

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK
MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK ÇERÇEVELERDE ARTIRILMIŞ
DEPREM ETKİLERİ**

**ÖZKAN YENİTÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE
2016**

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜNEKLİK DÜZEYİ YÜKSEK
MERKEZİ ÇAPRAZLI ÇELİK
ÇERÇEVELERDE ARTIRILMIŞ DEPREM
ETKİLERİ**

**ÖZKAN YENİTÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ**

**GEBZE
2016**

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

AMPLIFIED EARTHQUAKE EFFECTS
HIGH LEVEL DUCTILITY
CONCENTRICALLY BRACED STEEL
FRAMES

ÖZKAN YENİTÜRK

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURE ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
PROF. DR. BÜLENT AKBAŞ

GEBZE

2016



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27.06.2016 tarih ve 2016-43 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 13.07.2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Özkan YENİTÜRK 'ün tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Bülent AKBAŞ

ÜYE

: Doç. Dr. Tayfun Altuğ SÖYLEV

ÜYE

: Doç. Dr. Bilge DORAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Çelik yapı tasarımı için bilinen yöntemler gün geçtikçe gelişmekte ve gerçekçi yaklaşımlarla taşıyıcı sistem oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Deprem bölgelerinde depremden sonra yapılan incelemelerde görülmüştür ki çelik yapıların birleşim bölgelerinde deprem sırasında ciddi hasarlar oluşmuştur. Özellikle 1994 Northridge depremi sonrasında çelik yapılar incelenmiş ve buna bağlı olarak yönetmeliklerde önemli değişiklikler olmuştur. Örneğin, süneklik düzeyi yüksek çerçevelerin (moment çerçevesi, merkezi çaprazlı çerçeve, dışmerkez çaprazlı çerçeve) tasarımında artırılmış deprem etkileri göz önüne alınmaya başlanmıştır. Çelik yapıların gerçek dayanımları tasarım dayanımından daha fazla olmaktadır. Bunun başlıca sebepleri arasında, gereken dayanımdan daha büyük dayanımlı bir kesit kullanılması, malzeme dayanımındaki artış ve malzemenin pekleşme etkisi gibi faktörler yer alır. Bina tasarım depremi altında inelastik bölgeye girdikten sonra göçme güvenliğinin sağlanması için binanın taşıyıcı sisteminin stabilitesi sağlanmalıdır. Yönetmelikler, bu durumun kontrolü için artırılmış deprem etkilerini veren yüklemeler altında taşıyıcı sistem elemanlarının tahkik edilmesini istemektedir.

Bu tez çalışmasında 5 ve 9 katlı iki süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeve üzerinde farklı deprem kayıtları kullanılarak doğrusal olmayan analizler yapılmış ve bu çerçevelerdeki dayanım artışları ve artırılmış deprem etkileri statik ve dinamik olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Merkezi çelik çaprazlı çerçeve, artırılmış deprem etkileri.

SUMMARY

Design methods for steel structures are still developing and they provide more realistic approaches for lateral force resisting system design. Serious damages in steel structures have been observed during the past earthquakes in beam-column joints. After the 1994 Northridge earthquake, significant changes in design codes have been implemented taking into account the damaged steel structures during the earthquake. For example, amplified load effect has been taken into consideration in special frames (moment frames, concentrically braced frames, eccentrically braced frames). The actual strength of a steel structure exceed the code-specified design strength. Possible reasons for this overstregth are due to the use of oversize structural members, increase in material strength, straing hardening, etc. Structural stability has to be provided when the structure gets into the inelastic region. Structural design codes require that stability check need to be carried out for structural members under amplified load effect.

This study investigated the nonlinear behavior of a 5- and 9-story concentrically braced frame through nonlinear dynamic time history analyses. The results are presented in terms of overstregth in the frames as well as amplified load effect due to static and dynamic loadings.

Key Words: Centered steel braced frame, increased earthquake effects.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasını sağlayan ve konu seçimimde ve çalışmalarım sırasındaki önderliğinden dolayı danışmanım Prof. Dr. Bülent AKBAŞ 'a, teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamı; Bu günlere gelmemi sağlayan ve hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen, annem Gülüstan YENİTÜRK ve babam Mehmet YENİTÜRK 'e ithaf ediyorum.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tez Çalışmasında Yapılmak İstenenler	2
1.2. Tez Çalışmasında Uygulanacak Metot	2
1.3. Tezin Bilime Katkısı	2
2. DEPREME DAYANIKLI ÇELİK YAPI TASARIMI	3
2.1. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı	3
2.2. Merkezi Çaprazlı Çerçeveseler	3
3. ARTIRILMIŞ DEPREM ETKİLERİ	4
4. YAPI MODELLERİ VE TANIMI	7
4.1. Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Tanımı	7
4.2. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçeveselerin Modellenmesi	10
5. STATİK VE DİNAMİK YÜK ETKİLERİ ALTINDA HESAP	11
5.1. DL ve LL Yük Analizleri ve SAP2000 Yükleme	11
5.2. Deprem Yüğü Hesabı	14
5.3. Doğrusal Olmayan Dinamik Zaman Geçmiş Analizleri	16
5.4. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	23
• Göreli Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması	23
• Tepe Noktası Deplasmanları Karşılaştırılması	26
• Kolon ve Çaprazlar İçin Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırması	32
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR	92
ÖZGEÇMİŞ	93

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
Ω_0	: Artırılmış deprem yükü katsayısı
AISC	: Amerikan Yapısal Çelik Derneği
A_0	: Etkin yer ivme sayısı
ASCE	: Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği
ASD	: Güvenlik Katsayıları ile Tasarım
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DL	: Binaya yüklenen ölü yükler
E	: Eşdeğer deprem kuvveti
F_u	: Çelik malzemesinin kopma dayanımı
F_y	: Çelik malzemesinin akma dayanımı
G	: Ölü yük
I	: Bina önem sayısı
LL	: Binaya yüklenen hareketli yükler
n	: Hareketli yük azaltma katsayısı
Q	: Hareketli yük
S_a	: Spektral ivme
SF	: Deprem kayıtları ölçek katsayısı
T	: Periyot
T_1	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 : Artırılmış Deprem Yükünün ($\Omega 0$) Şematik Tanımı.	5
4.1 : 5 Katlı Yapının Planı.	7
4.2 : 5 Katlı Yapının Çaprazlı Çerçeve Kesiti (A-A ve F-F).	8
4.3 : 9 Katlı Yapının Planı.	9
4.4: 9 Katlı Yapının Çaprazlı Çerçeve Kesiti.	9
5.1 : Çaprazlı Çerçevelerde Ana Kirişlere Gelen Düşey Yük Alanları.	11
5.2 : 5 Katlı Çerçevede DL Yükleme.	12
5.3 : 9 Katlı Çerçevede DL Yükleme.	13
5.4 : 5 Katlı Çerçevede LL Yükleme.	13
5.5 : 9 Katlı Çerçevede LL Yükleme.	14
5.6 : 5 Katlı Çerçeve İçin SAP2000 Deprem Yükleme.	15
5.7 : 9 Katlı Çerçeve İçin SAP2000 Deprem Yükleme.	16
5.8 : Kocaeli Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	17
5.9 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kocaeli Depremi Davranış Spektrumları.	17
5.10 : Northridge Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	18
5.11 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Northridge Depremi Davranış Spektrumları.	18
5.12 : Kobe Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	19
5.13 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kobe Depremi Davranış Spektrumları.	19
5.14 : Kocaeli Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	20
5.15 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kocaeli Depremi Davranış Spektrumları.	20
5.16 : Northridge Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	21
5.17 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Northridge Depremi Davranış Spektrumları.	21
5.18 : Kobe Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.	22
5.19 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kobe Depremi Davranış Spektrumları.	22

5.20 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	23
5.21 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	24
5.22 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	24
5.23 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	25
5.24 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	25
5.25 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.	26
5.26 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min)	26
5.27 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	27
5.28 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).	27
5.29 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	28
5.30 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).	28
5.31 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	29
5.32 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).	29
5.33 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	30
5.34 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).	30
5.35 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	31
5.36 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).	31
5.37 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).	32
5.38 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E Yüklemeşninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	32
5.39 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E Yüklemeşninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	33

5.40 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+2E Yüklemesinden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	33
5.41 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=0.2) Oranları.	33
5.42 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=0.5) Oranları.	34
5.43 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=0.7) Oranları.	34
5.44 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=0.8) Oranları.	34
5.45 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=1.0) Oranları.	34
5.46 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=2.0) Oranları.	35
5.47 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=2.5) Oranları.	35
5.48 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=2.7) Oranları.	35
5.49 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.2) Oranları.	35
5.50 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.5) Oranları.	36
5.51 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.7) Oranları.	36
5.52 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.8) Oranları.	36
5.53 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=1.0) Oranları.	36
5.54 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=2.0) Oranları.	37
5.55 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=2.5) Oranları.	37
5.56 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=2.7) Oranları.	37
5.57 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=0.2) Oranları.	37
5.58 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=0.5) Oranları.	38
5.59 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=0.7) Oranları.	38
5.60 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=0.8) Oranları.	38
5.61 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=1.0) Oranları.	38
5.62 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.0) Oranları.	39
5.63 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.5) Oranları.	39
5.64 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.7) Oranları.	39
5.65 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=0.2) Oranları.	39
5.66 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=0.5) Oranları.	40
5.67 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=0.7) Oranları.	40
5.68 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=0.8) Oranları.	40
5.69 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=1.0) Oranları.	40
5.70 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=2.0) Oranları.	41
5.71 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=2.5) Oranları.	41
5.72 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=2.7) Oranları.	41

5.73 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.2) Oranları.	41
5.74 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.5) Oranları.	42
5.75 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.7) Oranları.	42
5.76 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.8) Oranları.	42
5.77 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=1.0) Oranları.	42
5.78 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.0) Oranları.	43
5.79 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.5) Oranları.	43
5.80 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.7) Oranları.	43
5.81 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.2) Oranları.	43
5.82 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.5) Oranları.	44
5.83 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.7) Oranları.	44
5.84 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.8) Oranları.	44
5.85 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=1.0) Oranları.	44
5.86 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.0) Oranları.	45
5.87 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.5) Oranları.	45
5.88 : 5 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.7) Oranları.	45
5.89 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=0.2) Oranları.	45
5.90 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=0.5) Oranları.	46
5.91 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=0.7) Oranları.	46
5.92 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=0.8) Oranları.	46
5.93 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=1.0) Oranları.	46
5.94 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=2.0) Oranları.	47
5.95 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=2.5) Oranları.	47
5.96 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KCL$ (SF=2.7) Oranları.	47
5.97 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.2) Oranları.	47
5.98 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.5) Oranları.	48
5.99 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.7) Oranları.	48
5.100 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.8) Oranları.	48
5.101 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=1.0) Oranları.	48
5.102 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.0) Oranları.	49
5.103 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.5) Oranları.	49
5.104 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.7) Oranları.	49
5.105 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.2) Oranları.	49
5.106 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.5) Oranları.	50

5.107 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.7) Oranları.	50
5.108 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.8) Oranları.	50
5.109 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=1.0) Oranları.	50
5.110 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.0) Oranları.	51
5.111 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.5) Oranları.	51
5.112 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.7) Oranları.	51
5.113 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E$ Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	52
5.114 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E$ Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	52
5.115 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E$ Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).	53
5.116 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=0.2) Oranları.	53
5.117 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=0.5) Oranları.	54
5.118 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=0.7) Oranları.	54
5.119 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=0.8) Oranları.	54
5.120 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=1.0) Oranları.	55
5.121 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=1.5) Oranları.	55
5.122 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=2.0) Oranları.	55
5.123 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KCL$ (SF=2.5) Oranları.	56
5.124 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=0.2) Oranları.	56
5.125 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=0.5) Oranları.	56
5.126 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=0.7) Oranları.	57
5.127 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=0.8) Oranları.	57
5.128 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=1.0) Oranları.	57
5.129 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=1.5) Oranları.	58
5.130 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=2.0) Oranları.	58
5.131 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+KOB$ (SF=2.5) Oranları.	58
5.132 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=0.2) Oranları.	59
5.133 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=0.5) Oranları.	59
5.134 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=0.7) Oranları.	59
5.135 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=0.8) Oranları.	60
5.136 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=1.0) Oranları.	60
5.137 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E / G+Q+NRTH$ (SF=1.5) Oranları.	60

5.138 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+E /G+Q+NRTH$ (SF=2.0) Oranları.	61
5.139 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+NRTH$ (SF=2.5) Oranları.	61
5.140 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.2) Oranları.	61
5.141 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.5) Oranları.	62
5.142 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.7) Oranları.	62
5.143 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.8) Oranları.	62
5.144 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=1.0) Oranları.	63
5.145 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=1.5) Oranları.	63
5.146 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=2.0) Oranları.	63
5.147 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KCL$ (SF=2.5) Oranları.	64
5.148 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=0.2) Oranları.	64
5.149 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=0.5) Oranları.	64
5.150 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=0.7) Oranları.	65
5.151 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=0.8) Oranları.	65
5.152 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=1.0) Oranları.	65
5.153 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=1.5) Oranları.	66
5.154 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=2.0) Oranları.	66
5.155 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+KOB$ (SF=2.5) Oranları.	66
5.156 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=0.2) Oranları.	67
5.157 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=0.5) Oranları.	67
5.158 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=0.7) Oranları.	67
5.159 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=0.8) Oranları.	68
5.160 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=1.0) Oranları.	68
5.161 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=1.5) Oranları.	68
5.162 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=2.0) Oranları.	69
5.163 : 9 Katlı Çerçevenin $0.9G+2E /G+Q+NRTH$ (SF=2.5) Oranları.	69
5.164 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.2) Oranları.	69
5.165 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.5) Oranları.	70
5.166 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.7) Oranları.	70
5.167 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=0.8) Oranları.	70
5.168 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=1.0) Oranları.	71
5.169 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=1.5) Oranları.	71
5.170 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=2.0) Oranları.	71
5.171 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E /G+Q+KCL$ (SF=2.5) Oranları.	72

5.172 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.2) Oranları.	72
5.173 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.5) Oranları.	72
5.174 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.7) Oranları.	73
5.175 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=0.8) Oranları.	73
5.176 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=1.0) Oranları.	73
5.177 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=1.5) Oranları.	74
5.178 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.0) Oranları.	74
5.179 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+KOB$ (SF=2.5) Oranları.	74
5.180 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.2) Oranları.	75
5.181 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.5) Oranları.	75
5.182 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.7) Oranları.	75
5.183 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=0.8) Oranları.	76
5.184 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=1.0) Oranları.	76
5.185 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=1.5) Oranları.	76
5.186 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.0) Oranları.	77
5.187 : 9 Katlı Çerçevenin $G+Q+2E / G+Q+NRTH$ (SF=2.5) Oranları.	77

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 : DBYBHY'ye Göre Büyütme Katsayıları.	5
3.2 : ASCE/7-10'a Göre Büyütme Katsayıları.	5
4.1 : 5 Katlı Yapının Kolon Kiriş ve Çapraz Boyutları.	8
4.2: 9 Katlı Yapının Kolon Kiriş ve Çapraz Boyutları.	10
5.1 : 5 Katlı Çerçeve İçin Deprem Yüğü Hesabı.	14
5.2 : 9 Katlı Çerçeve İçin Deprem Yüğü Hesabı.	15
5.3 : 5 Katlı Bina için Seçilen Deprem Kayıtları ve Ölçek Katsayıları.	16
5.4 : 9 Katlı Bina için Seçilen Deprem Kayıtları ve Ölçek Katsayıları.	20
5.5 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	77
5.6 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	78
5.7 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	78
5.8 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	78
5.9 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	79
5.10 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	79
5.11 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	79
5.12 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	80
5.13 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	80
5.14 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	80
5.15 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	81

5.16 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	81
5.17 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	81
5.18 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	82
5.19 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	82
5.20 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	82
5.21 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	83
5.22 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	83
5.23 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	83
5.24 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	84
5.25 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	84
5.26 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	84
5.27 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	85
5.28 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	85
5.29 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	85
5.30 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	86
5.31 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	86
5.32 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	86

5.33 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	87
5.34 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).	87
5.35 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	87
5.36 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	88
5.37 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).	88
5.38 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	88
5.39 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	89
5.40 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).	89

1. GİRİŞ

Depremi, yer kabuğunun hareketi sonucunda meydana gelen kırılmalardan dolayı ortaya çıkan büyük enerjinin dalgalar halinde yayılması şeklinde tanımlayabiliriz. Depremi yerini, zamanını ve büyüklüğünü önceden kestirmek imkânsızdır fakat depremde oluşacak hasarları minimum seviyelere indirebiliriz.

Yürürlükteki çelik yönetmeliklerdeki yetersizlikler çelik yapıların önündeki en büyük engellerden biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda bu yetersizlik kısmen giderilmiş olsa da imalat ve uygulama konusunda yeterli yetişmiş elemanın bulunmamasından kaynaklanan sorunlar hala devam etmektedir.

Amerika’da çelik konstrüksiyon ile ilgili olarak 1921 yılında AISC (American Institute of Steel Construction) kurulmuş ve ilk yönetmeliğini 1923 yılında yayımlamıştır. Zaman içinde yapılan bilimsel çalışmalar ve deneyler sonucunda birçok kere revizyona uğramış ve son olarak da 1994 Northridge depremde çelik binalarda oluşan ciddi hasarlar sonucu yönetmeliğin yetersiz olduğu görülmüş ve köklü değişiklikler yapılmıştır.

Ülkemizde ise en son 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak binalar Hakkında Yönetmelik yürürlüğe girmiş ve ekonomik ömrü 50 yıl olan bir yapının ömrü boyunca aşılma olasılığı %10 olan bir deprem etkisi altında tasarlanması öngörülmüştür. Bu şekilde hasarların minimuma indirilmesi hedeflenmiştir. Bu tasarımla hafif şiddetteki bir depremde yapıda herhangi bir hasar oluşmaması, orta şiddetli bir depremde taşıyıcı elemanlarda onarılabilir düzeyde hasar oluşması, şiddetli depremlerde ise can kaybı ve toptan göçme olmaması şeklinde öngörülmüştür.

Son olarak 2016 yılında, çelik yapı yönetmeliğinde köklü değişiklikler yapılarak, “Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” taslak olarak yayınlanmıştır. Bu yönetmelikte tasarım olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT), diğeri ise Güvenlik Katsayıları ile Tasarım (GKT)’dir. Her iki hesap yönteminde kullanılacak olan sistem analizleri, doğrusal- elastik teoriye göre yapılabilir.

1.1. Tez Çalışmasında Yapılmak İstenenler

Taşıyıcı sistemi, bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeve, olarak tasarlanmış 5 ve 9 katlı iki çerçevede, taşıyıcı sistem elemanlarındaki (çaprazlar, kirişler ve kolonlar) iç kuvvet değişimleri, farklı yer hareketleri kullanılarak artımsal olarak ölçeklenecek ve yüklemeler yapılarak incelenecektir. Dinamik zaman geçmişi analizleri ile deprem yönetmeliğinde yer alan artırılmış deprem yüklemeleri sonucunda çıkan iç tesir kuvvetleri karşılaştırılacaktır.

1.2. Tez Çalışmasında Uygulanacak Metot

Bu çalışma aşağıdaki adımların uygulanması sonucu gerçekleşecektir.

- i) 5 ve 9 katlı süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerin tasarımı ve doğrusal olmayan analiz için yapısal modellerin oluşturulması,
- ii) Analizlerde kullanılacak deprem yer hareketlerinin seçilmesi,
- iii) Doğrusal olmayan dinamik zaman geçmişi analizlerinin yapılması,
- iv) Artırılmış deprem etkileri yüklemeleri ile statik analiz yapılması,
- v) Statik ve dinamik analiz sonuçlarının değerlendirilmesi,
- vi) Sonuçların karşılaştırılması ve yorumlanması.

1.3. Tezin Bilime Katkısı

Bu çalışmada, taşıyıcı sistemi bir doğrultuda süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçevelerden oluşan yapıların tasarımında yönetmeliğin öngördüğü artırılmış deprem etkilerine göre tasarım ilkesi incelenecektir. Bu amaçla hem yönetmeliğin öngördüğü basit statik analizler yapılacak hem de doğrusal olmayan dinamik zaman geçmişi analizleri yapılacaktır. Yapılan çalışmanın sonuçları ulusal/uluslararası bir konferansta sunulacaktır.

2. DEPREME DAYANIKLI ÇELİK YAPI TASARIMI

2.1. Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı

Depreme dayanıklı bir yapıyı tasarlamadan önce depremi iyi tanımak gerekir. Şiddetli yer hareketleri sonucu, yapının kütesinin bu yer hareketlerine karşı koymasıyla yapıda oluşan yatay kuvvet, deprem kuvveti olarak tanımlanabilir. Depreme dayanıklı yapıdan kasıt, küçük şiddetteki depremlerde yapının hasar almaması, orta şiddetteki depremlerde küçük hasarlar olabilir ve kolayca tamir edilebilir olması ve büyük şiddetli depremlerde ise yapı elemanları veya yapı hasar alabilir fakat yapıda kısmi veya tam göçme olmamasıdır. Her üç durumda da insanların can güvenliği sağlanmak zorundadır.

Deprem kuvveti, yapının ağırlığı, dinamik özellikleri, sünekliği, kullanım amacı ve zemin sınıfı gibi parametrelere bağlıdır.

2.2. Merkezi Çaprazlı Çerçevesler

Merkezi çaprazlı çerçevesler ekonomik olmasının yanında bir o kadar da deprem enerjisini yutma kapasitesiyle tercih edilen taşıyıcı sistemlerden biridir. Geçmiş depremlere ve özellikle 1994 Northridge depremine bakıldığında, merkezi çaprazlı çelik çerçevesler yüksek bir performans göstererek depremleri iyi bir şekilde atlattımlardır. Bunun yanında tasarımı çok kolay ve tüm hesaplar elle yapılabilecek kadar basittir. Dayanım ve rijitlik şartlarını kolaylıkla sağlarlar. Buna karşılık çevrimsel yüklemeler altında çaprazlarda görülen erken kırılma ve çapraz birleşimlerdeki gevrek kırılmalar MÇÇ'lerin en büyük problemleri arasında yer alır.

Plastik mafsallı, global burkulmadan sonra çaprazın orta noktasında ve guse levhasının yakınında oluşur. Eğer lokal burkulma önlenmişse bu plastik mafsallı noktalarında plastik dönmeler neticesinde önemli miktarda enerji dağıtılacaktır. [Akbaş, 2011] Bu enerjinin yutulması sırasında çaprazlarda erken kırılma olmaması için çok iyi bir şekilde detaylandırılmalıdır.

