

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPI BİLİM DALI**

**2007 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE TASARLANAN
YAPININ 2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE
PERFORMANS ANALİZİ**

Emel KEPEKÇİ

**Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Abdülkerim ERGÜT**



MANİSA-2025

TAAHHÜTNAME

Bu tezinMANİSA CELAL BAYAR..... Üniversitesi
.....MÜHENDİSLİK..... FakültesiİNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ.....
Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm
literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Emel KEPEKÇİ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

2007 TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE TASARLANAN YAPININ 2018 TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ'NE GÖRE PERFORMANS ANALİZİ

Emel KEPEKÇİ

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Abdülkerim ERGÜT

Ülkemizde gerçekleşen depremlerde yaşanan büyük maddi ve manevi kayıplar, mevcut bina stokumuzun depreme karşı güvenlik açısından yetersiz kaldığını açıkça ortaya koymaktadır. Bu deprem gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, mevcut yapıların deprem performanslarının tespit edilmesi ve güçlendirilmesi büyük bir önem arz etmektedir.

Deprem kuşağında yer alan ülkemizde, ilk deprem yönetmeliği 1947 yılında yürürlüğe girmiş, ardından sırasıyla 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve 2018 yıllarında yeni yönetmelikleri yayımlanmıştır. Günümüzde geçerli olan Türk Bina Deprem Yönetmeliğinde, Bölüm 15'te belirtilen kurallar ışığında, mevcut yapıların deprem performansı, doğrusal elastik veya doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilebilmektedir.

Bu tez çalışması, İzmir ili Buca ilçesinde bulunan üç, altı ve dokuz katlı konut binalarının deprem performansını, 2007 yılına ait Deprem Binalarına Yönelik Yapı ve Deprem Yönetmeliği (DBYBHY 2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) kapsamında incelemiştir. Yapıların deprem performans analizi, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak ETABS programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, yapıların performans seviyesinin "Sınırlı Hasar" olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada, perde duvarlı taşıyıcı sistemin, geleneksel çerçeveli sisteme kıyasla daha düşük taban kesme kuvveti, kat kesme kuvveti, kat ivmeleri ve görelî kat ötelemeleri gibi dinamik parametrelerde belirgin iyileşmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Bu

durum, perdeli sistemlerin deprem etkilerine karşı daha etkili bir şekilde davrandığını göstermektedir.

Yapı modelleri, DD-2 deprem seviyesi dikkate alınarak oluşturulmuş ve TBDY 2018'in Bölüm 15'inde belirtilen kurallar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Beton ve çelik malzemelerin özellikleri, tahribatlı ve tahribatsız numune analizleri ile saptanmıştır. Doğrusal olmayan davranışı üç boyutlu olarak modellemek için kolon ve kirişlerde yığılı plastik mafsallı model, perdelerde ise yayılı plastik mafsallı model tanımlanarak, modelde kullanılmıştır. Moment-eğrilik ilişkileri XTRACT analiz programı ile hesaplanmış ve plastik dönme değerleri Göçme Öncesi (GÖ) ve Kontrollü Hasar (KH) performans sınırlarına göre belirlenmiştir.

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz (ZTDOA) yöntemi uygulanırken, PEER deprem veritabanından seçilen deprem kayıtları kullanılmış ve bu kayıtlar DD-2 deprem seviyesine uygun şekilde detaylı olarak ölçeklendirilmiştir. Analizlerde, 11 adet farklı deprem kaydı, toplamda (X, Y doğrultularında) 22 adet kullanılmış ve bu kayıtlar SeismoMatch programı ile ölçeklendirilmiştir.

TBDY 2018'e göre yapılan analiz değerlendirmeleri sonucunda, yapının DD-2 deprem seviyesinde "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi"ni sağladığı ve betonarme kiriş, kolon elemanlarının hiçbirisi göçme veya ileri hasar bölgesine geçmemiş, ancak bazı kolon ve perdelerde belirgin hasar tespit edilmiştir. Özellikle binanın ilk iki katındaki kolonların bir kısmı belirgin hasar bölgesinde bulunurken, perdelerin büyük çoğunluğu sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.

Özet olarak, perdeli-çerçevesel sistemlerin deprem etkilerini daha iyi karşıladığı ve yapı elemanlarının hasar seviyelerini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Bu bulgular, betonarme çok katlı yapıların tasarımında perde elemanlarının kullanılmasının yapı performansını artırdığını ve deprem etkilerine karşı daha güvenli ve sünek bir davranış için çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme yapı, Mevcut Yapı Deprem performans analizi, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, ETABS, XTRACT, Hasar durumları, Plastik mafsallı, Perdeli taşıyıcı sistem

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

2007 PERFORMANCE ANALYSIS OF THE STRUCTURE DESIGNED ACCORDING TO TURKISH EARTHQUAKE REGULATIONS 2018 TURKEY BUILDING EARTHQUAKE REGULATIONS

Emel KEPEKCI

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Education
Department of Civil Engineering**

**Supervisor:
Ass.Prof.Dr. Abdulkirim ERGÜT**

The large material and moral losses experienced in earthquakes in our country clearly demonstrate that our existing building-structure stock is inadequate in terms of earthquake safety. Considering this reality of earthquakes, determining and strengthening the seismic performance of existing structures is of great importance.

Located in a seismic zone, our country's first earthquake regulation came into force in 1947, followed by new regulations in 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007, and 2018. According to the rules specified in Section 15 of the currently valid Turkish Building Earthquake Code, the seismic performance of existing structures can be evaluated using linear elastic or nonlinear analysis methods.

This thesis study examines the seismic performance of three, six, and nine-story residential buildings located in the Buca district of İzmir, within the scope of the 2007 Regulation for Buildings Subject to Earthquakes (DBYBHY 2007) and the Turkish Building Earthquake Code 2018 (TBDY 2018). The seismic performance analysis of the structures was conducted using the nonlinear time history analysis method with the ETABS program. As a result of the analyses, it was determined that the performance level of the structures is "Limited Damage."

In the study, it was observed that the shear wall structural system, compared to the traditional frame system, provided significant improvements in dynamic parameters such as lower base shear force, story shear force, story accelerations, and relative story displacements. This indicates that shear wall systems behave more effectively against earthquake effects.

The structural models were created considering the DD-2 earthquake level and evaluated within the framework of the rules specified in Section 15 of TBDY 2018. The properties of concrete and steel materials were determined through destructive and non-destructive sample analyses. To model the nonlinear behavior in three dimensions, a lumped plasticity hinge model was used for columns and beams, while a distributed plasticity hinge model was defined for shear walls. Moment-curvature relationships were calculated using the XTRACT analysis program, and plastic rotation values were determined according to the Collapse Prevention (CP) and Controlled Damage (CD) performance limits.

While applying the Nonlinear Time History Analysis (NTHA) method, earthquake records selected from the PEER earthquake database were used, and these records were scaled in detail to match the DD-2 earthquake level. In the analyses, a total of 22 earthquake records (in X and Y directions) from 11 different earthquakes were used, and these records were scaled using the SeismoMatch program.

As a result of the analysis evaluations according to TBDY 2018, it was determined that the structure achieved the "Controlled Damage Performance Level" at the DD-2 earthquake level, and none of the reinforced concrete beam or column elements entered the collapse or extensive damage zones. However, significant damage was detected in some columns and shear walls. Specifically, while some columns in the first two stories of the building were in the significant damage zone, the majority of the shear walls remained in the limited damage zone.

In summary, it was observed that shear wall-frame systems better withstand earthquake effects and significantly reduce the damage levels of structural elements. These findings demonstrate that the use of shear wall elements in the design of reinforced concrete multi-story buildings enhances structural performance and provides a safer and more ductile solution against earthquake effects.

Keywords: Reinforced concrete structure, Seismic performance analysis of existing buildings, Nonlinear time history analysis, ETABS, XTRACT, Damage states, Plastic hinge, Shear wall structural system.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr.Öğretim Üyesi Abdulkerim ERGÜT' e, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, yüksek lisans eğitimim sırasında ve hayatın her anında desteği ile yanımda olan bana güç veren, hep yanımda olacağını hissettiğim, çalışma arkadaşım,değerli kardeşim Jeofizik Mühendisi Şükran KEPEKÇİ'ye ve öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Emel KEPEKÇİ
Manisa, 2025

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

a_i	: Kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı
A_s	: Boyuna donatı alanını
b_w	: Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
d	: Kirişin faydalı yüksekliği
d_b	: Mesnede düğüm noktasına kenetlenen donatı çeliklerinin ortalama çapı
E	: Elastisite Modülü
$E_{d(H)}$	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_{d(z)}$	: Düşey deprem etkisi
E_{Ie}	: Etkin kesit rijitliği
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{ce}	: Betonun beklenen basınç dayanımını
f_{ck}	: Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	: Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton dayanımı
f_{ex}	: x doğrultusundaki etkili sargılama basıncı
e_y	: y doğrultusundaki etkili sargılama basıncı
s_y	: Donatı çeliği akma dayanımı
f_{yk}	: Donatı çeliğinin karakteristik akma dayanımı
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
f_{ywe}	: Enine donatının ortalama (beklenen) akma dayanımını
G	: Ölü yük

h	: Kiriş ve kolon kesit yüksekliği
H_N	: Yapı bodrum katlarının üst katlardaki bölümünün toplam yüksekliği [m]
h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı oranı
L_s	: Kesme açıklığı [m]
M_y	: Akma Momenti
Q	: Hareketli yük
s	: Boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
T_{PA}	: Yapının doğal hakim titreşim periyodu
W_{We}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı
ρ_x	: x doğrultusundaki enine donatının hacimsel oranı
ρ_y	: y doğrultusundaki enine donatının hacimsel oranı
ϵ_{cc}	: Sargılı beton birim Çekil değiştirmesi
$\epsilon_{c(GÖ)}$	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için beton birim şekil değiştirmesi
$\epsilon_{s(GÖ)}$	: Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi için donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{sh}	: Donatı çeliği pekleşme birim şekil değiştirmesi
ϵ_{su}	: Donatı çeliği kopma birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliği akma birim Çekil değıştirmesi
α_{se}	: Sargı donatısı etkinlik katsayısı
ϕ_y	: Akma eğriliği

φ_u : Göçme öncesi eğriliği

θ_y : Çubuk elemanın uçlarındaki plastik mafsalların akma dönmeleri

$\theta_{P(i)}$: Betonarme elemandaki en elverişsiz plastik dönme

$\theta_{p(GÖ)}$: Göçmenin Önlenmesi (GÖ) performans düzeyi için plastik dönme

$\theta_{p(KH)}$: Kontrollü Hasar (KH) performans düzeyi için plastik dönme

$\theta_{p(SH)}$: SH performans düzeyi için plastik dönme



KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
AEDYY	: Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
AISC	: AmericanInstity of Steel Construction
ASCE	: AmericanSociety of CivilEngineering
ATC	: AppliedTechnologyCouncil
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
CG	: Can Güvenliği
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
GB	: Göçme Bölgesi
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi Hasar Düzeyi
GÇÇ	: Geleneksel Çelik Çapraz
DD-1	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1
DD-2	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2
DD-3	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3
DD-4	: Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4
ETABS	: Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems.
HK	: Hemen Kullanım
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞGDT	: Şekil Değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı

TS	: Taşıyıcı Sistem
TS500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. : Sürekli kirişin mesnet ve açıklık bölgesindeki plastik eğrilik değişimi. .	12
Şekil 2.2. Yığılı plastik mafsal momenti değerleri grafiği.....	14
Şekil 2.3. Perdelerin kesit hücresi kullanılarak modellenmesi.	15
Şekil 2.4. Kolon ve kirişlerin kesit hücresi kullanılarak modellenmesi (Barkhordari ve diğ., 2013).	15
ve diğ., 2013)..	15
Şekil 2.5. Mander sargılı beton malzeme modeli.....	17
Şekil 2.6. Mander sargısız beton malzeme modeli-Etabs.	17
Şekil 2.6. Mander sargılı-mander beton malzeme modeli-Etabs.	18
Şekil 2.6. Sargılı Ve Sargısız Beton Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi (TBDY, 2018).	18
Şekil 3.1. Normal kat sistem planı.	28
Şekil 3.2. Tipik sistem enkesiti (Kesit A-A).	29
Şekil 3.3. Etabs 3 katlı 3D yapı modeli.....	30
Şekil 3.4. Etabs C16/20 beton malzemesi özellikleri.....	31
Şekil 3.5. Etabs'e giriş enkesitinin tanımlanması-B250*500mm.	32
Şekil 3.6. Etabs'e kolon enkesitinin tanımlanması- C250*1000mm.	32
Şekil 3.7. Etabs'e kolon enkesitinin tanımlanması- C500*500mm.	33
Şekil 3.8. Etabs'e perde enkesitinin tanımlanması- W300mm.	33
Şekil 3.9. Etabs'e döşeme enkesitinin tanımlanması- S150mm.	34
Şekil 3.10. Etabs 6 katlı 3D yapı modeli.....	35
Şekil 3.11. Etabs 9 katlı 3D yapı modeli.....	35
Şekil 3.12. Etabs 9 katlı betonarme perde duvarsız 3D yapı modeli.	36
Tablo 3.4. TS EN 1991-1-3 'e göre maruz kalma katsayısı.....	38
Tablo 3.5. TS EN 1991-1-3 'e göre kar yükü katsayısı.	38
Şekil 3.13. Yapı zeminin deprem ivmesi değerleri.	39
Şekil 3.14. TBDY 2018 performans düzeyleri.....	42
Şekil 4.1. Binanın TDTH üzerindeki konumu.	47
Şekil 4.2. DD-2 Yatay elastik tasarım spektrumu parametreleri.	48
Şekil 4.3. DD-2 Düşey elastik tasarım spektrumu parametreleri.....	48
Şekil 4.4. Yatay elastik tasarım spektrumları (DD-1,2,3,4).....	49
Şekil 4.4. PEER Veritabanına göre kayıtlı deprem yer ivmesi değerleri arama filtresi.	57
Şekil 4.5. Düzce depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	61
Şekil 4.6. Erzincan depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.. ..	61
Şekil 4.8. Darfield depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	62
Şekil 4.7. Kocaeli depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	62

