007 DBYYHY’e göre daha fazla olsa da, T_B periyot değerinden sonra 2019 Deprem Yönetmeliğinin spektrum grafiği daha dik bir eğime sahiptir. Bunun sonucu olarak da yaklaşık 1 sn periyodu değerinde iken 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinin spektral ivmeleri hemen hemen birbirine eşit iken, daha yüksek periyot değerlerinde 2007 Deprem Yönetmeliğinin spektral ivme değerleri daha yüksek çıkmaktadır.

10.1.1. 9 Katlı Yapı

Bölüm 8 ve Bölüm 9’da eşdeğer deprem yüküne göre hesaplanan ve ayrı ayrı katlara etki ettirilen değerler Şekil 10.2 ve Şekil 10.3’te X ve Y deprem yönleri içinde verilmiştir.



Şekil 10.2 9 Katlı yapıya X yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri



Şekil 10.3 9 Katlı yapıya Y yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri

Şekil 10.2 ve Şekil 10.3 incelendiğinde 9 katlı yapının 2019 Deprem Yönetmeliğine göre bulunan eşdeğer deprem yükleri X yönünde 2007 Deprem Yönetmeliği ile birbirine çok yakın iken, Y yönünde ise yaklaşık olarak %6 daha az çıkmaktadır. Bunun sebebinin bulunabilmesi için ilk olarak her iki yönetmeliğe göre çözülen 9 katlı yapının doğal titreşim periyot değerlerinin incelenmesi gerekmektedir. Çizelge 10.1’de her iki yönetmeliğe göre çözülen 9 katlı yapının hakim doğal titreşim periyot değerlerine göre hesaplanan ve eşdeğer deprem yükü yönteminde kullanılan spektral ivme değerleri verilmiştir.

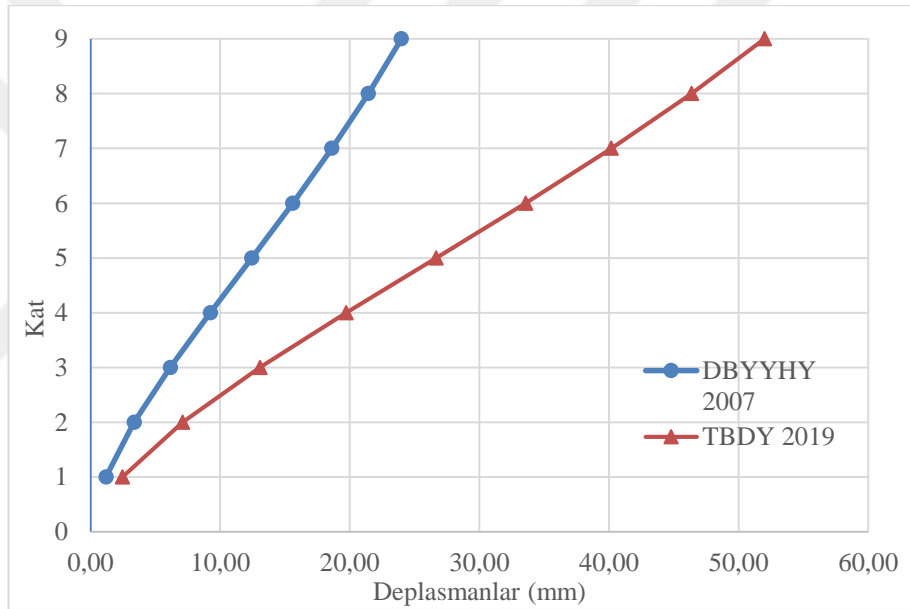
Çizelge 10.1 9 Katlı yapının doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen elastik spektral ivme değerleri

	DBYYH 2007 (sn)	Spektral İvme Değeri (g)	TBDY 2019 (sn)	Spektral İvme Değeri (g)
X Yönü	0,57	1	0,833	≈ 0,808
Y Yönü	0,634	≈ 0,96	0,93	≈ 0,724

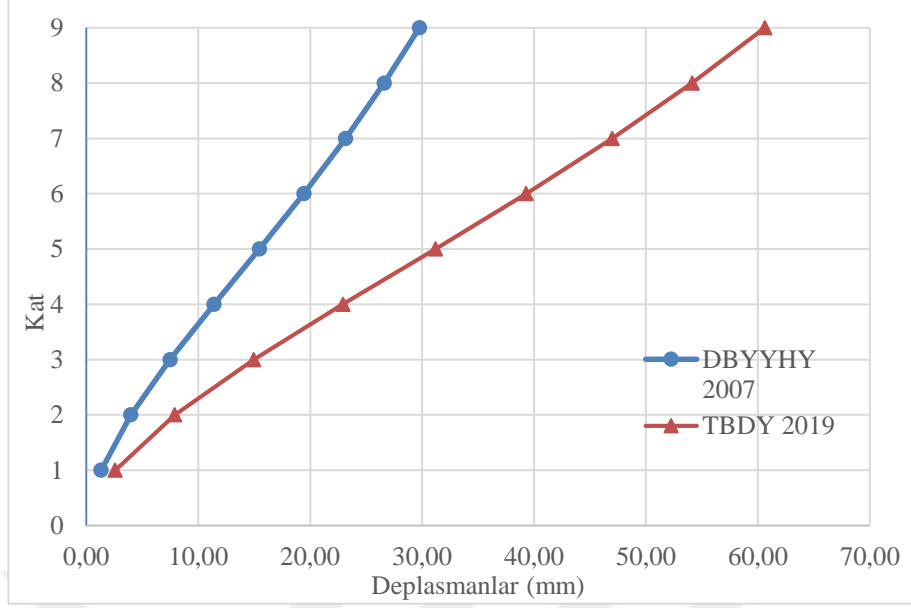
Çizelge 10.1 incelendiğinde görülmektedir ki; her ne kadar TBDY 2019’a göre hesaplanan tepe spektral ivmeleri eski yönetmeliğe göre daha büyük olsa da, yeni yönetmeliğe göre taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliklerinin değiştirilmesi yapının daha uzun bir periyot yapmasına yol açmış ve spektrum grafiğinin T_B periyodundan sonra daha dik bir eğimle inmesinden dolayı eski yönetmeliğin azaltılmamış deprem yükü

değerlerinin daha fazla çıkmasına yol açmıştır. Fakat yeni yönetmeliğin perde yerleşiminden dolayı yapıyı cezalandırılmasından ötürü azaltılmamış deprem yükleri eski yönetmelikte 7'ye bölünürken yeni yönetmelikte 5,60'ya bölünerek, 2019 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan yapıda deprem yükleri değerlerinin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan deprem yükleri değerlerine yakın çıkmasına yol açmıştır. Aynı zamanda yeni yönetmeliğe göre çözülen yapıda Denklem 33'te verilen alt koşul sağlanamamış olmasına rağmen yapının BYS değeri 5 olduğu için yapı yüksekliğini değiştirilmesine gerek yoktur.

Şekil 10.4 ve Şekil 10.5'te eşdeğer deprem yükünün uygulanmasından sonra yapının X ve Y yönlerinde meydana gelen en büyük deplasmanlar verilmiştir.



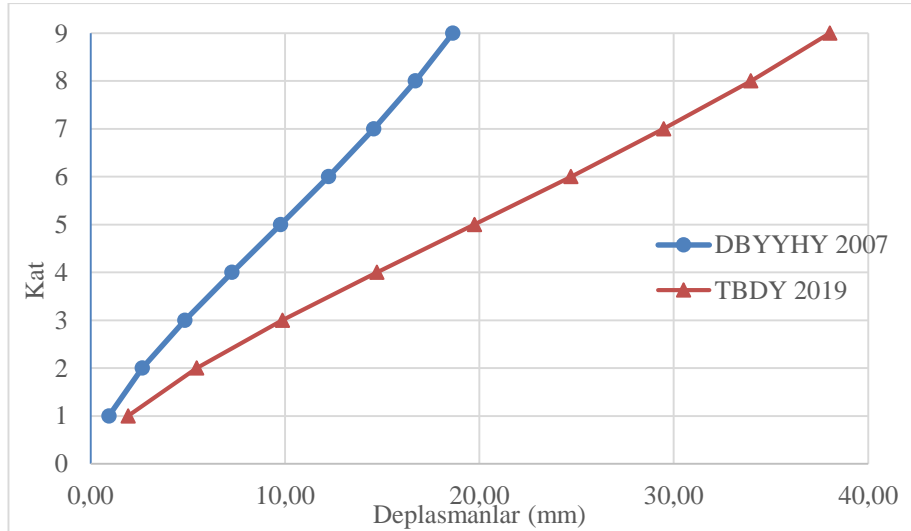
Şekil 10.4 9 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (X Yönü)



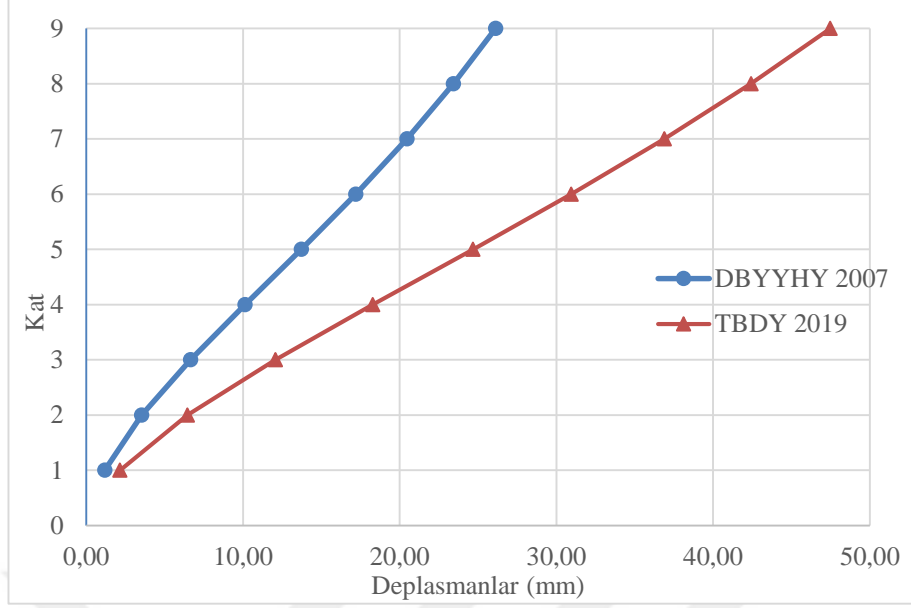
Şekil 10.5 9 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (Y Yönü)

Yukarıdaki iki şekilden de görüleceği üzere TBDY 2019'e göre yapılan çözümde taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliklerinin değiştirilmesi daha sünek bir yapı ortaya çıkarmış ve dolayısıyla deplasmanlar 2007 Deprem Yönetmeliğine göre gözle görülür bir biçimde daha fazla çıkmıştır.

Mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerinden dolayı meydana gelen deplasmanlar her iki deprem yönü içinde Şekil 10.6 ve Şekil 10.7'de verilmiştir.



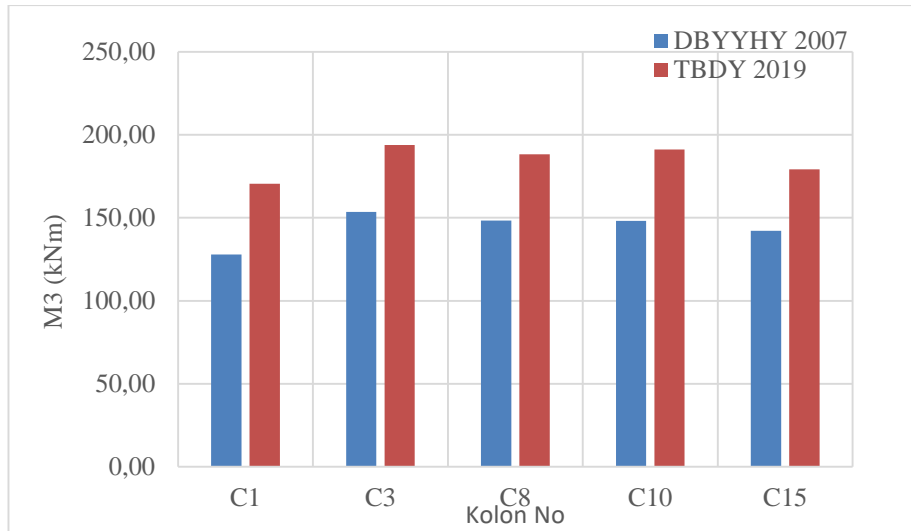
Şekil 10.6 9 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (X Yönü)



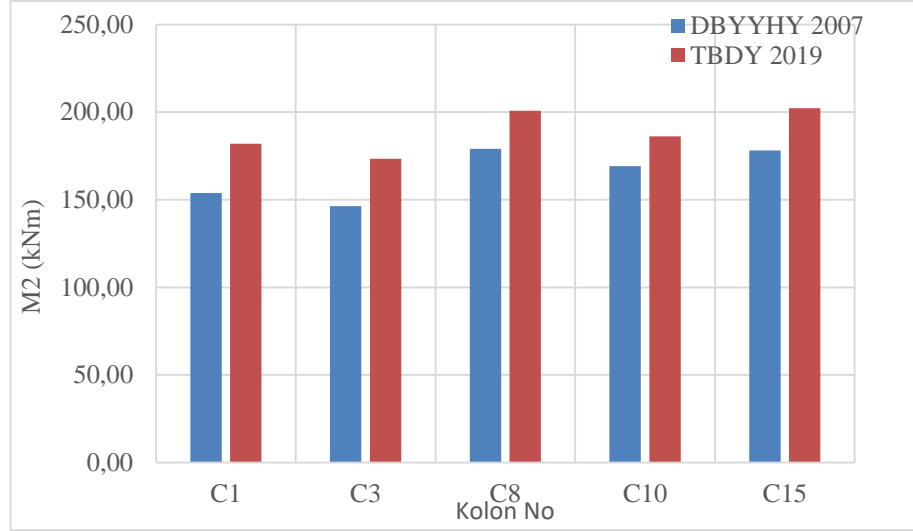
Şekil 10.7 9 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (Y Yönü)

Şekil 10.6 ve Şekil 10.7’de görüldüğü gibi mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan yükler neticesinde yeni deprem yönetmeliğine göre çözülen yapıda daha büyük deplasmanlar meydana gelmiştir.

Şekil 10.8 ve Şekil 10.9’da +%5 ek dışmerkezlilik verilerek yapıya etki ettirilen SpecXP ve SpecYP yüklerinin 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment değerleri verilmiştir.

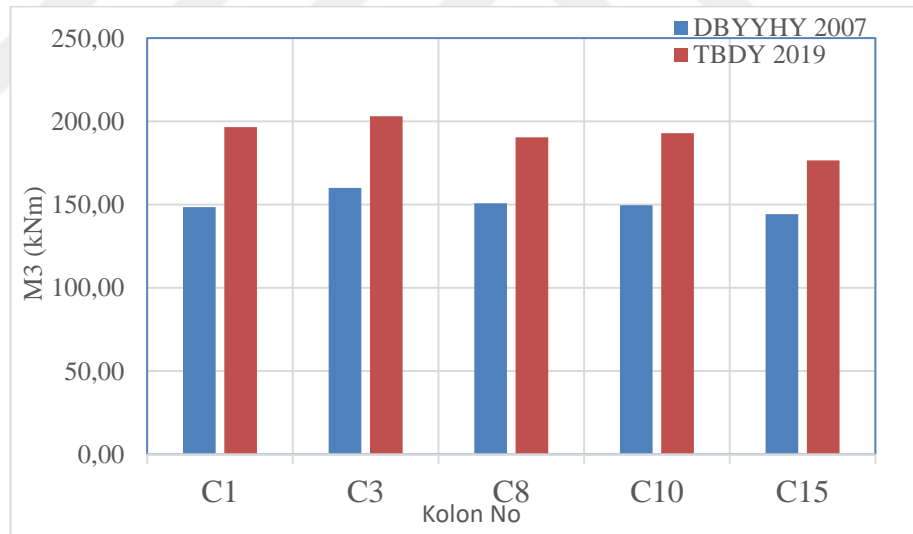


Şekil 10.8 SpecXP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında X yönünde meydana gelen momentler

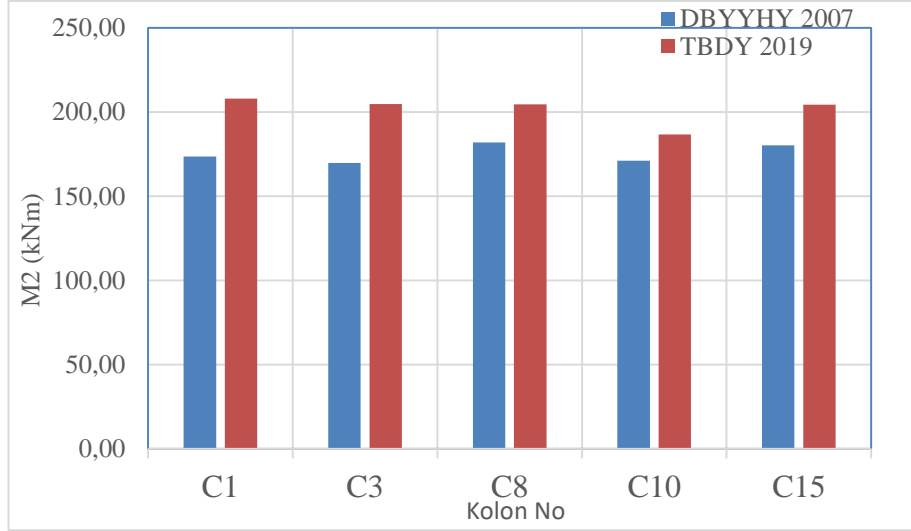


Şekil 10.9 SpecYP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında Y yönünde meydana gelen momentler

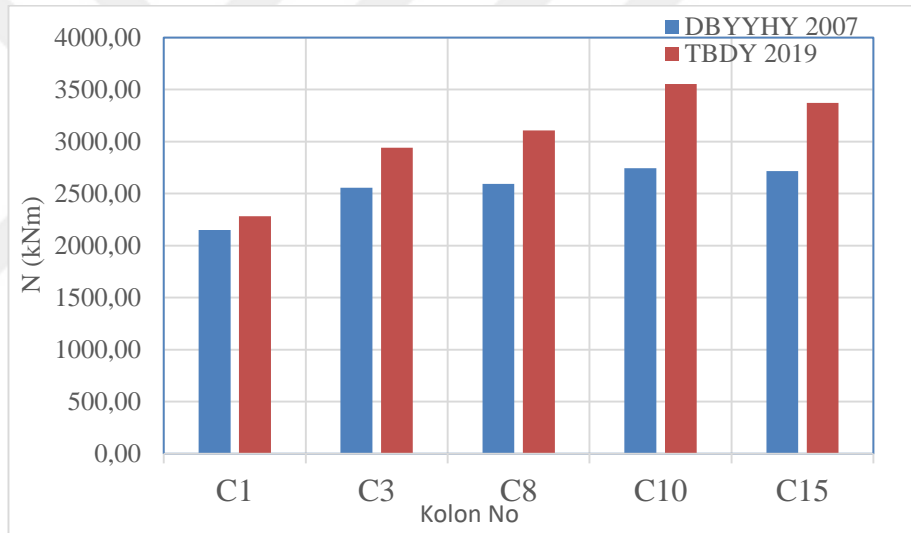
Şekil 10.10, Şekil 10.11 ve Şekil 10.12’de G+Q’lu depremli yük birleşimlerinin yapıya etki ettirilmesi neticesinde 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment ve aksenal kuvvet değerleri verilmiştir.