3. ARTIRILMIŞ DEPREM ETKİLERİ

Son yıllarda meydana gelen büyük ve yıkıcı depremlerde MÇÇ sistemlerde önemli hasarlar oluşturmuştur. Buna bağlı olarak da yönetmeliklerde ciddi değişiklikler olmuştur. Artırılmış deprem etkileri bunlardan biridir.

Artırılmış deprem etkilerini tanımlamakta kullanılan büyütme katsayısı, Ω_0 , taşıyıcı sisteme bağlıdır ve çaprazlı sistemlerde 2.0-2.5 arasında değişmektedir. Ω_0 , esas olarak bir yapının yanal dayanımının yaklaşık olarak belirlenmesine yarar. Çelik yapılarda deprem yüklerini aktaran taşıyıcı sistemdeki (moment çerçeveler, çaprazlı çerçeveler, çelik perde duvarlar) kolonların aksenal basınç ve aksenal çekme dayanımlarının artırılmış deprem etkilerini içeren yük kombinasyonları kullanılarak kontrol edilmesi gerekmektedir [AISC 341-10, 2010]. Bu kontrolü yaparken, eğilme momentlerinin ihmal edilmesine yönetmelik izin vermektedir. [Akşar, Doğru, Akbaş, Shen, Doran, 2015]

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik esaslarına göre, çelik yapı elemanlarının ve birleşim detaylarının tasarımında, aşağıda verilen artırılmış deprem etkileri göz önüne alınacaktır. Artırılmış deprem etkilerini veren yüklemeler,

$$1.0 G + 1.0 Q \pm \Omega_0 E \quad (3.1)$$

veya daha elverişsiz sonuç vermesi halinde

$$0.9 G \pm \Omega_0 E \quad (3.2)$$

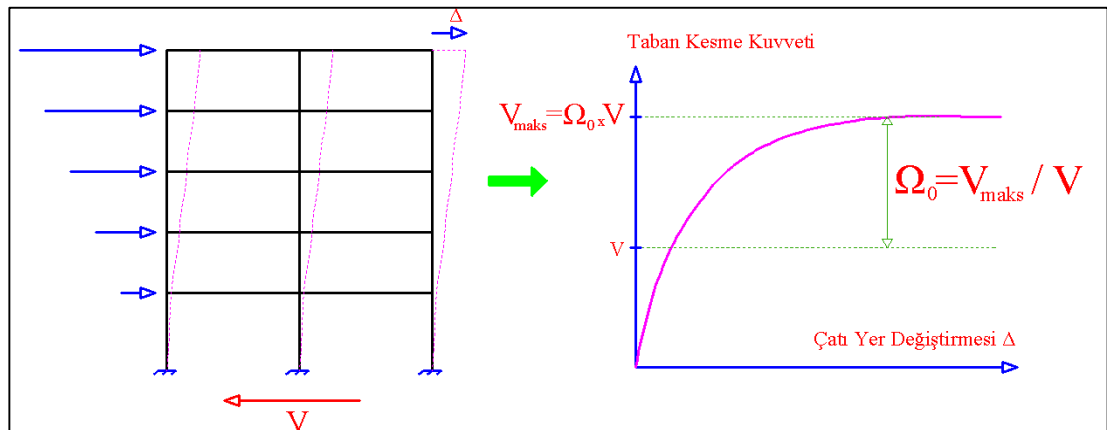
Şeklinde tanımlanmıştır. Hesaplanan deprem yüklerinden oluşan iç kuvvetlere uygulanacak Ω_0 büyütme katsayısının değerleri, çelik taşıyıcı sistemlerin türlerine bağlı olarak, Tablo 3.1'de verilmiştir. [DBYBHY, 2007] ASCE/7-10 yönetmeliğine göre Ω_0 büyütme katsayıları Tablo 3.2. 'de verilmiştir.

Tablo 3.1 : DBYBHY'ye Göre Büyütme Katsayıları.

Taşıyıcı Sistem Türü	Ω_0
Süneklik Düzeyi Yüksek Çerçeveser	2.5
Süneklik Düzeyi Normal Çerçeveser	2.0
Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler (Süneklik Düzeyi Yüksek veya normal)	2.0
Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler	2.5

Tablo 3.2 : ASCE/7-10'a Göre Büyütme Katsayıları.

Taşıyıcı Sistem Türü	Ω_0
Moment Çerçeveseri	3.0
Merkezi Çelik Çaprazlı Çerçeveser	2.0
Dışmerkez Çaprazlı Çerçeveser	2.0
Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Levha Perdeli Duvarlar	2.0
Burkulması Önlenmiş Çaprazlı Çerçeveser (rijit birleşimli)	2.5
Burkulması Önlenmiş Merkezi Çaprazlı Çerçeveser (rijit olmayan birleşimli)	2.0



Şekil 3.1 : Artırılmış Deprem Yükünün (Ω_0) Şematik Tanımı.

Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi artırılmış deprem yükü, $\Omega_0 E$, bir çerçevenin plastik yanal dayanımının tahminini amaçlamaktadır. Örneğin, DBYBHY 'de büyütme katsayısı merkezi çaprazlı çelik çerçeveser için 2.0'dir. Yönetmelik, ortalama olarak

merkezi çaprazlı çelik bir çerçevenin plastik yanal dayanımının tasarım yatay kuvvetinden 2 kat fazla olacağını ifade etmektedir.

Bunun muhtemel birkaç sebebi vardır;

- Tasarım yaparken kullandığımız mukavemet azaltma faktörleri;
- Gerçek akma dayanımının hesap akma dayanımından daha büyük olması;
- Göreli kat ötelemesi sınırlarını sağlamak için gereğinden daha büyük kesitler kullanılması;
- Hesabı ve inşaatı basitleştirmek için gereğinden büyük elemanlar kullanılması; örneğin gerekmediği halde 2 ya da 3 kat boyunca aynı kesitlerin kullanılması gibi,
- Birinci plastik mafsallardan plastik mekanizma oluşumuna kadar geçen sürede mukavemetin artması gibi sebepler olabilmektedir.

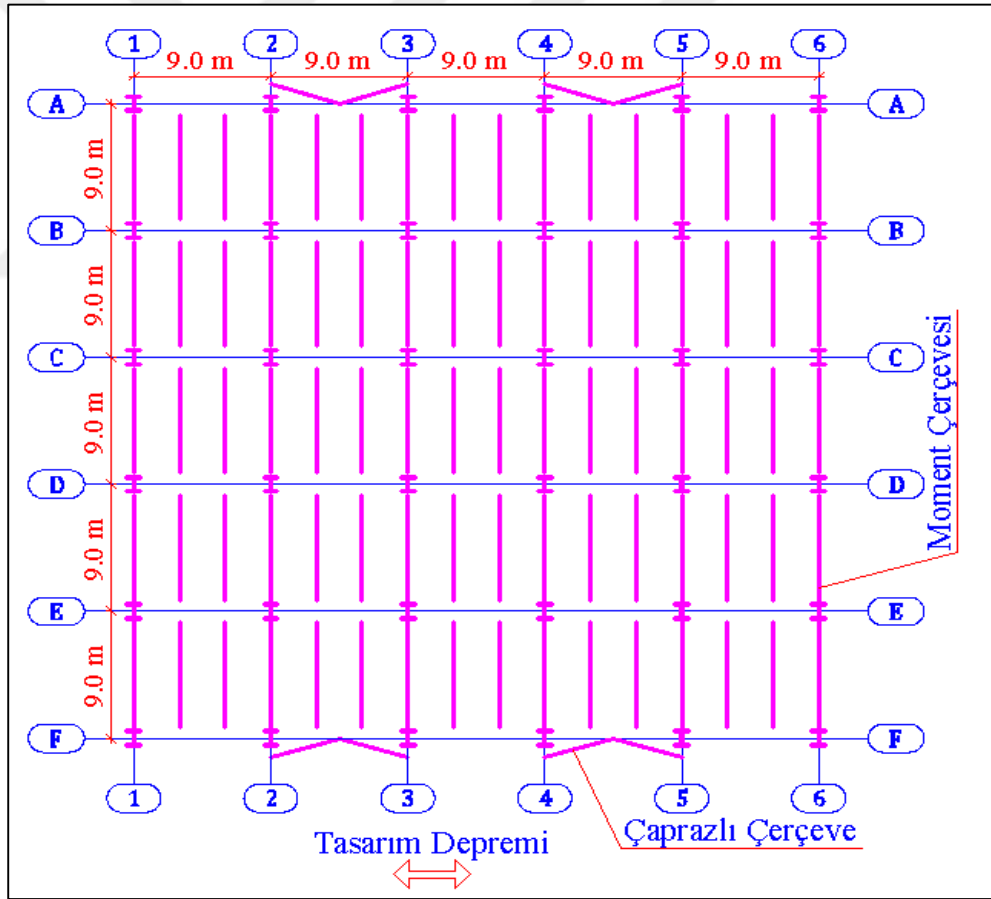
Bu olası durumlara bir önlem almak için, deprem etkilerinden oluşan iç kuvvetler bir Ω_0 büyütme katsayısı ile arttırılır. Bir yapının deprem hareketi sırasında karşılaşacağı maksimum yatay kuvvet yapının kendi yanal mukavemetine bağlıdır. Artırılmış deprem etkisi, $\Omega_0 E$, bu yükü tahmin etmeyi amaçlamaktadır. [Akbaş, 2012]

4. YAPI MODELLERİ VE TANIMI

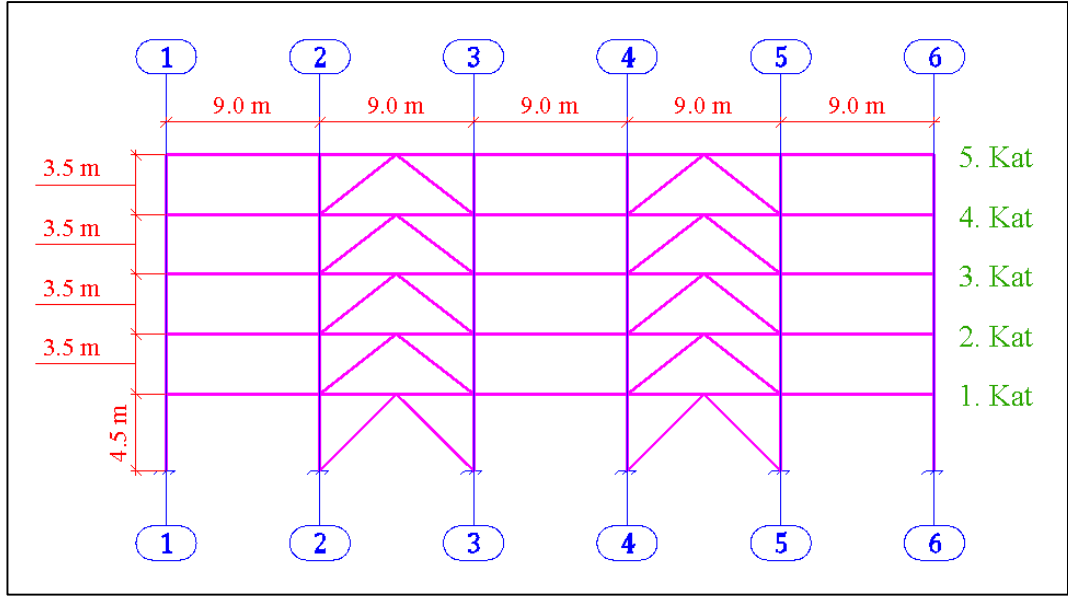
4.1. Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Tanımı

Biri 5, diğeri 9 katlı olmak üzere iki bina üzerinde çalışılmıştır. X ve Y yönlerinde 5 açıklığı olan, 5 ve 9 katlı iki adet bina, dış akslarına merkezi çaprazlı çerçeveler gelecek şekilde tasarlanmış ve yük aktarımı buna göre yapılmıştır. Aks aralıkları her iki yönde de 9 m, kat yükseklikleri birinci katlar için 4.5 m ara katlar ve çatı katı için de 3.5 m olarak alınmıştır.

Ara katlarda eleman ağırlıkları dâhil ölü yük (DL) 4.0 KN/m², çatı katında eleman ağırlıkları dâhil ölü yük (DL) 3.0 KN/m², ara katlarda hareketli yük (LL) 2.0 KN/m², çatı katında hareketli yük (LL) 1.0 KN/m² alınmıştır.



Şekil 4.1 : 5 Katlı Yapının Planı.

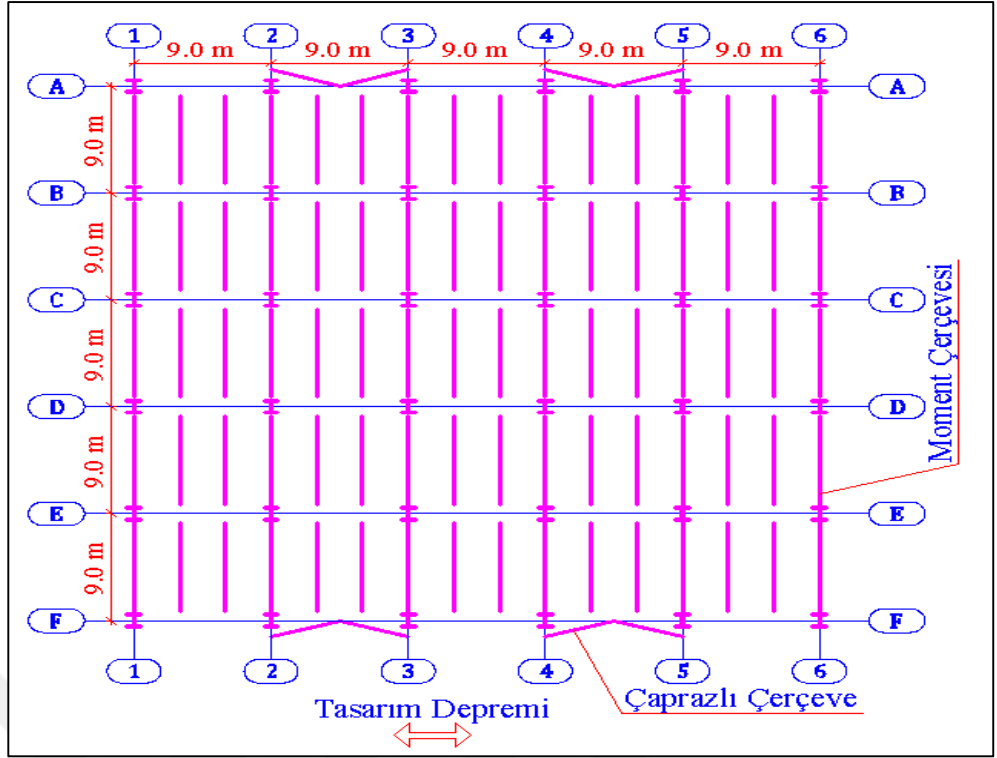


Şekil 4.2 : 5 Katlı Yapının Çaprazlı Çerçeve Kesiti (A-A ve F-F).

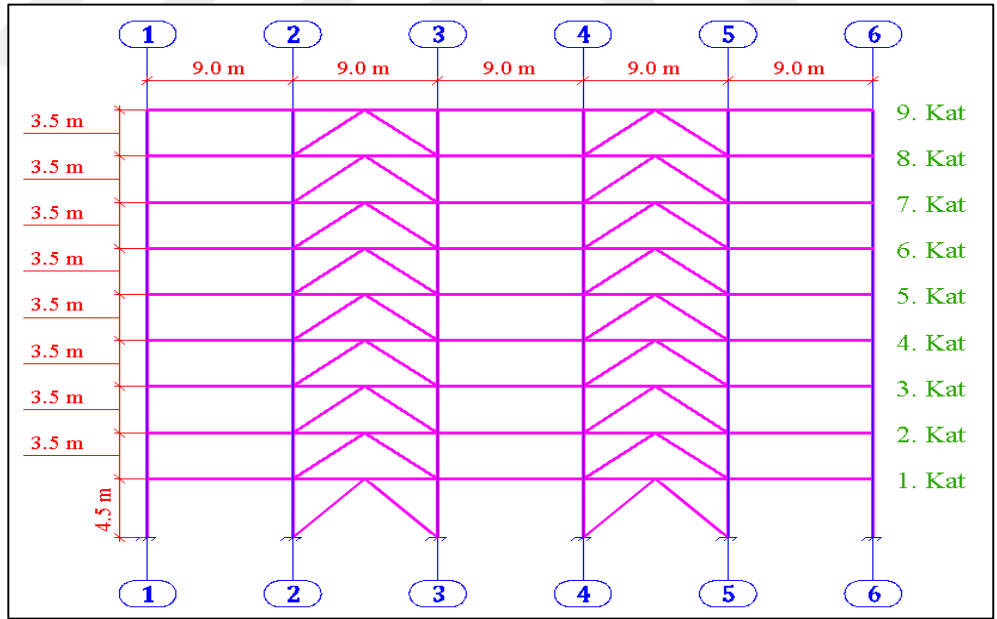
5 katlı yapıda tüm elemanlarında yapı malzemesi olarak St-52 kullanılmıştır. Bu malzemeye ait akma dayanımı $F_y=345$ MPa, ve kopma dayanımı $F_u=485$ MPa'dır. Kolonlar ve kirişler geniş başlıklı W profillerden, çaprazlar ise kutu profillerden teşkil edilmiştir. Yapının A ve F aksları süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çerçeve olarak 2 boyutlu modellenmiş ve tasarım depremi bu iki aksa uygulanmıştır. 5 katlı yapıya ait kolon, kiriş ve çapraz boyutları Tablo 4.1. 'de verilmiştir.

Tablo 4.1 : 5 Katlı Yapının Kolon Kiriş ve Çapraz Boyutları.

Kat Seviyesi	Çapraz Kesiti	Çaprazlı Kirişler	Çaprazsız Kirişler	Çaprazlı Kolonlar	Çaprazsız Kolonlar
5	TUBO140X140X10	W33X221	W18X40	W 12 x 6.5 x 26	W 12 x 4 x 14
4	TUBO160X160X12.5	W33X291	W18X40	W 12 x 10 x 53	W 12 x 6.5 x 26
3	TUBO160X160X17.5	W33X387	W18X40	W 12 x 10 x 53	W 12 x 6.5 x 26
2	TUBO160X160X22.2	W33X468	W18X40	W 12 x 12 x 106	W 12 x 8 x 40
1	TUBO180X180X22.2	W33X567	W18X40	W 12 x 12 x 106	W 12 x 8 x 40



Şekil 4.3 : 9 Katlı Yapının Planı.



Şekil 4.4: 9 Katlı Yapının Çaprazlı Çerçeve Kesiti.

5 katlı yapıda olduğu gibi yine tüm elemanlarında yapı malzemesi olarak St-52 kullanılmıştır. Bu malzemeye ait akma dayanımı $F_y=345$ MPa, ve kopma dayanımı $F_u=485$ MPa'dır. Kolonlar ve kirişler geniş başlıklı W profillerden, çaprazlar ise kutu

profillerden teşkil edilmiştir. Yapının A ve F aksları süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çerçeve olarak 2 boyutlu modellenmiş ve tasarım depremi bu iki aksa uygulanmıştır. 9 katlı yapıya ait kolon, kiriş ve çapraz boyutları Tablo 4-2'de verilmiştir.

Tablo 4.2: 9 Katlı Yapının Kolon Kiriş ve Çapraz Boyutları.

Kat Seviyesi	Çapraz Kesiti	Çaprazlı Kirişler	Çaprazsız Kirişler	Çaprazlı Kolonlar	Çaprazsız Kolonlar
9	TUBO120X120X12.5	W33X221	W18X40	W 12 x 6.5 x 26	W 12 x 4 x 14
8	TUBO140X140X14.2	W33X291	W18X40	W 12 x 8 x 45	W 12 x 6.5 x 26
7	TUBO160X160X12.5	W33X291	W18X40	W 12 x 8 x 45	W 12 x 6.5 x 26
6	TUBO160X160X16	W33X354	W18X40	W 12 x 12 x 79	W 12 x 6.5 x 30
5	TUBO160X160X17.5	W33X387	W18X40	W 12 x 12 x 79	W 12 x 6.5 x 30
4	TUBO160X160X20	W33X424	W18X40	W 12 x 12 x 120	W 12 x 8 x 40
3	TUBO160X160X22.2	W33X468	W18X40	W 12 x 12 x 120	W 12 x 8 x 40
2	TUBO160X160X25	W33X515	W18X40	W 12 x 12 x 190	W 12 x 10 x 53
1	TUBO180X180X22.2	W33X567	W18X40	W 12 x 12 x 190	W 12 x 10 x 53

4.2. Merkezi Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Modellenmesi

Analizler için 5 ve 9 katlı yapıların A ve F dış akslarına ait merkezi çaprazlı çerçeveler ASCE/7-10 hükümlerine göre tasarlanmıştır. Bu yapıların modellenmesinde yapısal analiz programı SAP 2000 (SAP 2000 Structural Analysis Program) kullanılmıştır.

Mukavemet tasarımı ASD hükümlerine göre yapılmıştır. Tüm yapıda her kat seviyesinde oluşan atalet etkilerinin merkezi çaprazlı çelik çerçeveler tarafından karşılandığı kabul edilmiş ve dolayısıyla da bu iki dış aksta bulunan merkezi çaprazlı çerçevelerin yapının sismik kütlelerinin yarısını taşıdığı kabul edilmiştir. Binanın orta kısmında bulunan kirişler moment aktarmayacak şekilde tasarlanarak sadece düşey yükleri kolonlara aktarması sağlanmıştır.

5. STATİK VE DİNAMİK YÜK ETKİLERİ ALTINDA HESAP

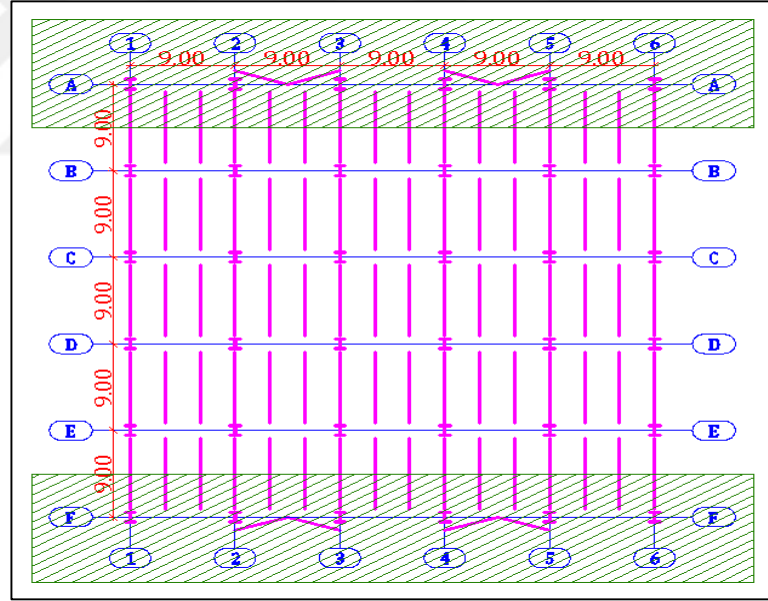
5.1. DL ve LL Yük Analizleri ve SAP2000 Yüklemesi

Ara katlarda

- DL= 4.0 KN/m²,
- LL= 2.0 KN/m²,

Çatı katında,

- DL= 3.0 KN/m²,
- LL= 1.0 KN/m² olarak alınmıştır.