Şekil 4.10. Erzincan depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	63
Şekil 4.9. Düzce depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	63
Şekil 4.11. Kocaeli depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	64
Şekil 4.12. Landers depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	64
Şekil 4.14. Darfield depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	65
Şekil 4.13. Landers depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	65
Şekil 4.16. El Mayor depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	66
Şekil 4.15. Kobe depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	66
Şekil 4.17. Hector Mine depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	67
Şekil 4.18. El Centro depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	67
Şekil 4.19. Northridge depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.	68
Şekil 4.20. 11 adet deprem kaydının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları.	68
Şekil 4.21. Plastik dönme ve birim şekildeğiştirme talepleri grafiği(TBDY 2018 - 15.7.1.3).	73
Şekil 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1996). .	76
Şekil 5.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası (AFAD, 2018).	76
Şekil 5.3. Ölçeklendirilmiş Düzce deprem kaydı X-bileşeni ETABS programına tanımlanması.	80
Şekil 5.4. Ölçeklendirilmiş Düzce deprem kaydı Y-bileşeni ETABS programına tanımlanması.	81
Şekil 5.5. ETABS- Başlangıç yüklemesinin tanımlanması.	82
Şekil 5.6. Kocaeli depremi - P yüklemesi.	83
Şekil 5.7. Doğrusal olmayan davranış için analiz modeli seçimi.	84

TABLO DİZİNİ

Tablo 2.1. Donatı çeliklerine ait bilgiler (TBDY, 2018).	20
Tablo 3.1. Performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (TBDY, 2018).....	23
Tablo 3.2. Bilgi Düzeyi Katsayıları (TBDY, 2018).....	27
Tablo 3.3. Bilgi Düzeyi Katsayıları (DBHY, 2007).	28
Tablo 3.4. TS EN 1991-1-3 ‘e göre maruz kalma katsayısı.....	38
Tablo 3.5. TS EN 1991-1-3 ‘e göre kar yükü katsayısı.	38
Tablo 3.6. TBDY 2018 Deprem performans hedefi tablosu.....	42
Tablo 4.1. BYS $\geq$ 2 olan mevcut yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar performans hedefleri (TBDY, 2018).....	45
Tablo 4.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	46
Tablo 4.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	47
Tablo 4.4. DD -2,3,4 Tasarım spektral ivme katsayıları ve spektrum köşe periyotları.....	49
Tablo 4.5. DD-2 deprem düzeyi deprem tasarım parametreleri.....	50
Tablo 4.6. Deprem tasarım sınıfları (DTS).	50
Tablo 4.7 BYS ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan BYS aralıkları.....	51
Tablo 4.7 BYS ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan BYS aralıkları.....	51
Tablo 4.8 Bina deprem parametreleri özellikleri özet tablosu.	53
Tablo 4.9 DTS’ye göre mevcut yapılar için performans hedefi ve tasarım yaklaşımı.	53
Tablo 4.10 Seçilen 11 adet deprem yer ivmesi kayıtları.....	59
Tablo 4.11 Seçilen ölçeklenmiş 11 adet deprem yer ivmesi kayıtları.....	69
Tablo 4.12 Sınır durumlarına göre birim şekil değiştirme talepleri tablosu.	73
Tablo 4.13 Farklı performans düzeylerine göre plastik dönme eğrileri (TBDY2018).	74
Tablo 5.1 Çatlamış kesitlere göre hesaplanan etkin kesit rijitlik çarpanları.	85
Tablo 5.2 Kiriş hasar durumları.	88
Tablo 5.3 Kolon hasar durumları.	90
Tablo 5.4 Perde hasar durumları.	92

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Motivasyon :.....	1
1.2 Tezin Amacı :	2
1.3 Tezin Kapsamı :	2
2 MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018 ‘E GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ VE DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ	4
2.1 Mevcut Binaların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi	4
2.2 Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri.....	6
2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Analiz.....	7
2.2.2 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz	8
2.3 Plastik Mafsal Teoremi ve Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri	10
2.3.1 Yığılı plastik mafsal davranış modeli.....	13
2.3.2 Yayılı plastik mafsal davranış modeli	14
2.4 Beton Ve Donatı Çeliğinin Doğrusal Olmayan Davranışı	16
3 MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018’E GÖRE BELİRLENMESİ	21
3.1 Performans Hedefi Belirlenecek Mevcut Binaların Tanımlanması	22
3.1.1 Performans Hedefi Düzeyleri	22
3.1.3 Binalardan bilgi Toplanması Ve Toplanan Bilgilerin Kapsamı	24
3.1.3.1 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi	25
3.1.3.2 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi	26
3.1.3 Binaların Bilgi Düzeyi Katsayıları	27
3.1.4 3,6,9 Katlı Yapıların Geometrik Bilgileri	28
3.1.5 3,6,9 Katlı yapılara etki eden yük bilgileri.....	36
3.1.6 3,6,9 Katlı Yapıların Zemin Bilgileri	39
3.2 3,6,9 Katlı Yapıların Performans Hedeflerinin Saptanması.....	40
4 KONUT TAŞIYICI SİSTEMİ DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018’E GÖRE BELİRLENMESİ	43
4.1 Deprem Parametrelerinin Belirlenmesi	43
4.1.1 9 Katlı yapıya ait deprem parametrelerinin belirlenmesi	46
4.1.2 9 Katlı yapıya ait bina performans hedefi belirlenmesi	53
4.2 TBDY 2018’e Göre Doğrusal Olmayan Analiz	54
4.2.1 Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri.....	54
4.2.2 Zaman tanım alanında kullanılacak deprem yer ivmesi değerlerinin ölçeklendirilmesi	55
4.3 TBDY 2018’e Göre Taşıyıcı Sistemin Plastik Dönme ve Birim Şekildeğiştirme Talepleri	71

5	TBDY 2018'E GÖRE TAŞIYICI SİSTEMİN DEPREM PERFORMANS ANALİZ SONUÇLARININ ELDE EDİLMESİ	75
5.1	Çalışması Yapılan Bina Analiz Modellerinin Özet Yapı Bilgileri.....	75
5.1.1	Yapı Geometrik Özellikleri – Malzeme Özellikleri	77
5.1.2	Yapılara Ait Matematiksel Modellemelerin Oluşturulması	78
5.1.3	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yönteminde Yapılan Hesap Kabulleri.....	79
5.1.4	Analiz Hesap Yönteminin ETABS Programına Tanımlanması	80
5.2	Çalışması Yapılan Bina Analiz Modellerinin Özet Yapı Bilgileri.....	87
5.2.1	Kirişlerin Performansının Değerlendirilmesi	87
5.2.2	Kolonların Performansının Değerlendirilmesi	89
5.2.3	Perdelerin Performansının Değerlendirilmesi	92
5.2.3.1	9 Katlı Perdeli-Perdesiz İki Yapının Performans Analizlerinin Kıyaslanması	92
5.3	Analiz Sonuçların Değerlendirilmesi	108
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	110
EK A	: 9 Katlı Mevcut Bina İçin 11 Adet Yer İvmesine Göre Sönüm Enerji Grafikleri	113
EK B	: 3,6 ve 9 Katlı Yapılarda Maksimum Kat Deplasmanları	113
EK A	: 9 Katlı Mevcut Bina İçin 11 Adet Yer İvmesine Göre Sönüm Enerji Grafikleri	114
EK B	: 3,6 ve 9 Katlı Yapılarda Maksimum Kat Deplasmanları	120
	KAYNAKLAR.....	112

1 GİRİŞ

1.1 Motivasyon :

Ülkemiz binlerce yıl boyunca, can ve mal kaybına neden olan yıkıcı depremlere sıklıkla maruz kalmıştır. Özellikle son yıllarda meydana gelen, kayda alınan, 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan, 1999 Marmara, 1999 Düzce, 2002 Afyon, 2003 Bingöl, 2010 Simav, 2011 Van, 2020 Elazığ ve 6 Şubat 2023 Hatay depremlerinin ardından, Türkiye'de deprem konusunda mevcut teknik bilgilere yönelik artan bir ilgi ve yönelim gözlemlenmiştir. Bilindiği üzere, depremin ana etken olarak kendisi değil, yıkılan binaların insan hayatını kaybetmesine neden olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle, depreme hazırlanmanın ve hazırlıklı olmanın uzun vadede görünen tek çözümü, depreme dayanıklı, güvenli yapılarda yaşamaktır.

Depreme dayanıklı bina tasarımının en büyük temel amacı, yapının ömrü boyunca inşaa edildiği bölgede beklenen en şiddetli depremde sağlam kalmasını ve can güvenliğini sağlamaktır. Bir yapının şiddetli bir depreme maruz kalma sıklığı, yapıya düzenli ve sürekli etkiyen sabit yükler ve hareketli yükler gibi etkilere kıyasla çok daha düşüktür. Tüm yapıların bu tür şiddetli depremleri elastik davranış göstererek ve hasar görmeden atlatacak şekilde tasarlanması, ekonomik olarak uygulanabilir olmayan ve pratikte zorluklar yaratan çözümlere yol açmaktadır. Bu nedenle, depreme dayanıklı, süneklilik seviyesi yüksek, uygulanabilir ve ekonomik çözümler, yapıda belirli bir düzeyde hasar oluşmasına izin verilerek sağlanabilmektedir. Türkiye'nin yaklaşık %90'ının deprem riski altında olduğu ve özellikle sanayi ile yerleşimin en yoğun olduğu Marmara Bölgesi'nin %95'e varan oranda Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisi altında bulunduğu düşünüldüğünde, depremin etkisi daha net görülmektedir. Türkiye'de, orta ve büyük ölçekli depremlerde ciddi hasar görmesi veya çökmesi muhtemel binlerce bina bulunmaktadır. 3 ile 10 kat arasında değişen yapılarda, betonarme çerçevelerden oluşan taşıyıcı sistemlerde genellikle yetersiz tasarım/detaylandırma, kalitesiz malzeme, imalat ve kötü işçilik sebebiyle ani (gevrek) göçme davranışı gözlemlenmektedir. Depremlerde gözlemlenen yapısal sorunların bazıları arasında, zemin kat yüksekliğinin artırılması veya zemin kattaki dolgu duvar miktarının üst katlara göre daha az olması nedeniyle oluşan yumuşak/zayıf kat, kuvvetli kiriş-zayıf kolon durumu, yetersiz perde duvar oranı, yapının projesinden farklı olarak inşa edilmesi ve enine donatı miktarının öngörülenden

az olması veya uygulamadaki imalat hatalarından kaynaklanan beton ve donatı çeliği dayanım eksikliklerinin oluşması gibi örnekler sayılabilir.