Şekil 10.10 G+Q’lu depremli yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler

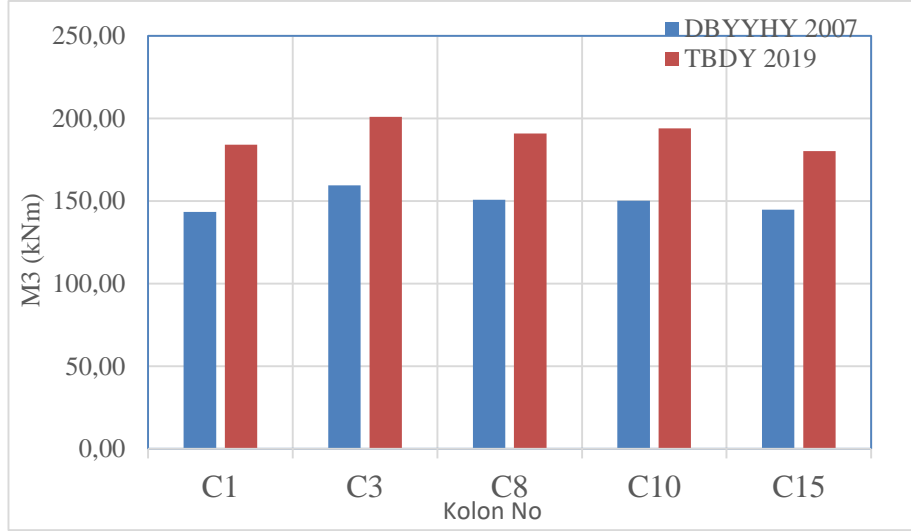


Şekil 10.11 G+Q'lu depremli yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler

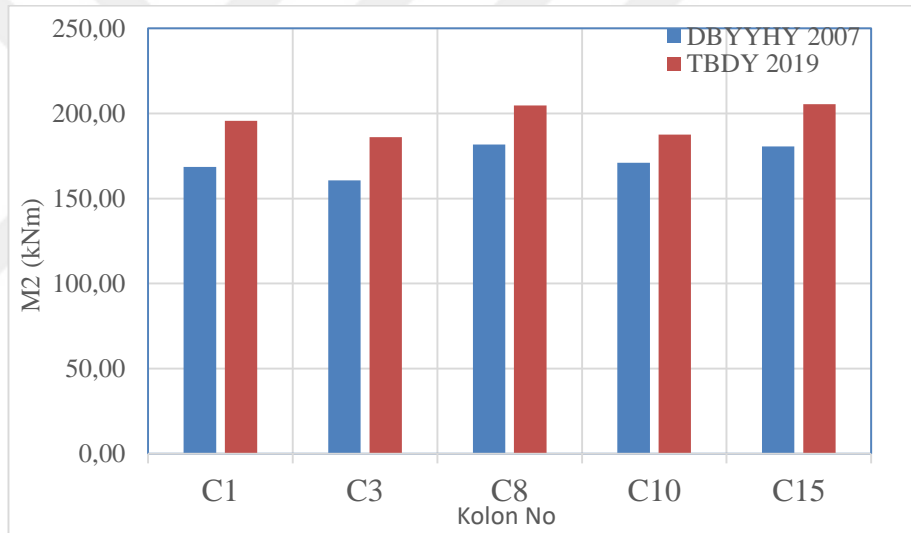


Şekil 10.12 G+q'lu depremli yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen eksenel kuvvetler

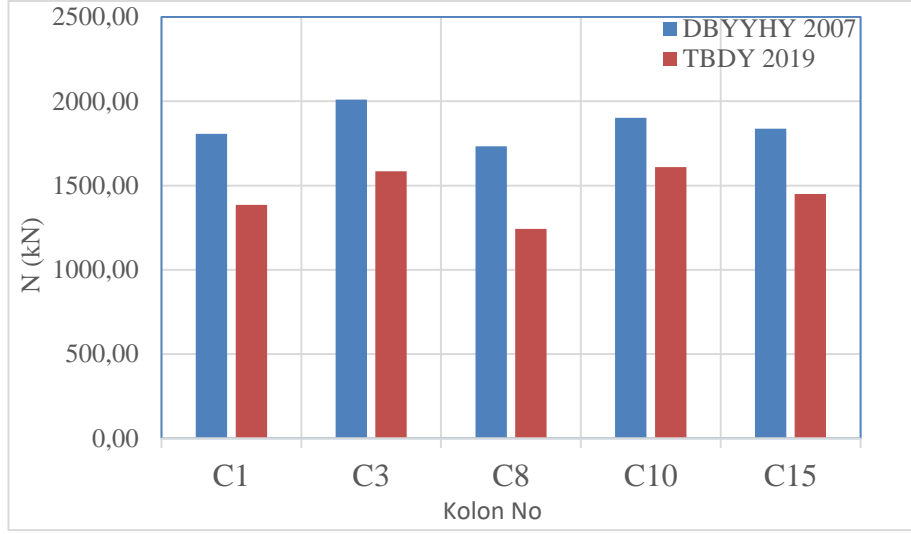
Şekil 10.13, Şekil 10.14 ve Şekil 10.15'te G+Q'lu depremli yük birleşimlerinin yapıya etki ettirilmesi neticesinde 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment ve eksenel kuvvet değerleri verilmiştir.



Şekil 10.13 0,9G'li depremli yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler



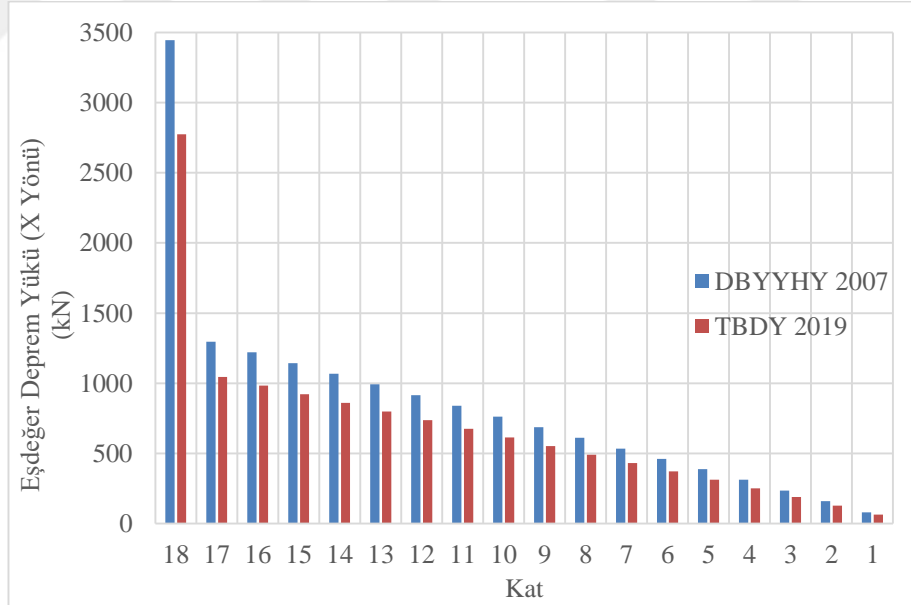
Şekil 10.14 0,9G'li depremli yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler



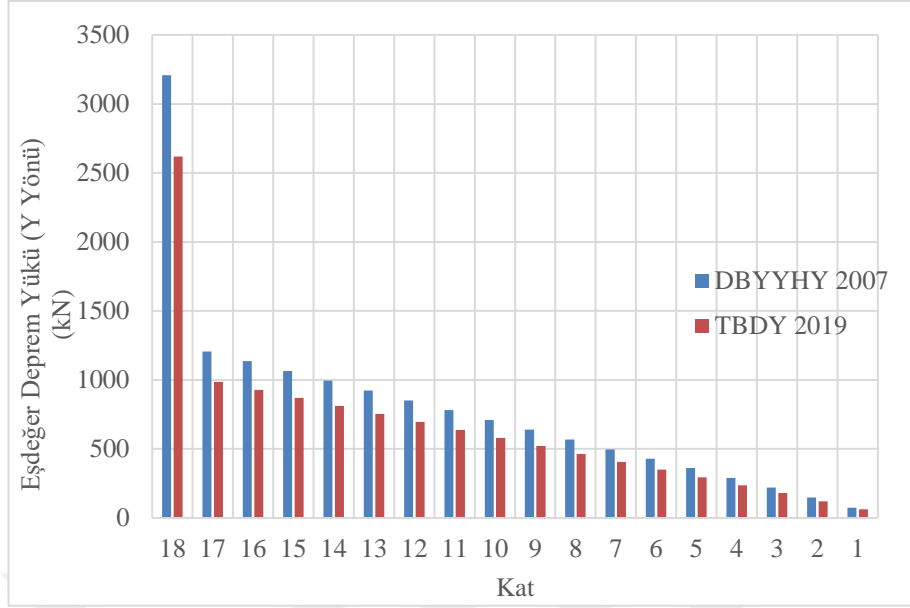
Şekil 10.15 0,9G’li depremlı yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen eksenel kuvvetler

10.1.2. 18 Katlı Yapı

Bölüm 8 ve Bölüm 9’da eşdeğer deprem yüküne göre hesaplanan ve ayrı ayrı katlara etki ettirilen değerler Şekil 10.16 ve Şekil 10.17’de X ve Y deprem yönleri içinde verilmiştir.



Şekil 10.16 18 Katlı yapıya X yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri



Şekil 10.17 18 Katlı yapıya Y yönünde etki eden eşdeğer deprem yükleri

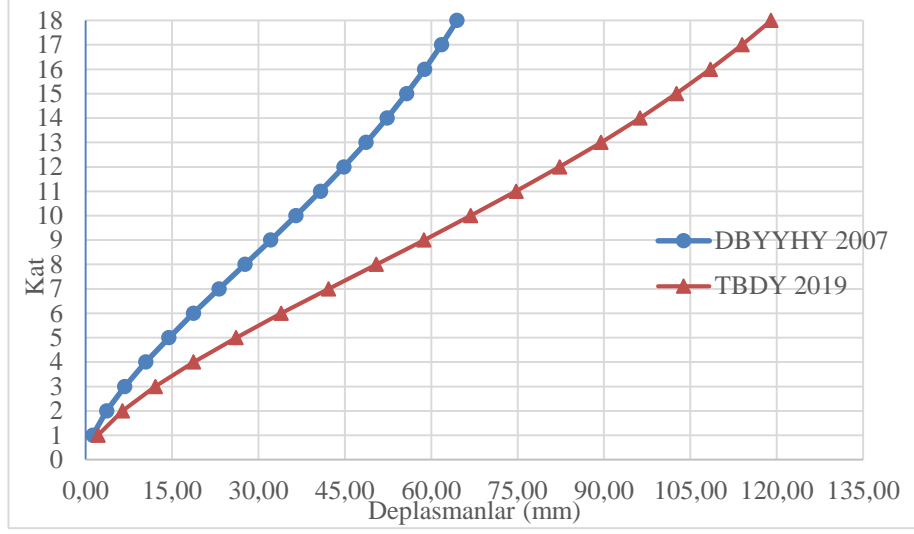
Yukarıdaki şekillerden görüldüğü üzere DBYYHY 2007’de TBDY 2019’a göre daha büyük kuvvetler hesaplanmıştır. Bunun sebebi, yukarıda da bahsi geçtiği gibi spektrum grafiğinin T_B periyodu değerinden sonra yeni yönetmelikte daha dik bir eğimle inmesinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 10.2 18 Katlı yapının doğal titreşim periyotlarına karşılık gelen elastik spektral ivme değerleri

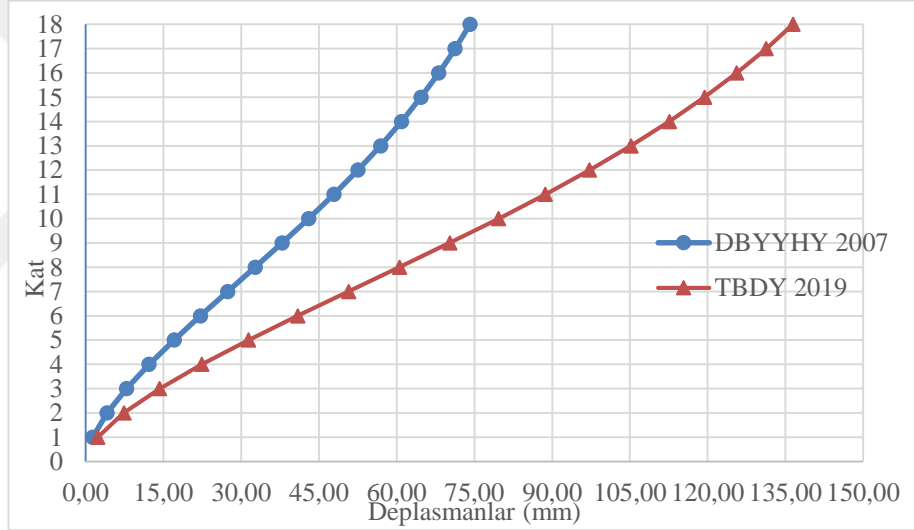
	DBYYH 2007 (sn)	Spektral İvme Değeri (g)	TBDY 2019 (sn)	Spektral İvme Değeri (g)
X Yönü	1,22	≈0,567	1,843	≈0,365
Y Yönü	1,335	≈0,527	2,006(1,952)	≈0,345

TBDY 2019’a göre çözülen yapıda çevre perdelerin yeterli devrilme momenti alamamasından dolayı binanın cezalandırılmasına rağmen, DBYYHY 2007’de baz alınan elastik spektral ivmeler daha fazla olması sebebiyle eski yönetmelikteki eşdeğer deprem kuvvetleri daha fazla çıkmıştır.

Şekil 10.18 ve Şekil 10.19’da eşdeğer deprem yükünün uygulanmasından sonra yapının X ve Y yönlerinde meydana gelen en büyük deplasmanlar verilmiştir.