Şekil 5.1 : Çaprazlı Çerçevesinde Ana Kirişlere Gelen Düşey Yük Alanları.

Ana kiriş açıklığı 9 m, ara kirişlerin yük aralığı 3 m'dir. Dolayısı ile ana kirişlere ara kirişlerden gelen tekil yükler,

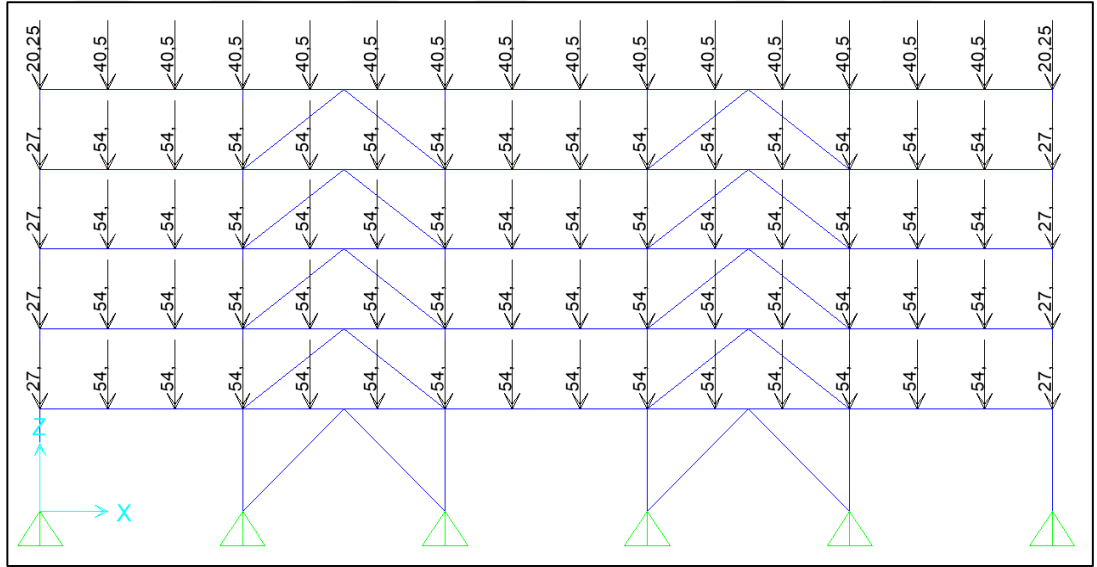
Ara katlarda,

- $DL = 4.0 \text{ KN/m}^2 \times 3.00 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 54.0 \text{ KN}$ (Orta kirişlerden gelen)
- $DL = 4.0 \text{ KN/m}^2 \times 1.50 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 27.0 \text{ KN}$ (Kenar kirişlerden gelen)
- $LL = 2.0 \text{ KN/m}^2 \times 3.00 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 27.0 \text{ KN}$ (Orta kirişlerden gelen)
- $LL = 2.0 \text{ KN/m}^2 \times 1.50 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 13.5 \text{ KN}$ (Kenar kirişlerden gelen)

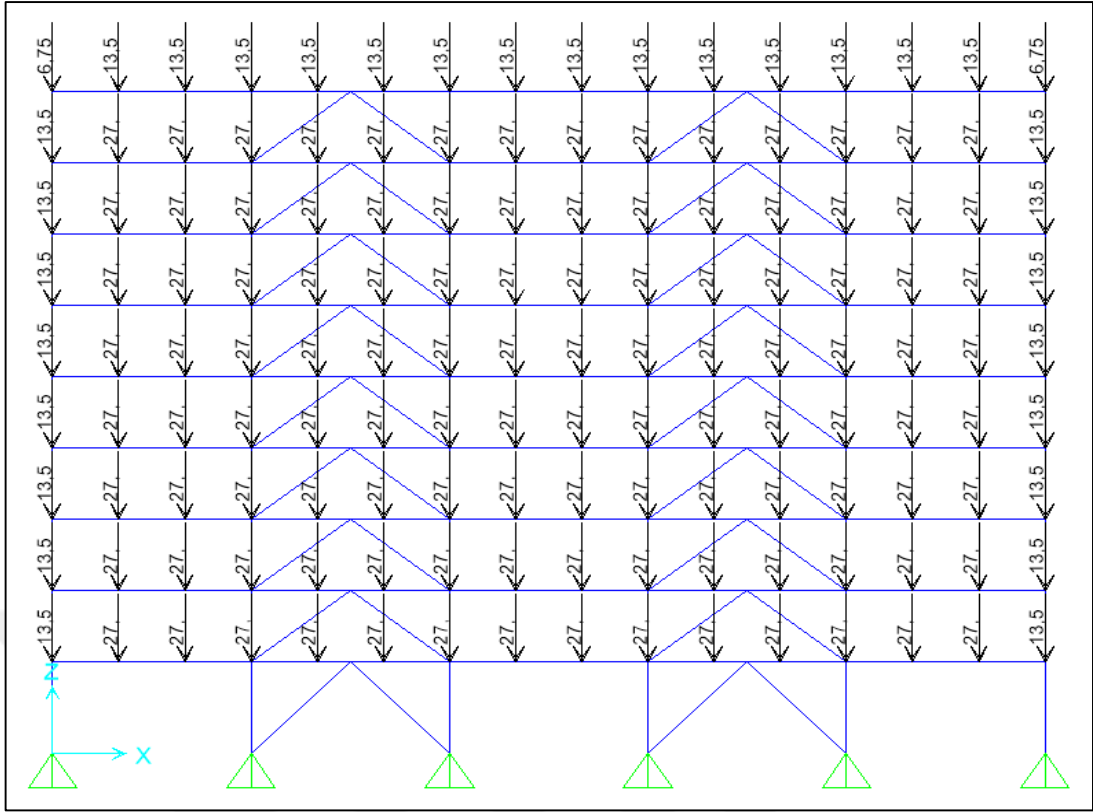
Çatı katında,

- $DL = 3.0 \text{ KN/m}^2 \times 3.00 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 40.5 \text{ KN}$ (Orta kirişlerden gelen)
- $DL = 3.0 \text{ KN/m}^2 \times 1.50 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 20.25 \text{ KN}$ (Kenar kirişlerden gelen)
- $LL = 1.0 \text{ KN/m}^2 \times 3.00 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 13.5 \text{ KN}$ (Orta kirişlerden gelen)
- $LL = 1.0 \text{ KN/m}^2 \times 1.50 \text{ m} \times 4.50 \text{ m} = 6.75 \text{ KN}$ (Kenar kirişlerden gelen)

Olarak hesaplanır. DL yüklemeleri Şekil 4-6 ve Şekil 4-7’de, LL yüklemeleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da, gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 5.2 : 5 Katlı Çerçeve DL Yükleme.



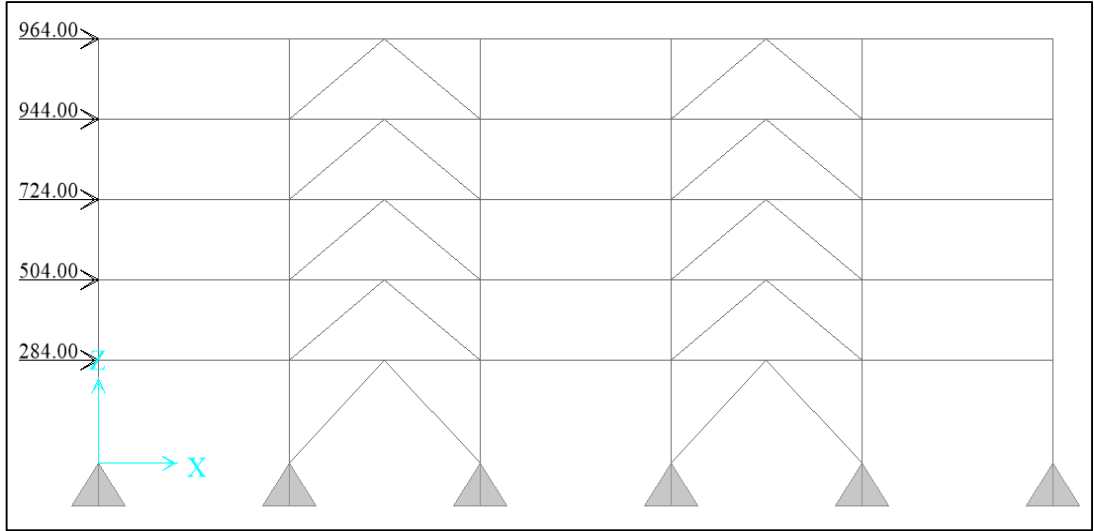
Şekil 5.5 : 9 Katlı Çerçeve LL Yükleme.

5.2. Deprem Yüğü Hesabı

Deprem yüğü hesaplanırken tüm bina ağırlığı hesaplanmış ve “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi”ne göre taban kesme kuvveti hesaplanmış ve katlara dağıtılmıştır.

Tablo 5.1 : 5 Katlı Çerçeve İçin Deprem Yüğü Hesabı.

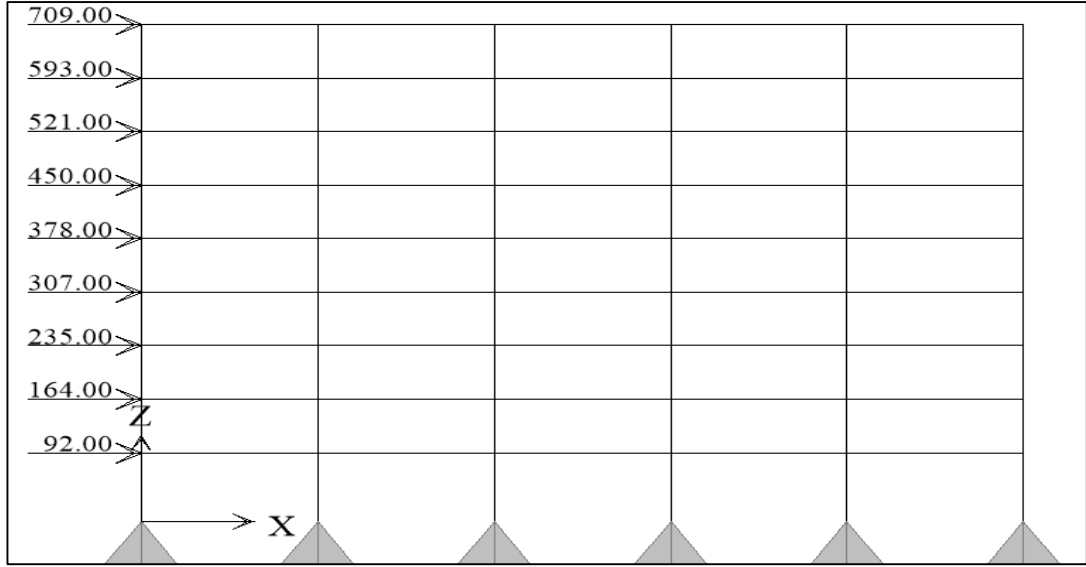
Kat Seviyesi	h	W_i : $G_i+n.Q_i$	$W_i x h_i$	$(W_i x h_i)$ / $(\text{top. } W_i x h_i)$	F_i	E	$V_i=E*0.54$
5 .Kat	18.50	6,683	123,626	0.2539	6,091.30	1,783.90	964.0
4 .Kat	15.00	9,315	139,725	0.2870	6,091.30	1,747.97	944.0
3 .Kat	11.50	9,315	107,123	0.2200	6,091.30	1,340.11	724.0
2 .Kat	8.00	9,315	74,520	0.1530	6,091.30	932.25	504.0
1 .Kat	4.50	9,315	41,918	0.0861	6,091.30	524.39	284.0



Şekil 5.6 : 5 Katlı Çerçeve İçin SAP2000 Deprem Yüklemesi.

Tablo 5.2 : 9 Katlı Çerçeve İçin Deprem Yüğü Hesabı.

Kat Seviyesi	h	$W_i : G_i+n.Q_i$	W_{ixhi}	$(W_{ixhi}) / (top.W_{ixhi})$	F_i	E	$V_i=E*0.54$
9 .Kat	32.50	6,683	217,181	0.1482	5,947.96	1,312.08	709.0
8 .Kat	29.00	9,315	270,135	0.1843	5,947.96	1,096.47	593.0
7 .Kat	25.50	9,315	237,533	0.1621	5,947.96	964.13	521.0
6 .Kat	22.00	9,315	204,930	0.1398	5,947.96	831.80	450.0
5 .Kat	18.50	9,315	172,328	0.1176	5,947.96	699.47	378.0
4 .Kat	15.00	9,315	139,725	0.0953	5,947.96	567.14	307.0
3 .Kat	11.50	9,315	107,123	0.0731	5,947.96	434.81	235.0
2 .Kat	8.00	9,315	74,520	0.0509	5,947.96	302.47	164.0
1 .Kat	4.50	9,315	41,918	0.0286	5,947.96	170.14	92.0



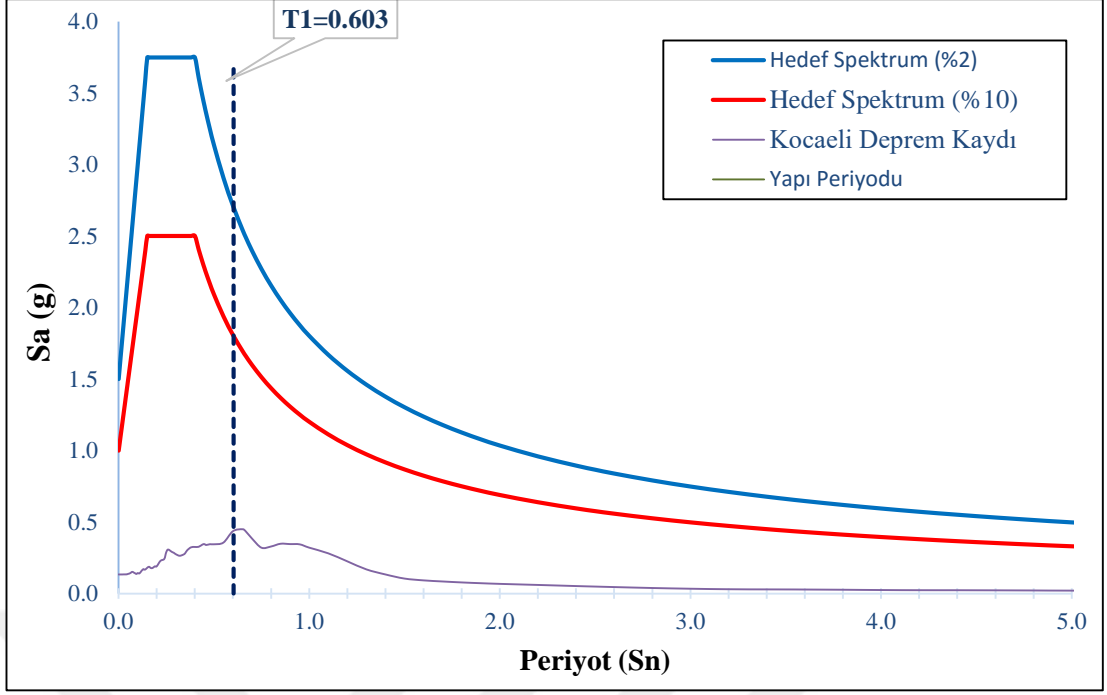
Şekil 5.7 : 9 Katlı Çerçeve İçin SAP2000 Deprem Yüklemesi.

5.3. Doğrusal Olmayan Dinamik Zaman Geçmiş Analizleri

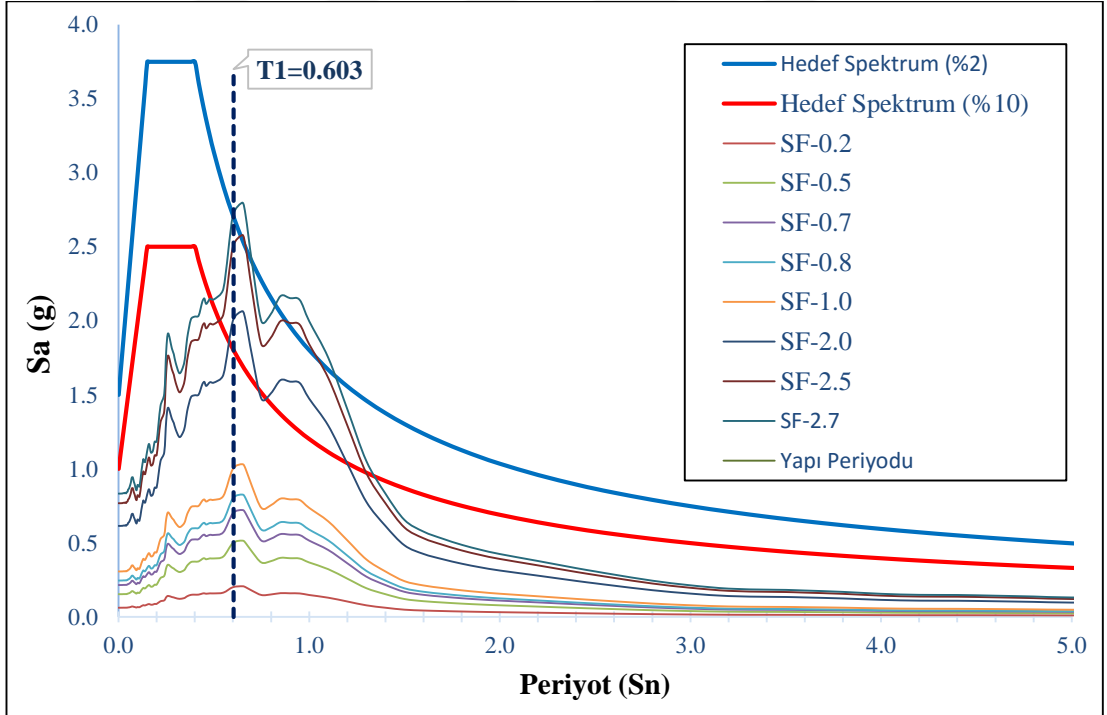
$A_0=0.40$, $I=1.0$ ve $T_A=0.15$, $T_B=0.40$ (Z2) olmak üzere spektrum oluşturulmuş ve PEER Ground Motion Database web sitesinden, tasarlanan binaların her biri için 3 adet yer hareketi kaydı indirilmiştir. Bu deprem kayıtları, 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve %2 olan depremlere göre, 0.2SF, 0.5SF, 0.7SF, 0.8SF, 1.0SF, 2.0SF, 2.5SF, 2.7SF olacak şekilde ölçeklenerek toplamda her bir model için 24 adet deprem kaydı oluşturulmuştur. İndirilen deprem kayıtları ölçeklenerek katsayıları düzenlenmiş ve SAP2000 programına veri girişi yapılmıştır.

Tablo 5.3 : 5 Katlı Bina için Seçilen Deprem Kayıtları ve Ölçek Katsayıları.