Bu gibi durumlar, mevcut yapıların performans değerlendirme çalışmalarına olan ilginin ve analiz isteğinin artmasına neden olmuştur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, deprem etkisi altındaki mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için özel kuralları yönetmeliğin on beşinci bölümünde detaylı olarak tanımlamış ve örneklendirmiştir. Yönetmelikte verilen bu kurallar, mevcut bina stoğunun sismik dayanıklılığını artırmak için detaylı analiz ve güçlendirme stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Ek olarak, depremselliğe elverişli bölgelerdeki yapıların genel yapısal güvenlikleri ve dayanıklılıklarını artırmak için sismik güçlendirme teknikleri ve malzemelerindeki inovatif ve teknolojik gelişmeler araştırılmaktadır. Modern teknoloji ve yenilikçi mühendislik çözümlerinin kaliteli entegrasyonu, depremselliğin ortaya çıkardığı negatif etkilerle çıkmak ve yapılarda yaşayan halkın güvenliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

1.2 Tezin Amacı :

Bu yüksek lisans tezinin çalışma amacı, az katlı, orta katlı ve çok katlı yapıların deprem performanslarının, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden biri olan zaman tanım alanında analiz (ZTA) yöntemi kullanılarak, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) standardına göre incelenmesini ve analiz sonuçlarının kapsamlı yorumlanmasını amaçlamaktadır. Yapıların taşıyıcı sistemlerinin deprem davranışlarının gerçekçi deprem davranışına uygun değerlendirilebilmesi için, doğrusal olmayan analiz yöntemleri kritik öneme sahiptir. Zaman tanım alanında analiz, binaların taşıyıcı sistemlerinin deprem sırasında gösterdiği dinamik davranışı, gerçek deprem kayıtları üzerinden üç boyutlu simüle ederek, yapı elemanlarının hasar seviyelerinin saptanmasında ve yapısal elemanların performans sınırlarını ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarmaktadır.

1.3 Tezin Kapsamı :

Yüksek lisans çalışma kapsamında, az katlı (1-3 kat), orta katlı (3-6 kat) ve çok katlı (6 -9 kat) yapıların taşıyıcı sistemleri, TBDY 2018'in belirlediği deprem etki düzeyleri (DD-2) göz önünde bulundurularak modellenmiştir. Yapıların taşıyıcı sistemlerinin üç boyutlu (3D) modelleri, benzeri yapısal analiz programı olan ETABS

kullanılarak oluşturulmuş ve doğrusal olmayan davranış, plastik mafsallar ve malzeme özellikleri dikkate alınarak analiz edilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için, PEER deprem veritabanından seçilen gerçek deprem kayıtları, TBDY 2018'in öngördüğü spektrumlara uygun şekilde basit ölçeklendirme işlemi ile yapılmıştır.

Doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre, yapıların farklı kat yüksekliklerine ve taşıyıcı sistem özelliklerine bağlı olarak deprem performanslarının nasıl değiştiğini doğrudan veya dolaylı olarak araştırılmıştır. Az katlı, orta katlı ve çok katlı yapılarda, rijit davranışın nasıl oluştuğu, sünek davranışın nasıl etkilendiği ve katlar arası görece ötelemelerin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Ek olarak, yapıların taşıyıcı sistemlerinde kullanılan perde duvarların, performans analizinde deprem etkilerini nasıl etkilediği ve yapıların performansını nasıl artırdığı araştırılmıştır.

2 MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018 ‘E GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ VE DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ

Deprem, dünya genelinde büyük can kayıplarına ve ekonomik zararlara yol açan en yıkıcı doğal afetler arasında en üst sıralarda yer almaktadır. Bu deprem afetlerinin yıkıcı etkileri, yapı güvenliği ve dayanıklılığı konusunu en ön plana çıkarmış ve özellikle yerleşim alanlarında yaşayan nüfusun ve bu nüfusa bağlı oluşan yoğun yapılaşma, toplumlar için ciddi bir tehdit oluşturmıştır. Son yıllarda deprem mühendisliğinin önemi, büyük depremler sonrasında ortaya çıkan hasarlar ve bu hasarlara bağlı oluşan can kayıplarıyla daha da belirgin hale gelmiştir.

Deprem mühendisliği ve mevcut yapıların performans değerlendirilmesi üzerine yapılan ilk çalışmalar, 1906 San Francisco Depremi ve 1923 Büyük Kanto Depremi gibi büyük felaketlerden sonra artmış ve bu büyük şiddetli depremler, mühendislik tasarımında sismik etkilerin dikkate alınmasının önemini gözler önüne sermiştir. (Clough & Penzien, 1993).

2.1 Mevcut Binaların Deprem Performanslarının Değerlendirilmesi

Mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi, yapıya ait taşıyıcı sistem güvenliğinin sağlanması ve kamuoyunun refah seviyesinin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Özel olarak eski taşıyıcı sisteme sahip yapılar, modern mühendislik standartlarına göre tasarlanmadıkları ve inşa edilmedikleri için deprem riski altında ciddi tehlikeler oluşturabilmektedir. Bu tarz mühendislik hizmeti görmemiş yapıların deprem performansının doğru bir şekilde değerlendirilmesi, muhtemel can kayıplarını ve maddi oluşacak zararları en aza indirmek için kritik önemde gereklidir. Yapıların taşıyıcı sistemlerinin deprem performansının doğru bir şekilde belirlenmesi ve değerlendirilmesi, binaların mevcut güvenlik seviyesini belirlemenin yanı sıra, gerekli güçlendirme çalışmalarının da planlanabilmesi açısından, önemli alt bilgiler sunmaktadır.

Bölgesel olarak deprem riskinin yüksek olduğu yerlerde, yapı stoğunun performansının değerlendirilmesi, hangi binaların güçlendirilmesi gerektiğini belirlemek adına hayati bir rol oynar. Bu performans değerlendirmeleri, kamuya ait hayati güvenliğinin artırılması ve ülke milli kaynaklarının verimli kullanılması açısından büyük önem arz etmektedir. Yapıların deprem performansı değerlendirmeleri,

özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısında yapısal mühendislik dünyasında büyük ilgi görmeye başlamıştır. 1964 Alaska Depremi ve 1971 San Fernando Depremi gibi büyük depremler, mevcut yapıların taşıyıcı sistemi olarak yetersizliklerini gözler önüne sermiştir. Yukarda belirtilen depremler ve benzeri büyüklükteki depremler, inşaat mühendisliği yapı anablim dalında mevcut yapıların performansını değerlendirmesi ve bu tarz yapıların daha dayanıklı hale getirmesi için çeşitli yöntemlerin geliştirilmesine aracı olmuştur. (Jennings, 1971).

Yapıların taşıyıcı sistemlerine özel performans odaklı tasarım yaklaşımı, yapı mühendisliğinde ve deprem mühendisliğinde devrim niteliğinde bir gelişme olarak kabul edilmiştir. Bina taşıyıcı sistemlerinin performans analizi kavramının günden güne gelişimi ve öneminin artması, özellikle mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesini dah da kolaylaştırmakta ve daha somut, gerçeğe yakın analiz sonuçları elde edilmesine katkı sağlamaktadır.

Performans analizine bağlı tasarım, yapı mühendisliğinde yapıların deprem etkileri altında göstermesi beklenen performans düzeyini belirlemeyi amaçlar (Güler, 2008). Bina taşıyıcı sistemlerinin performans analizine dayalı tasarımı, yapıların belirli bir doğrultuda yapıya etki eden deprem yükü altında nasıl davranacağını önceden belirleyerek, bu farklı performans seviyelerine ait gözlemlenebilecek hasar durumlarını tahmin etmeye odaklanmaktadır. Bu yaklaşım, 1990'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde FEMA ve ATC gibi kuruluşlar tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Özellikle FEMA 273 (FEMA, 1997) ve ATC-40 (ATC, 1996) raporları, performans odaklı tasarımın teorik altyapısını oluşturmuş ve bu yaklaşımın mühendislik uygulamalarına entegrasyonunu mümkün kılmıştır.

FEMA, 2000, FEMA 273 ve FEMA 356'nın ardından, 2006 yılında American Society of Civil Engineers, ilk ASCE 41 standardını (ASCE 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings) yayımlamış ve bu belge, performans analizi tabanlı tasarım ilkelerinin uygulanmasını destekleyen en kapsamlı kaynaklardan bir konumuna yükselmiştir. Bu gelişmeleri takip eden yıllarda,

ASCE 41 standardı güncellenerek, 2013 yılında mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine dair kapsamlı bilgiler içeren ASCE 41-13 (Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings) yayımlanmıştır. Bu standart, 2017'de yapılan revizyonlarla ASCE 41-17 adıyla güncellenmiş ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanarak mevcut yapıların deprem performansını değerlendirmeye yönelik detaylı kriterler sunmuştur.

2.2 Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Günümüzde, uluslararası alanda yapı mühendisliği ve deprem mühendisliği alanlarında kabul görmüş yönetmelikler, mevcut yapıların deprem performansını değerlendirmek amacıyla doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz yöntemlerini temel yaklaşım olarak öngörmekte ve bu yöntemleri mühendislere önermektedir. Bu analiz yöntemlerinin temel amacı, yapıların taşıyıcı sistemlerinin gerçek davranışını gerçeğe daha yakınlaştıracak şekilde modellemek ve deprem etkileri altındaki yapısal performansını detaylı olarak incelemek için en önemli bir araç haline gelmiştir.

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri, taşıyıcı sistem elemanlarının lineer olmayan davranışlarını dikkate alarak, yapıların deprem yükleri altında nasıl bir davranışla tepki vereceğini tahmin etmeyi ve bu tahmine bağlı olarak mühendislik çözüm önerilerinin bulunmasını hedefler. Bu analiz yöntemleri, yapıların hasar alma süreçlerini, taşıyıcı sistem elemanlarının plastikleşme davranışlarını ve göçme mekanizmalarını daha gerçekçi bir şekilde ortaya koymaktadır.

Binaların yapısal sistemlerinin doğrusal olmayan davranış göstermesinin temelinde iki ana faktör bulunmaktadır. İlk neden, malzemenin gerilme-şekil değiştirme ilişkisinin lineer davranış formunda olmamasıdır. Yani, malzeme belirli bir gerilme seviyesinden sonra elastik davranışı göstermeyerek, kendi iç mekanizmasında plastik deformasyonlar göstermeye başlamaktadır. Bu durumdan dolayı, özel olarak beton ve çelik gibi yapı malzemelerinin depremin olduğu esnada maruz kaldığı yüksek gerilme seviyelerinde belirgin hale gelmektedir. İkinci ana sebep ise, yapı taşıyıcı sisteminde meydana gelen nonlineer olan geometrik değişimlerin, yapının denge denklemlerini doğrusal olmaktan çıkarması ve denklemlerin çok bilinmeyenli nonlineer tarafa geçmesidir. Özellikle büyük deplasmanlar ve plastik mafsallı dönmeleri, yapının geometrisinde önemli değişikliklere neden olmakta, yapısal davranışın doğrusal olmayan bir şekilde modellenmesini gerektirmektedir.

Bu iki temel ana neden, yapıların deprem performansı analizlerinin değerlendirilmesinde doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Doğrusal olmayan statik analiz (pushover analizi), yapıya artan yatay yükler uygulayarak yapının kapasitesini ve hasar süreçlerini incelemeyi sağlar. Doğrusal olmayan dinamik analiz (zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz) ise, sistem hafızasında kayıtlı gerçek deprem kayıtları kullanılarak yapının zaman içindeki

dinamik etkili davranışını simüle eder ve yapının deprem sırasında gösterdiği tepkileri detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bu doğrusal olmayan analiz yöntemleri, özel olarak mevcut yapıların deprem güvenliğinin detaylı şekilde değerlendirilmesi ve güçlendirme ihtiyaçlarının belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ek olarak, yapıların farklı deprem senaryoları durumlarında, yapısal performanslarının karşılaştırılması, yapısal olarak taşıyıcı sistem elemanlarının zayıf noktalarının tespiti ve bu yapısal noktalara yönelik iyileştirme ve güçlendirme önerilerinin geliştirilmesi için de kritik bir rol oynamaktadır.

Özet olarak, doğrusal olmayan analiz yöntemleri, yapı mühendisliği ve deprem mühendisliği alanında yapıların dayanımsal olarak güvenliğini artırmak ve süneklilik düzeyini artırarak deprem hasar riskini azaltmak için vazgeçilmez temel bir araçtır.

2.2.1 Doğrusal Olmayan Statik Analiz

Doğrusal olmayan statik analiz, genel olarak "pushover analizi" olarak akademide ve mühendislik çevrelerinde adlandırılmakta, mevcut betonarme yapıların deprem etkileri altında yapısal davranışını değerlendirmek ve gerçeğe yakın analiz sonuçlarını belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu itme analizi, yapıyı taşıyıcı sistemine etkileyen düşey yüklerin yanı sıra kademeli olarak artan yanal yüklerin yapıya etkendirilmesi ile, taşıyıcı sistemin elastik sınırlarını aşarak plastikleşmeye başladığı noktaların saptanmasına imkan tanımaktadır. (FEMA, 2000). Yapının taşıyıcı sistem elemanlarının kapasite eğrisini ortaya koyarak, deprem sırasında göstereceği tepkilerin net şekilde öngörülmesini sağlamaktadır. (Chopra & Goel, 2002).