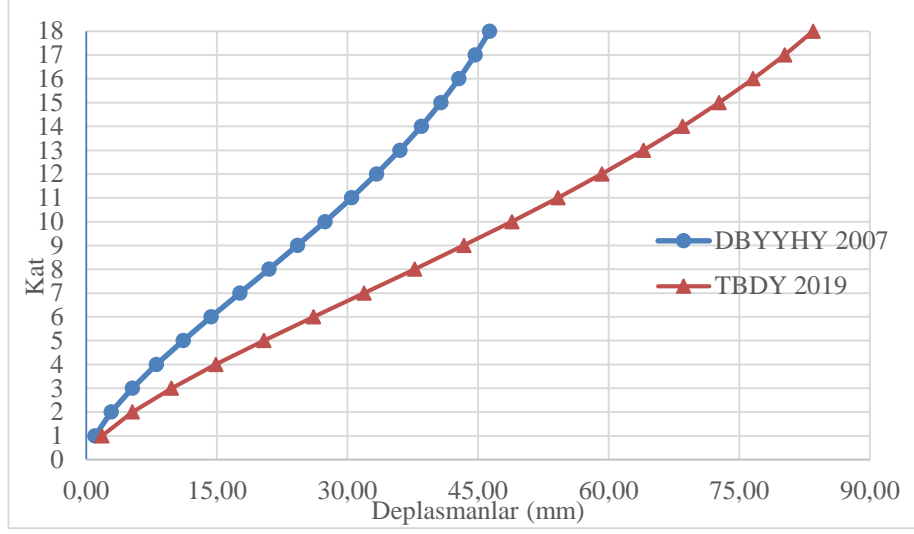
Şekil 10.18 18 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (X Yönü)



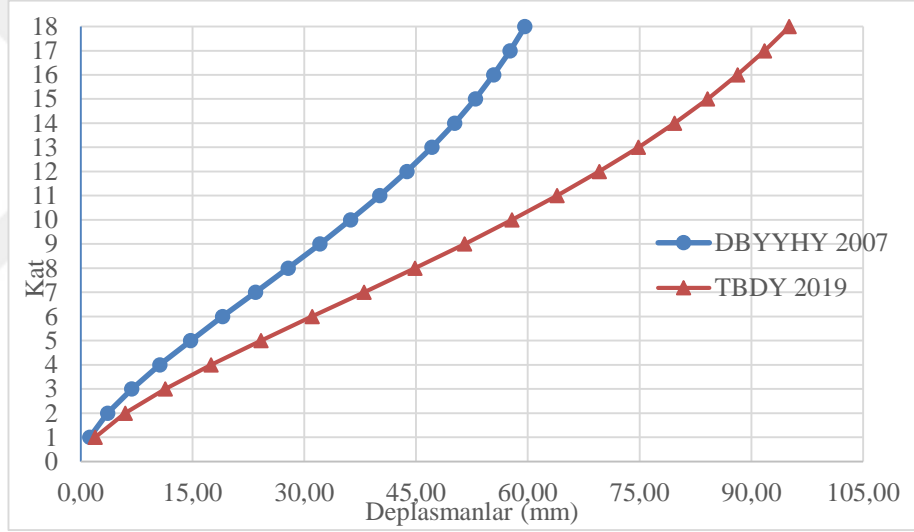
Şekil 10.19 18 Katlı yapıda eşdeğer deprem yükleri etkisi sebebiyle oluşan deplasmanlar (Y Yönü)

Şekil 10.18 ve Şekil 10.19’da görüldüğü üzere DBYYHY 2007’de yapıya etkileyen yükler daha fazla olmasına rağmen, TBDY 2019’da taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitliklerinin değiştirilmesi sonucunda yapının periyodu artmış ve yapı daha sünek bir hale gelmiştir. Bunun neticesinde 2019 Deprem Yönetmeliğine göre çözülen 18 katlı yapı 2007 Deprem Yönetmeliğine göre çözülen yapıya nazaran daha fazla deplasman yapmıştır.

Mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deprem yüklerinden dolayı meydana gelen deplasmanlar her iki deprem yönü içinde Şekil 10.20 ve Şekil 10.21’de verilmiştir.



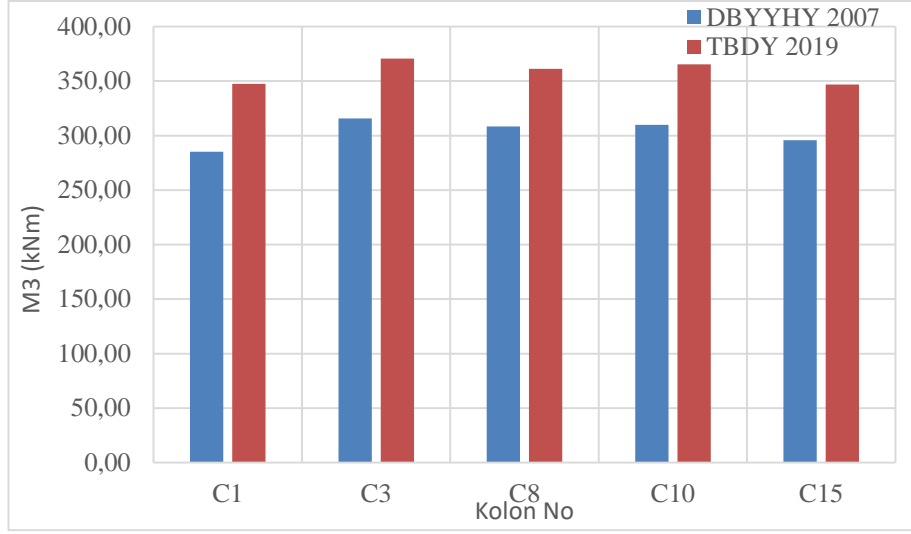
Şekil 10.20 18 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (X Yönü)



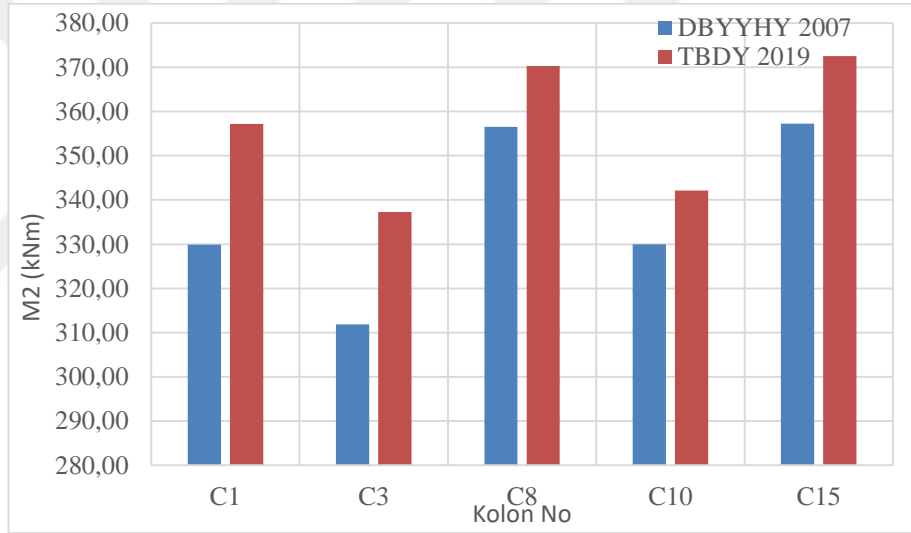
Şekil 10.21 18 Katlı yapıda mod birleştirme yöntemine göre oluşan deplasmanlar (Y Yönü)

Yukarıda mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan deprem kuvvetlerinin etkisi ile hesaplanan deplasmanlar, aynı eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan deplasmanlar gibi çıkmış olup 2019 Deprem Yönetmeliği ile hesaplanan yapıda daha fazla deplasman meydana gelmiştir.

Şekil 10.22 ve Şekil 10.23'te +%5 ek dışmerkezlilik verilerek yapıya etki ettirilen SpecXP ve SpecYP yüklerinin 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment değerleri verilmiştir.

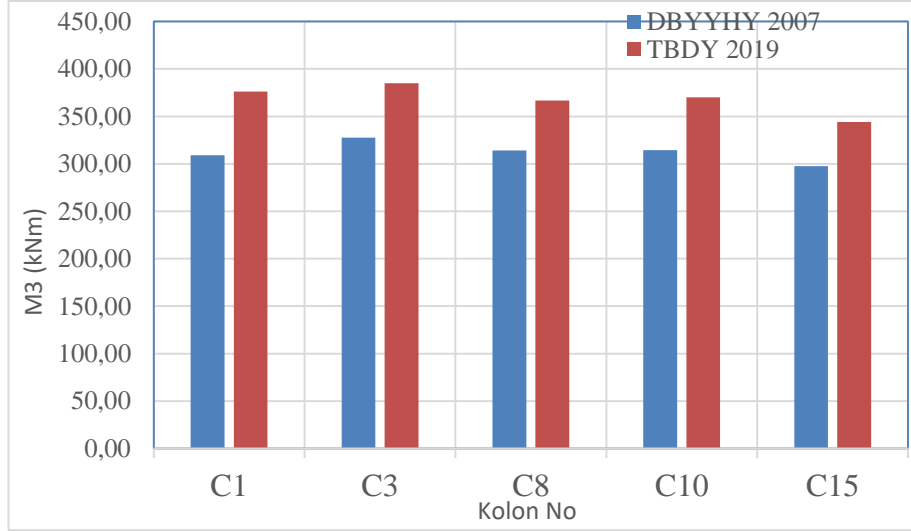


Şekil 10.22 SpecXP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında X yönünde meydana gelen momentler

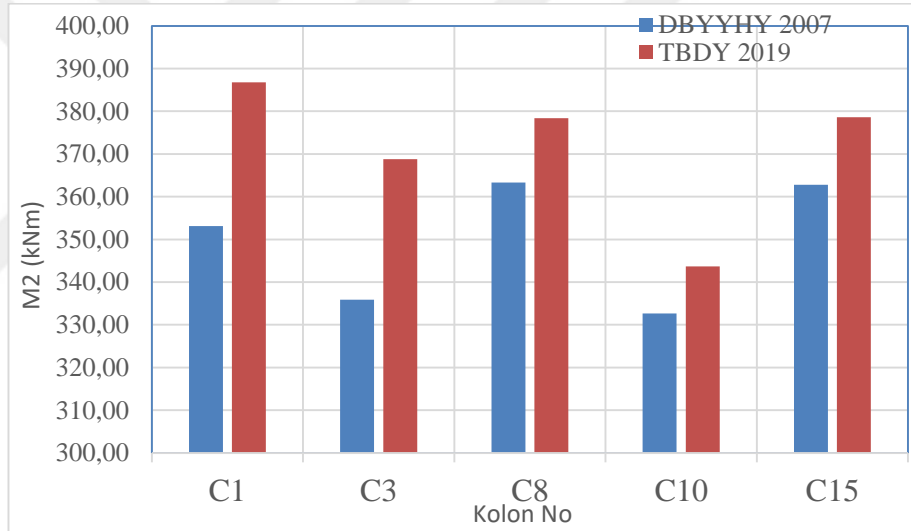


Şekil 10.23 SpecYP yükü etkisi altında 1. kattaki kolonların alt uçlarında Y yönünde meydana gelen momentler

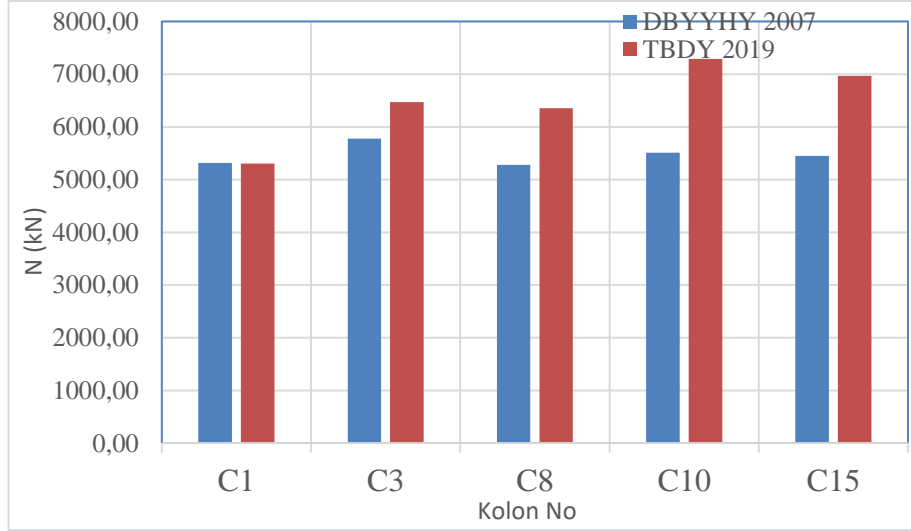
Şekil 10.24, Şekil 10.25 ve Şekil 10.26’da G+Q’lu depremli yük birleşimlerinin yapıya etki ettirilmesi neticesinde 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment ve eksenel kuvvet değerleri verilmiştir.



Şekil 10.24 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler

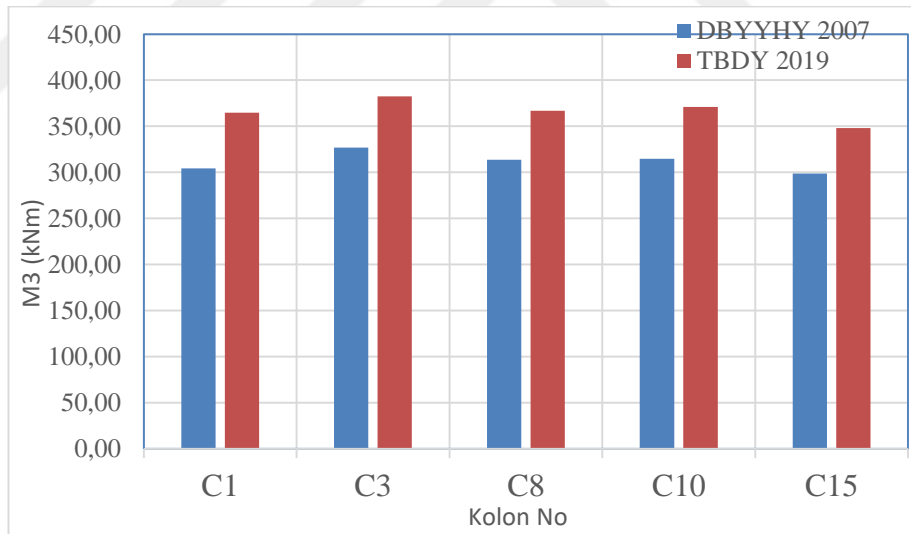


Şekil 10.25 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler

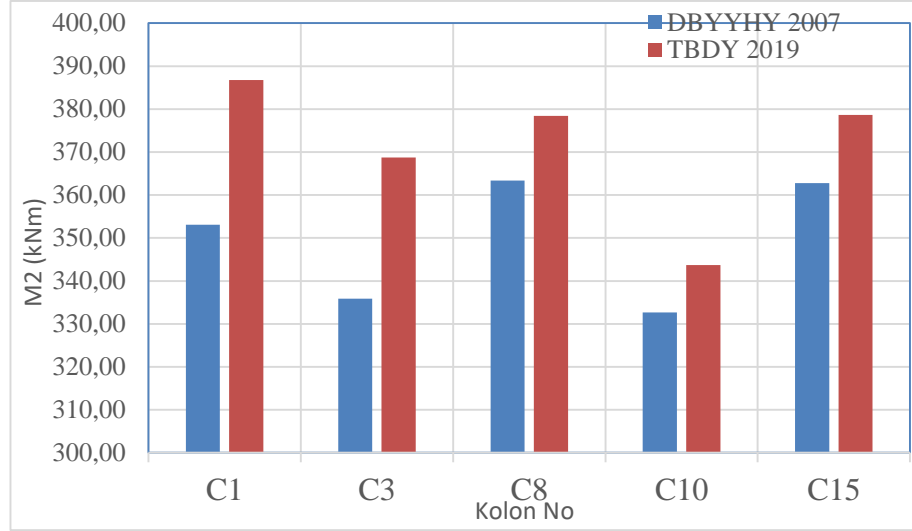


Şekil 10.26 G+Q'lu yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, meydana gelen aksenal kuvvetler

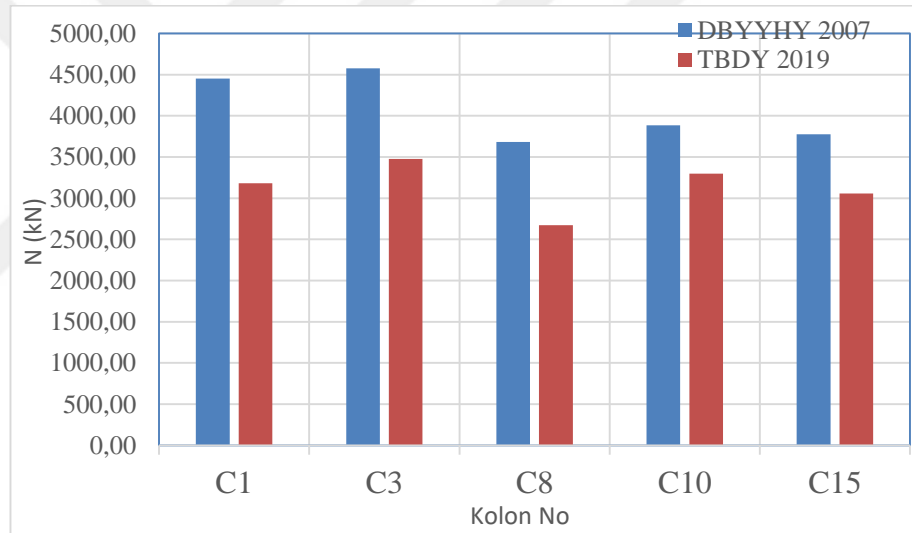
Şekil 10.27, Şekil 10.28 ve Şekil 10.29'da G+Q'lu depremli yük birleşimlerinin yapıya etki ettirilmesi neticesinde 1. kattaki seçili kolonların alt uçlarında meydana getirdiği moment ve aksenal kuvvet değerleri verilmiştir.