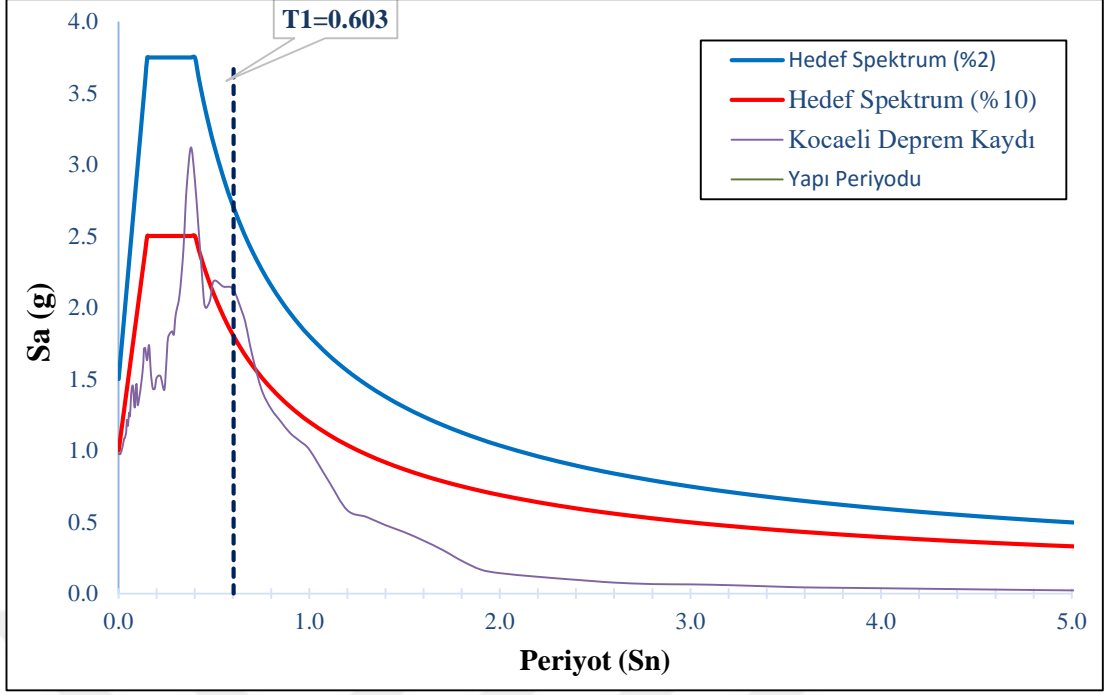
Sıra No	Deprem Adı	Ölçek Katsayıları							
		0.2 g	0.5 g	0.7 g	0.8 g	1.0 g	2.0 g	2.5 g	2.7 g (%2)
1	Kocaeli, Turkey	4.49	11.23	15.73	17.97	22.47	44.94	56.17	60.92
2	Northridge-01	0.92	2.30	3.22	3.68	4.60	9.20	11.50	12.47
3	Kobe, Japan	1.76	4.40	6.16	7.04	8.80	17.59	21.99	23.85



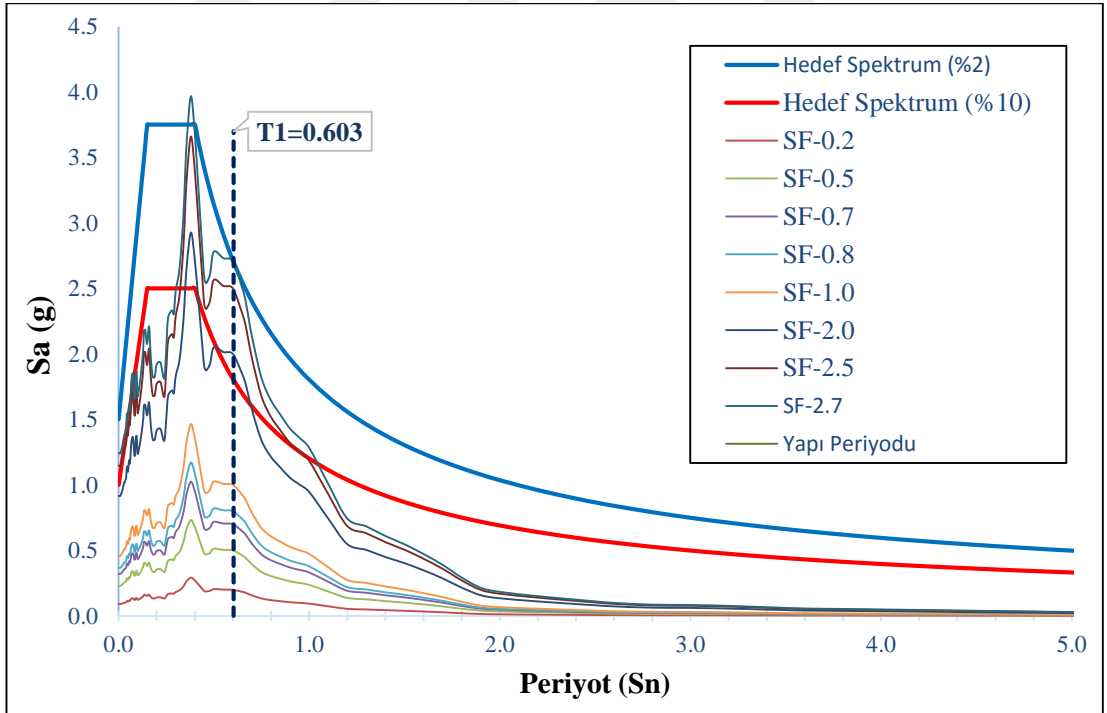
Şekil 5.8 : Kocaeli Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



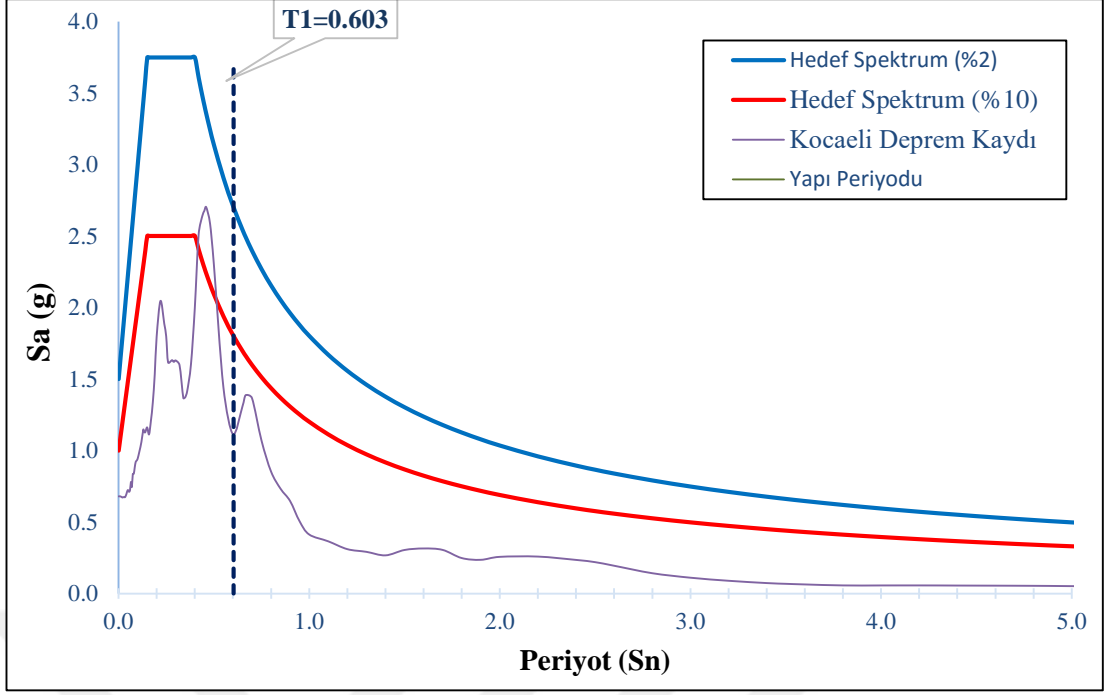
Şekil 5.9 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kocaeli Depremi Davranış Spektrumları.



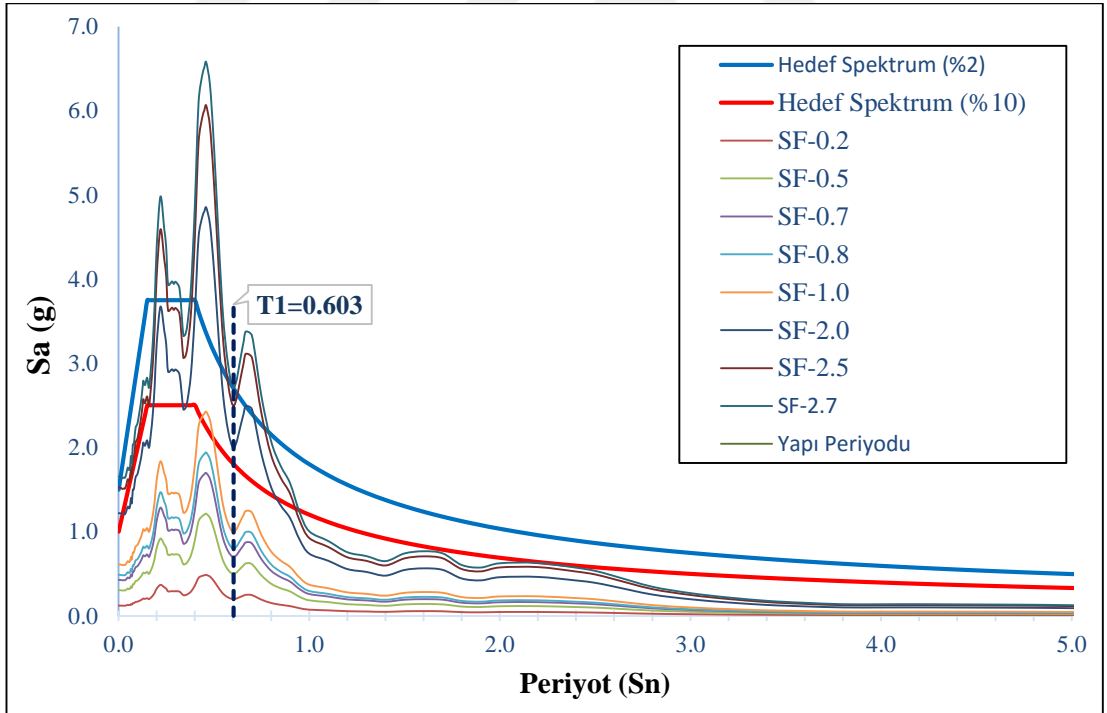
Şekil 5.10 : Northridge Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



Şekil 5.11 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Northridge Depremi Davranış Spektrumları.



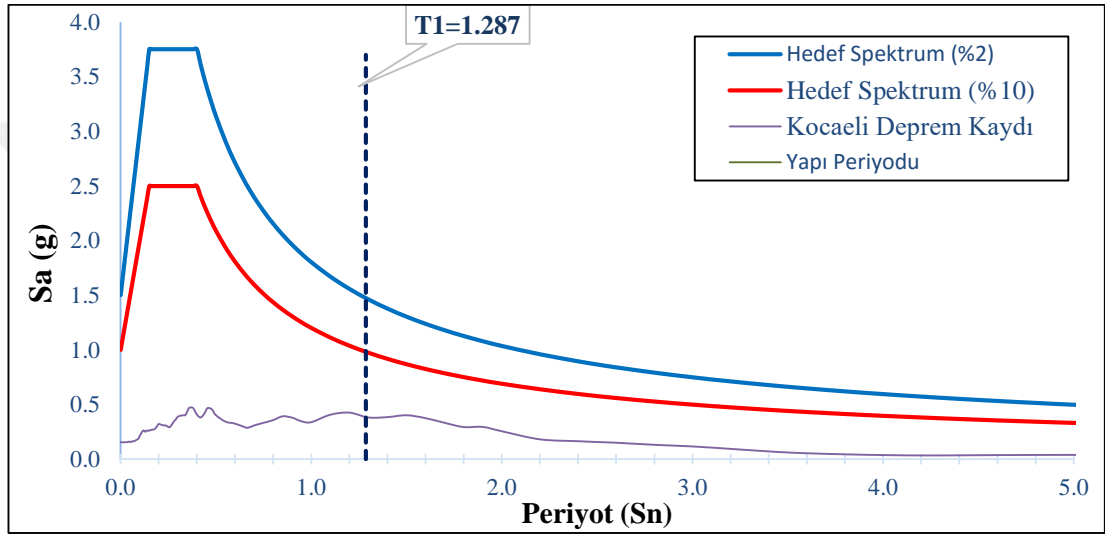
Şekil 5.12 : Kobe Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



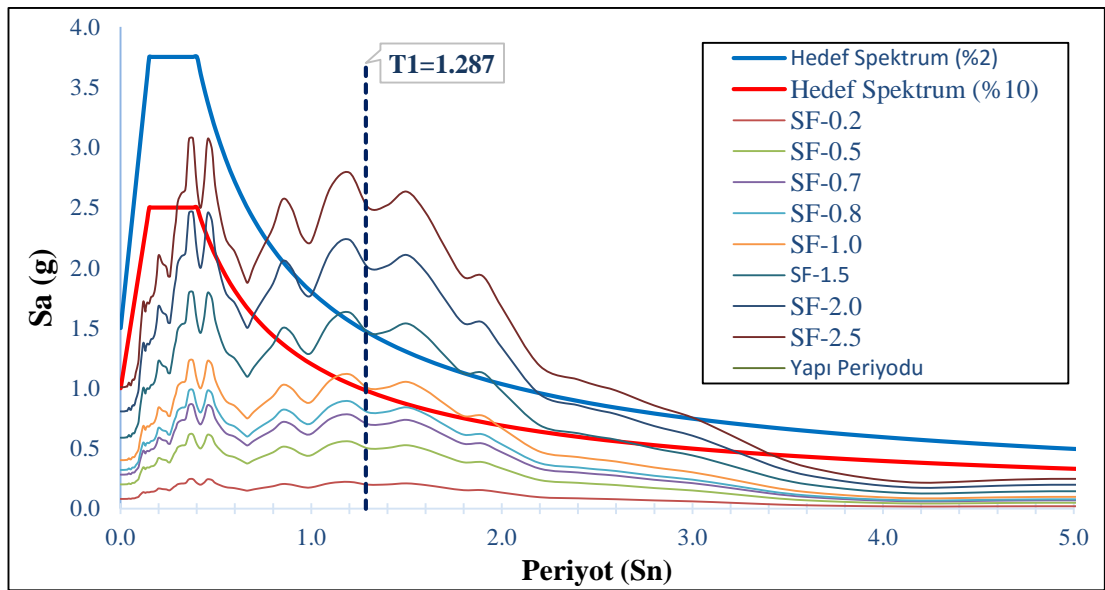
Şekil 5.13 : 5 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kobe Depremi Davranış Spektrumları.

Tablo 5.4 : 9 Katlı Bina için Seçilen Deprem Kayıtları ve Ölçek Katsayıları.

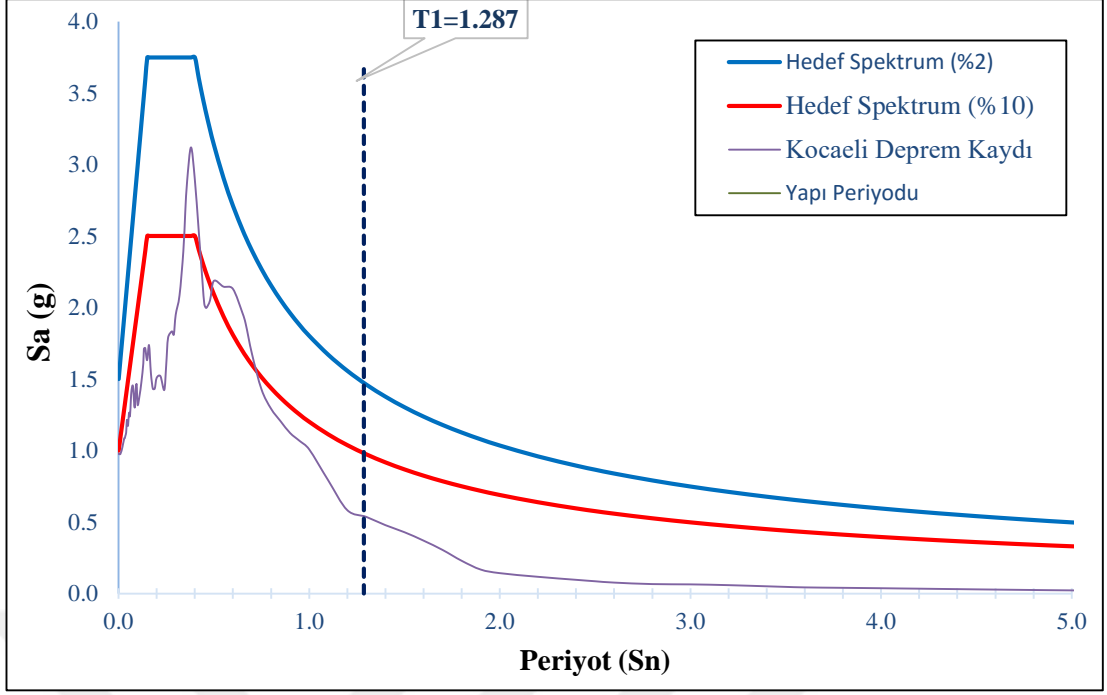
Sıra No	Deprem Adı	Ölçek Katsayıları							
		0.2 g	0.5 g	0.7 g	0.8 g	1.0 g	1.5 g (%2)	2.0 g	2.5 g
1	Kocaeli, Turkey	5.14	12.86	18.00	20.58	25.72	37.56	51.44	64.30
2	Northridge-01	3.65	9.13	12.78	14.60	18.25	26.66	36.51	45.63
3	Kobe, Japan	6.73	16.82	23.54	26.91	33.63	49.12	67.26	84.08



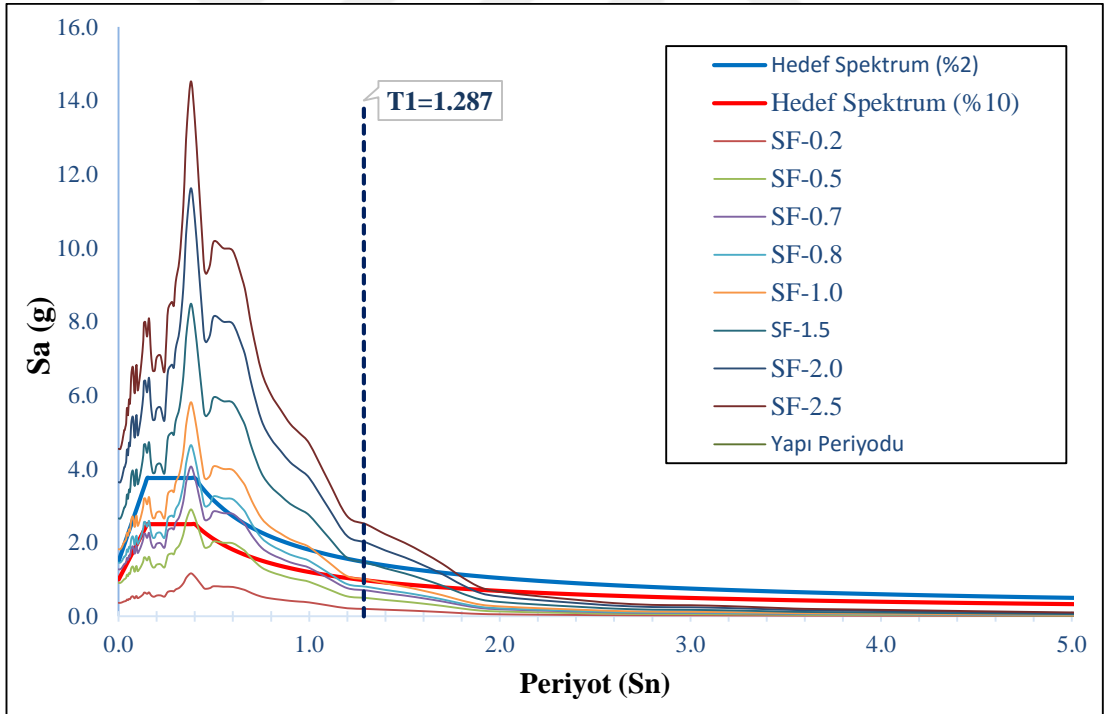
Şekil 5.14 : Kocaeli Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



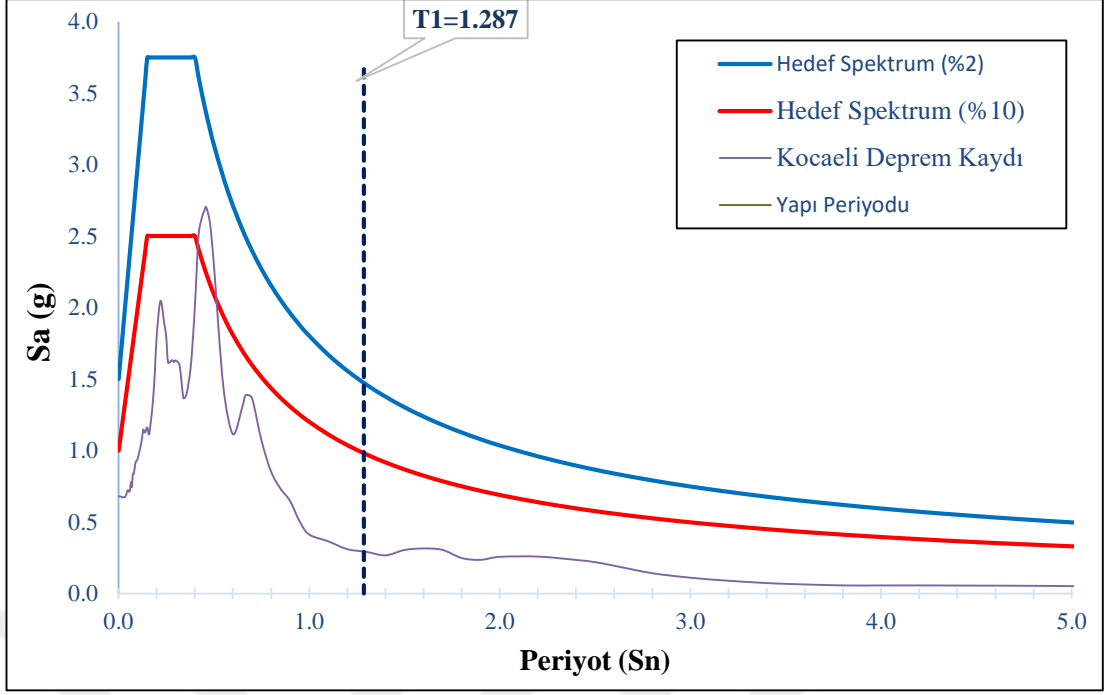
Şekil 5.15 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kocaeli Depremi Davranış Spektrumları.



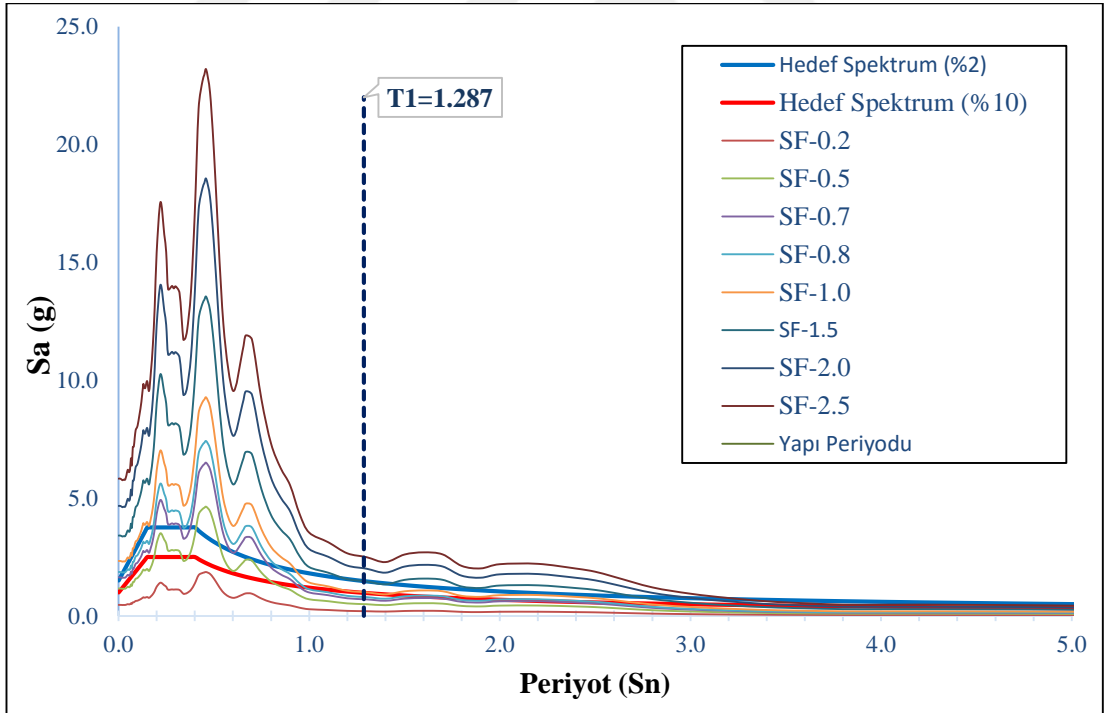
Şekil 5.16 : Northridge Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



Şekil 5.17 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Northridge Depremi Davranış Spektrumları.