Doğrusal olmayan analizlerin süreç olarak belirli aşamaları bulunmaktadır. İlk aşama olarak, doğrusal olmayan analizi yapabilmek için, analiz modellerinde detaylı bir üç boyutlu yapısal modelin oluşturulması gereklidir. Bu yapısal analiz modeli, yapının kendisinde barındırdığı malzeme karakteristik özelliklerini, geometrik düzenini ve taşıyıcı sistem elemanlarının rijitlik özelliklerini bulundurmaktadır. Devamında ise, taşıyıcı sisteme etki ettirilecek sabit ve hareketli düşey yükler uygulanacaktır, belirli bir dağılıma göre artan yanal yükler de yükleme sürecine dahil edilmektedir. Uygulanan bu kademeli yükleme işlemi, yapı elemanlarının lineer elastik sınırlarını aşarak plastik mafsallaşma noktası oluşmasına ve yapısal elemanların belirli bölgelerinde hasarın yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Yapının taşıyıcı sisteminin deprem kuvvetlerine

maruz kalmasını gerçeğe yakın şekilde simüle etmek amacıyla, yükleme genellikle deprem kuvvetleriyle uyumlu şekilde uygulanmaktadır.

Doğrusal olmayan analiz süresi boyunca, plastik mafsallaşma noktalarının oluşumu detaylı olarak takip edilerek kritik noktalar öneme sahip hasar noktaları belirlenmektedir. Plastik mafsallar, yapısal taşıyıcı sistem elemanlarının akma dayanımına ulaştığını göstermekte ve enerji yutma kapasitesinin (doğrusal olmayan sönüm enerjisinin) arttığını temsil eden bölgelerdir. Bu plastikleşme bölgelerinin tespiti, yapının taşıyıcı sistem elemanlarının hangi kesit noktalarının en fazla riske maruz kaldığının anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

Pushover analizi sonrasında elde edilen kapasite itme eğrisi, yapının yanal yer değiştirme kapasitesini göstermekte ve iç kuvvet dağılımını gözler önüne sermektedir. Bu kapasite eğrisi, yapının taşıyıcı sisteminin deprem etkileri altında nasıl bir performans sergileyeceğini ve taşıyıcı sistemde hangi bölgelerde zayıflıkların ortaya çıkabileceğini öngörmeye yardımcı olmaktadır. Kapasite eğrisinden elde edilen eğim, yapının süneklik düzeyi seviyesini ve enerji sönümleme potansiyelini de ortaya çıkarmaktadır. Fakat kapasite eğrisi grafikte belirli bir noktada ani bir azalma yada kopma gösteriyorsa, bu yapısal taşıyıcı sistem bütünlüğünün bozulmaya başladığını ve yapıda ani göçme riskinin bulunduğunu gösterebilmektedir.

2.2.2 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Mevcut yapıların doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde, doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemlerinden biri olan "zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz" günümüzde yoğunlukla tercih edilmektedir. Bu analiz yöntemi ile, yapıların gerçek deprem kayıtları altında zaman fonksiyonuna bağlı olarak nasıl bir tepki gösterdiğini modellemekte ve yapısal elemanlarda oluşabilecek iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve diğer dinamik tepkileri zamanla değişen bir şekilde hesaplamayı mümkün hale getirmektedir. Analiz aşaması süresince, yapı modeline gerçek bir deprem kaydı uygulanmakta ve her bir zaman tanımı adımında yapının taşıyıcı sisteminin dinamik tepkisinde ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu analiz hesaplamaları, yapısal elemanların zamana bağlı olarak nasıl deformasyon şekilleri gösterdiğini, iç kuvvetlerin nasıl değiştiğini ve gerilme-şekil değiştirme grafiklerinin ilişkilerinin nasıl evrildiğini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır. (Chopra, 2011).

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analize göre, yapısal elemanların doğrusal olmayan dinamik davranışlarını içeren karmaşık bir yapısal analiz modelinin oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu doğrusal olmayan analiz modeli, yapının deprem anında sergileyeceği gerçeğe yakın davranışı temsil edebilmek için büyük önem taşır. ETABS modelinde, beton ve donatıyı temsil eden malzemenin doğrusal olmayan özellikleri, plastikleşme davranışı, büyük deformasyonlar ve geometrik doğrusalsızlıklar gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Bu özellikler sayesinde, yapının deprem esnasında maruz kalacağı gerçekçi yüklemeler altındaki performansı daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir.

Analizde kullanılması için modele aktarılan deprem kayıtları, incelenen yapının bulunduğu bölgenin sismik özelliklerine, zemin koşullarına ve deprem tehlikesine uygun olarak seçilmektedir. Bu deprem ivmesi kayıtları, yapının deprem sırasında karşılaşacağı dinamik etkileri birebir temsil ettiği için, analiz sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Deprem kayıtları, yapıya zaman tanım alanında (time-history) adım adım belirli bir zaman dilimleri aralıklarında uygulanmakta ve her bir zaman adımında yapı elemanlarında oluşan şekil değiştirmeler, iç kuvvetler, plastik mafsalları oluşumları ve diğer dinamik tepkiler hesaplanmaktadır. Bu analiz süreci, yapıya etkiyen deprem anında göstereceği davranışın adım adım izlenmesini sağlamaktadır.

Ek olarak, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, yapıların farklı deprem senaryoları durumlarında performanslarını kıyaslamak ve yapısal plastikleşme mafsalları noktalarını belirlemek için de kullanılmaktadır. Ayrıca mevcut yapıların deprem güvenliğinin detaylı olarak değerlendirilmesi ve güçlendirme ihtiyaçlarının net bir şekilde belirlenmesi açısından bu yöntem büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz, yapı mühendisliği alanında yapıların gerçekçi bir şekilde modellenmesi ve deprem performanslarının doğrusal olmayan analiz yöntemi ile detaylı olarak incelenmesi için vazgeçilmez bir araç olmaktadır. Bu analiz yöntemi, yapıların deprem riskine karşı daha güvenli hale getirilmesi ve olası can ve mal kayıplarının önlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

2.3 Plastik Mafsal Teoremi ve Doğrusal Olmayan Davranış Modelleri

Plastik mafsal kavramı, yapı mühendisliği alanında yük etkisi altındaki yapısal taşıyıcı elemanların davranışını tanımlayan temel bir teorik kavramdır. Betonarme kirişler, kolonlar ve perde yapısal elemanları, artan eğilme momentlerine maruz kaldıklarında ilk olarak elastik (lineer) davranış sergilemektedir. Bu elastik olarak tanımlanan aralıkta, etkiyen yük kaldırıldığında elemanların şekil değiştirme durumları tamamen geri döndürülebilmekte veya moment ile eğrilik arasındaki ilişki lineer bir şekilde ilerlemektedir. Fakat, düşey yükleme durumu devam ettikçe, eğilme momentinin artışı donatı çeliğininde akma noktasına ulaşmasına sebep olmaktadır. Bu noktada, donatıdaki gerilme ve çekme kuvvetlerinde belirgin bir artış gözlenmemekte ve moment-eğrilik ilişkisi neredeyse yatay bir seyir izlemeye başlamaktadır. Yani, moment artışı sınırlı kalırken, eğrilik önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum, özellikle eğilme momentinin yüksek olduğu mesnetlere yakın kritik olan kesitlerde belirgin hale gelmekte ve bu bölgelerde yığılı plastik davranışın ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu ortaya çıkan plastik davranış, ilgili kesitlerde yoğunlaşan plastik dönmelerin oluşmasına yol açmakta ve bu özel yığılı alanlar "plastik mafsal" olarak adlandırılmaktadır. (Celep, 2022).

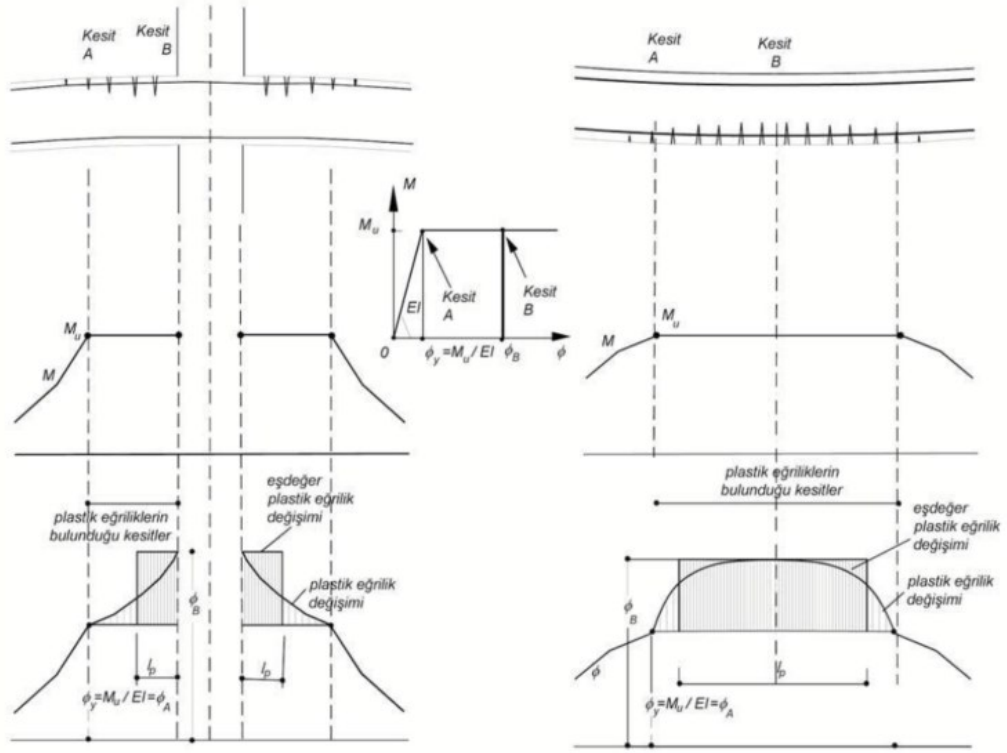
Plastik mafsallar, yapısal taşıyıcı bir elemanın malzemesinin akma noktasına ulaştığı ve bu noktada plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği bölgeleri temsil etmektedir. Bu mafsal bölgelerinde, ek bir moment artışı olmamakta ve plastik dönmeler gerçekleşmektedir. Doğrusal olmayan davranış gösteren yapısal sistemlerde, plastik mafsallar genel olarak belirli zayıf kesitlerde toplanırken, bu bölgelerin dışında kalan yapısal kısımların doğrusal elastik davranışta bulunduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal, sünek bir kesitin taşıma gücü değerine ulaşana kadar moment taşıyabilme kapasitesine sahiptir ve bu özellik sayesinde, plastik mafsalı standart mafsallardan ayıran temel bir fark olarak kabul edilmektedir. (Celep, 2008).

Plastik mafsallar, yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ek olarak deprem yer ivmesi etkisi altında, yapıların enerji sönmüleme kapasitesi ve sünek davranışı, plastik mafsalların olduğu bölgelerdeki davranışa bağlı olmaktadır. Plastik mafsalların analiz modelinde doğru bir şekilde atanması ve analiz edilebilmesi için, yapıların deprem sırasında göçme mekanizmalarının net bir şekilde anlaşılabilmesi ve önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, plastik mafsalların olduğu zayıf kesit bölgelerindeki

detaylandırma ve donatı düzenlemeleri, yapıların sünekliğini ve deprem dayanımını doğrudan artırmak için dikkatlice tasarlanması gerekmektedir.

Tanımı yapılan bu kavram, özel olarak betonarme yapıların deprem güvenliğinin artırılmasında ve yapısal performansın iyileştirilmesinde önemli bir mühendislik aracı olmaktadır. Plastik mafsalların davranışının doğru bir şekilde anlaşılması ve modellenmesi, yapıların deprem etkilerine karşı daha güvenli hale getirilmesine katkı sağlar. Bu nedenle, plastik mafsal kavramı, yapı mühendisliği eğitiminde ve uygulamalarında merkezi bir yer tutmaktadır.





Şekil 2.1. : Sürekli kirişin mesnet ve açıklık bölgesindeki plastik eğrilik değişimi.

Ayrıca, bu modellerin kullanımı, yapıların sünek davranışını ve enerji sönümleme kapasitesini değerlendirmek için büyük önem taşır. Süneklik, yapıların deprem sırasında büyük deformasyonlar altında bile taşıma kapasitesini koruyabilme yeteneğini ifade eder. Bu nedenle, plastik davranış modelleri, yapıların deprem güvenliğinin artırılması ve olası hasar mekanizmalarının önlenmesi açısından kritik bir rol oynar. Sonuç olarak, bu tez çalışmasında kullanılan yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri, yapıların deprem performansının daha kapsamlı ve gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Nonlinear davranış modelleri, yapısal elemanların çeşitli yüklemeler altında plastik mafsallık bölgelerinde sergilediği davranışları ve oluşabilecek hasar mekanizma durumlarını tahmin etmek amacıyla kullanılır. Bu modeller, yapıların taşıma kapasitesini yitirmeden deformasyon yapabilme kabiliyeti, yani kesitlerin sünekliğinin değerlendirmesine fırsat tanımaktadır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan deprem performansı analizlerinin değerlendirmelerinde genellikle yığılı plastik davranış modelleri ve yayılı plastik davranış modelleri tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında incelenecek taşıyıcı sistemin deprem performansı değerlendirilirken, yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri esas alınmıştır.