Şekil 10.27 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, X yönünde meydana gelen momentler



Şekil 10.28 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, Y yönünde meydana gelen momentler



Şekil 10.29 0,9G'li yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak 1. kattaki kolonların alt uçlarında, meydana gelen eksenel kuvvetler

10.2. Kalıcı Yükler Altında Meydana Gelen Moment Değişimlerinin Kıyaslanması

Bölüm 7'de yapılan kabuller eşliğinde grafiklerde adı geçen kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvet ve moment değerleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Bölüm 6'dan görüleceği üzere 9 ve 18 katlı yapılar simetrik bir kat planına sahiptir. O yüzden aşağıdaki şekillerde verilen kolonlar yapılarda ki tüm kolonları temsil ettiği için seçilmiştir.

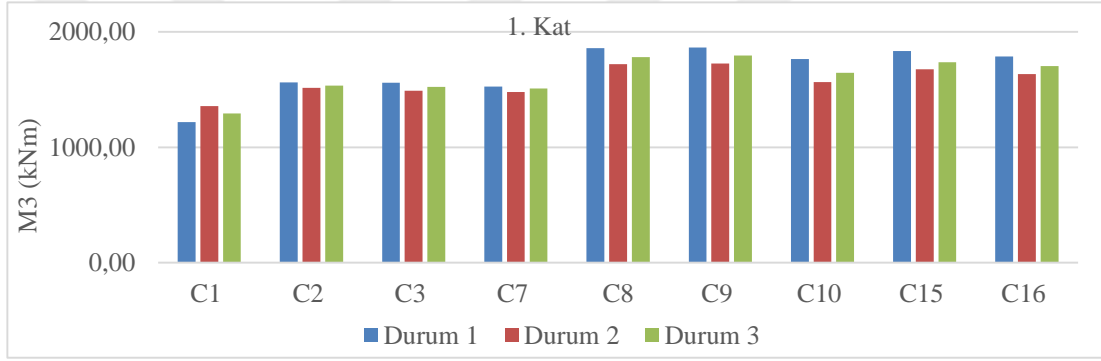
10.2.1. 9 Katlı Yapı

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 9 katlı yapının seçili kolonlarının alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan aksenal kuvvetler yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.3 ve Şekil 10.30'da 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.3 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

1. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	1217,82	1562,80	1558,26	1525,77	1858,11	1862,65	1762,92	1833,61	1786,22
Durum 2	1355,28	1515,20	1490,59	1479,76	1719,89	1726,05	1564,99	1676,48	1632,86
Durum 3	1294,04	1535,04	1521,42	1510,03	1780,12	1794,66	1645,73	1735,82	1704,29

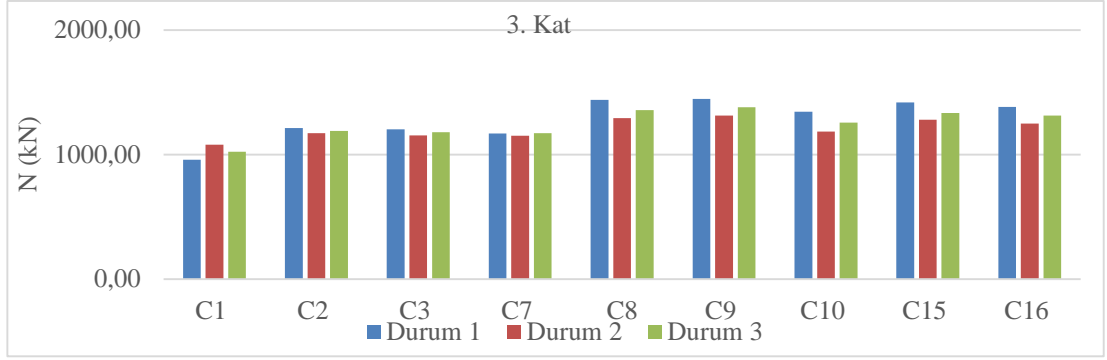


Şekil 10.30 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

Çizelge 10.4 ve Şekil 10.31'de 3. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.4 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

3. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	957,65	1212,37	1202,01	1168,64	1439,29	1447,93	1343,92	1418,37	1384,00
Durum 2	1080,45	1172,13	1154,67	1151,01	1294,56	1313,07	1184,84	1279,68	1249,47
Durum 3	1022,83	1189,93	1179,01	1172,92	1358,34	1379,87	1256,66	1335,00	1312,71

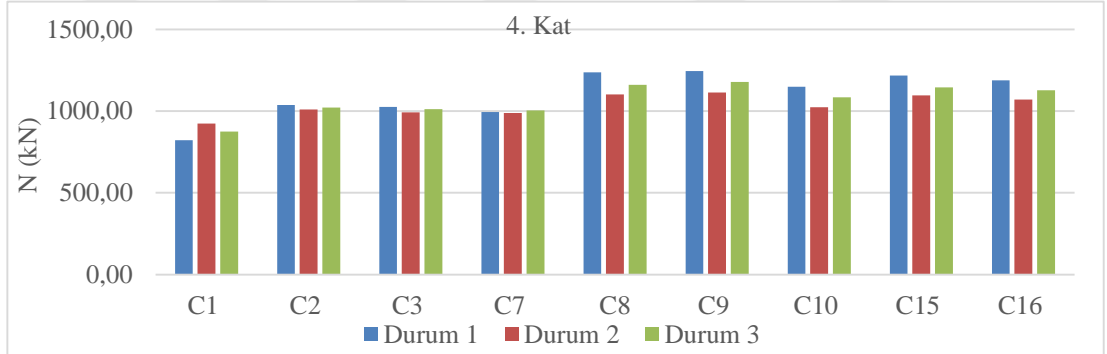


Şekil 10.31 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

Çizelge 10.5 ve Şekil 10.32’de 4. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.5 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

4. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	821,74	1036,99	1025,88	994,78	1236,23	1245,09	1148,17	1218,02	1188,78
Durum 2	924,09	1009,35	992,40	987,73	1101,38	1114,23	1024,07	1095,78	1070,43
Durum 3	874,56	1022,44	1011,74	1004,82	1161,08	1178,10	1084,27	1145,74	1126,76

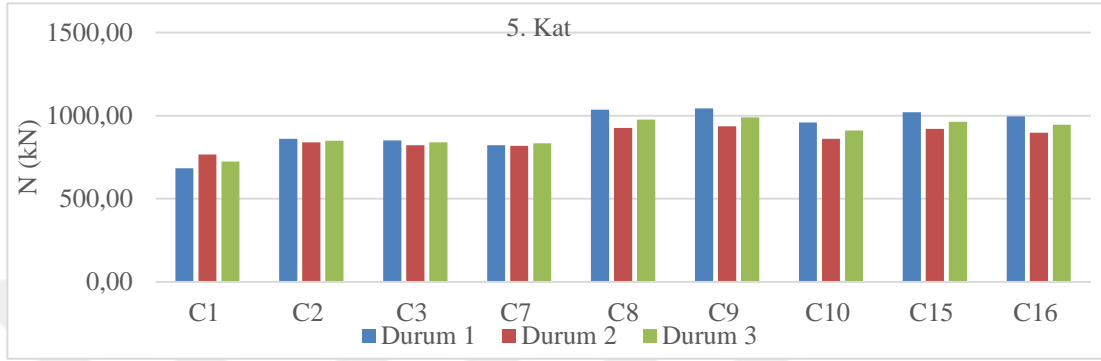


Şekil 10.32 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler

Çizelge 10.6 ve Şekil 10.33’te 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksenal kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.6 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

5. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	682,92	861,51	850,74	823,23	1036,57	1044,83	959,58	1021,50	996,75
Durum 2	765,47	839,35	823,23	818,71	926,46	936,27	860,47	919,94	898,44
Durum 3	724,60	849,63	839,54	833,07	976,47	990,40	910,71	962,60	946,30

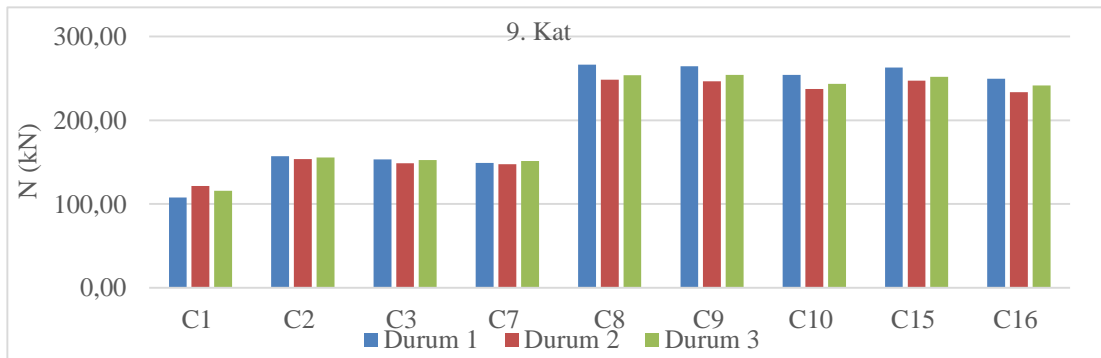


Şekil 10.33 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

Çizelge 10.7 ve Şekil 10.34’te 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.7 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

9. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	107,92	157,16	153,43	148,98	266,27	264,48	254,18	262,81	249,76
Durum 2	121,55	153,83	148,85	147,54	248,56	246,48	237,50	247,44	233,37
Durum 3	115,86	155,48	152,70	151,27	253,73	254,23	243,61	251,86	241,50



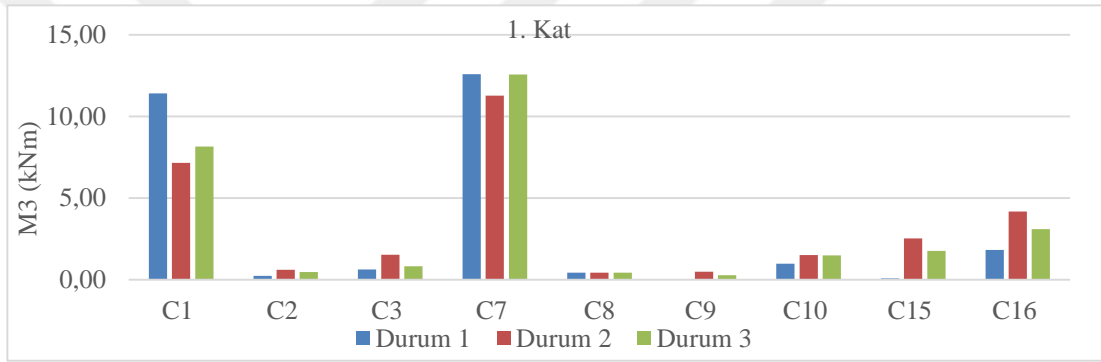
Şekil 10.34 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 9 katlı yapının seçili kolonlarının alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan momentler (X yönü için) yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.8 ve Şekil 10.35'te 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.8 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

1. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	11,42	0,22	0,63	12,59	0,42	0,03	0,97	0,07	1,82
Durum 2	7,16	0,60	1,52	11,27	0,42	0,48	1,50	2,53	4,17
Durum 3	8,15	0,46	0,82	12,56	0,43	0,27	1,48	1,76	3,08

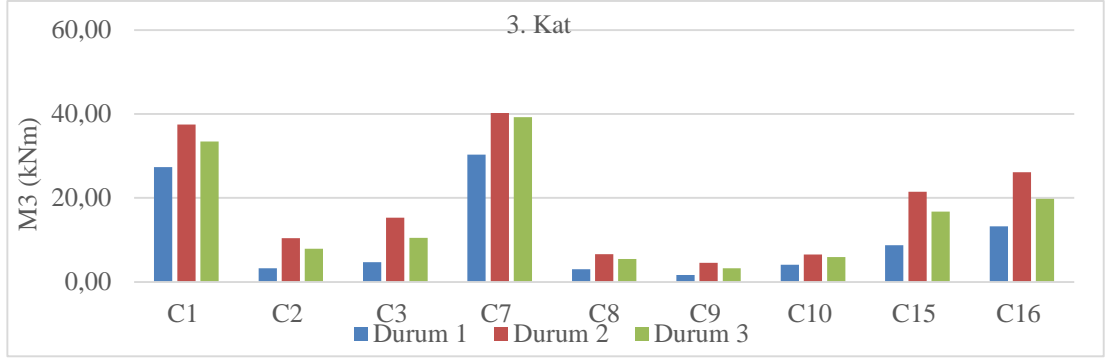


Şekil 10.35 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.9 ve Şekil 10.36'da 3. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.9 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

3. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	27,37	3,28	4,72	30,37	2,99	1,68	4,10	8,74	13,25
Durum 2	37,49	10,41	15,33	40,23	6,59	4,53	6,56	21,47	26,15
Durum 3	33,49	7,90	10,53	39,24	5,48	3,25	5,90	16,72	19,81

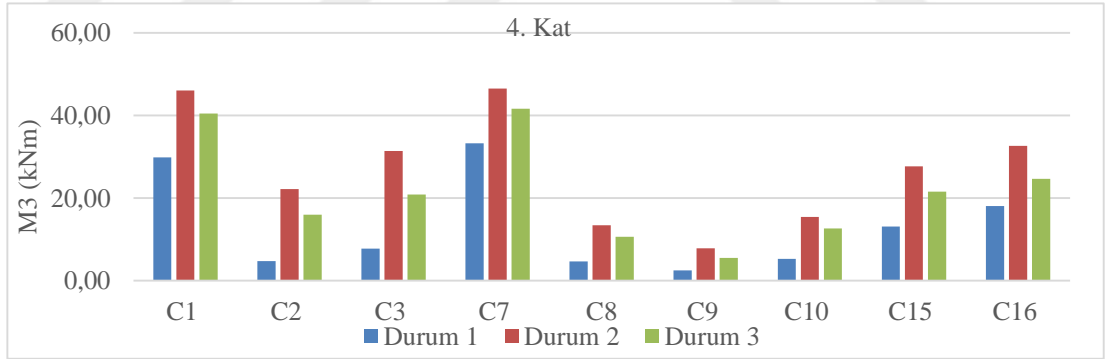


Şekil 10.36 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.10 ve Şekil 10.37’de 4. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.10 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

4. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	29,88	4,75	7,80	33,27	4,69	2,50	5,33	13,08	18,10
Durum 2	46,00	22,19	31,38	46,52	13,46	7,83	15,41	27,68	32,63
Durum 3	40,48	15,97	20,83	41,59	10,65	5,54	12,61	21,57	24,66

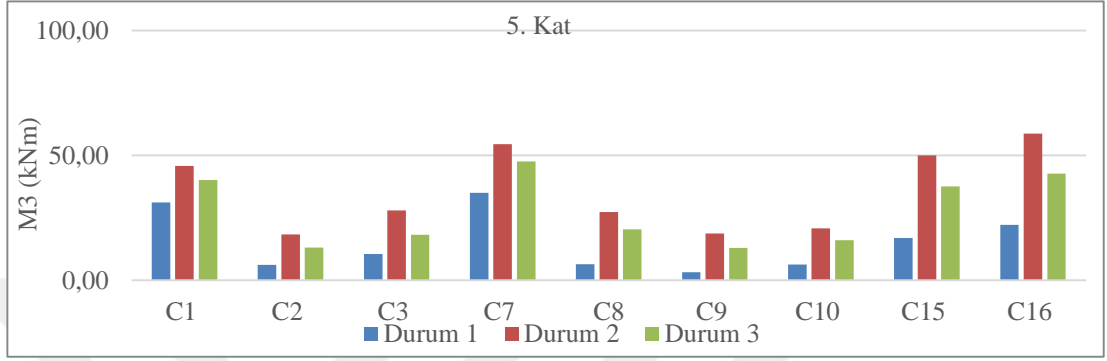


Şekil 10.37 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.11 ve Şekil 10.38’de 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.11 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

5. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	31,26	6,18	10,52	35,04	6,41	3,30	6,38	16,97	22,29
Durum 2	45,79	18,45	28,03	54,53	27,40	18,82	20,87	50,02	58,79
Durum 3	40,24	13,16	18,28	47,67	20,50	13,04	16,07	37,63	42,74

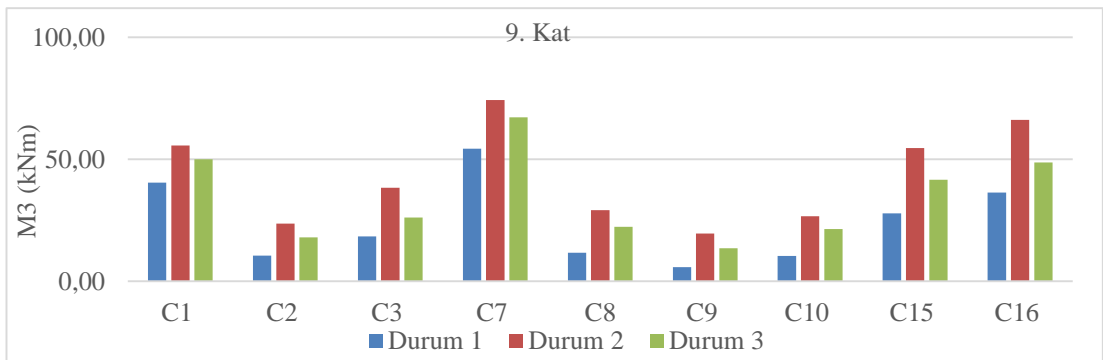


Şekil 10.38 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.12 ve Şekil 10.39'da 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.12 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında meydana gelen momentler (X yönü)