Şekil 5.18 : Kobe Deprem Kaydı Davranış Spektrumu.



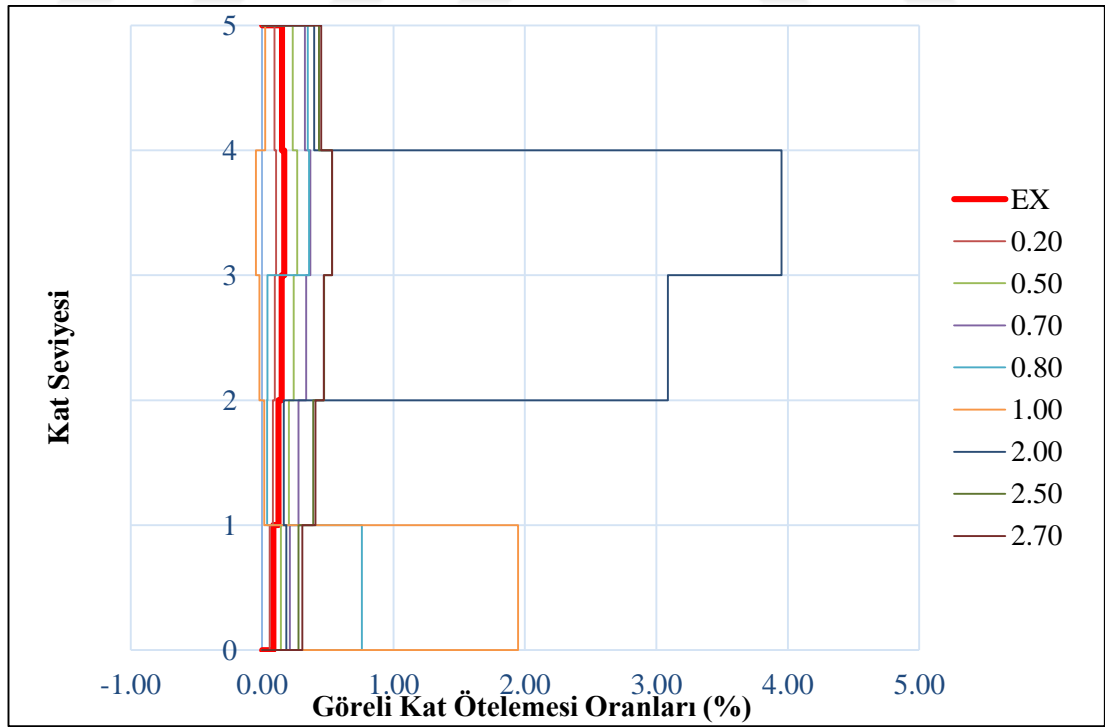
Şekil 5.19 : 9 Katlı Bina için Ölçeklenmiş Kobe Depremi Davranış Spektrumları.

5.4. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

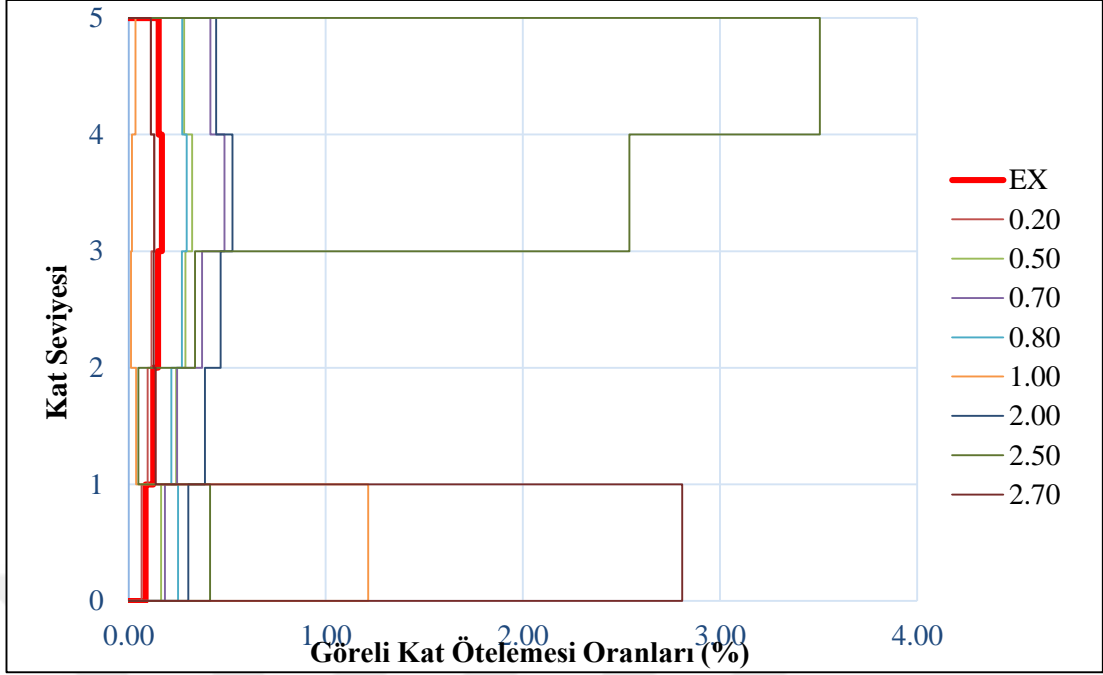
5 ve 9 katlı olarak tasarlanan iki merkezi çaprazlı çelik çerçeve için gerekli analizler yapılmış ve bu analizler sonucunda aksenal kuvvet, moment, kat deplasmanları, tepe noktası deplasmanları ve plastik mafsalsal değişimleri incelenmiştir. Sap 2000 programında, Eşdeğer Deprem Yüklemesine göre hesap edilen Ex yüklemesi kullanılarak, $G+Q+E$, $G+Q+\Omega_0E$ ve $0.9G\pm\Omega_0E$ kombinasyonları oluşturulmuştur. $G+Q+\Omega_0E$ ve $0.9G\pm\Omega_0E$ kombinasyonları artırılmış deprem etkilerini veren kombinasyonlardır. ASCE/7-10 yönetmeliğinde merkezi çaprazlı çelik çerçeveler için Ω_0 katsayısı 2.0 olarak, deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelikte ise bu katsayı yine 2.0 olarak verilmiştir. Bu katsayılara göre yukarıda sayılan hususlar karşılaştırılacak ve sonuçlar değerlendirilecektir.

- Görelî Kat Ötelemelerinin Karşılaştırılması

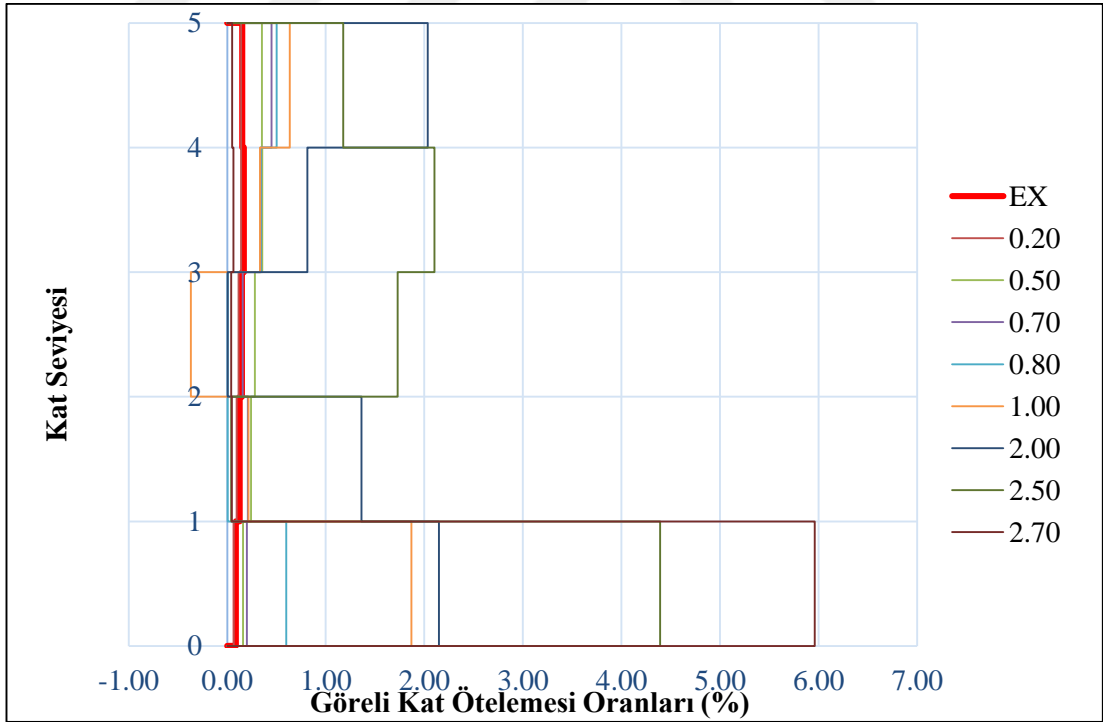
Her bir deprem kaydı için artımsal olarak 8 deprem tanımlanmıştır. Bu depremler için görelî kat öteleme oranları şekil (5.20 – 5.25) te verilmiştir.



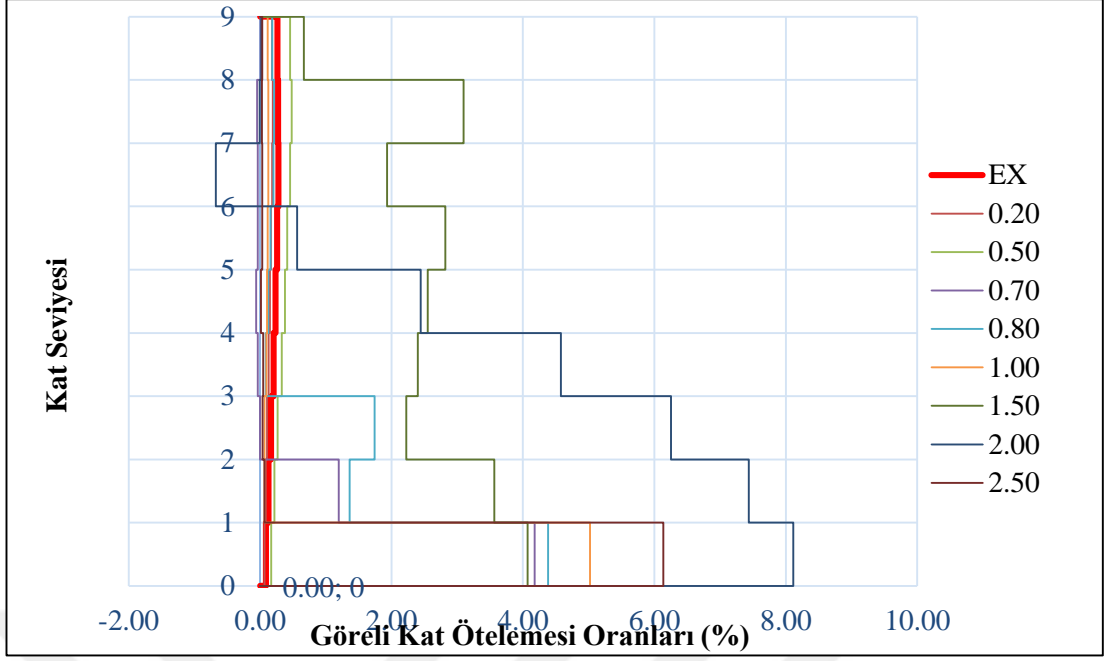
Şekil 5.20 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.



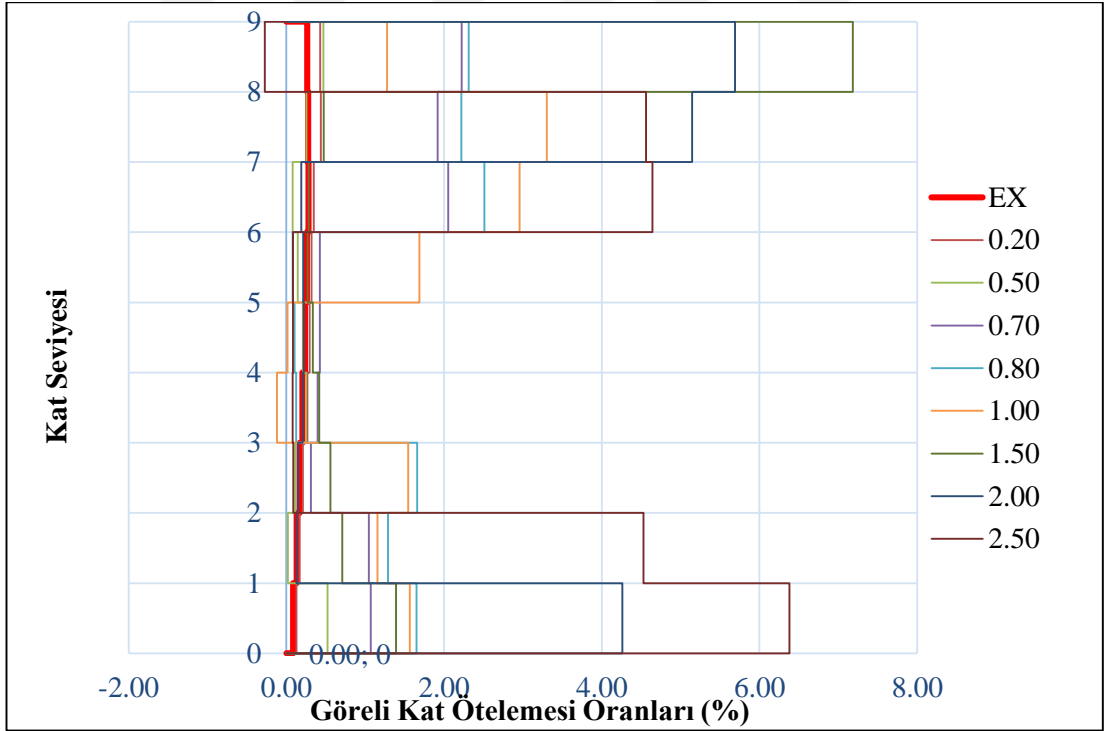
Şekil 5.21 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Görel Kat Öteleme Oranları.



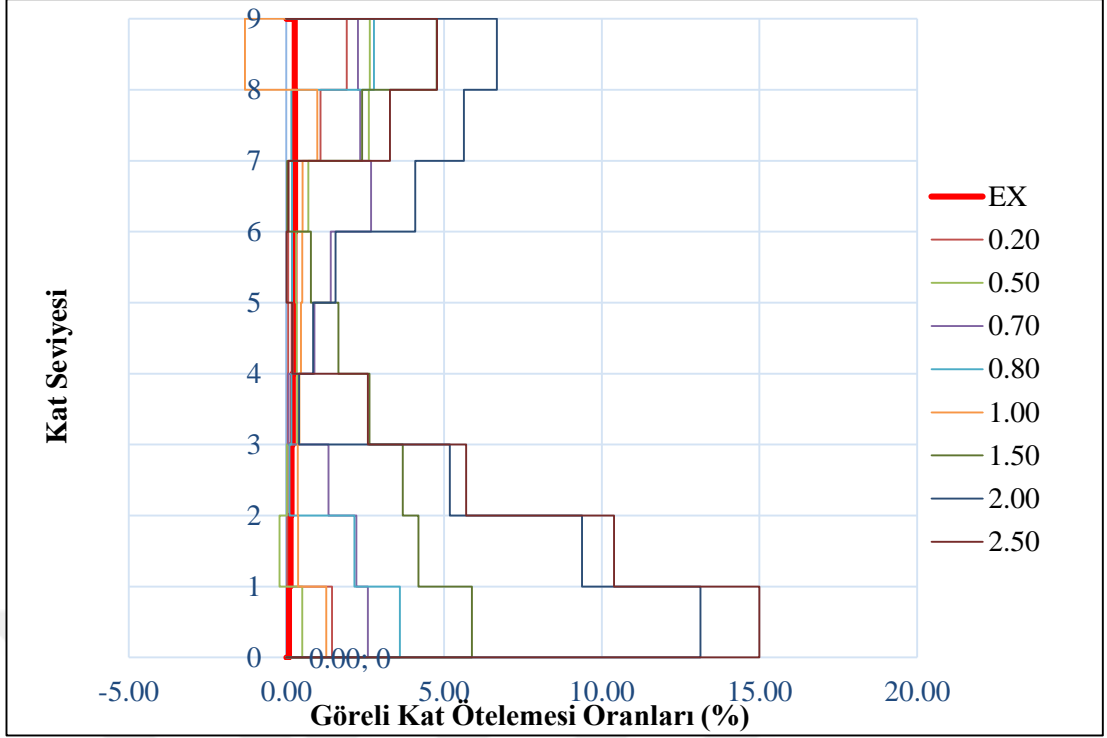
Şekil 5.22 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Görel Kat Öteleme Oranları.



Şekil 5.23 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.



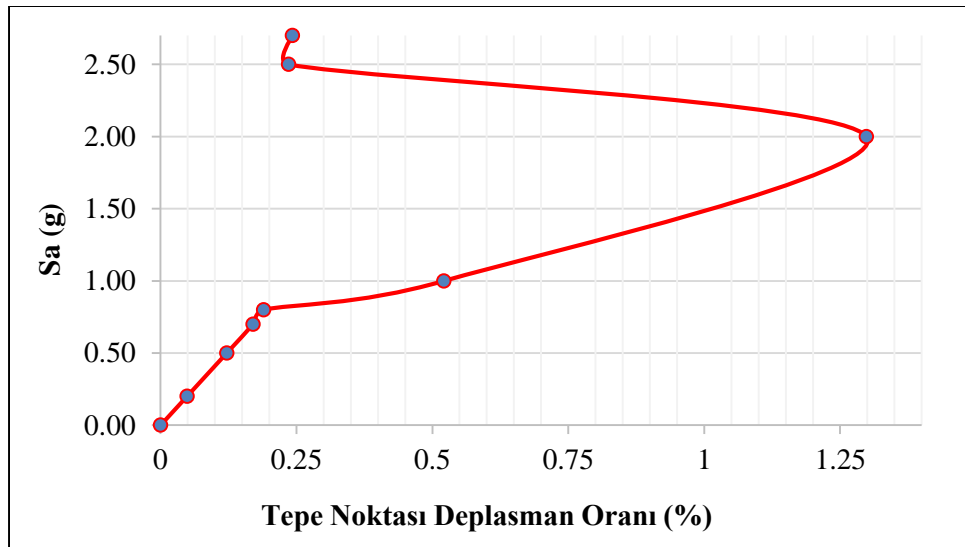
Şekil 5.24 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.



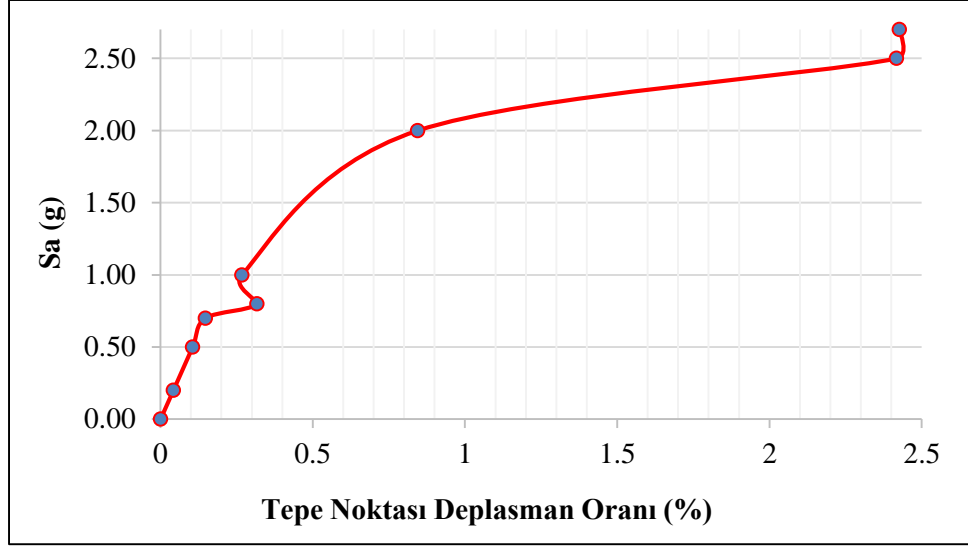
Şekil 5.25 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Görelî Kat Öteleme Oranları.

- Tepe Noktası Deplasmanları Karşılaştırılması

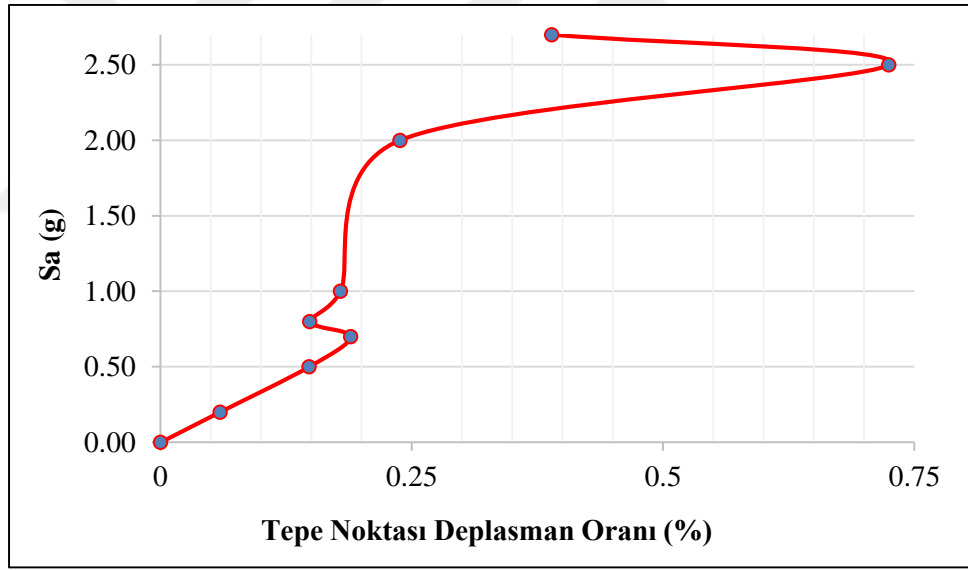
Yine her bir deprem kaydı için artımsal olarak oluşturulan 8 depremde çerçevenin tepe noktasında oluşan maksimum deplasmanlar aşağıdaki grafiklerde gösterilmiştir.