2.3.1 Yığılı plastik mafsallık davranış modeli

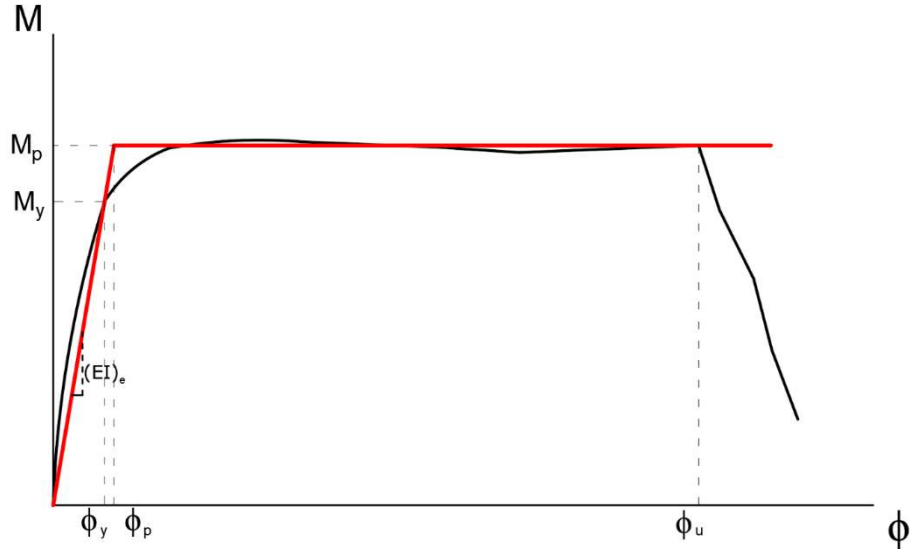
TBDY 2018 Bölüm 5.3.1 kapsamına göre, yığılı plastik mafsallık davranış modelinde; kolonlar, kirişler ve TBDY 2018 Bölüm 4.5.3.8'de belirtilen koşulları sağlayan betonarme perdeler gibi taşıyıcı sistem çerçeve elemanlarında, iç kuvvetlerin etkisinde plastik kapasitelerine ulaştığı sonlu bu bölgelerde, plastik şekil değiştirmelerin düzgün veya noktasal bir şekilde gerçekleşebileceği öngörülmektedir. TBDY 2018 Bölüm 5.3.1'e göre, tanımlanan plastik mafsallık boyu olarak plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p),

Aşağıdaki denklemde belirtildiği şekilde, çalışma doğrultusundaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit olacak şekilde hesaplamalar yapılacaktır.

$$L_p = 0.5 \times h$$

İlaveten;

- Eksenel kuvvetlerin etkisi altında plastik şekil değiştirme davranış sergileyen yapısal taşıyıcı sistem elemanlarında, plastik şekil değiştirme alanının uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyu ile aynı olduğu kabulü yapılacaktır. Bu varsayım ile, ilgili elemanların plastikleşme sürecinin tüm serbest boyuna yayıldığını ifade edecektir.
- Teorik açıdan bakıldığında, plastik mafsallık, plastik şekil değiştirme bölgesinin tam merkezine yerleştirilmesi gerekmektedir. Ancak, pratik uygulamalarda kolaylık sağlamak ve hesaplamaları basitleştirmek amacıyla, kiriş ve kolonlarda Bölüm 5.4.2.3'te, betonarme perdelerde ise Bölüm 5.4.3.1'de belirtilen yaklaşık yöntemler kullanılarak plastik mafsallıkların konumlandırılması mümkündür.
- Yaklaşık yöntemler, plastik mafsallıkların yerlerinin teorik olarak ideal konumlarından farklı olarak belirlenmesine izin verirken, pratikte hesaplama süreçlerini hızlandırır ve analizlerin daha uygulanabilir hale gelmesini sağlar. Bu durum, özellikle karmaşık yapı sistemlerinde plastik mafsallık davranışının modellenmesinde büyük kolaylık sağlar.

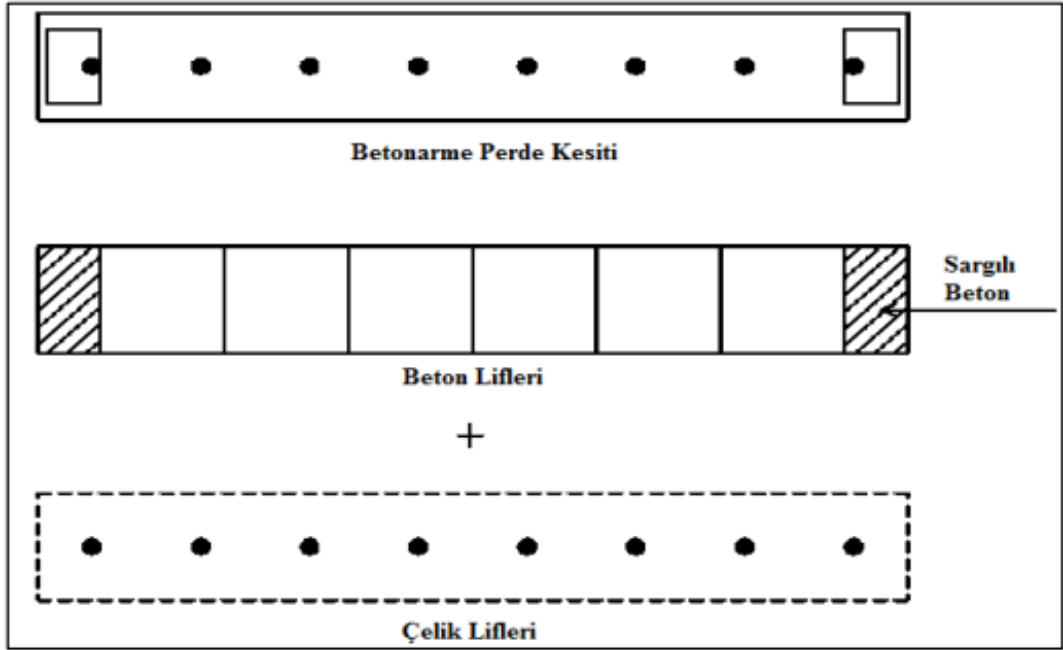


Şekil 2.2. Yığılı plastik mafsalsal momenti değerleri grafiği.

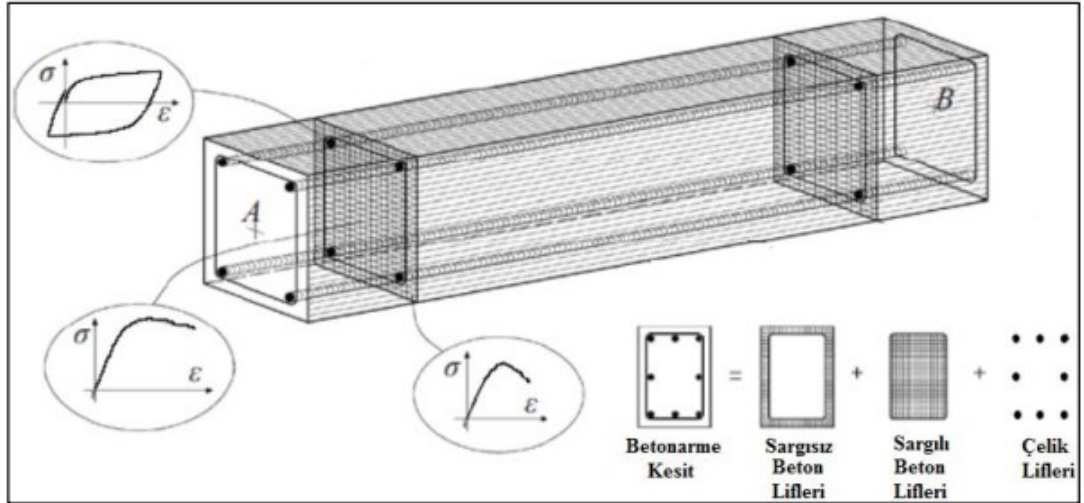
2.3.2 Yayılı plastik mafsalsal davranış modeli

Betonarme perde gibi taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışını temsil etmek için yayılı plastik davranış modeli kullanılabilir. Bu modelde, eleman kesitleri beton ve çelik kesit hücreleri (lif elemanları veya fiberler) ile tanımlanır. Doğrusal olmayan çevrimsel davranış modelleri sayesinde, elemanların doğrusal olmayan davranışı gerçekçi bir şekilde hesaplanabilmektedir. Özellikle betonarme elemanlar için kullanılan yayılı plastik davranış modeli, doğrusal olmayan analizlerde gerçekçi sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır (Özmen ve diğ., 2007).

Bu model, sonlu uzunluktaki plastik şekil değiştirme bölgelerinde veya elemanın tüm uzunluğu boyunca meydana gelebilecek doğrusal olmayan şekil değiştirmeleri yayılı bir şekilde dikkate alarak kullanılabilir (TBDY, 2018). Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal kalacağı öngörülen kısımlarının doğrusal olarak modellenmesi ve plastik şekil değiştirme bölgelerinde yayılı plastik davranış modelinin uygulanması, analiz sürecinde kolaylık sağlamaktadır (Celep, 2022). Betonarme perde elemanlar (Beiraghi ve diğ., 2015) ve betonarme kolon-kiriş elemanlar (Barkhordari ve diğ., 2013) için kesit hücreleri (fiberler) kullanılarak yapılan modelleme örnekleri aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 2.3. Perdelerin kesit hücresi kullanılarak modellenmesi.



Şekil 2.4. Kolon ve kirişlerin kesit hücresi kullanılarak modellenmesi
(Barkhordari ve diğ., 2013).

Kirişlerde yalnızca eğilme etkisindeki plastikleşme mafsalları dikkate alınmaktadır. Bu nedenle kirişlerde tanımlanan plastik mafsalların adlandırılması M_3 mafsalı şeklinde olmaktadır. Kolon ve perdelerde ise normal kuvvetin ve iki eksenli eğilme etkileşiminin de bulunduğu bu yapısal elemanlarda tanımlanan plastik mafsallara PM_2M_3 mafsalı adı verilmektedir.

2.4 Beton Ve Donatı Çeliğinin Doğrusal Olmayan Davranışı

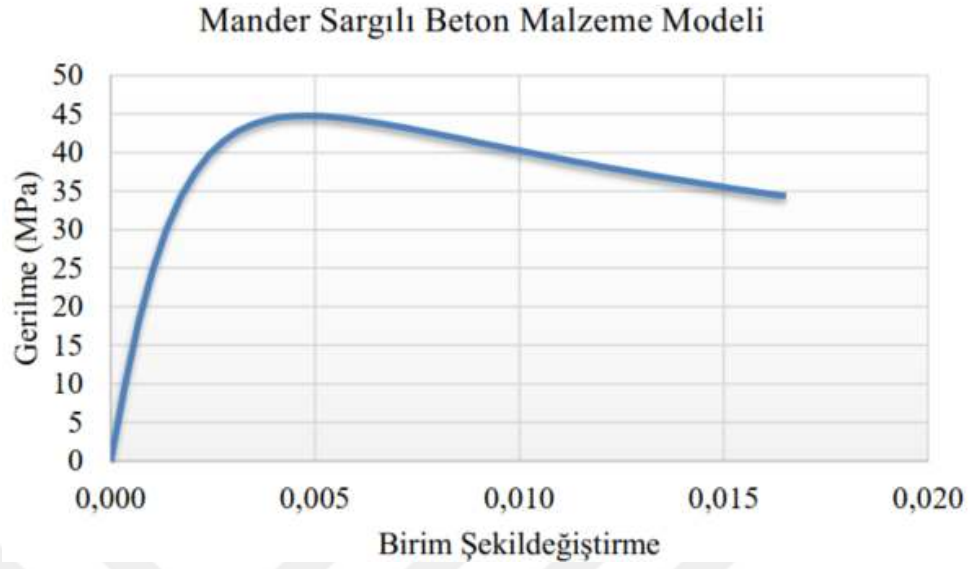
Betonun doğrusal olmayan davranışı, düşey yükler yada çevrimsel yatay yükler altında malzemenin iç yapısında meydana gelen fiziksel değişimlerle doğrudan bağlantılıdır. İlk olarak, beton yük altında doğrusal elastik bir davranış sergilemekte ve düşey yük durumu kaldırıldığında malzeme eski haline dönebilmektedir. Fakat, düşey yükün artış göstermesiyle birlikte betonun iç malzeme yapısında mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Oluşan bu çatlaklar, betonun sahip olduğu rijitliğin zamanla azalmasına ve bu sebeple yük-şekil değiştirme eğrisinin doğrusal olmayan duruma geçmesine neden olmaktadır. Bu geçiş süreci, betonun plastik deformasyonlar göstermeye başladığı andan ve nihayetinde kırılma noktasına ulaştığı bir davranış evresine kadar olan süreci temsil etmektedir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 standardına göre yapılacak doğrusal olmayan analiz ve hesaplamalarda, sargılı ve sargısız beton durumlarında Mander Malzeme Modeli (Mander ve diğ., 1988) kullanılabilmektedir. Bu beton malzeme modeli, betonun gerilme-şekil değiştirme davranışını, gerçeğe yakın bir şekilde temsil etmesini sağlamaktadır.