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	40,42	10,57	18,41	54,33	11,67	5,82	10,45	27,83	36,34
Durum 2	55,60	23,65	38,30	74,33	29,12	19,63	26,61	54,67	66,20
Durum 3	50,01	18,01	26,14	67,23	22,29	13,59	21,42	41,66	48,74



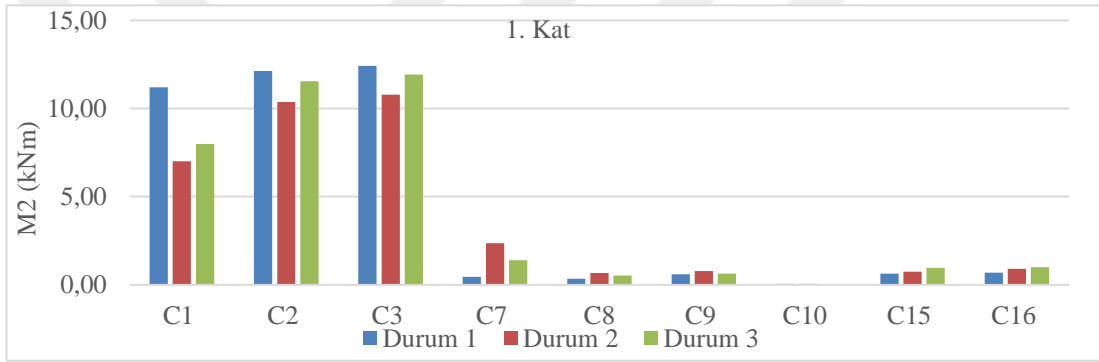
Şekil 10.39 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 9 katlı yapının seçili kolonlarının alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan momentler (Y yönü için) yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.13 ve Şekil 10.40'ta 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.13 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

1. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	11,20	12,12	12,42	0,45	0,33	0,59	0,04	0,64	0,69
Durum 2	7,01	10,36	10,77	2,35	0,66	0,77	0,06	0,75	0,90
Durum 3	7,98	11,54	11,92	1,39	0,52	0,64	0,02	0,96	1,00

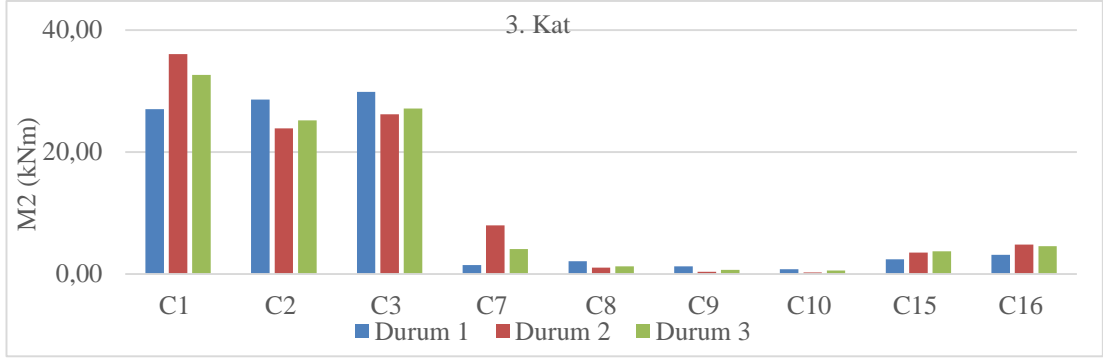


Şekil 10.40 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.14 ve Şekil 10.41'de 3. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.14 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

3. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	27,02	28,60	29,89	1,47	2,08	1,25	0,75	2,42	3,15
Durum 2	36,09	23,90	26,21	7,99	1,02	0,35	0,23	3,50	4,80
Durum 3	32,64	25,18	27,16	4,10	1,23	0,67	0,56	3,75	4,56

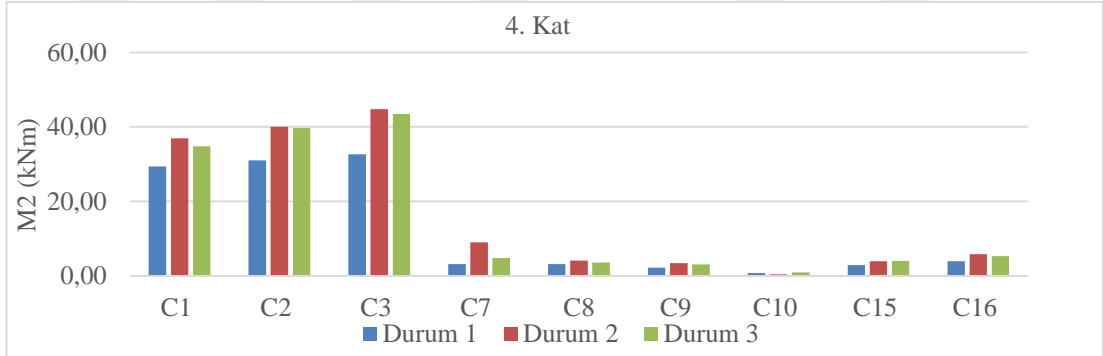


Şekil 10.41 3. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.15 ve Şekil 10.42’de 4. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.15 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

4. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	29,39	31,01	32,68	3,14	3,17	2,22	0,77	2,93	3,98
Durum 2	36,94	40,01	44,74	8,98	4,14	3,44	0,41	3,91	5,84
Durum 3	34,79	39,65	43,46	4,80	3,64	3,09	0,95	4,00	5,31

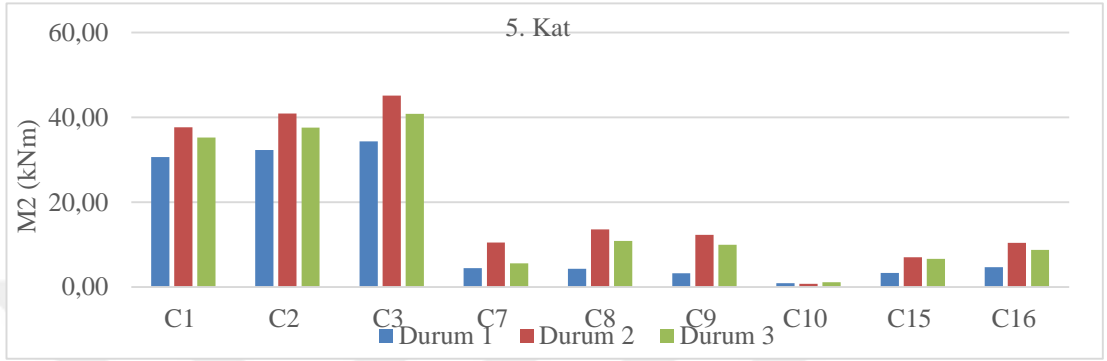


Şekil 10.42 4. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.16 ve Şekil 10.43’te 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.16 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

5. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	30,68	32,36	34,38	4,46	4,32	3,27	0,89	3,37	4,72
Durum 2	37,70	40,93	45,14	10,49	13,61	12,35	0,73	7,02	10,44
Durum 3	35,25	37,60	40,88	5,58	10,87	9,98	1,16	6,62	8,79

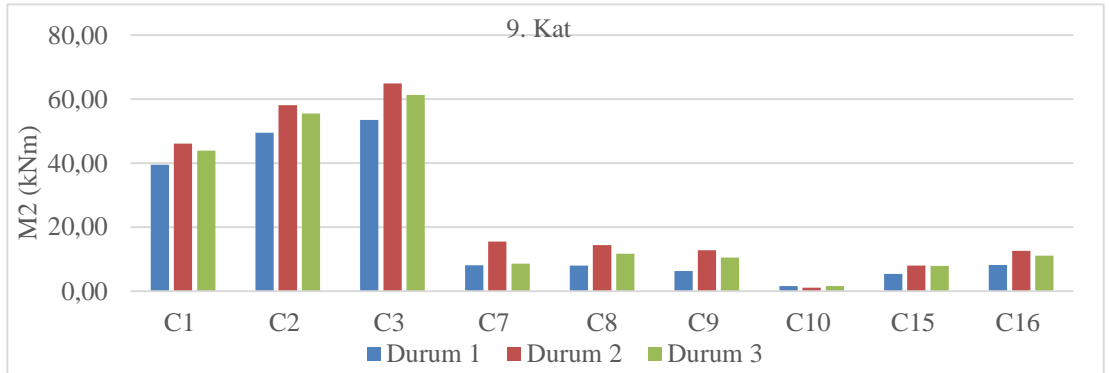


Şekil 10.43 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.17 ve Şekil 10.44'te 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.17 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	39,54	49,53	53,49	8,07	7,92	6,29	1,54	5,38	8,14
Durum 2	46,10	58,08	64,89	15,52	14,33	12,72	1,05	7,97	12,53
Durum 3	43,89	55,48	61,27	8,60	11,69	10,50	1,58	7,84	11,03



Şekil 10.44 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

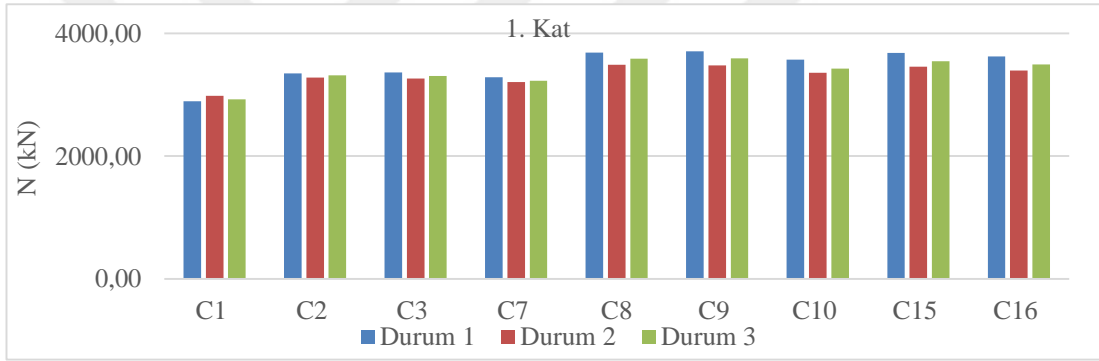
10.2.2. 18 Katlı Yapı

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 18 katlı yapının seçili kolonların alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan eksenel kuvvetler yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.18 ve Şekil 10.45'te 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.18 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

1. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	2893,16	3346,52	3366,59	3285,39	3687,24	3707,51	3573,48	3683,11	3625,81
Durum 2	2985,75	3280,07	3265,55	3206,36	3487,81	3478,39	3357,81	3460,30	3395,11
Durum 3	2923,80	3317,86	3305,60	3229,94	3590,79	3593,03	3425,47	3549,06	3495,83

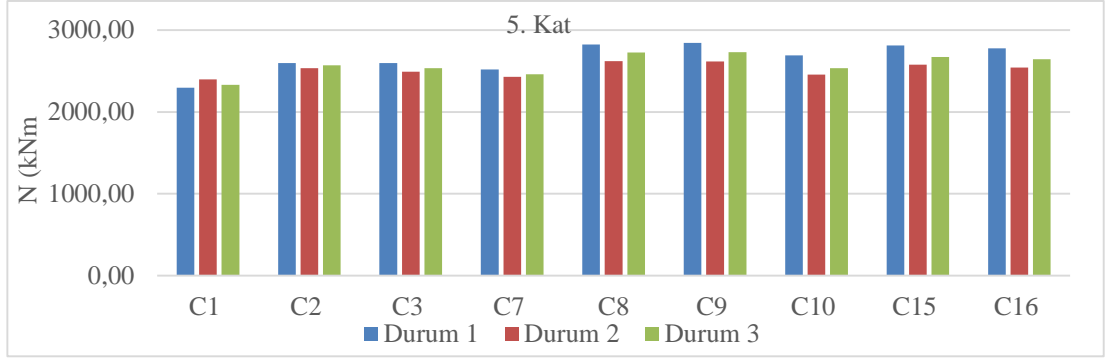


Şekil 10.45 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

Çizelge 10.19 ve Şekil 10.46'da 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.19 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

5. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	2296,48	2596,06	2596,96	2520,70	2823,45	2844,81	2691,79	2812,01	2776,70
Durum 2	2397,05	2535,05	2490,62	2428,59	2622,56	2617,07	2455,40	2579,54	2544,69
Durum 3	2332,93	2570,03	2534,08	2459,17	2724,94	2729,32	2534,53	2672,42	2643,45

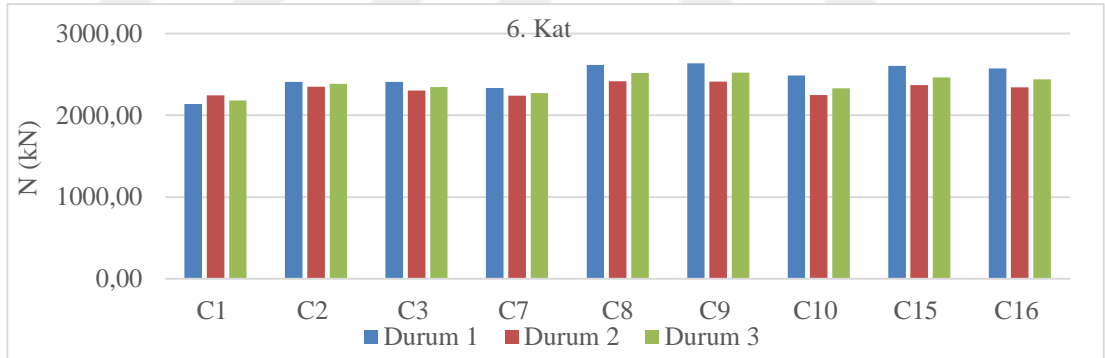


Şekil 10.46 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

Çizelge 10.20 ve Şekil 10.47’de 6. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.20 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

6. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	2139,67	2408,95	2407,35	2334,51	2615,03	2635,55	2486,24	2603,51	2572,15
Durum 2	2243,50	2350,32	2301,05	2238,64	2415,52	2410,52	2247,29	2370,58	2339,62
Durum 3	2178,94	2384,14	2344,82	2271,15	2516,39	2520,79	2328,12	2463,33	2437,80

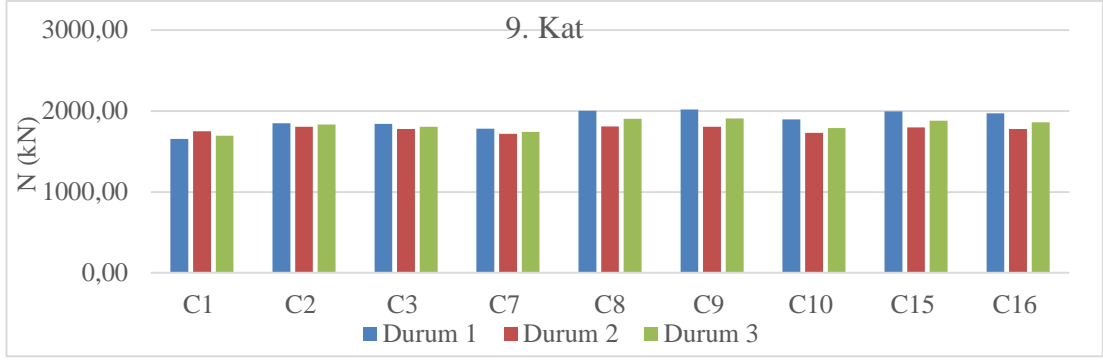


Şekil 10.47 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

Çizelge 10.21 ve Şekil 10.48’de 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.21 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

9. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	1656,19	1848,61	1843,29	1783,75	2003,84	2020,94	1895,11	1994,83	1972,85
Durum 2	1751,94	1806,52	1776,44	1720,55	1809,89	1807,23	1730,36	1799,48	1776,47
Durum 3	1693,87	1833,46	1806,05	1742,67	1905,15	1909,55	1789,10	1879,10	1859,84

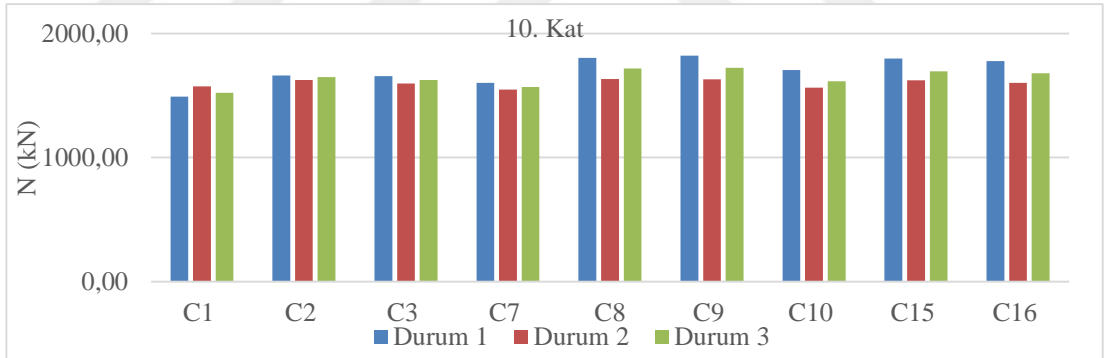


Şekil 10.48 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

Çizelge 10.22 ve Şekil 10.49’de 10. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.22 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

10. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	1491,48	1662,08	1656,51	1602,13	1804,16	1819,96	1705,00	1796,63	1777,10
Durum 2	1573,81	1624,14	1597,30	1548,50	1632,77	1630,28	1563,44	1623,42	1602,92
Durum 3	1522,66	1648,25	1623,77	1567,10	1718,31	1722,31	1614,91	1695,32	1677,86

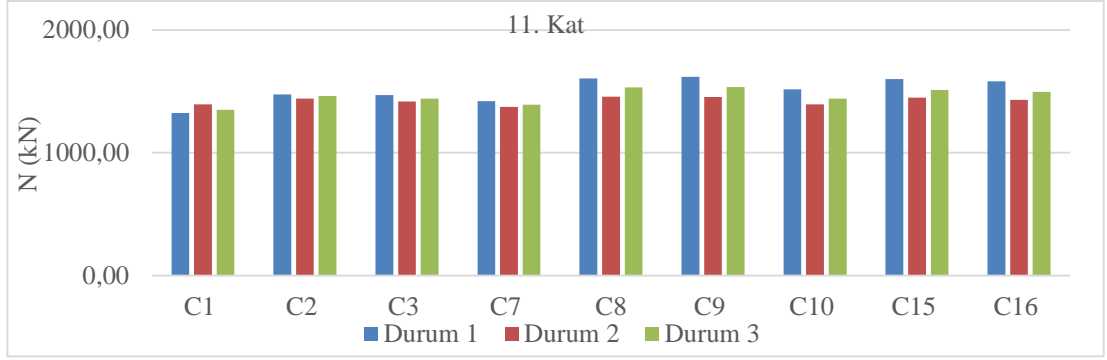


Şekil 10.49 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

Çizelge 10.23 ve Şekil 10.50’de 11. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.23 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan eksenel kuvvetler

11. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	1325,36	1475,62	1470,16	1421,20	1606,23	1620,68	1517,68	1600,39	1583,00
Durum 2	1395,54	1441,37	1417,96	1375,52	1457,12	1455,13	1396,46	1450,02	1431,34
Durum 3	1350,94	1462,96	1441,49	1391,32	1532,56	1536,35	1441,40	1513,27	1497,32

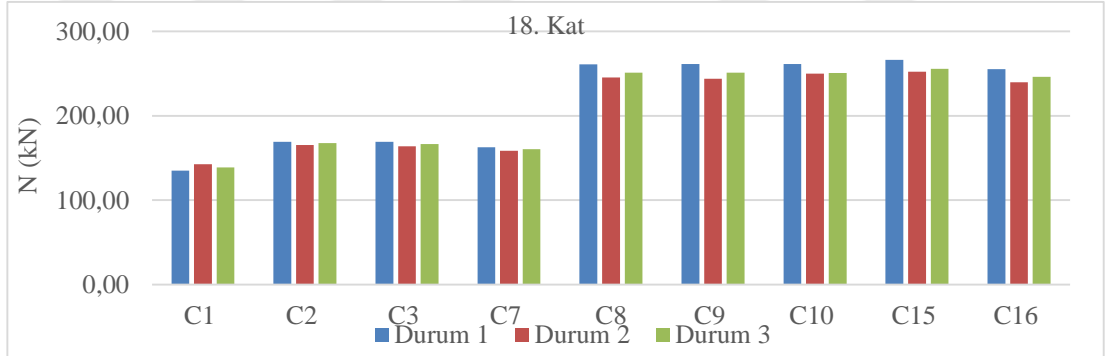


Şekil 10.50 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

Çizelge 10.24 ve Şekil 10.51’de 18. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler verilmiştir.

Çizelge 10.24 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

18. Kat	C1 (kN)	C2 (kN)	C3 (kN)	C7 (kN)	C8 (kN)	C9 (kN)	C10 (kN)	C15 (kN)	C16 (kN)
Durum 1	135,16	169,03	168,94	162,82	260,81	261,26	261,08	266,08	255,22
Durum 2	142,46	165,41	163,97	158,63	245,30	243,67	249,86	252,15	239,66
Durum 3	138,73	167,72	166,63	160,31	251,08	251,04	250,64	255,45	245,99



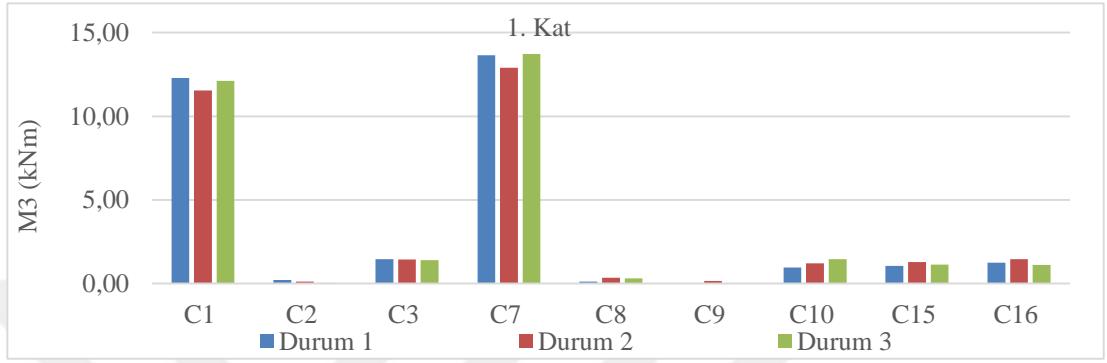
Şekil 10.51 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan aksel kuvvetler

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 18 katlı yapının seçili kolonların alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan momentler (X yönü için) yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.25 ve Şekil 10.52’de 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.25 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

1. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	12,29	0,20	1,44	13,64	0,11	0,00	0,95	1,05	1,23
Durum 2	11,55	0,11	1,43	12,90	0,34	0,14	1,20	1,27	1,44
Durum 3	12,12	0,04	1,40	13,73	0,29	0,01	1,46	1,12	1,11

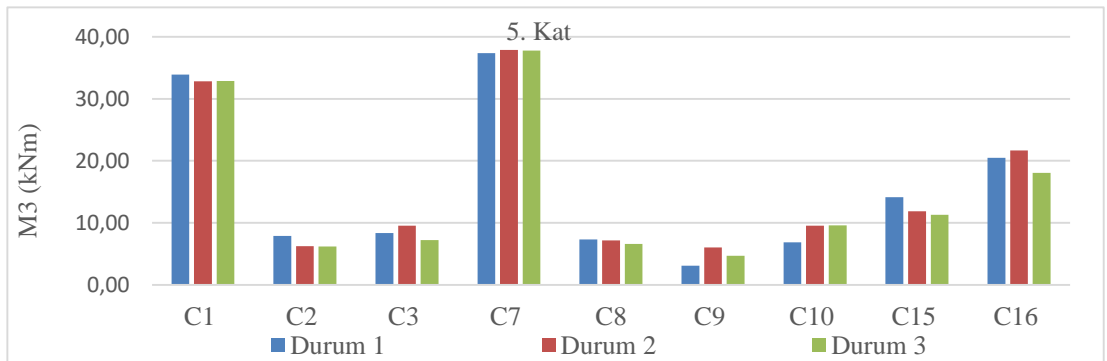


Şekil 10.52 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.26 ve Şekil 10.53'te 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.26 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

5. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	33,91	7,87	8,33	37,35	7,30	3,07	6,84	14,12	20,48
Durum 2	32,81	6,25	9,56	37,87	7,16	6,02	9,54	11,84	21,67
Durum 3	32,88	6,19	7,24	37,76	6,60	4,66	9,56	11,28	18,04

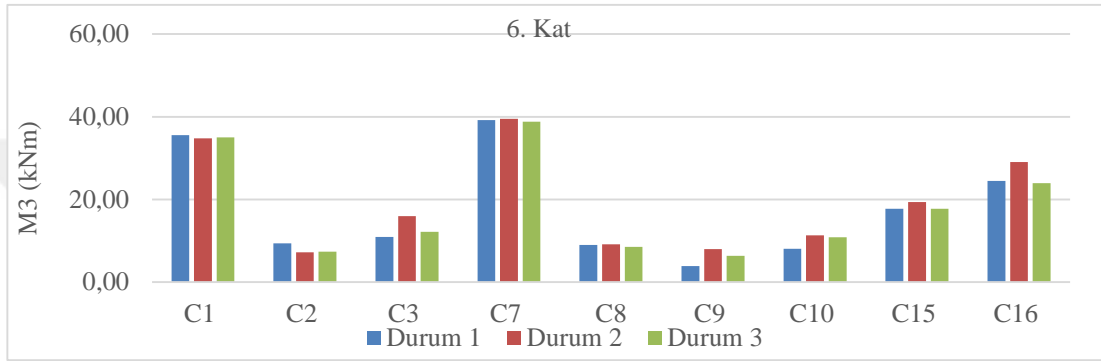


Şekil 10.53 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.27 ve Şekil 10.54'te 6. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.27 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

6. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	35,56	9,40	10,97	39,23	9,02	3,90	8,08	17,74	24,50
Durum 2	34,80	7,25	15,99	39,48	9,13	8,01	11,33	19,36	29,03
Durum 3	35,00	7,36	12,21	38,83	8,53	6,36	10,84	17,76	23,93

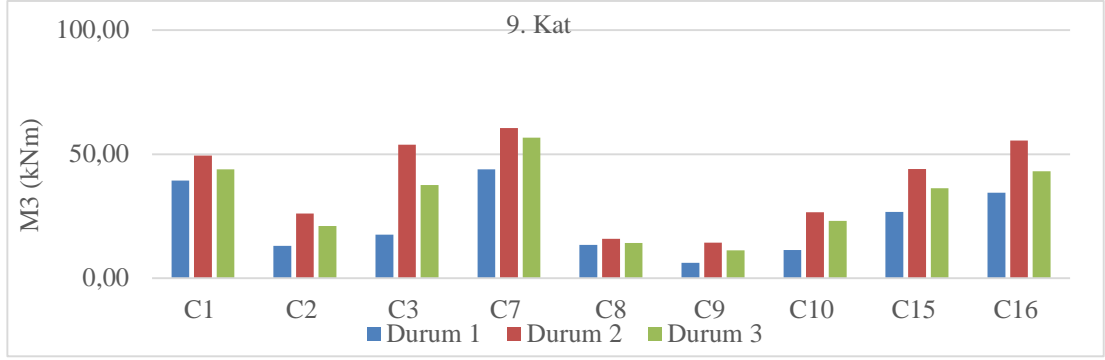


Şekil 10.54 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.28 ve Şekil 10.55'te 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.28 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	39,40	13,10	17,51	43,88	13,48	6,15	11,38	26,72	34,41
Durum 2	49,41	26,13	53,84	60,55	15,91	14,35	26,56	44,05	55,51
Durum 3	43,95	21,10	37,50	56,63	14,26	11,23	23,16	36,26	43,07

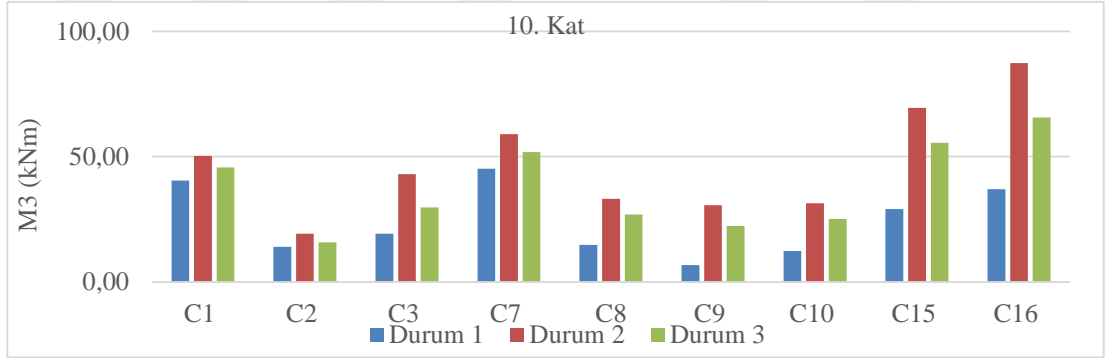


Şekil 10.55 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.29 ve Şekil 10.56’da 10. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.29 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

10. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	40,42	14,07	19,25	45,19	14,73	6,80	12,31	29,14	37,06
Durum 2	50,24	19,26	43,04	59,02	33,19	30,59	31,44	69,48	87,32
Durum 3	45,75	15,84	29,76	51,87	26,89	22,28	25,19	55,52	65,62

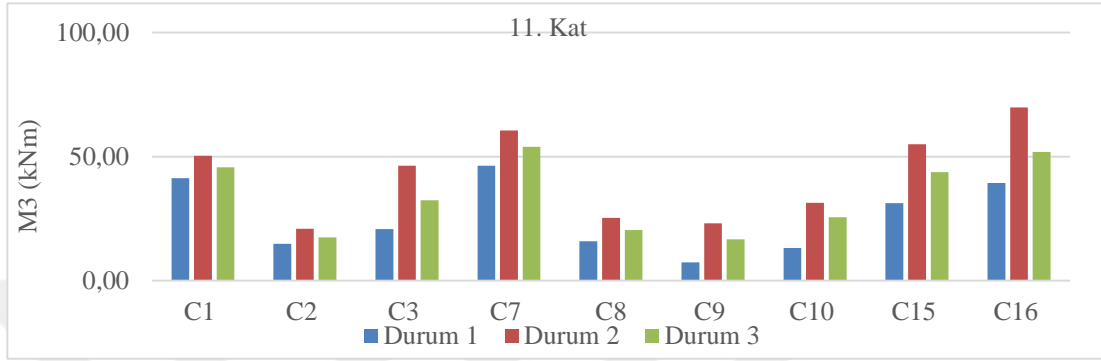


Şekil 10.56 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.30 ve Şekil 10.57’de 11. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.30 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

11. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	41,32	14,92	20,79	46,39	15,89	7,39	13,15	31,29	39,42
Durum 2	50,32	20,95	46,38	60,55	25,29	23,20	31,41	54,98	69,80
Durum 3	45,79	17,46	32,46	53,97	20,47	16,69	25,53	43,75	51,95

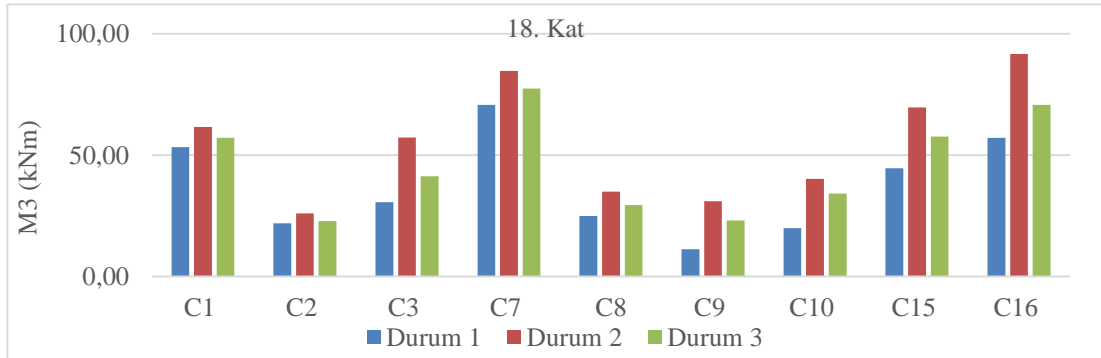


Şekil 10.57 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Çizelge 10.31 ve Şekil 10.58’de 18. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler X yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.31 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

18. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	53,29	21,90	30,61	70,66	24,89	11,27	19,88	44,57	57,18
Durum 2	61,67	26,03	57,21	84,73	34,94	30,96	40,25	69,63	91,68
Durum 3	57,14	22,78	41,26	77,45	29,40	23,16	34,21	57,71	70,73



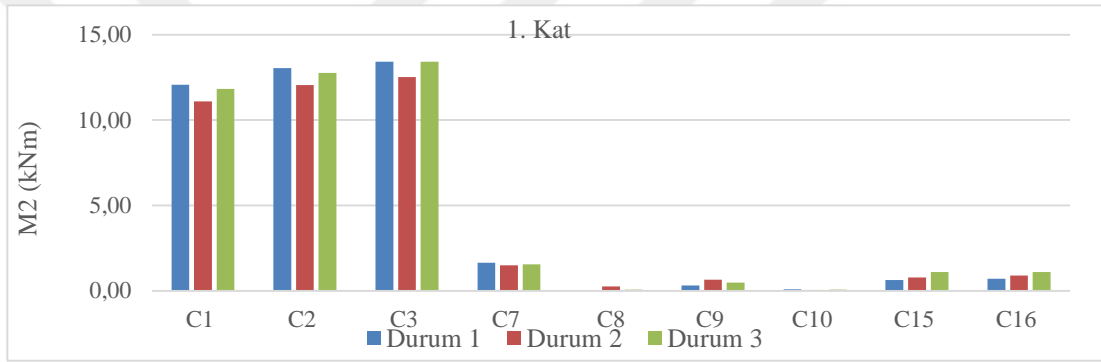
Şekil 10.58 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (X yönü)

Aşağıdaki çizelge ve şekillerde 18 katlı yapının seçili kolonların alt uçlarında zati yüklerden dolayı hesaplanan momentler (Y yönü için) yapının farklı katlarına göre verilmiştir.