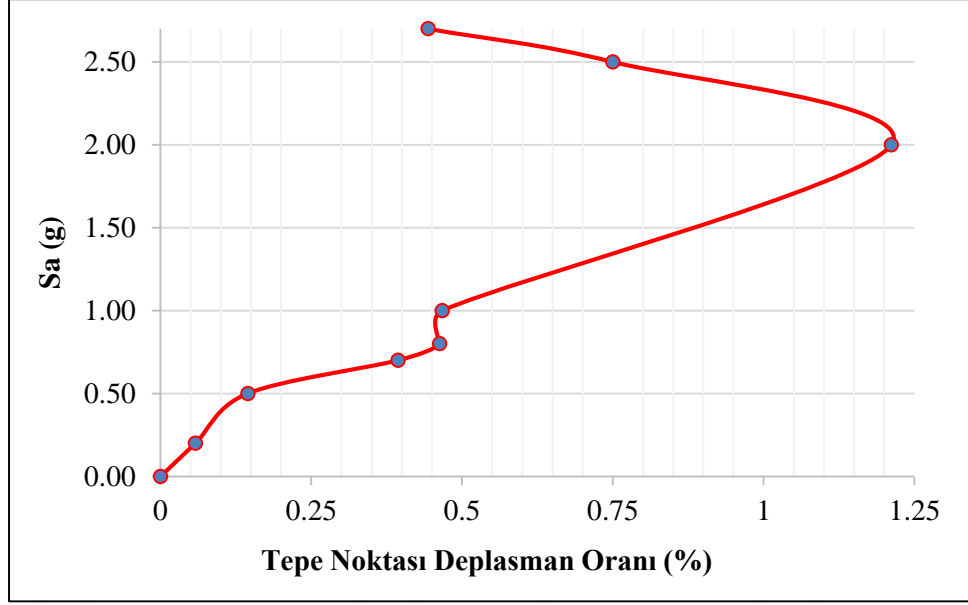
Şekil 5.26 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min)



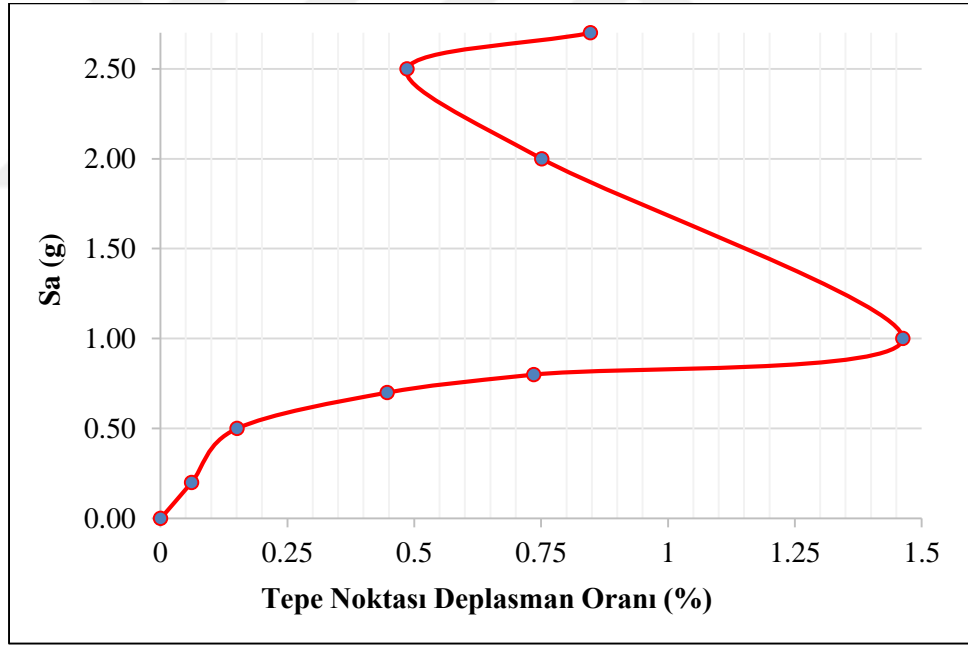
Şekil 5.27 : 5 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).



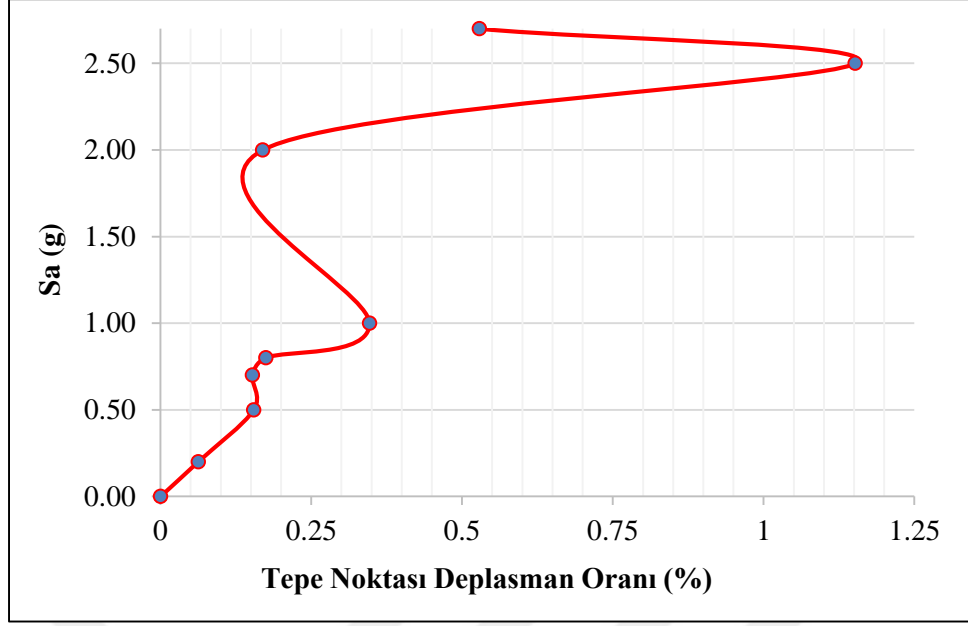
Şekil 5.28 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).



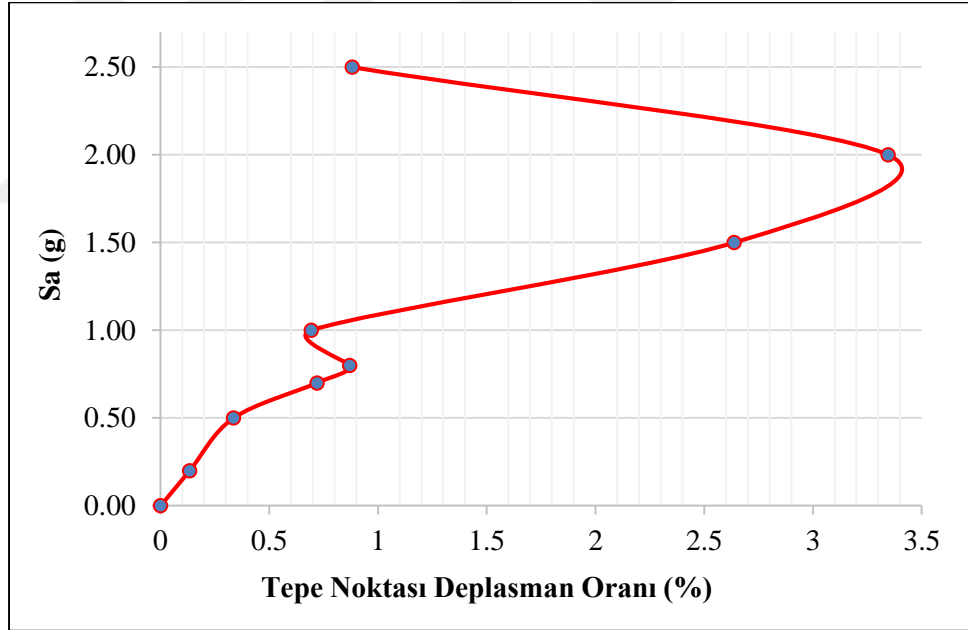
Şekil 5.29 : 5 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).



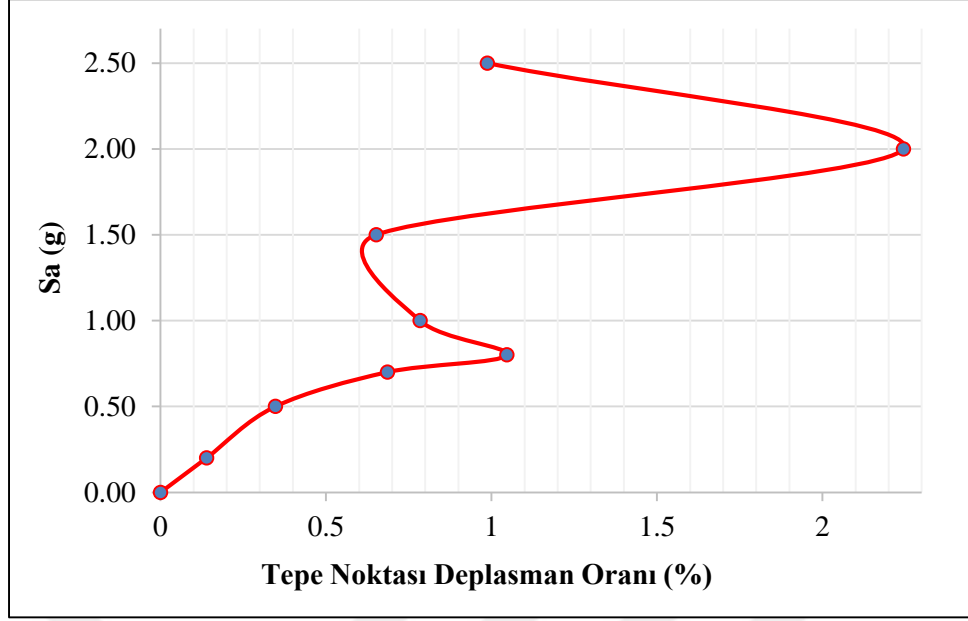
Şekil 5.30 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).



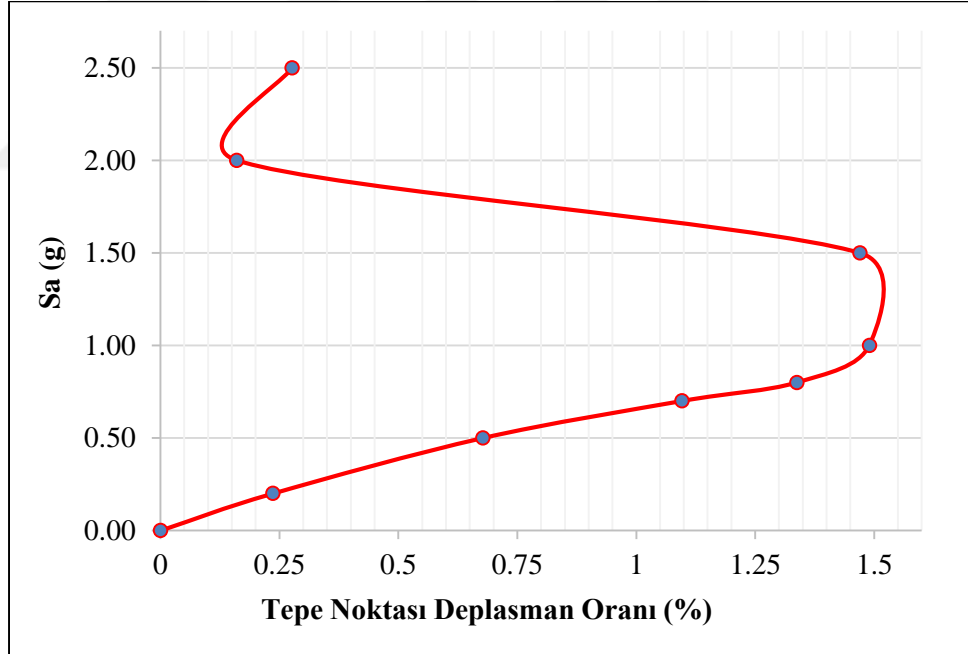
Şekil 5.31 : 5 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).



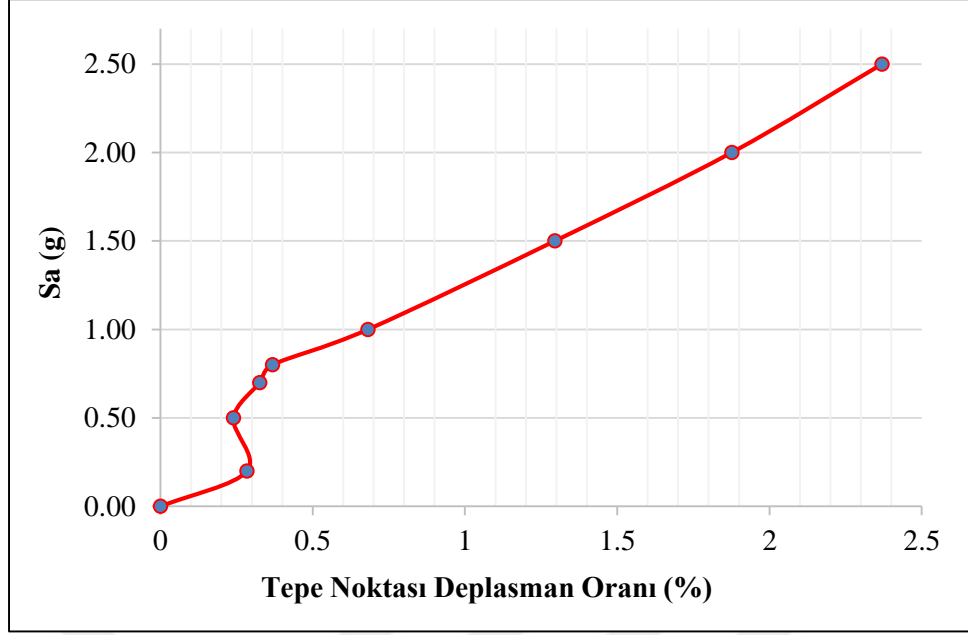
Şekil 5.32 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).



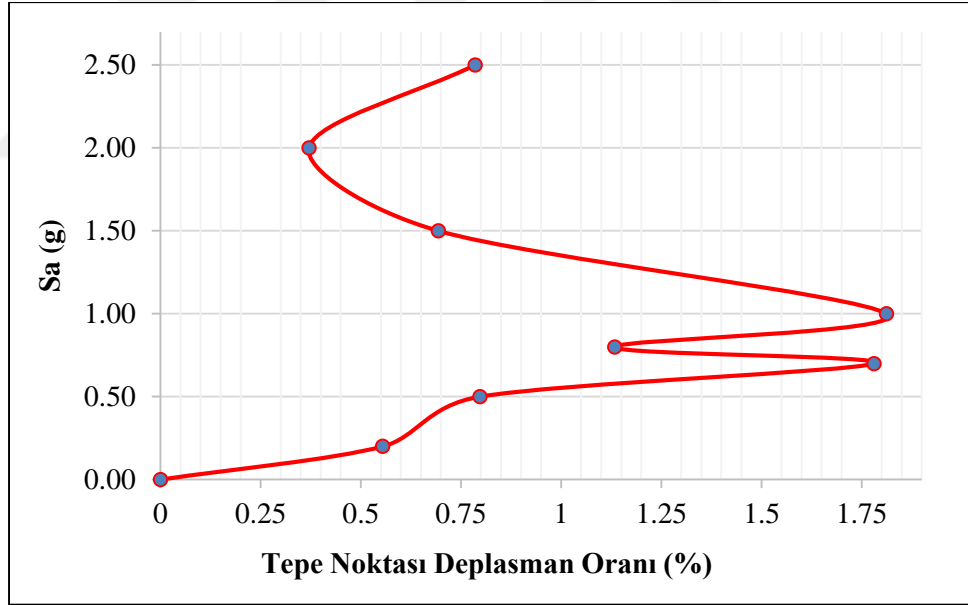
Şekil 5.33 : 9 Katlı Bina için Kocaeli Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).



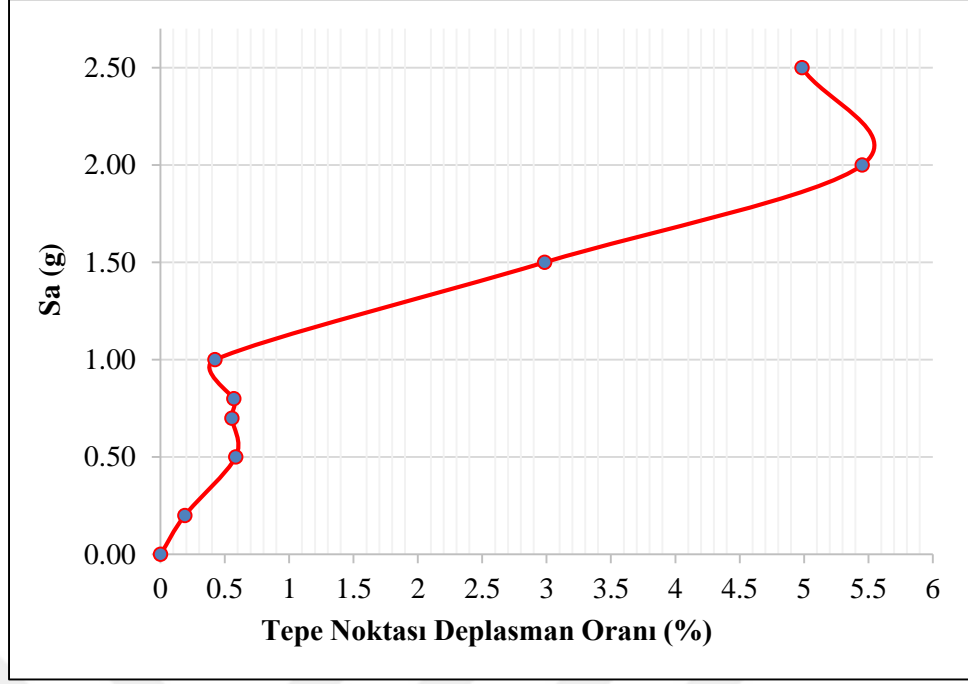
Şekil 5.34 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).



Şekil 5.35 : 9 Katlı Bina için Northridge Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).



Şekil 5.36 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (min).



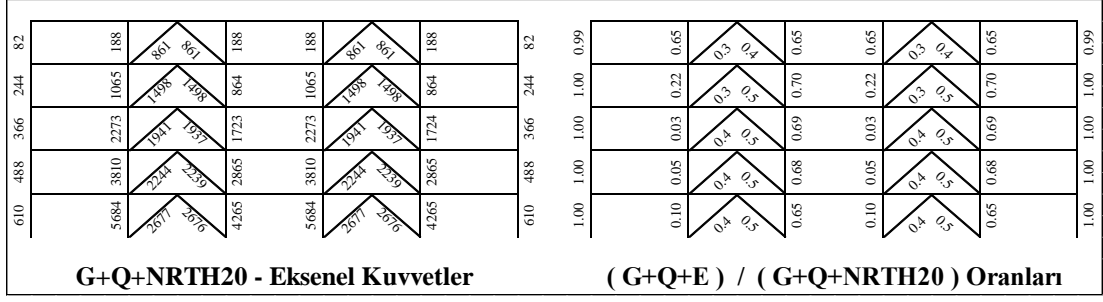
Şekil 5.37 : 9 Katlı Bina için Kobe Depremi Tepe Noktası Deplasman Oranı (max).

- Kolon ve Çaprazlar İçin Eksenel Kuvvetlerin Karşılaştırması

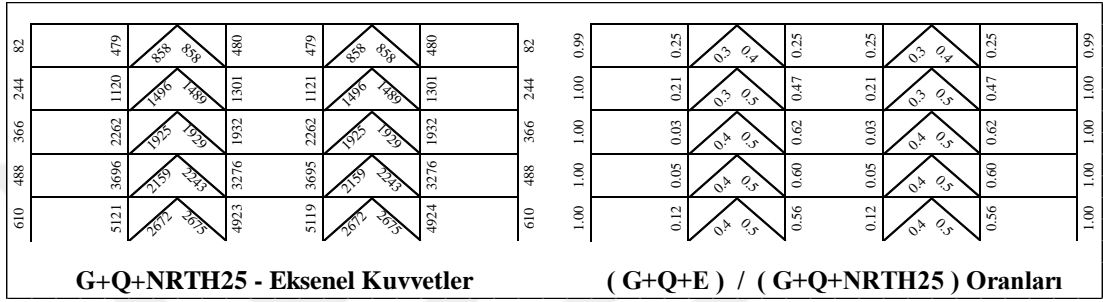
Kolon ve çaprazlarda oluşan eksenel kuvvetler, $G+Q+2E$, $0.9G+2E$ ve $G+Q+E$ kombinasyonları ile deprem yüklemeleri arasında karşılaştırılmış ve oranları yan taraftaki şekillerde gösterilmiştir.

81	122	240	371	122	122	240	371	122	81
243	230	493	715	605	230	493	715	605	243
365	79	684	983	1196	79	684	983	1196	365
486	183	853	1131	1957	183	853	1131	1957	486
608	590	1032	1388	2768	590	1032	1388	2768	608

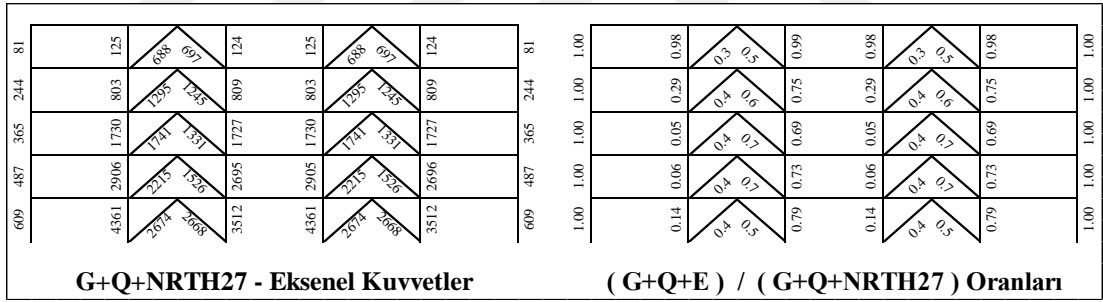
Şekil 5.38 : 5 Katlı Çerçevenin $G+Q+E$ Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).