Mander Malzeme Modeli, özellikle sargılı betonun artan dayanım özelliğini ve süneklik özelliklerini gerçek durum senaryosunda dikkate alarak, betonun basınç dayanımı, deformasyon kapasitesi ve enerji sönümleme yeteneğini kapsamlı bir şekilde modellemeyi mümkün kılmaktadır. Bu malzeme modeli, betonun çekme ve basınç bölgelerindeki davranışını detaylı olarak ayrı ayrı ele almakta ve betonun kırılma öncesi ve sonrası davranışlarını detaylı bir şekilde incelemektedir.

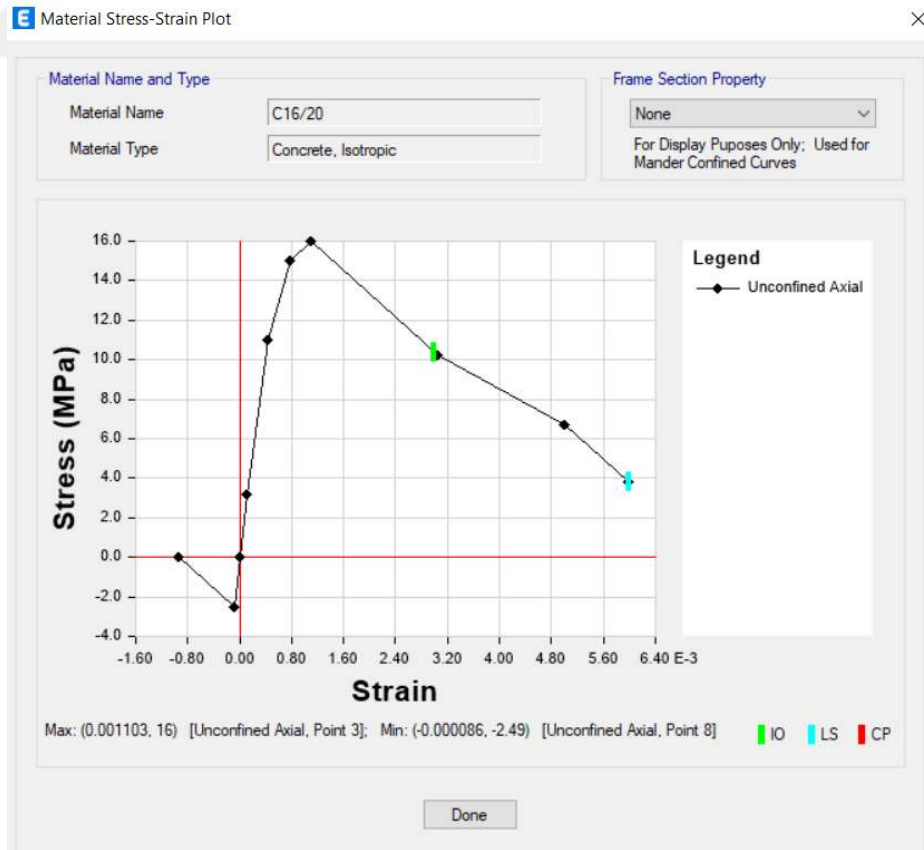
Mander Malzeme Modeli'ne uygun olarak çizilen gerilme-şekil değiştirme grafiği, Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Bu malzeme modeli grafiği, betonun yük altındaki davranışını üç temel kısımda sunmaktadır : elastik davranış, plastikleşme ve kırılma. Elastik davranış durumunda, betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi tamamen lineer (doğrusal) davranış temsil etmektedir.

Malzeme modelinin ikinci aşaması olan plastikleşme aşamasında ise, betonun iç yapısında oluşan çatlaklar nedeniyle rijitlik değeri azalmakta ve eğri lineer olmayan bir hal almaya başlamaktadır. Üçüncü aşama kırılma aşamasında ise, betonun taşıma kapasitesi tamamen kaybolmakta ve beton malzemesi göçme noktasına ulaşır.



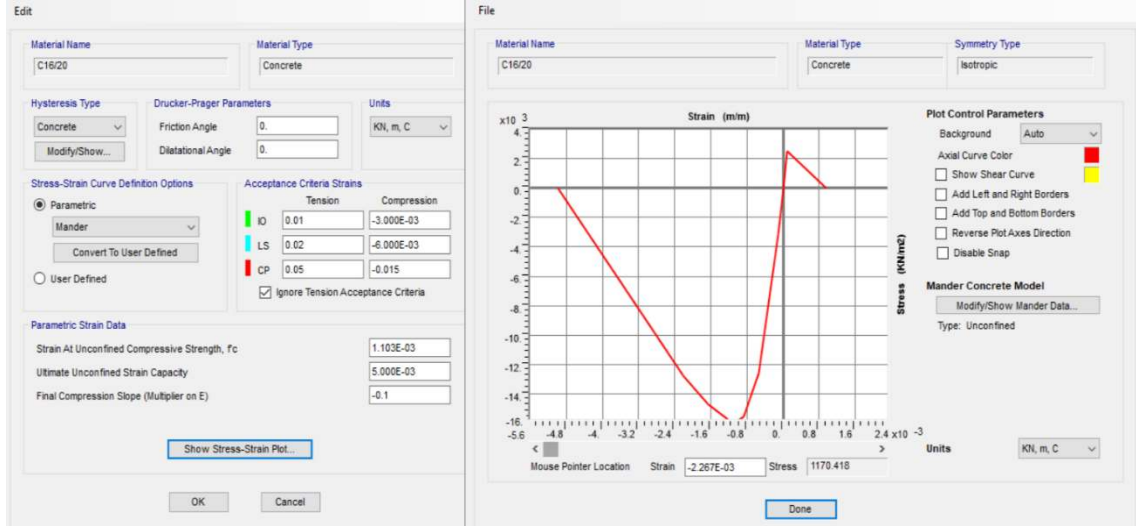
Şekil 2.5. Mander sargılı beton malzeme modeli.

Bu model, özellikle deprem mühendisliği uygulamalarında betonarme yapıların doğrusal olmayan davranışlarını analiz etmek için yaygın olarak kullanılır.

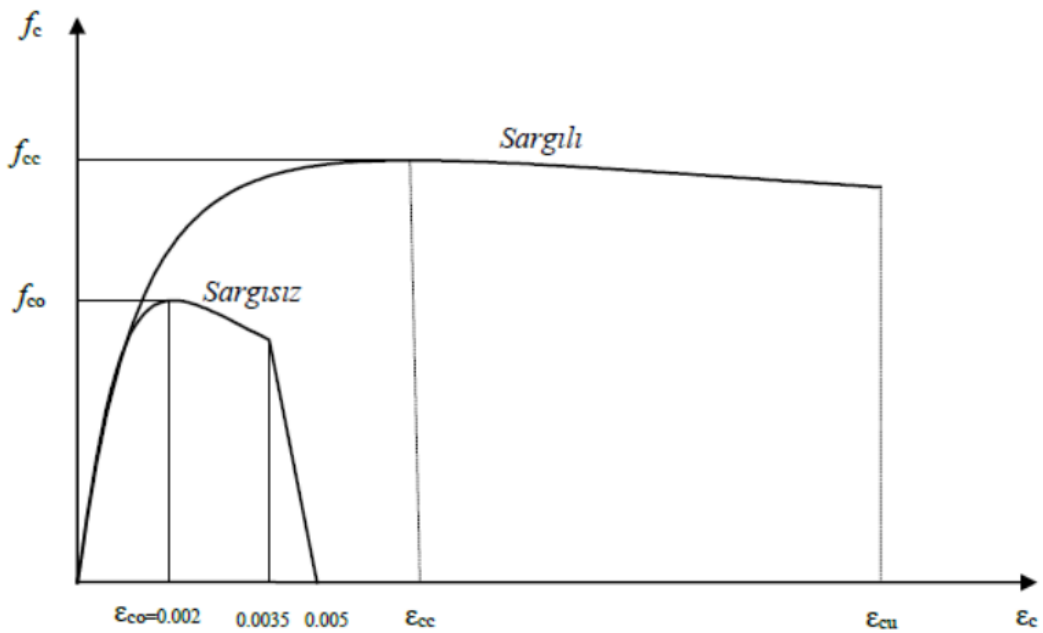


Şekil 2.6. Mander sargısız beton malzeme modeli-Etabs.

Mander Malzeme Modeli, betonun sargılı ve sargısız durumlarındaki farklı davranışlarını dikkate alarak, yapıların deprem performansının daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır. Ayrıca, bu model, betonun sünekliğini ve enerji sönümleme kapasitesini artıran sargı donatılarının etkisini de detaylı bir şekilde inceler. Bu sayede, yapıların deprem etkilerine karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için gerekli tasarım ve güçlendirme önlemleri daha doğru bir şekilde belirlenebilir.



Şekil 2.6. Mander sargılı-mander beton malzeme modeli-Etabs.



Şekil 2.6. Sargılı Ve Sargısız Beton Gerilme-Şekildeğiştirme İlişkisi (TBDY, 2018).

Özet olarak, Mander Malzeme Modeli, betonun doğrusal olmayan davranışını gerçekçi bir şekilde temsil etmeye yarayan ve yapı mühendisliği uygulamalarında sıklıkla kullanılan bir malzeme modelidir. Bu malzeme modeli, betonarme yapıların deprem performansının daha kapsamlı, detaylı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesine büyük katkı sağlamaktadır.

- Betonun Sünek Davranışı ve Sargı Etkisi:

Gerilme-şekil değiştirme grafiğinden de görüleceği üzere, sargılı beton, sargısız betona göre daha yüksek dayanım değerlerinde göçme durumu olmadan daha büyük şekil değiştirme kapasitesine sahip olmaktadır. Bu sebeple, sargılı beton yapısal davranış olarak daha sünek bir davranış sergilemektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarının sünek davranış göstermesi, deprem kuvvetleriyle oluşan enerjinin daha fazla sönmülmesini büyük oranda katkı sağlamakta ve bu süneklilik davranışı istenilen bir durum olarak kendini göstermektedir. Sargılı betonda, sargı etkisinde artmasıyla süneklik artışı arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu düşünülebilmektedir. Betonarme yapısal bir elemanın sargılı beton olarak tanımlanan kısmı, kesitin en dışındaki enine donatılar tarafından çevrelenmiş çekirdek betonunu temsil eden bölgesidir. Sargısız beton ise enine donatıların dışında kalan kabuk beton olarak kabul edilmektedir. Betonarme bir enine kesitte, enine donatılar arasındaki mesafelerin azaltılmasına bağlı sıklaştırılması, ek etriye-çiroz kullanımı, enine ve boyuna donatı alanlarının artırılması ve daha yüksek akma dayanımına sahip donatı sınıflarının tercih edilmesi, sargılama etkisini büyük ölçüde artıran faktörlerdendir.

- Çeliğin Doğrusal Olmayan Davranışı:

Çelik, yüksek çekme dayanımı kapasitesine sahip ve süneklik düzeyinin yüksek olması özellikleriyle tanımlanan bir yapı malzemesidir. Çeliğin doğrusal olmayan davranışı, gerilme-şekil değiştirme eğrisinde özellikle akma noktasında belirgin hale gelmektedir. Çelik, belirli bir gerilme seviyesine kadar lineer (elastik) davranış sergilemektedir. Bu lineer-elastik sınıra ulaşan çelik malzemesinde akma meydana gelmektedir. Akma noktasındaki bu gerilme değeri, akma gerilmesi (f_{sy}) ifade etmektedir. Akma noktasından sonra gerilmenin artmasıyla birlikte malzemede pekleşme görülmektedir. Yükleme artmaya devam ettikçe donatı çeliği kopar ve dayanımını kaybetmeye başlamaktadır. Kopma gerilmesi (f_{su}) ve buna karşılık gelen birim uzama (ϵ_{su}) ile bu durum ifade edilir.