Çizelge 10.32 ve Şekil 10.59'da 1. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.32 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

1. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	12,07	13,04	13,42	1,65	0,03	0,32	0,10	0,64	0,71
Durum 2	11,10	12,06	12,52	1,49	0,26	0,66	0,05	0,77	0,89
Durum 3	11,83	12,76	13,43	1,55	0,06	0,48	0,06	1,09	1,11

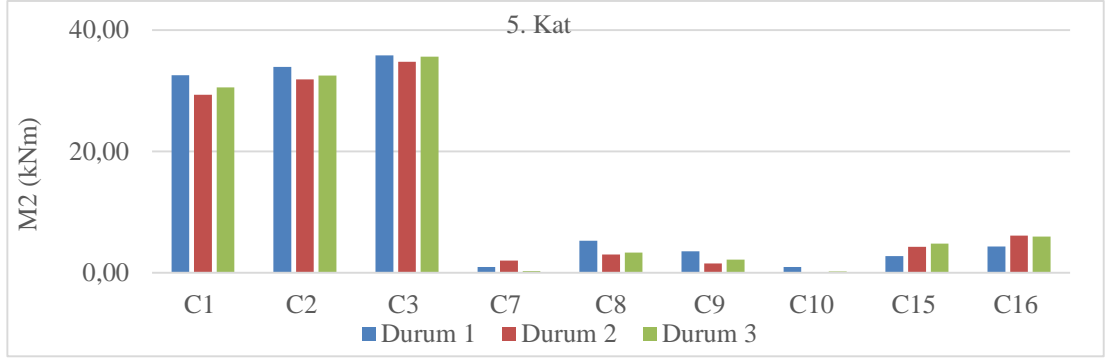


Şekil 10.59 1. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.33 ve Şekil 10.60'da 5. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.33 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

5. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	32,56	33,97	35,82	0,97	5,28	3,57	0,97	2,77	4,33
Durum 2	29,36	31,89	34,78	2,03	3,01	1,56	0,05	4,28	6,11
Durum 3	30,57	32,55	35,63	0,31	3,34	2,16	0,24	4,82	5,99

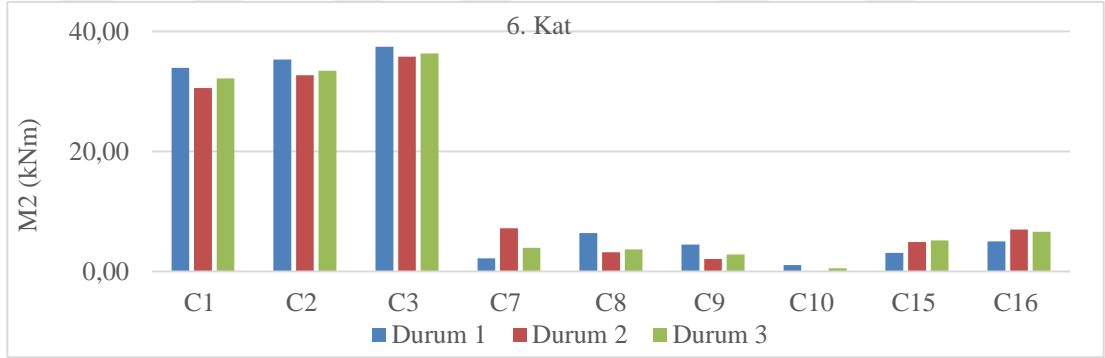


Şekil 10.60 5. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.34 ve Şekil 10.61’de 6. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.34 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

6. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	33,89	35,27	37,42	2,16	6,35	4,47	1,01	3,09	4,97
Durum 2	30,54	32,66	35,78	7,17	3,16	2,04	0,03	4,86	6,99
Durum 3	32,15	33,40	36,33	3,93	3,64	2,83	0,52	5,16	6,58

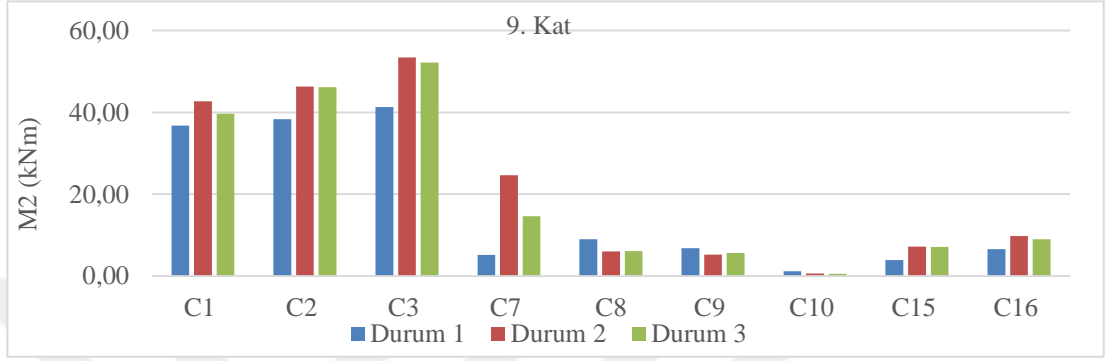


Şekil 10.61 6. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.35 ve Şekil 10.61’de 9. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.35 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	36,81	38,34	41,29	5,19	9,01	6,78	1,15	3,88	6,59
Durum 2	42,73	46,37	53,49	24,63	5,99	5,25	0,62	7,16	9,82
Durum 3	39,65	46,21	52,19	14,64	6,13	5,63	0,55	7,14	9,00

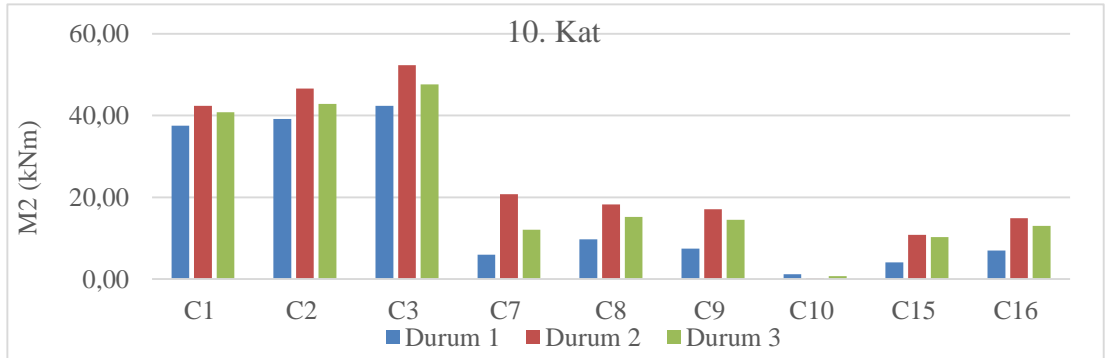


Şekil 10.62 9. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y Yönü)

Çizelge 10.36 ve Şekil 10.63'te 10. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.36 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

10. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	37,55	39,19	42,37	6,01	9,75	7,44	1,20	4,10	7,02
Durum 2	42,39	46,59	52,33	20,74	18,25	17,10	0,15	10,85	14,89
Durum 3	40,82	42,85	47,64	12,12	15,21	14,50	0,73	10,28	13,03

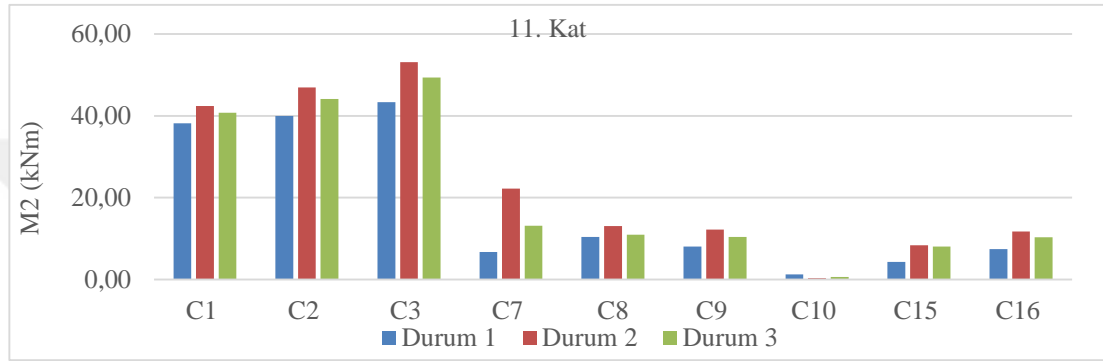


Şekil 10.63 10. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.37 ve Şekil 10.64'te 11. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.37 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

11. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	38,19	39,97	43,37	6,73	10,43	8,05	1,24	4,28	7,41
Durum 2	42,42	46,92	53,18	22,24	13,10	12,17	0,33	8,37	11,73
Durum 3	40,79	44,13	49,37	13,14	10,93	10,38	0,64	8,06	10,31

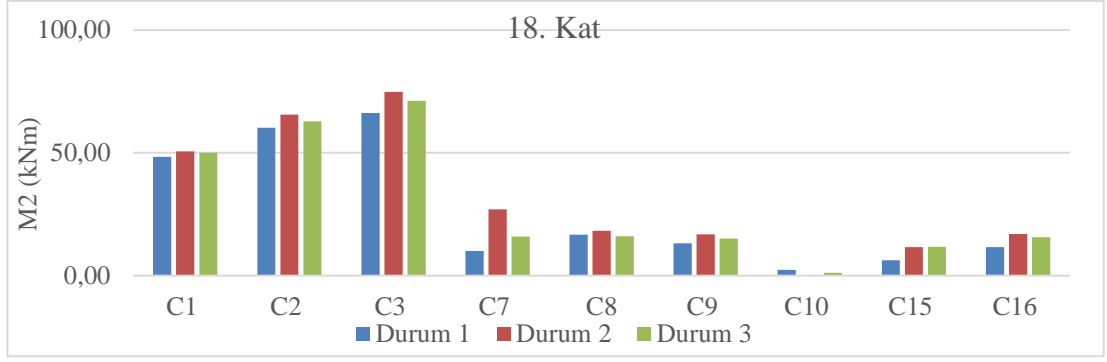


Şekil 10.64 11. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

Çizelge 10.38 ve Şekil 10.65'te 10. katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler Y yönü için verilmiştir.

Çizelge 10.38 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)

18. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 1	48,39	60,19	66,18	9,96	16,61	13,16	2,27	6,28	11,53
Durum 2	50,61	65,56	74,79	26,93	18,19	16,74	0,00	11,55	16,86
Durum 3	50,00	62,88	71,16	15,93	16,04	15,03	1,08	11,66	15,56



Şekil 10.65 18. Katta bulunan kolonların alt uçlarında hesaplanan momentler (Y yönü)



11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Her iki deprem yönetmeliğine göre yapılan analiz sonuçlarına göre 2019 Deprem Yönetmeliğinde etkin kesit rijitliklerinin hesaba katılması sebebiyle yapı periyotlarında artışlar meydana gelmiş ve yapılar daha sünek bir davranış göstermiştir. 2007 ve 2019 Deprem Yönetmeliklerinin yatay elastik tasarım spektrumları kıyaslandığında 2019 Deprem Yönetmeliğinin tepe spektral ivme değerleri daha yüksek olmasına rağmen önceki bölümde açıklandığı üzere yapı periyodundaki artıştan dolayı 9 katlı yapıda deprem yükleri 2007 ve 2019 Yönetmeliklerine göre birbirine çok yakın çıkmıştır. 18 katlı yapıda ise 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanan deprem yükleri TBDY 2019'a göre daha yüksek hesaplanmıştır. TBDY 2019'da deprem yüklerinin artmasına sebep olan en önemli etken perde yerleşiminden dolayı yönetmelik binayı cezalandırarak deprem yüklerinin artmasına sebep olmuştur.

2019 Deprem Yönetmeliği deprem yüklerini tek bir perdeden ziyade birçok perdeye yaymaya çalışırken, yapıların dış cephelerini de daha rijit bir şekilde tasarlaması için tasarımcıyı uyguladığı cezalarla teşvik etmektedir. Perdelerin aldığı kesme ve devrilme momentlerine göz atarsak ise perdelerin aldığı kesme kuvvetleri ile devrilme momentleri arasında bir yakınlık bu örnekte bulunmamaktadır. Bu örnekte perdeler aldıkları yüksek kesme kuvvetlerine nazaran daha küçük devrilme momentleri taşımaktadırlar. Özellikle 18 katlı yapıda her iki titreşim periyodu yönü içinde hesaplanan devrilme momentleri %45'in altındadır. Bu sebeple de bu kat planına sahip ve $BYS=2$ olan bir yapının tasarımı 2007 deprem yönetmeliğine göre yapılabilecekken 2019 deprem yönetmeliği buna izin vermeyecektir.

9 katlı yapının katlarında deprem yüklerinden meydana gelen deplasmanlar incelendiğinde 9 katlı yapıda eşdeğer deprem yükünden dolayı meydana gelen deplasmanlar X yönünde yaklaşık olarak 2,14 katı kadar Y yönünde de yaklaşık olarak 2,01 katı kadar 2019 deprem yönetmeliğinde daha fazla hesaplanmıştır. Mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deplasmanlar ise X yönünde 2,03 katı kadar iken Y yönünde de 1,81 katı kadar 2019 deprem yönetmeliğinde daha fazla hesaplanmıştır. 18 katlı yapıda meydana gelen deplasmanlara baktığımızda da eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönünde 1,81 katı kadar Y yönünde de 1,84 katı kadar 2019 deprem yönetmeliğinde daha fazla hesaplanmıştır. Mod birleştirme yöntemine göre hesaplanan deplasmanlar ise X

yönünde 1,80 katı kadar iken Y yönünde de 1,62 katı kadar 2019 deprem yönetmeliğinde daha fazla hesaplanmıştır. Deplasmanların TBDY 2019'a göre hesapta daha fazla çıkmasının en büyük sebebi hiç kuşkusuz taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitlikleri katsayıları değiştirildiğinden yapıların rijitliğinin düşmesidir.

Eşdeğer deprem yüküne ve mod birleştirme yöntemlerine göre hesaplanan kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında 9 katlı yapıda DBYYHY 2007'ye göre analizde X ve Y deprem yönlerinde sırasıyla %20-%10'luk bir fark çıkarken TBDY 2019'a göre yapılan analizde X ve Y deprem yönlerinde sırasıyla %16-%10'luk bir fark ile eşdeğer deprem yüküne göre hesapta daha fazla kesme kuvveti hesaplanmıştır. 18 katlı yapıda ise DBYYHY 2007'ye göre analizde X ve Y deprem yönlerinde sırasıyla %20-%10'luk bir fark çıkarken TBDY 2019'a göre yapılan analizde X ve Y deprem yönlerinde sırasıyla %7-%10'luk bir fark ile eşdeğer deprem yüküne göre hesapta daha fazla kesme kuvvetleri hesaplanmıştır.

Zemin kattaki kolonların alt uçlarında hesaplanan değerlere baktığımızda ise;

Şekil 10.8 ve Şekil 10.9'da mod birleştirme yöntemiyle hesaplanan deprem yüklerinin seçili kolonlarda oluşturduğu momentler verilmiştir. +%5 ek dışmerkezlilik etkisi ile binaya uygulanan kuvvetler neticesinde seçili kolonlarda X yönünde yaklaşık olarak %26-%33, Y yönünde de %10-%18'lik bir farkla 2019 deprem yönetmeliğine göre çözümde daha büyük momentler hesaplanmıştır.

Şekil 10.10, Şekil 10.11 ve Şekil 10.12'de G+Q'lu depremlı yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak hesaplanan momentlerde de X yönünde yaklaşık olarak %22-%32, Y yönünde de %9-%20'lik bir fark çıkmıştır. Eksenel kuvvetlerde ise yaklaşık olarak %6-%30'luk bir fark hesaplanmıştır.

Şekil 10.13, Şekil 10.14 ve Şekil 10.15'te 0,9G'li depremlı yük birleşimlerinin zarf eğriler kullanılarak hesaplanan moment değerlerinde X yönünde yaklaşık olarak %24-%29, Y yönünde ise %10-%16 arasında bir farkla 2019 deprem yönetmeliğinde daha büyük momentler hesaplanmıştır. Eksenel kuvvetlerde ise yaklaşık olarak %16-%29 bir fark ile 2007 deprem yönetmeliğinde daha yüksek eksenel kuvvet değerleri hesaplanmıştır.