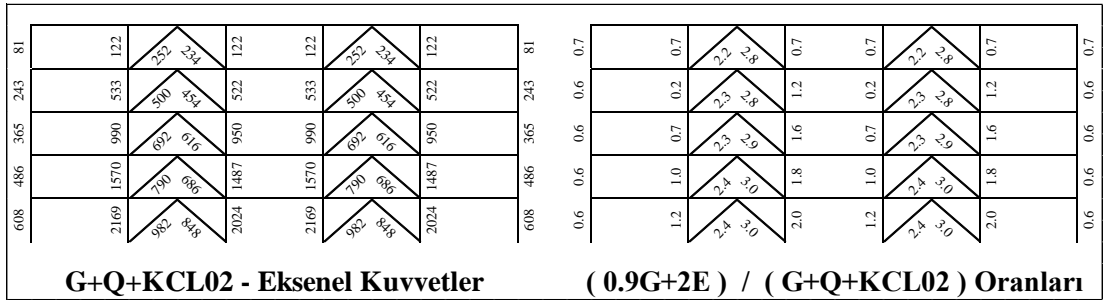
Şekil 5.62 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.0) Oranları.



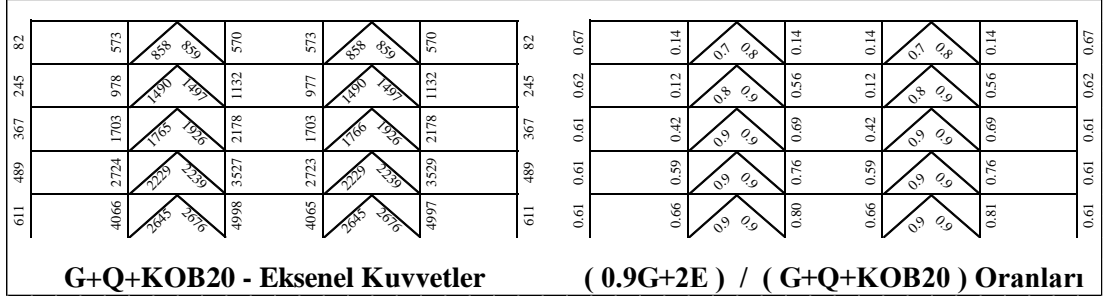
Şekil 5.63 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.5) Oranları.



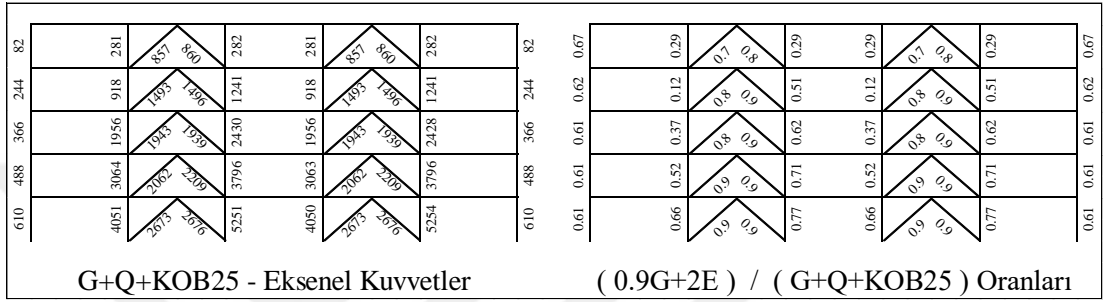
Şekil 5.64 : 5 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+NRTH (SF=2.7) Oranları.



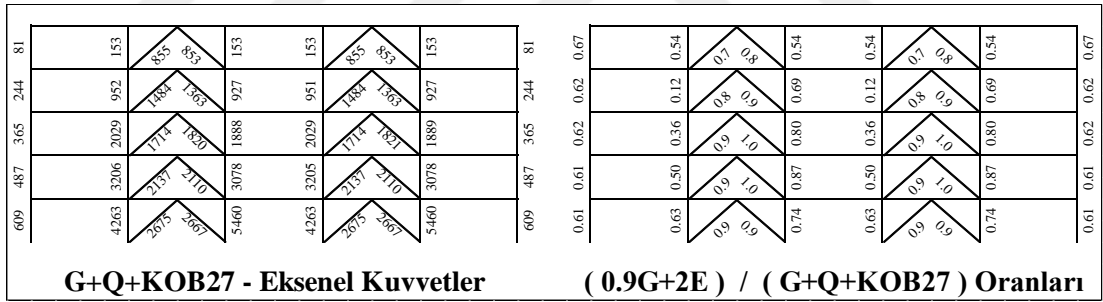
Şekil 5.65 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KCL (SF=0.2) Oranları.



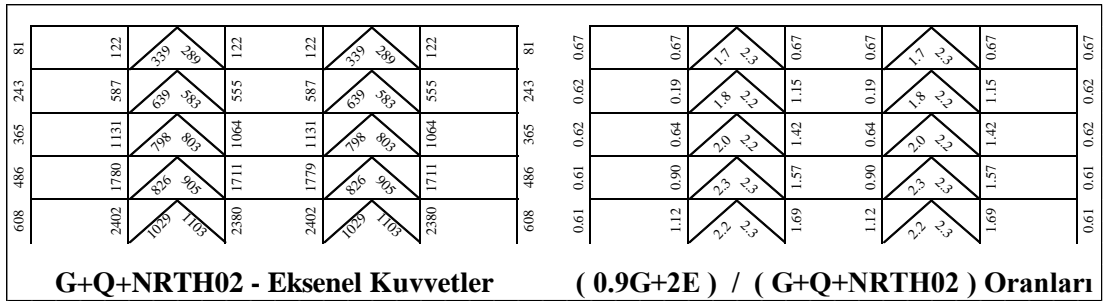
Şekil 5.78 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KOB (SF=2.0) Oranları.



Şekil 5.79 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KOB (SF=2.5) Oranları.



Şekil 5.80 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+KOB (SF=2.7) Oranları.



Şekil 5.81 : 5 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E /G+Q+NRTH (SF=0.2) Oranları.

1053	1571	1042	1402	5529	1571	1042	1402	5529	1053
932	1129	908	1215	4667	1129	908	1215	4667	932
810	762	841	1182	3792	762	841	1182	3792	810
689	417	787	1085	2988	417	787	1085	2988	689
567	149	683	996	2225	149	683	996	2225	567
446	64	586	853	1555	64	586	853	1555	446
324	176	445	710	958	176	445	710	958	324
203	200	304	521	476	200	304	521	476	203
81	121	159	291	121	121	159	291	121	81

Şekil 5.113 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).

638	5901	2335	2552	8299	5901	2335	2552	8299	638
565	4723	2030	2216	6870	4723	2030	2216	6870	565
492	3634	1920	2126	5475	3634	1920	2126	5475	492
419	2622	1782	1962	4188	2622	1782	1962	4188	419
346	1740	1584	1774	3009	1740	1584	1774	3009	346
273	994	1358	1520	1988	994	1358	1520	1988	273
200	431	1074	1235	1134	431	1074	1235	1134	200
128	61	758	891	490	61	758	891	490	128
55	82	405	494	82	82	405	494	82	55

Şekil 5.114 : 9 Katlı Çerçevenin 0.9G+2E Yüklemesninden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).

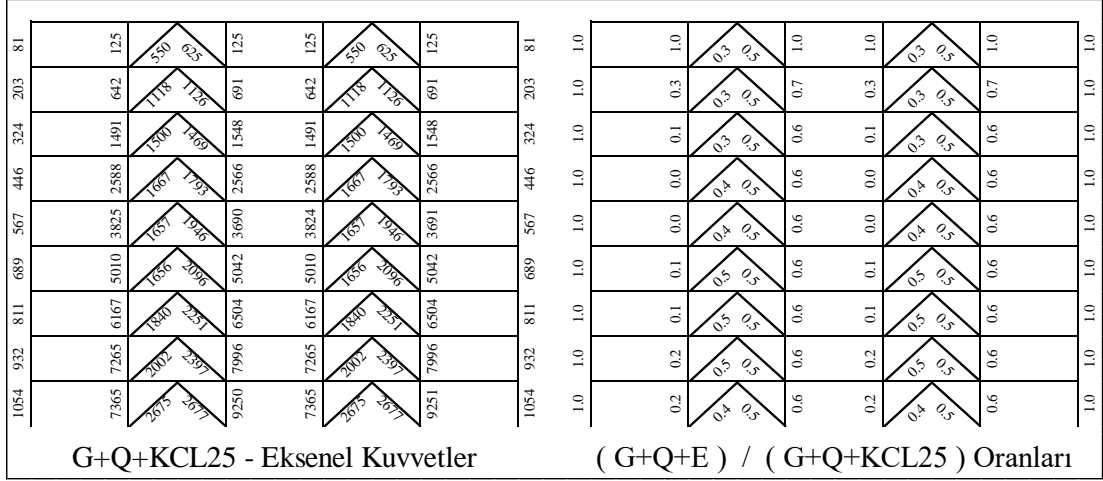
1053	932	810	689	567	446	324	203	81
5121	4028	3039	2119	1336	682	216	62	121
2264	1970	1852	1723	1523	1306	1022	716	383
2624	2277	2194	2021	1835	1572	1287	934	515
9079	7565	6070	4691	3412	2300	1349	614	121
5121	4028	3039	2119	1336	682	216	62	121
2264	1970	1852	1723	1523	1306	1022	716	383
2624	2277	2194	2021	1835	1572	1287	934	515
9079	7565	6070	4691	3412	2300	1349	614	121
1053	932	810	689	567	446	324	203	81

Şekil 5.115 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+2E Yüklemesinden Dolayı Oluşan Eksenel Kuvvetler (kN).

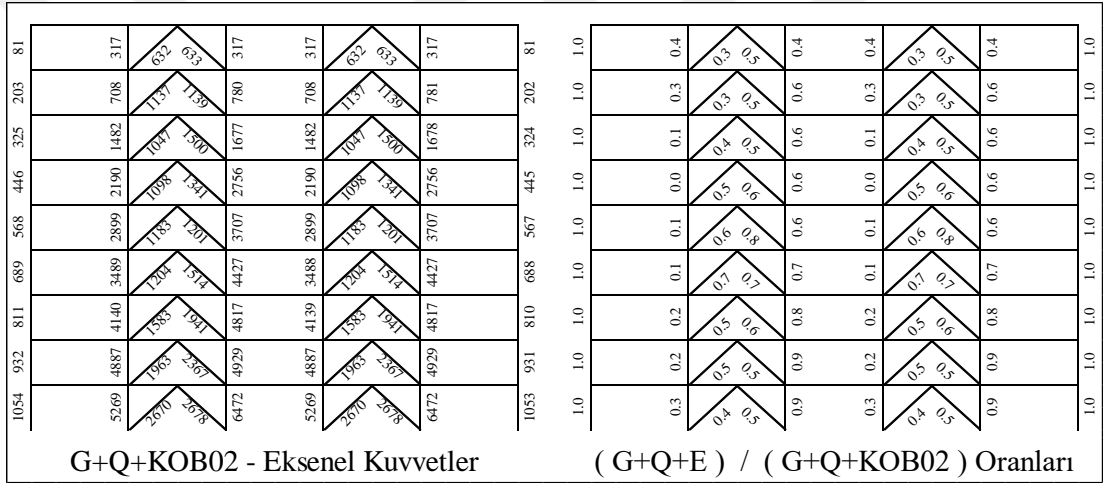
1053	932	810	689	567	446	324	203	81
4294	3676	3029	2428	1848	1330	845	437	122
1126	941	896	799	748	641	540	409	225
1133	927	877	791	717	637	572	435	224
4310	3673	3047	2485	1913	1377	865	436	122
4294	3676	3029	2428	1848	1330	845	437	122
1126	941	896	799	748	641	540	409	225
1133	927	877	791	717	637	572	435	224
4310	3673	3047	2485	1913	1377	865	436	122
1053	932	810	689	567	446	324	203	81
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.5	1.0
0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0
0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0

G+Q+KCL02 - Eksenel Kuvvetler (G+Q+E) / (G+Q+KCL02) Oranları

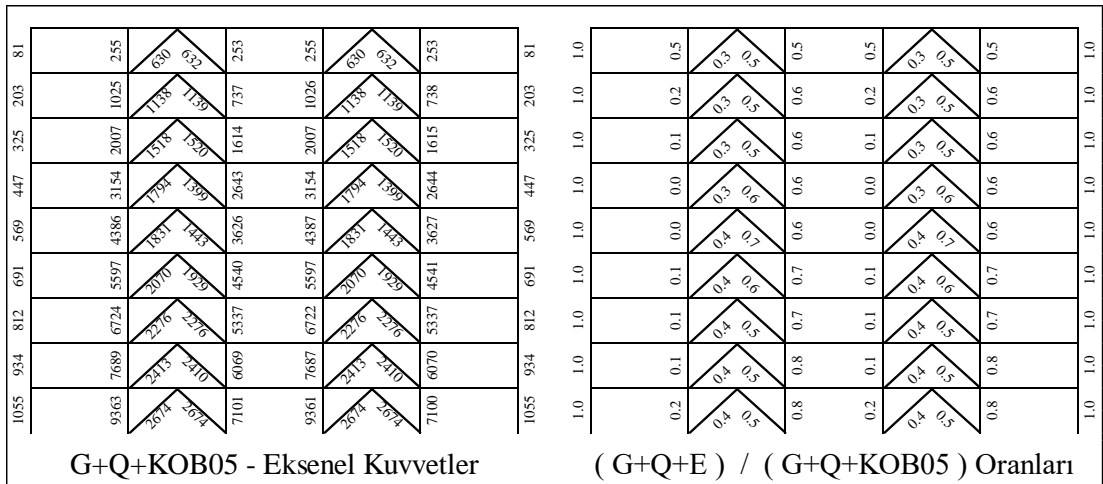
Şekil 5.116 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=0.2) Oranları.



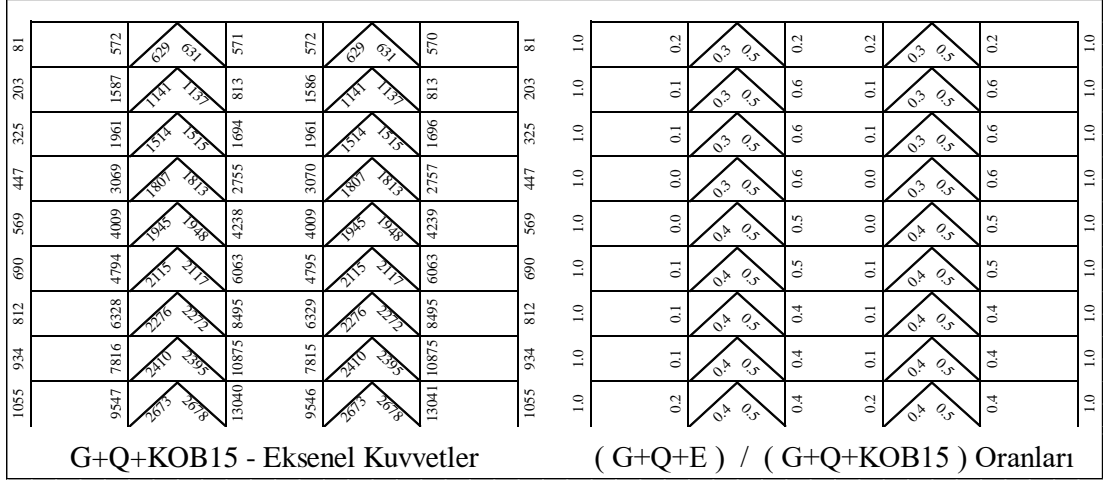
Şekil 5.123 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KCL (SF=2.5) Oranları.



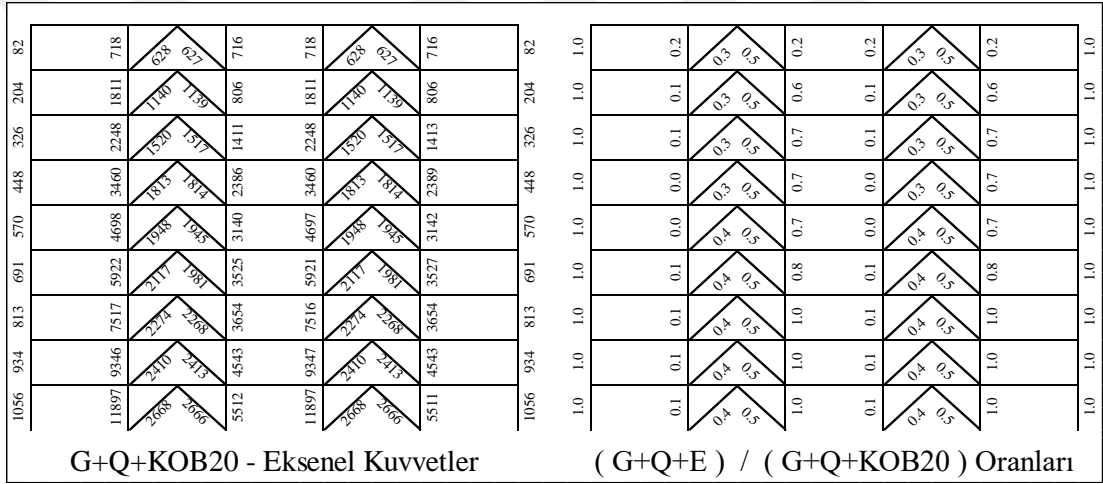
Şekil 5. 124 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.2) Oranları.



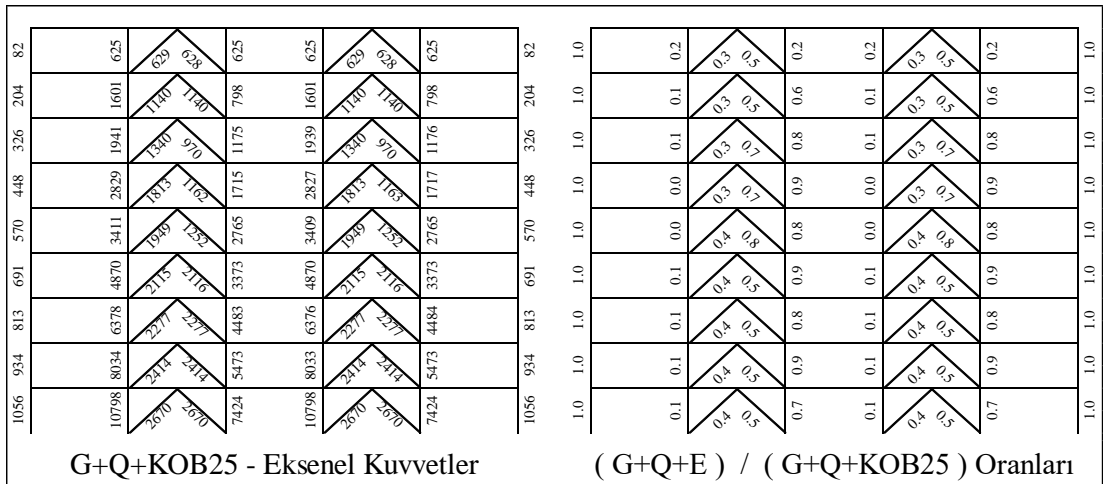
Şekil 5.125 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=0.5) Oranları.



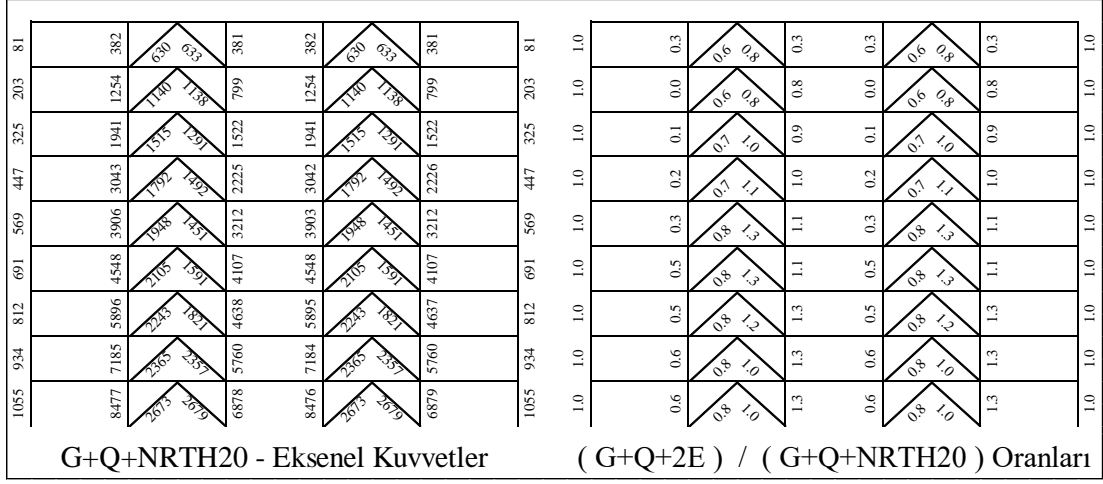
Şekil 5.129 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=1.5) Oranları.



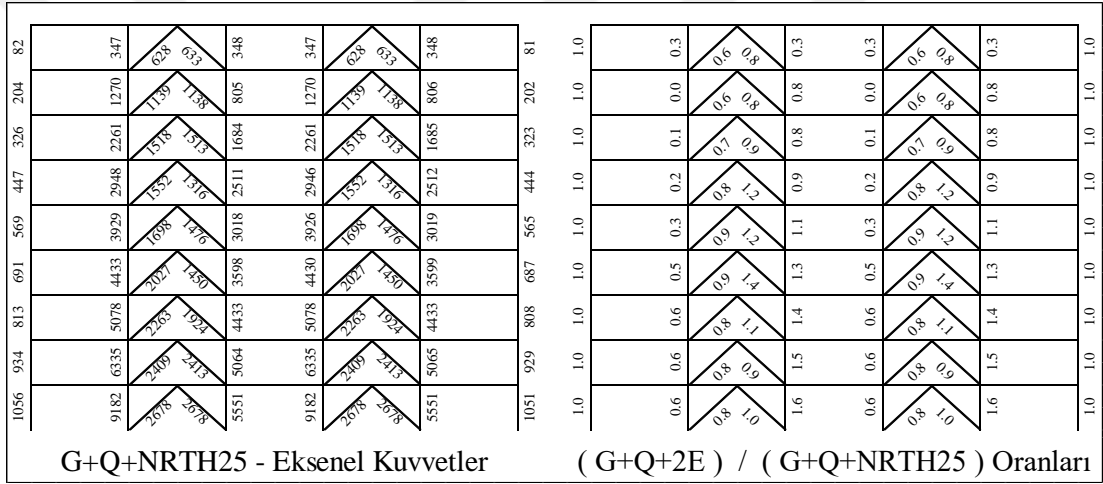
Şekil 5.130 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=2.0) Oranları.