Doğrusal olmayan analiz ve hesaplamalarda kullanılan donatı parametrik bilgileri, Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bu donatı çaplarına ait detay bilgiler, çeliğin akma gerilmesi,

kopma gerilmesi, birim uzama kapasitesi ve diğer mekanik özelliklerini içermektedir. Bu parametreler, yapısal analizlerde çeliğin doğrusal olmayan davranışını modellemek ve yapıların deprem performansını değerlendirmek için doğrudan kullanılmaktadır. Çeliğin yüksek sünek davranışı, özellikle deprem etkileri altında yapıların taşıyıcı sistem elemanlarının enerji sönümleme kapasitesini artırmasını sağlamakta ve yapıların genel olarak dayanım anlamında daha güvenli hale gelmesine katkıda bulunmaktadır.

Tablo 2.1. Donatı çeliklerine ait bilgiler (TBDY, 2018).

Kalite	f_{sy} (MPa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} / f_{sy}
S220	220	0.0011	0,011	0.12	1.20
S420	420	0.0021	0,008	0.08	1.15-1.35
B420C	420	0.0021	0,008	0.08	1.15-1.35
B500C	500	0.0025	0,008	0.08	1.15-1.35

Sonuç olarak, sargılı beton ve çeliğin sünek davranışı, yapıların deprem performansını doğrudan veya dolaylı yollardan artırmak için kritik öneme sahiptir. Sargılı beton, daha yüksek şekil değiştirme kapasitesi ve enerji sönümleme yeteneği ile yapıların deprem etkilerine karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlar. Çeliğin doğrusal olmayan davranışı ise, yapıların büyük deformasyonlar altında bile taşıma kapasitesini koruyabilmesine olanak tanır. Bu özellikler, yapı mühendisliği uygulamalarında yapıların güvenliğini artırmak için büyük önem taşır.

3 MEVCUT BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018'E GÖRE BELİRLENMESİ

Performansa dayalı dayanım ve güçlendirme, günümüzde inşaat mühendisliğinin hızla gelişen ve önem kazanan bir alanıdır. Yapılarda meydana gelen hasarların belirlenmesi ve yapıların deprem performansının değerlendirilebilmesi için çeşitli analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, temel olarak iki ana gruba ayrılır: doğrusal elastik yöntemler ve doğrusal olmayan yöntemler. Doğrusal elastik yöntemler, yapıların dayanımını esas alarak analiz yaparken, doğrusal olmayan yöntemler ise yapıların şekil değiştirme ve yer değiştirme kapasitelerini temel olarak değerlendirme yapar.

Mevcut yapıların deprem etkisi altındaki performans analizlerinin yapılması ve değerlendirilmesi, 2018 yılında yayımlanan ve 2019 yılında yürürlüğe giren "Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı ile İlgili Yönetmelik" (TBDY 2018) içerisinde on beşinci bölümde açık bir şekilde belirtilmiştir. Bu yönetmelik, mevcut yapıların deprem güvenliğinin değerlendirilmesi ve gerekli durumlarda güçlendirme önlemlerinin alınması için kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu sayede, yapıların deprem performansının daha gerçekçi bir şekilde analiz edilmesi ve olası risklerin önceden tespit edilmesi mümkün hale gelmiştir.

Yapıların deprem performansının belirlenmesinde iki temel parametre öne çıkmaktadır: talep (istem) ve kapasite. Talep, deprem hareketinin yapı üzerinde oluşturduğu etkiyi ifade ederken, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altında gösterdiği davranışı ve dayanımını temsil eder. Yapının deprem performansı, kapasitenin talebi karşılama oranına bağlıdır. Bu oran ne kadar düşükse, yapı deprem hareketinden o kadar az etkilenir ve yapıda meydana gelen hasar da o kadar sınırlı olur. Dolayısıyla, yapıların deprem güvenliğini artırmak için kapasitenin talebi karşılama oranının yükseltilmesi büyük önem taşır.

Yapılardaki hasarların belirlenmesi ve deprem performansının değerlendirilmesi için çeşitli analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, temel olarak iki ana gruba ayrılır: doğrusal elastik yöntemler ve doğrusal olmayan yöntemler. Doğrusal elastik yöntemler, yapıların dayanımını esas alarak analiz yaparken, doğrusal olmayan yöntemler ise yapıların şekil değiştirme ve yer değiştirme kapasitelerini temel olarak değerlendirme yapar. Doğrusal olmayan yöntemler, yapıların gerçek davranışını daha doğru bir şekilde modelleyebildiği için, özellikle deprem performans analizlerinde daha sık tercih edilmektedir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, kat sayıları ve yapıların karmaşıklığı göz önüne alındığında, doğrusal olmayan yöntemlerden zaman tanım aralığında analiz (time history analysis) yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, yapıların deprem sırasında gösterdiği dinamik davranışı gerçekçi bir şekilde simüle ederek, yapı elemanlarının hasar seviyelerini ve performans sınırlarını detaylı bir şekilde ortaya koyar. Bu nedenle, çalışmada diğer yöntemlere (örneğin, statik itme analizi veya mod birleştirme yöntemi) yer verilmemiştir. Ayrıca, farklı hesap yöntemleri kullanıldığında farklı sonuçlar elde edilmesi normaldir. Bu durum, yöntemlerin varsayımları ve modelleme yaklaşımlarındaki farklılıklardan kaynaklanır. Bu çalışmada, yapıların deprem performansını değerlendirmek için eşdeğer deprem yükü yöntemi de kullanılmıştır. Bu yöntem, yapıların deprem yüklerine karşı gösterdiği genel davranışı basitleştirilmiş bir şekilde analiz etmeye olanak tanır.

Zaman tanım aralığında analiz yöntemi, özellikle yapıların deprem sırasında gösterdiği dinamik tepkileri adım adım incelemek için oldukça etkilidir. Bu yöntem, gerçek deprem kayıtları kullanılarak yapıların zamana bağlı davranışını modellemeyi mümkün kılar. Ayrıca, bu yöntem sayesinde yapıların farklı deprem senaryoları altındaki performansları karşılaştırılabilir ve yapısal zayıf noktalar belirlenebilir. Bu bilgiler, yapıların güçlendirilmesi ve deprem riskinin azaltılması için önemli bir temel oluşturur.

3.1 Performans Hedefi Belirlenecek Mevcut Binaların Tanımlanması

Performans hedefleri belirlenecek mevcut betonarme yapıları sırası ile 3,6 ve 9 katlıdır. Bu katlara sahip ve taşıyıcı sistemi betonarme perdeli ve betonarme perdesiz olan sistemlerin performans hedefleri belirlenecektir. TBDY 2018 yönetmeliği kapsamında bazı parametreler ve sınır düzeyleri aşağıda detaylı olarak belirtilmiştir.

3.1.1 Performans Hedefi Düzeyleri

- Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında 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 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.

Tablo 3.1. Performans hedefleri ve uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları (TBDY, 2018).

(Yüksek Binalar Dışında – BYS ≥ 2)				
Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 1a ⁽¹⁾ , 2, 2a ⁽²⁾ , 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a ⁽²⁾ , 2a ⁽²⁾	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(b) Yeni Yapılacak veya Mevcut Yüksek Binalar (BYS = 1)				
Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	—	—
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT ⁽³⁾	KH	DGT ^(3,4)
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

(c) Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Öntüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar dışında – BYS ≥ 2)				
Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
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 alınarak uygulanacaktır.

Mevcut binaların deprem etkisi altındaki performanslarının değerlendirilmesi ve gerektiğinde güçlendirilmesi konusu TBDY'2018 Bölüm 15 de tanımlanmıştır. Bu bölümde mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için yeni yapılacak binalardan farklı olarak, birden fazla deprem düzeyi tanımlanmış ve bu depremlerin etkisi altında binalar için birden fazla performans hedefinin öngörülebilmesi olanaklı duruma getirilmiştir.

3.1.3 Binalardan bilgi Toplanması Ve Toplanan Bilgilerin Kapsamı

Mevcut taşıyıcı sistemlerin kapasitesini belirlemek ve depreme karşı dayanımlarını hesaplayabilmek için, yapıya ilişkin detaylı verilerin toplanması büyük önem taşır. Bu kapsamda, yapı elemanlarının boyutları, yönetmeliklerde belirtilen detaylar, kullanılan malzemelerin özellikleri gibi bilgiler; mevcut raporlar, projeler, yapıda gerçekleştirilen ölçümler, gözlemler ve yapıdan alınan malzeme örneklerine uygulanan dayanım testleri aracılığıyla elde edilmelidir.

Eğer yapıya ait bir proje mevcutsa, bu projenin doğruluğunun teyit edilmesi amacıyla bir yapı mühendisi tarafından detaylı bir inceleme yapılması gereklidir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018), yapı ile ilgili bilgi toplama sürecinde farklı bilgi seviyeleri sunmaktadır. Bu seviyeler, sınırlı bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır.

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesi ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesi için gerekli olan eleman detayları, boyutlar, taşıyıcı sistem geometrisi ve malzeme özellikleri gibi bilgiler, binaların projelerinden, raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, ayrıca binadan alınan malzeme örneklerine uygulanan deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması süreci ise iki farklı düzeyde gerçekleştirilir: sınırlı bilgi düzeyi ve kapsamlı bilgi düzeyi. Bu bilgi düzeylerini açıklamak gerekirse; sınırlı bilgi düzeyi, yapıya ilişkin temel ve genel bilgilerin toplandığı bir aşamayı ifade ederken, kapsamlı bilgi düzeyi ise yapının taşıyıcı sistemine ve malzeme özelliklerine dair detaylı ve kapsamlı verilerin elde edildiği bir süreci kapsar. Kapsamlı bilgi düzeyi, özellikle yapının deprem performansının daha hassas bir şekilde değerlendirilmesi için gereklidir ve bu süreçte yapıdan alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar testleri büyük önem taşır.

Bu bilgi toplama süreçleri, yapıların deprem güvenliğinin doğru bir şekilde analiz edilmesi ve gerekli güçlendirme önlemlerinin belirlenmesi açısından kritik bir rol oynar. Özellikle mevcut yapı stoğunun deprem riskine karşı daha dayanıklı hale getirilmesi için, bu süreçlerin titizlikle uygulanması gerekmektedir.

3.1.3.1 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)'e göre, mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için farklı bilgi düzeylerini tanımlanmaktadır. Sınırlı Bilgi Düzeyi, deprem yönetmeliğine göre detayın az bulunduğu ve en konservatif (ihtiyatlı) yaklaşımın benimsendiği bilgi seviyesini temsil etmektedir. TBDY 2018'e göre Sınırlı Bilgi Düzeyi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır :

- **Veri Eksikliği:**

Yapıya ait proje, çizim veya teknik dokümanlar neredeyse hiç bulunmamakta veya çoğunluğu eksik olmaktadır.

Projenin imalatında kullanılan malzeme özellikleri (beton dayanımı, donatı özellikleri vb.) hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır.

- **Görsel İnceleme ve Basit Testler:**

Yapının taşıyıcı sisteminin durumu genellikle görsel inceleme (gözle kontrol) ve basit testlerle (çekiç testi gibi) değerlendirilmektedir. Yapısal elemanlarda veya malzemesinde detaylı laboratuvar testleri veya kapsamlı ölçümler yapılmamaktadır.

- **Tahmini Değerler ve Standart Kabuller:**

Beton dayanımı, donatı akma sınırı gibi malzeme özellikleri, standart değerler veya tahminlerle belirlenmektedir. Örnek olarak, taşıyıcı sistemin beton dayanımı için TBDY 2018'de verilen minimum değerler (C16 gibi) kullanılabilir.

- **Konservatif Yaklaşım:**

Genellikle bilgi eksikliği durumlarından kaynaklı yapısal analizde daha güvenli (konservatif) varsayımlar yapılmaktadır. Bu duruma göre, elde edilen daha düşük dayanım değerlerine göre, yapının gerçek kapasitesinden daha düşük bir değerle değerlendirilmesine yol açmaktadır.

- **Belirsizlik ve Güvenlik Katsayıları:**

Sınırlı bilgi düzeyinin bulunması sebebiyle yapının taşıyıcı sistem davranışı ve taşıma kapasitesi hakkında belirsizlikler bulunmaktadır. TBDY 2018, bu belirsizlikleri dikkate alarak daha yüksek güvenlik katsayıları uygulanmasını öngörmektedir.

- **Sınırlı Bilgi Düzeyinde Yapılan Analizler:**
Yapısal sistem ve elemanların geometrisi kabaca(göz ile) belirlenir. Taşıyıcı sistemin davranışı basit modellerle analiz (lineer) edilir. Deprem performansı, sınırlı veriyle ve konservatif varsayımlarla değerlendirilir.
- **Sınırlı Bilgi Düzeyinin Kullanım Alanları:**
Hızlı ön değerlendirmelerin gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Teknik proje veya teknik dokümanların bulunmadığı ve ulaşma imkanının olmadığı eski binalarda kullanılmaktadır. Acil durumlarda yapısal güvenliğin hızlıca kontrol edilmesi.