Şekil 10.22 ve Şekil 10.23'te mod birleştirme yöntemiyle bulunan deprem yüklerinin seçili kolonlarda oluşturduğu momentler verilmiştir. +%5 ek dışmerkezlilik etkisi ile binaya uygulanan kuvvetler neticesinde seçili kolonlarda X yönünde yaklaşık olarak

%17-%22, Y yönünde de %4-%8'lik bir farkla 2019 deprem yönetmeliğine göre çözümde daha büyük momentler hesaplanmıştır.

Şekil 10.24, Şekil 10.25 ve Şekil 10.26'da G+Q'lu depremlı yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak hesaplanan momentlerde de X yönünde yaklaşık olarak %16-%22, Y yönünde de %3-%10'luk bir fark çıkmıştır. Eksenel kuvvetlerde ise yaklaşık olarak %0-%32'lik bir fark hesaplanmıştır.

Şekil 10.27, Şekil 10.28 ve Şekil 10.29'da 0,9G'li depremlı yük birleşimlerinin zarf eğrileri kullanılarak hesaplanan moment değerlerinde de X yönünde yaklaşık olarak %17-%20, Y yönünde ise %4-%8 arasında bir farkla 2019 Deprem Yönetmeliğinde daha büyük momentler hesaplanmıştır. Eksenel kuvvetlerde ise yaklaşık olarak %15-%29 bir fark ile 2007 deprem yönetmeliğinde daha yüksek eksenel kuvvet değerleri hesaplanmıştır.

Yük birleşimlerinden elde edilen sonuçlar gösteriyor ki 2019 deprem yönetmeliğinde düşey deprem etkisinin dâhil edilmesiyle G+Q'lu yük birleşimlerinde eksenel kuvvetler artarken 0,9G'li yük birleşimlerinde hesaplanan eksenel kuvvetler düşmektedir. Özellikle 0,9G'li yük birleşimlerinden okunan moment değerlerinin yüksek, eksenel kuvvetlerin düşük olması sebebiyle kolonların daha fazla zorlanacağı aşikârdır.

Sınırlı sayıda çözümlenmeden elde edilen değerler göz önüne alınarak kolonların alt uçlarındaki düğüm noktalarından elde edilen sonuçlar incelendiği zaman eksenel kuvvet ve moment değerlerinin farklı desenlere sahip olduğu görülmektedir. Eksenel kuvvetler için alınan sonuçlar incelendiğinde genel durum olarak her iki yapıda da çatlamış kiriş kesitine sahip durumda okunan sonuçlar çatlamamış kiriş kesitine sahip durumda okunan sonuçlardan daha büyük çıkarken en yüksek değerler eğilme rijitlikleri değiştirilmemiş durumda okunan değerlerdir. Eksenel kuvvetler incelendiğinde diğer kolonlara nazaran tek istisna olarak C1 kolonu gözükmektedir. Bu kolon eksenel yük seviyesi bakımından en düşük yüke sahip kolon olduğundan diğer kolonlara nazaran elastisite modülü daha az değişmiştir. 9 Katlı yapıda zemin kattaki kolonların alt uçlarında taşıyıcı elemanların zati yüklerinden dolayı hesaplanan moment değerleri incelendiği zaman, X yönü için C2, C3, C9, C10, C15, C16 kolonlarında çatlamamış kiriş kesiti olan durumda (Durum 2) çatlamış kiriş kesiti olan duruma göre (Durum 3) daha yüksek moment değerleri hesaplanmıştır. C1, C7 ve C8 kolonlarında ise tersi durum söz konusudur. Y yönü için ise C1, C2, C3,

C15, C16 kolonlarında çatlamış kiriş kesitine sahip durumda (Durum 3) çatlamamış kiriş kesiti olan duruma göre (Durum 2) daha yüksek momentler hesaplanmıştır. C7, C8, C9 ve C10 içinde tersi durum söz konudur. Fakat hesaplanan her iki yön içinde 9. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen momentler incelendiğinde çatlamamış kiriş kesitine sahip durumda hesaplanan momentler diğer iki durumda hesaplanan momentlere göre C10 kolonu hariç daha yüksek çıktığı görülmüştür. Aşağıdaki tablolarda Durum 2 ve Durum 3'ün Durum 1'e göre kıyasla yüzde farkları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 11.1 9. Katta X yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 2	137,57%	223,76%	208,04%	136,82%	249,46%	337,45%	254,73%	196,40%	182,17%
Durum 3	123,72%	170,40%	141,99%	123,74%	190,98%	233,72%	205,01%	149,66%	134,13%

Çizelge 11.2 9. Katta Y yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar

9. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 2	116,60%	117,27%	121,32%	192,29%	180,94%	202,19%	68,19%	148,22%	153,93%
Durum 3	111,01%	112,01%	114,55%	106,60%	147,60%	166,90%	102,69%	145,70%	135,47%

18 katlı yapı için yapılan çözümlenmelerde zemin kattaki kolonlarda hesaplanan moment değerleri incelendiği zaman, X yönü için C2, C3, C8, C9, C15, C16 kolonlarında çatlamamış kiriş kesiti olan durumda (Durum 2) çatlamış kiriş kesiti olan duruma göre (Durum 3) daha yüksek moment değerleri hesaplanmıştır. C1, C7 ve C10 kolonlarında ise tersi durum söz konusudur. Y yönü için ise C1, C2, C3, C7, C10, C15, C16 kolonlarında çatlamış kiriş kesitine sahip durumda (Durum 3) çatlamamış kiriş kesiti olan duruma göre (Durum 2) daha yüksek momentler hesaplanmıştır. C8 ve C9 içinde tersi durum söz konudur. Fakat hesaplanan her iki yön içinde 18. kattaki kolonların alt uçlarında meydana gelen momentler incelendiğinde çatlamamış kiriş kesitine sahip durumda hesaplanan momentler diğer iki durumda hesaplanan momentlere göre C10 kolonu hariç daha yüksek çıktığı görülmüştür. Aşağıdaki tablolarda Durum 2 ve Durum 3'ün Durum 1'e göre kıyasla yüzde farkları X ve Y yönleri için verilmiştir.

Çizelge 11.3 18. Katta X yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar

18. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 2	115,72%	118,86%	186,89%	119,92%	140,38%	274,70%	202,40%	156,22%	160,33%
Durum 3	107,24%	104,03%	134,80%	109,62%	118,15%	205,45%	172,03%	129,48%	123,70%

Çizelge 11.4 18. Katta Y yönü için durum 1'e göre hesaplanan farklar

18. Kat	C1 (kNm)	C2 (kNm)	C3 (kNm)	C7 (kNm)	C8 (kNm)	C9 (kNm)	C10 (kNm)	C15 (kNm)	C16 (kNm)
Durum 2	104,59%	108,91%	113,01%	270,30%	109,50%	127,18%	0,04%	183,84%	146,25%
Durum 3	103,33%	104,47%	107,52%	159,86%	96,55%	114,23%	47,40%	185,60%	134,95%

Her iki yapı içinde üst katlardaki moment değerlerinde artışlar görülmesinin sebebi olarak üst katlardaki kolonların aksel yük seviyelerinin düşük olması nedeniyle elastisite modüllerinin sabit kalması ve bu sebeple rijitliklerinin alt kattaki komşu kolonlardan daha yüksek olması gösterilebilir.

Kirişlerde 9 katlı yapıda eğilme rijitliklerinin tüm katlarda aynı alındığı çözüm ile (Durum 1), kirişlerin çatlamış kesit alındığı çözüm (Durum 3) arasında kiriş açıklık momentleri kıyaslandığında önemli mertebe farklılıklarına rastlanmamıştır. Kirişlerin eğilme momentlerinin sabit alındığı (Durum 2) çözümde ise kirişlerde daha büyük momentlere hesaplandığı görülmüştür. Fakat düşük aksel yük seviyesinden dolayı elastisite modülleri değiştirilmeyen perde ve kolonlara sapanan kirişlerde (Durum 2 ve Durum 3) ise düğüm noktalarında moment yığılmaları meydana geldiği görülmüştür. 18 katlı yapıda da kirişler için benzer sonuçlar elde edilmiştir.

2019 deprem yönetmeliğinde G ve Q düşey yükler ve E deprem etkisinin ortak etkisi altında hesaplanan aksel basınç kuvveti, $A_c \geq N_{dm} / (0,40 f_{ck})$, koşulu ile birlikte 2007 deprem yönetmeliğine kıyasla yüksek aksel kuvvete maruz kolonların boyutlarının büyük tutulmaya çalışıldığı yorumu TBDY 2019 için yapılabilir. Depreme göre hesapta görmüş olduğumuz üzere G+Q'lu yük birleşimlerinde düşey deprem etkisi ile birlikte kolonların aksel yükleri 2019 deprem yönetmeliğinde daha büyük çıkmaktaydı. Aynı zamanda da 2007 deprem yönetmeliğinde kolonların en büyük aksel kuvvet taşıma koşulu 0,5 ile bölüdüğü için kolonların boyutları daha küçük tutulabiliyordu. Bölüm 3'te açıklandığı üzere kolon boyutlarının büyümesi sünmeye yardımcı olmaktadır. Bu sebeple de 2019 deprem yönetmeliği güncellemiş olduğu bu koşul ile birlikte yapıyı sünme etkilerinden 2007 deprem yönetmeliğine nazaran daha fazla korumaktadır.

2019 deprem yönetmeliğine göre yapılan analizleri iyileştirmek adına 9 ve 18 katlı yapılardaki perde yerleşimi değiştirilerek kenar akslarda bulunan perdelerin daha fazla devrilme momenti aldirmaya zorlamak, yapıda hesaplanan deprem yüklerinin azalmasına yol açabilir.

Yük geçmişine bağlı kesit tesirleri incelendiğinde yapının kolonlarındaki momentlerin üst katlara doğru artması ve yapıdaki taşıyıcı elemanların rijitlikleri değiştiğinden kesit tesirlerinin tüm katlarda sürekli olarak değiştiği saptanmıştır. Bu bağlamda tasarımından inşasına kadar onlarca hatta bazı durumlarda yüzlerce kişinin çalıştığı yapılarda kalite kontrolünü sağlamak çok zordur. Özellikle tasarım aşamasında yani yapım aşamaları içerisinde en kontrollü kabul edilebilecek bu aşamada bile tasarımcının yapmak istediği bina ile inşaatı tamamlanan binanın davranışları betonun zamana bağlı deformasyonundan dolayı değişmektedir. Bu durumu engellemek içinde depresiz yük birleşimlerinde de eğilme rijitliğinin farklı taşıyıcı elemanlarda sabit bir değer alınmayarak yapı davranışını en iyi şekilde temsil edecek bir değer alınması daha sağlıklı bir yapı tasarımına yol açacaktır.

KAYNAKÇA

- ABYYHY 1968, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskân Bakanlığı, 1968.
- ABYYHY 1975, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskân Bakanlığı, 1975.
- ABYYHY 1998, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, İmar ve İskân Bakanlığı, 1998.
- ACI Committee 116. (116R-90). (1994). *Cement and Concrete Terminology, ACI Manual of Concrete Practice, Part I*.
- AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması, Erişim adresi: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml>.
- Alyamaç, E, K., & Erdoğan, S, A. (2005). Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye,, Mart 23-25..
- Ates, Ç., & Çimen, Ş. (2019). Betonun Elastisite Modülünün Deneysel Olarak Hesaplanmasın Deprem Performansına Etkileri, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 1004-1018.
- Can, H. (1987) Betonarme Çerçevelerde Yük Geçmişi ve Zamana Bağlı Moment Değişimleri, 3. *Yapı Mekaniği Semineri, ODTÜ-Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir, 11-12, Haziran.
- Can, H. (1988). Çerçeve ve Boşluklu Perdelerden Oluşan Yatay Yük Etkisindeki Betonarme Yapılarda Yük Geçmişi ve Zamana Bağlı Moment Değişimleri, *Ülkemizin Kalkınmasında Mühendisliğin Rolü Sempozyumu, Yıldız Üniversitesi Müh. Fakültesi*, İstanbul, 20-24 Haziran.
- Celep, Z. (2018). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, Beta Yayınları, İstanbul.
- DBYYHY 2007, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007.
- Elçi, H., & Terzi, M. (2005). Betonarme Yapılarda Sünmenin Kesit Tesirlerine Etkisi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt:7, Sayı: 1, 43-63.
- Erdoğan, Y, T. (2015). Beton (5. Bs), Ödtü Yayıncılık, Çankaya, Ankara.
- Ergünay O. (1976). Earthquake Zoning Map of Turkey, Proc, *Seminar on Seismic Zoning Map*, Vol.1, 359-370, UNESCO.
- Ersoy, U. (1985). Betonarme Temel İlkeleri ve Taşıma Gücü Hesabı, Bizi Büro Basımevi, Ankara.
- Ersoy, U., & Özcebe, G. (2017). Betonarme Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap (7. Bs), Evrim Yayınevi, Ataşehir, İstanbul.
- Ersoy, U., Özcebe, G., & Canbay, E. (2019). Betonarme Davranış ve Hesap İlkeleri (9. Bs). Cilt 1, Evrim Yayınevi, Ataşehir, İstanbul.

- ETABS 2017, Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems, Computer and Structures Inc, California, 2017
- Felekoğlu, B., & Türkel, S. (2004). Yükleme Hızının Beton Basınç Dayanımına ve Elastisite Modülüne Etkisi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1), 65-75.
- Fernández Ruiz, M., Muttoni, A. & Gambarova, P. G. (2007). Relationship between nonlinear creep and cracking of concrete under uniaxial compression, Journal of Advanced Concrete Technology, 5(3), 383-393.
- Fouré, B. (1985). Long-term strength of concrete under sustained loading. Report. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics, No. 431, Paris, France, 45-64.
- Gülkan, P., & Ergünay, O. (2018). Earthquake Engineering in Turkey, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, October 12-17.
- İlki, A., & Celep, Z. (2012). Earthquakes, Existing Buildings and Seismic Design Codes in Turkey, Arabian Journal for Science and Engineering, Vol:37, No:2, 365-380.
- Kumbasar, N. (2015). Betonarme Kesitlerin Eğilme Rijitliği, İMO Teknik Dergi, 443, 7265-7278.
- Mindess, S., Young, F. J., & Darwin, D. (2003). Concrete (2. Bs), Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Neville, A. M. (1966). Current Problems Regarding Concrete Under Sustained Loading, IABSE Publications, 26, 337-343.
- Neville, A. M. (1981). Properties of Concrete, Longman Scientific & Technical, England.
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (1987). Concrete Technology, Longman Scientific & Technical, John Wiley & Sons Inc, New York, U.S.A.
- Otani, S. (2008). The Dawn of Structural Earthquake Engineering in Japan. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, October 12-17.
- Ozbolt, J., & Reinhardt, H. (2001). "Sustained Loading Strength of Concrete Modelled by Creep-Cracking Interaction, Otto-Graf- Journal, 12, 9-19.
- Özmen, B. (2012). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Tarihsel Gelişimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt:55, Sayı:01, 43-55.
- Öztürk H., Demir, A., Dok, G., & Güç, H. (2017). Betonarme Kolonların Etkin Kesit Rijitlikleri Üzerine Yönetmeliklerin Yaklaşımı, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eskişehir, Türkiye, Ekim 11-13.
- Pampal, S., & Özmen, B. (2007). Türkiye Deprem Bölgeleri Haritalarının Gelişimi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, Ekim 16-20.
- Rare Historical Photos, (2019). *The great kanto earthquake that devastated Japan, 1923*, Erişim adresi: <https://rarehistoricalphotos.com/the-great-kanto-earthquake-1923/>.
- Rüsch, H. (1960). Researchers Toward a General Flexural Theory for Structural Concrete, Journal of ACI, Vol:56.

- Schlappal, T., Schweigler, M., Gmainer, S., Peyerl, M. & Pichler, B. (2017). Creep and cracking of concrete hinges: insight from centric and eccentric compression experiments. *Materials and Structures*, 50(244), 1-16.
- Shah, S. P. & Chandra, S. (1970). "Fracture of concrete subjected to cyclic and sustained loading." *ACI Journal Proceedings*, 67(10), 816-827.
- Soyluk, A., & Harmankaya, Y, Z. (2012). The History of Development in Turkish Seismic Design Codes, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Vol:12, No:01, 25-29.
- T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, (2019). *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*, Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>.
- T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, (2019). *27 Aralık 1939 Erzincan depremi*, Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=65>.
- T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, (2019). *17 Ağustos 1999 Gölcük depremi*, Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=37>.
- Tarihi Olaylar, (2019). *1908 Messina depremi ve tsunamisi*, Erişim adresi: <https://www.tarihiolaylar.com/tarihi-olaylar/1908-messina-depremi-ve-tsunamisi-352>.
- Tasevski, D., Ruiz, Fernandez, M., & Muttoni, A. (2018). Compressive Strength and Deformation Capacity of Concrete under Sustained Loading and Low Stress Rates, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 16, 396-415.
- TBDY 2019, *Türk Bina Deprem Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Furkan İnal
Doğum Yeri – Tarihi : Konya- 01.01.1991
E-Posta Adresi : inal.furkan@outlook.com

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2014, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Yüksek Lisans Öğrenimi : 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Stajlar : -
Projeler : -
Çalıştığı Kurumlar : 2014-2018, İnşaat Mühendisi, Yardımcı Prefabrik
2019-Halen, Araştırma Görevlisi, Mersin Üniversitesi

Tarih: 20 Aralık 2019