Şekil 5.131 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+E /G+Q+KOB (SF=2.5) Oranları.



Şekil 5.186 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+2E /G+Q+NRTH (SF=2.0) Oranları.



Şekil 5.187 : 9 Katlı Çerçevenin G+Q+2E /G+Q+NRTH (SF=2.5) Oranları.

Tablo 5.5 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
(G+Q+E) / (G+Q+KCL02)	1.00	0.38	1.22	0.38	1.22	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL05)	1.00	0.32	0.87	0.32	0.87	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL07)	1.00	0.30	0.75	0.30	0.75	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL08)	1.00	0.29	0.71	0.29	0.71	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL10)	1.00	0.29	0.71	0.29	0.71	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL20)	1.00	0.24	0.55	0.24	0.55	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL25)	1.00	0.24	0.57	0.23	0.57	1.00
(G+Q+E) / (G+Q+KCL27)	1.00	0.11	0.44	0.11	0.44	1.00

Tablo 5.6 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB02)$	1.00	0.36	1.02	0.36	1.02	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB05)$	1.00	0.28	0.67	0.28	0.67	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB07)$	1.00	0.22	0.56	0.22	0.56	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB08)$	1.00	0.20	0.52	0.20	0.52	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB10)$	0.99	0.15	0.39	0.15	0.39	0.99
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB20)$	0.99	0.14	0.48	0.14	0.48	0.99
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB25)$	0.99	0.19	0.49	0.19	0.49	0.99
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB27)$	1.00	0.25	0.65	0.25	0.64	1.00

Tablo 5.7 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH02)$	1.00	0.36	1.10	0.36	1.10	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH05)$	1.00	0.30	0.76	0.30	0.76	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH07)$	1.00	0.25	0.62	0.25	0.62	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH08)$	1.00	0.30	0.76	0.30	0.76	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH10)$	1.00	0.30	0.70	0.30	0.70	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH20)$	1.00	0.21	0.68	0.21	0.67	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH25)$	1.00	0.13	0.50	0.13	0.50	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH27)$	1.00	0.30	0.79	0.30	0.79	1.00

Tablo 5.8 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL02)$	0.63	0.77	1.46	0.77	1.46	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL05)$	0.63	0.53	0.99	0.53	0.99	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.63	0.45	0.84	0.45	0.83	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.63	0.42	0.78	0.42	0.78	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL10)$	0.63	0.44	0.79	0.44	0.79	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.63	0.39	0.63	0.39	0.63	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.63	0.36	0.65	0.36	0.65	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL27)$	0.63	0.27	0.55	0.27	0.55	0.63

Tablo 5.9 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB02)$	0.63	0.70	1.20	0.70	1.20	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.63	0.44	0.75	0.44	0.75	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.63	0.51	0.67	0.51	0.67	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.63	0.47	0.62	0.47	0.62	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.62	0.39	0.49	0.39	0.49	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.62	0.39	0.59	0.39	0.59	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.62	0.39	0.58	0.39	0.58	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB27)$	0.63	0.43	0.73	0.43	0.73	0.63

Tablo 5.10 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH02)$	0.63	0.70	1.30	0.70	1.30	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH05)$	0.63	0.46	0.85	0.46	0.85	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.63	0.39	0.70	0.39	0.70	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.63	0.49	0.85	0.49	0.85	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.63	0.45	0.78	0.45	0.78	0.63
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.62	0.35	0.79	0.35	0.79	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.62	0.31	0.62	0.31	0.62	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH27)$	0.63	0.48	0.89	0.48	0.89	0.63

Tablo 5.11 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL02)$	1.00	0.72	1.72	0.72	1.72	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL05)$	1.00	0.52	1.19	0.52	1.19	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL07)$	1.00	0.45	1.01	0.45	1.01	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL08)$	1.00	0.43	0.95	0.43	0.95	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL10)$	1.00	0.45	0.96	0.45	0.95	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL20)$	1.00	0.39	0.75	0.39	0.75	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL25)$	1.00	0.37	0.78	0.37	0.78	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL27)$	1.00	0.24	0.64	0.24	0.64	1.00

Tablo 5.12 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.00	0.66	1.42	0.66	1.42	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB05)$	1.00	0.44	0.90	0.44	0.90	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB07)$	1.00	0.46	0.79	0.46	0.79	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB08)$	1.00	0.41	0.73	0.41	0.73	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.99	0.34	0.57	0.34	0.57	0.99
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.99	0.33	0.69	0.33	0.69	0.99
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.99	0.36	0.69	0.36	0.69	0.99
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB27)$	1.00	0.42	0.88	0.42	0.88	1.00

Tablo 5.13 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH02)$	1.00	0.66	1.54	0.66	1.54	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH05)$	1.00	0.47	1.02	0.47	1.02	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH07)$	1.00	0.39	0.84	0.39	0.84	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH08)$	1.00	0.48	1.03	0.48	1.03	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH10)$	1.00	0.46	0.94	0.46	0.94	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH20)$	1.00	0.34	0.94	0.34	0.94	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH25)$	1.00	0.28	0.72	0.28	0.72	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH27)$	1.00	0.48	1.07	0.48	1.07	1.00

Tablo 5.14 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL02)$	1.00	0.32	1.17	0.32	1.17	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL05)$	1.00	0.24	0.75	0.24	0.75	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL07)$	1.00	0.22	0.63	0.22	0.63	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL08)$	1.00	0.21	0.65	0.21	0.65	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL10)$	1.00	0.24	0.68	0.24	0.68	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL15)$	1.00	0.41	1.47	0.41	1.47	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL20)$	1.00	0.21	0.54	0.21	0.54	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL25)$	1.00	0.23	0.65	0.23	0.65	1.00

Tablo 5.15 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB02)$	1.00	0.19	0.67	0.19	0.67	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB05)$	1.00	0.15	0.65	0.15	0.65	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB07)$	1.00	0.13	0.59	0.13	0.59	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB08)$	1.00	0.15	0.61	0.15	0.61	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB10)$	1.00	0.16	0.55	0.16	0.55	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB15)$	1.00	0.11	0.47	0.11	0.47	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB20)$	1.00	0.09	0.75	0.09	0.75	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB25)$	1.00	0.11	0.74	0.11	0.74	1.00

Tablo 5.16 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH02)$	1.00	0.23	0.74	0.23	0.74	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH05)$	1.00	0.22	0.70	0.22	0.70	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH07)$	1.00	0.21	0.64	0.21	0.64	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH08)$	1.00	0.22	0.60	0.22	0.60	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH10)$	1.00	0.13	0.54	0.13	0.54	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH15)$	1.00	0.13	0.50	0.13	0.50	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH20)$	1.00	0.13	0.68	0.13	0.68	1.00
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH25)$	1.00	0.14	0.72	0.14	0.72	1.00

Tablo 5.17 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL02)$	0.62	0.88	1.49	0.88	1.49	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL05)$	0.62	0.55	0.92	0.55	0.92	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.62	0.46	0.77	0.46	0.77	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.62	0.46	0.80	0.46	0.80	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL10)$	0.62	0.56	0.82	0.56	0.82	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL15)$	0.62	0.79	1.88	0.79	1.87	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.62	0.44	0.64	0.44	0.64	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.62	0.49	0.79	0.49	0.79	0.62

Tablo 5.18 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB02)$	0.62	0.60	0.87	0.60	0.87	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.62	0.40	0.84	0.40	0.84	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.62	0.36	0.77	0.36	0.77	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.62	0.45	0.79	0.45	0.79	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.62	0.54	0.71	0.54	0.71	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB15)$	0.62	0.39	0.61	0.39	0.61	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.62	0.32	1.00	0.32	1.00	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.62	0.39	0.98	0.39	0.98	0.62

Tablo 5.19 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(0.9G+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH02)$	0.62	0.58	0.93	0.58	0.93	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH05)$	0.62	0.62	0.90	0.62	0.90	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.62	0.55	0.80	0.55	0.80	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.62	0.57	0.75	0.57	0.75	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.62	0.44	0.70	0.44	0.70	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH15)$	0.62	0.44	0.64	0.44	0.64	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.62	0.42	0.89	0.42	0.89	0.62
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.62	0.44	0.95	0.44	0.95	0.62

Tablo 5.20 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL02)$	1.00	0.76	1.72	0.76	1.72	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL05)$	1.00	0.49	1.08	0.49	1.08	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL07)$	1.00	0.41	0.90	0.41	0.90	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL08)$	1.00	0.41	0.94	0.41	0.94	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL10)$	1.00	0.50	0.96	0.50	0.96	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL15)$	1.00	0.65	2.17	0.65	2.17	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL20)$	1.00	0.40	0.76	0.40	0.75	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL25)$	1.00	0.44	0.93	0.44	0.93	1.00

Tablo 5.21 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.00	0.50	1.00	0.50	1.00	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB05)$	1.00	0.34	0.96	0.34	0.96	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB07)$	1.00	0.30	0.89	0.30	0.89	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB08)$	1.00	0.37	0.91	0.37	0.91	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB10)$	1.00	0.45	0.82	0.45	0.82	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB15)$	1.00	0.32	0.70	0.32	0.70	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB20)$	1.00	0.27	1.14	0.27	1.14	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB25)$	1.00	0.32	1.12	0.32	1.11	1.00

Tablo 5.22 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Kolon Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+2E).

Açıklama	1 Aksı	2 Aksı	3 Aksı	4 Aksı	5 Aksı	6 Aksı
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH02)$	1.00	0.51	1.08	0.51	1.08	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH05)$	1.00	0.52	1.04	0.52	1.04	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH07)$	1.00	0.47	0.93	0.47	0.93	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH08)$	1.00	0.49	0.87	0.49	0.87	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH10)$	1.00	0.36	0.81	0.36	0.81	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH15)$	1.00	0.37	0.74	0.37	0.74	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH20)$	1.00	0.35	1.02	0.35	1.02	1.00
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH25)$	1.00	0.37	1.08	0.37	1.08	1.00

Tablo 5.23 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları
(G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL02)$	1.01	1.61	1.01	1.61
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL05)$	0.46	0.75	0.46	0.75
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL07)$	0.36	0.55	0.36	0.55
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL08)$	0.35	0.51	0.35	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL10)$	0.37	0.52	0.37	0.52
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL20)$	0.35	0.51	0.35	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL25)$	0.35	0.49	0.35	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL27)$	0.35	0.49	0.35	0.51

Tablo 5.24 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB02)$	0.80	1.12	0.80	1.12
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB05)$	0.36	0.51	0.36	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB07)$	0.39	0.51	0.39	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB08)$	0.39	0.49	0.39	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB10)$	0.36	0.49	0.36	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB20)$	0.35	0.49	0.35	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB25)$	0.35	0.49	0.35	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB27)$	0.36	0.51	0.36	0.51

Tablo 5.25 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH02)$	0.87	1.25	0.87	1.25
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH05)$	0.39	0.56	0.39	0.56
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH07)$	0.35	0.50	0.35	0.50
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH08)$	0.39	0.56	0.39	0.56
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH10)$	0.37	0.51	0.37	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH20)$	0.35	0.49	0.35	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH25)$	0.35	0.49	0.35	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH27)$	0.38	0.62	0.38	0.62

Tablo 5.26 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL02)$	2.31	2.89	2.31	2.89
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL05)$	1.06	1.35	1.06	1.35
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.82	0.99	0.82	0.99
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.79	0.91	0.79	0.91
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL10)$	0.85	0.93	0.85	0.93
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.79	0.93	0.79	0.93
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.79	0.89	0.79	0.89
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL27)$	0.79	0.88	0.79	0.92

Tablo 5.27 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.82	2.01	1.82	2.01
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.82	0.92	0.82	0.92
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.90	0.91	0.90	0.91
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.90	0.89	0.90	0.89
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.82	0.88	0.82	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.81	0.88	0.81	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.80	0.88	0.80	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB27)$	0.82	0.92	0.82	0.92

Tablo 5.28 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH02)$	2.00	2.25	2.00	2.24
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH05)$	0.89	1.01	0.89	1.01
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.79	0.89	0.79	0.89
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.90	1.00	0.90	1.00
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.84	0.91	0.84	0.91
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.79	0.88	0.79	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.80	0.88	0.80	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH27)$	0.87	1.12	0.87	1.12

Tablo 5.29 : 5 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL02)$	2.23	2.98	2.23	2.98
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL05)$	1.02	1.39	1.02	1.39
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.79	1.02	0.79	1.02
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.77	0.94	0.77	0.94
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL10)$	0.82	0.96	0.82	0.96
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.76	0.95	0.76	0.95
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.76	0.92	0.76	0.92
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL27)$	0.76	0.91	0.76	0.95

Tablo 5.30 : 5 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.76	2.07	1.76	2.07
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.79	0.95	0.79	0.95
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.86	0.94	0.86	0.94
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.87	0.92	0.87	0.92
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.79	0.91	0.79	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.78	0.91	0.78	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.78	0.91	0.78	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB27)$	0.79	0.95	0.79	0.95

Tablo 5.31 : 5 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH02)$	1.93	2.31	1.93	2.31
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH05)$	0.86	1.04	0.86	1.04
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.77	0.92	0.77	0.92
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.87	1.03	0.87	1.03
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.81	0.94	0.81	0.94
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.76	0.90	0.76	0.90
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.77	0.91	0.77	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH27)$	0.84	1.15	0.84	1.15

Tablo 5.32 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL02)$	0.88	1.30	0.88	1.30
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL05)$	0.40	0.60	0.40	0.60
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL07)$	0.34	0.50	0.34	0.50
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL08)$	0.34	0.52	0.34	0.52
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL10)$	0.43	0.52	0.43	0.52
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL15)$	0.33	0.49	0.33	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL20)$	0.34	0.49	0.34	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KCL25)$	0.38	0.50	0.38	0.50

Tablo 5.33 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB02)$	0.45	0.58	0.45	0.58
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB05)$	0.34	0.53	0.34	0.53
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB07)$	0.33	0.50	0.33	0.50
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB08)$	0.35	0.53	0.35	0.53
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB10)$	0.35	0.50	0.35	0.50
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB15)$	0.33	0.49	0.33	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB20)$	0.33	0.50	0.33	0.50
$(G+Q+E) / (G+Q+KOB25)$	0.34	0.58	0.34	0.58

Tablo 5.34 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH02)$	0.45	0.66	0.45	0.66
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH05)$	0.45	0.56	0.45	0.56
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH07)$	0.34	0.51	0.34	0.51
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH08)$	0.36	0.49	0.36	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH10)$	0.33	0.49	0.33	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH15)$	0.34	0.49	0.34	0.49
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH20)$	0.33	0.57	0.33	0.57
$(G+Q+E) / (G+Q+NRTH25)$	0.35	0.57	0.35	0.57

Tablo 5.35 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL02)$	2.05	2.31	2.05	2.31
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL05)$	0.94	1.06	0.94	1.06
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.78	0.88	0.78	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.79	0.92	0.79	0.92
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL10)$	1.00	0.93	1.00	0.93
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL15)$	0.78	0.87	0.78	0.87
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.78	0.88	0.78	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.88	0.88	0.88	0.88

Tablo 5.36 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.06	1.03	1.06	1.03
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.78	0.95	0.78	0.95
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.78	0.88	0.78	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.81	0.93	0.81	0.93
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.83	0.89	0.83	0.89
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB15)$	0.78	0.87	0.78	0.87
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.78	0.88	0.78	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.79	1.03	0.79	1.03

Tablo 5.37 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (0.9G+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH02)$	1.04	1.17	1.04	1.17
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH05)$	1.05	0.99	1.05	0.99
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.80	0.90	0.80	0.90
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.83	0.88	0.83	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.78	0.88	0.78	0.88
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH15)$	0.79	0.87	0.79	0.87
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.78	1.01	0.78	1.01
$(0.9G+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.81	1.01	0.81	1.01

Tablo 5.38 : 9 Katlı Çerçeve Kocaeli Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL02)$	1.97	2.39	1.97	2.39
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL05)$	0.90	1.10	0.90	1.10
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL07)$	0.75	0.91	0.75	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL08)$	0.76	0.95	0.76	0.95
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL10)$	0.96	0.96	0.96	0.96
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL15)$	0.74	0.90	0.74	0.90
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL20)$	0.75	0.91	0.75	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KCL25)$	0.84	0.91	0.84	0.91

Tablo 5.39 : 9 Katlı Çerçeve Kobe Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB02)$	1.02	1.07	1.02	1.07
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB05)$	0.75	0.98	0.75	0.98
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB07)$	0.74	0.92	0.74	0.92
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB08)$	0.78	0.97	0.78	0.97
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB10)$	0.79	0.92	0.79	0.92
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB15)$	0.75	0.91	0.75	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB20)$	0.75	0.91	0.75	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+KOB25)$	0.75	1.07	0.75	1.07

Tablo 5.40 : 9 Katlı Çerçeve Northridge Depremi Çapraz Eksenel Kuvvet Oranları (G+Q+2E).

Açıklama	2-3 aksı sol çapraz	2-3 aksı sağ çapraz	4-5 aksı sol çapraz	4-5 aksı sağ çapraz
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH02)$	1.00	1.21	1.00	1.21
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH05)$	1.01	1.02	1.01	1.02
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH07)$	0.77	0.93	0.77	0.93
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH08)$	0.80	0.91	0.80	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH10)$	0.75	0.91	0.75	0.91
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH15)$	0.76	0.90	0.76	0.90
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH20)$	0.75	1.04	0.75	1.04
$(G+Q+2E) / (G+Q+NRTH25)$	0.78	1.04	0.78	1.04

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 5 ve 9 katlı olmak üzere iki tip merkezi çaprazlı çelik çerçeve üzerinde çalışılmıştır. Her bir çerçeve tipi için Kocaeli, Kobe ve Northridge deprem kayıtları kullanılarak artımsal yüklemeler yapılmış, toplam 21 deprem kaydı üretilmiş ve merkezi çelik çerçevelere etki ettirilmiştir. Aynı zamanda Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre deprem yükü hesaplanmış ve $G+Q+E$, $0.9G+2E$ ve $G+Q+2E$ kombinasyonları altında çelik çerçevenin davranışı incelenmiştir. Her iki çerçeve için,

Görelî kat ötelemeleri, tepe noktası deplasmanları, kolon ve çaprazlarda oluşan eksenel iç tesir kuvvetleri karşılaştırılmış ve DBYBHY’de yer alan merkezi çelik çaprazlı çerçeveler için artırılmış deprem etkilerinin belirlenmesinde kullanılan Ω_0 katsayısı hesaplanmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem kayıtları ile Ex yüklemeleri altında yapılar karşılaştırılmıştır. 5 katlı yapı için %2’lik depreme karşılık gelen deprem kaydı **2.70g** ölçek katsayılı kayıt, 9 katlı yapı için %2’lik depreme karşılık gelen deprem kaydı **1.50g** ölçek katsayılı deprem kayıdır.

5 katlı çelik çerçeve için Kocaeli, Kobe ve Northridge depremlerinin analizleri sonucu çıkan kolon eksenel kuvvetlerinin her bir deprem yüklemesi için ortalaması alınmış ve $G+Q+2E$ yüklemesi ile karşılaştırma yapıldığında oran 0.86 çıkmıştır. Dolayısı ile büyütme katsayısı Ω_0 , bu oranın iki katı olacağından **$\Omega_0=1.73$** olarak hesaplanmıştır.

9 katlı çerçeve için yine Kocaeli, Kobe ve Northridge depremlerinin analizleri sonucu çıkan kolon eksenel kuvvetlerinin her bir deprem yüklemesi için ortalaması alınmış ve $G+Q+2E$ yüklemesi karşılaştırması yapılmıştır. 9 katlı yapı için bu oran 0.83 çıkmıştır ve **$\Omega_0=1.67$** olarak hesaplanmıştır.

Çaprazlar için aynı karşılaştırma yapıldığında 5 katlı yapı için $(G+Q+2E)/G+Q+SF2.70$ (deprem kaydı) oranı 0.90 çıkmış ve **$\Omega_0=1.80$** olarak hesaplanmıştır.

9 katlı yapı için $(G+Q+2E) / G+Q+SF1.50$ (deprem kaydı) oranı 0.83 çıkmış ve **$\Omega_0=1.66$** olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada 5 ve 9 katlı iki adet merkezi çaprazlı çelik çerçeve kullanılmıştır. Aynı çalışma farklı kat adetleri ve çapraz sistemini değiştirerek de yapılabilir.

Bu çalışmada 3 er adet deprem kaydı kullanılmıştır. Bu deprem kayıtlarının ölçekleri artımsal olarak değiştirilmiş ve toplamda her bir model için 24 adet deprem kaydı üretilmiştir. Daha fazla deprem kaydı kullanılarak aynı analizler yapılabilir.

Aşılma olasılığı %10 ve %2 olan deprem hareketleri binanın birinci titreşim periyoduna göre hesaplanarak ölçeklenmiş ve aşılma olasılığı %2 olan deprem kaydı analizleri ile Eşdeğer Deprem Yüklemeleri analizleri sonuçları karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde aşılma olasılığı %10 olan deprem kaydı analiz sonuçları da karşılaştırılabilir.



KAYNAKLAR

Akbaş B., (2013), "Depreme Dayanıklı Çelik Yapı Tasarımı Ders Notları", Gebze Teknik Üniversitesi.

Akşar B., Doğru S., Akbaş B., Shen J., Doran B., (2015), Merkezi Çaprazlı Çerçevelerde Artırılmış Deprem Etkileri, Gebze Teknik Üniversitesi.

Yarar H., (2013), "Süneklik Düzeyi Yüksek Çelik Moment Çerçevelerde Artırılmış Deprem Etkisinin Statik Ve Dinamik Analizlerle İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Shen J., Wen R., Akbaş B., (2015), Mechanisms In Two-Story X-Braced Frames, Journal of Constructional Steel Research, 106, 258–277.

AISC, (2010), Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, IL, American Institute of Steel Construction, 360-10.

ASCE, (2010), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineering, 7-10.

ÖZGEÇMİŞ

Özkan YENİTÜRK 1982 yılında Erzincan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı ve 2000 yılında başladığı Mustafa Kemal Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden yatay geçiş yaparak 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Çeşitli inşaat firmalarında mesleğini yaparken bir yandan da 2012 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem ve Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