Sınırlı Bilgi Düzeyi, TBDY 2018'e göre elde bulunan en az veriyle yapılan ve en konservatif yaklaşımın benimsendiği bir değerlendirme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu bilgi düzeyi, özellikle eski ve dokümantasyonu eksik binalar için kullanılmaktadır. Fakat belirsizlikler nedeniyle sonuçlar daha güvenli tarafta alınarak hesaplamalar yapılmaktadır. Daha kesin değerlendirmeler için Kapsamlı Bilgi Düzeyi önerilmektedir.

3.1.3.2 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018), mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için çeşitli bilgi düzeylerini tanımlamaktadır. Kapsamlı Bilgi Düzeyi, deprem yönetmeliğine göre en detaylı ve en güvenilir değerlendirmenin yapıldığı bilgi seviyesi olarak kabul edilmektedir. Bu bilgi düzeyine göre, yapının taşıyıcı sistemi hakkında tam ve doğru veri toplanmasını ve detaylı analizler yapılmasının gerekliliğini savunmaktadır. TBDY 2018'e göre Kapsamlı Bilgi Düzeyi aşağıdaki gibidir:

- Yapıya ait tüm statik, mimari ve mekanik ve projelerin, çizimlerin ve teknik dokümanların mevcut olduğu bilgi düzeyi durumudur. Yapının geometrisi, taşıyıcı sistemi ve elemanları tam olarak belirlenebilmektedir.
- Detaylı Malzeme Testleri:

Beton dayanımı, donatı özellikleri (akma sınırı, çelik sınıfı vb.) gibi malzeme özellikleri laboratuvar testleriyle doğrulanmakta ve örnek olarak alınan numuneler yapıdan alınmakta ve standartlara uygun şekilde test edilmektedir.

- **Yapısal Elemanların Durumunun İncelenmesi:**
Kolon, kiriş, perde ve döşemelerin mevcut durumu detaylı olarak incelenir. Yapısal elemanlara ait çatlaklar, deformasyonlar, korozyon gibi hasarlar tespit edilmektedir.
- **Detaylı Analiz ve Modelleme:**
Yapının taşıyıcı sistemi, bilgisayar destekli analiz programları kullanılarak detaylı bir şekilde modellenmekte ve lineer olmayan (nonlinear) analiz yöntemleri kullanılabilmektedir. Yapının deprem analizi performansı, gerçekçi ve detaylı bir şekilde değerlendirilmektedir.
- **Gerçekçi ve Güvenilir Sonuçlar:**
Kapsamlı Bilgi Düzeyine göre, yapının deprem durumunda gerçek davranışını en doğru şekilde yansıtmakta ve bu bilgi düzeyinde belirsizlikler minimum düzeyde olmaktadır. Net bilgilerin varlığına bağlı olarak güvenlik katsayıları da daha gerçekçi olarak belirlenmektedir.

Kapsamlı Bilgi Düzeyi, TBDY 2018'e göre mevcut betonarme binaların en detaylı ve güvenilir şekilde değerlendirildiği bilgi seviyesi olarak sunulmaktadır. Bu düzey, yapının gerçeğe en yakın davranışını en doğru şekilde yansıtır ve deprem performansının tam olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Özel olarak kritik yapılar için bu düzeyde bir değerlendirme yapılması önerilmektedir.

3.1.3 Binaların Bilgi Düzeyi Katsayıları

İncelenmesi yapılan binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre yapısal eleman kapasitelerine göre uygulanması yapılacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Bilgi Düzeyi Katsayıları (TBDY, 2018).

Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Bu yüksek lisans tezinde araştırmaya konu olan örnek binalarımızın bilgi düzeyi, projelerinin mevcut olup, yerinde yapılan araştırmalarla birlikte değerlendirildiğinde, kapsamlı bilgi düzeyi olarak belirlenmiştir. Bu bilgi düzeyinde kullanılacak katsayı değerleri Tablo 3.1 ‘de sunulmaktadır. Tablo 3.2’de ise 20007 deprem yönetmeliğinde (DBHY 2007) kullanılan bilgi düzeyleri ve bu bilgi düzeylerinin bilgi düzey katsayıları

Tablo 3.3. Bilgi Düzeyi Katsayıları (DBHY, 2007).

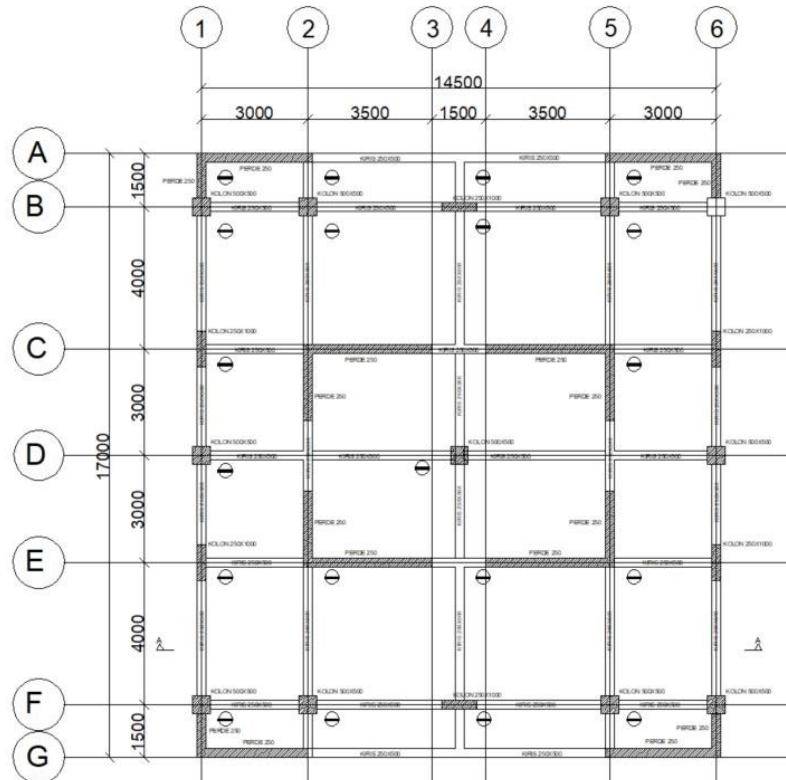
Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

verilmektedir.

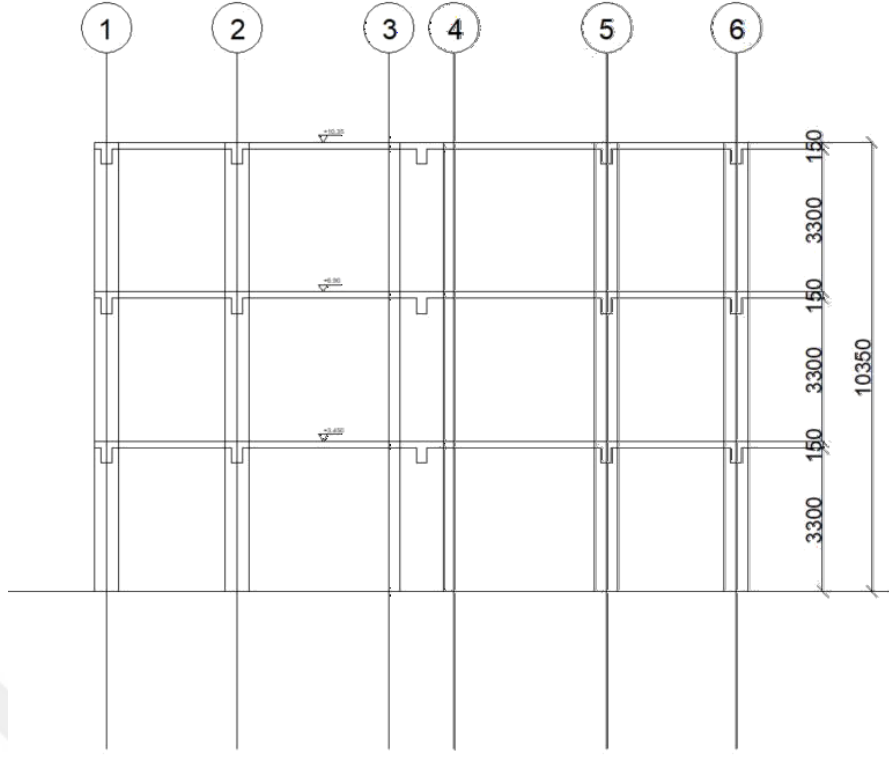
3.1.4 3,6,9 Katlı Yapıların Geometrik Bilgileri

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan performans analizi yapılması planlanan mevcut bina, İzmir Bornova’ da 38.464177° enleminde, 27.214682° boylamında bulunan bir konut binasıdır.

Performans analizi yapılacak bu bina tipik kat planlarında ve aynı geometride 3,6 ve 9 katlı olup toplam bina yükseklikleri sırası ile 10.35m, 20.7m ve 31.05m’dir. Kat yüksekliği tüm katlarda eşit olmakla birlikte 3.45 metredir.



Şekil 3.1. Normal kat sistem planı.

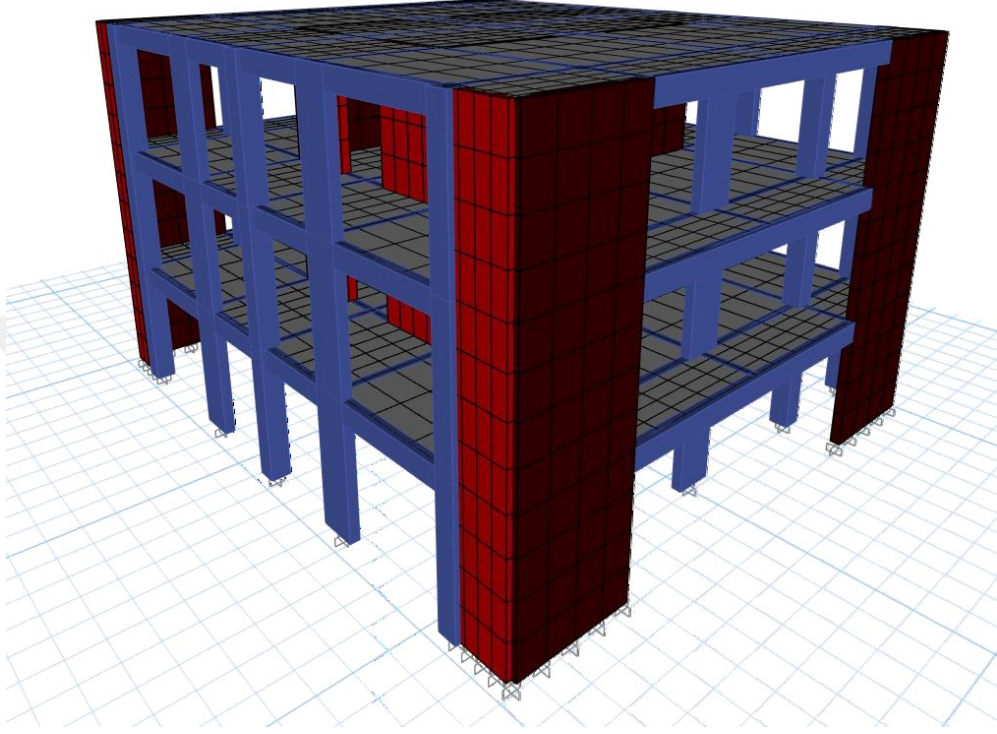


KESİT A-A

Şekil 3.2. Tipik sistem enkesiti (Kesit A-A).

Analizlerde ele alınacak deprem yer hareketi düzeyi DD2 olarak kabul edilmiştir. Yerel zemin sınıfı ise ZC'dir. Yapı X doğrultusunda 5 ve Y doğrultusunda 6 adet açıklıktan oluşmaktadır. Mevcut binaya ait zeminin deprem ivmesi değerleri tezin ilerleyen sayfalarında belirtilmiştir.

Yapının üç boyutlu taşıyıcı sistem genel görünüşü ve Etabs analiz hesap modeli Şekil 3.3 ve Şekil 3.4' de verilmiştir. Mevcut bina olarak 3 katlı binanın analizine ait üç boyutlu sistem modelleri verilmiştir. Mevcut yapı kat döşemeleri, perdeler, kolonlar ve kiriş sistemlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Etabs 3 katlı 3D yapı modeli.

Mevcut binada kullanılan tüm yapısal betonarme elemanların beton kalitesi C16/20 Mpa 'dır.Beton malzemesine ait teknik özellikler Şekil 3.4'de detaylı olarak verilmiştir.

Material Property Data

General Data

Material Name: C16/20

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: Yellow

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density ☐ Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 24.9926 kN/m³

Mass per Unit Volume: 2548.538 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 29000 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.00001 1/C

Shear Modulus, G: 12083.33 MPa

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

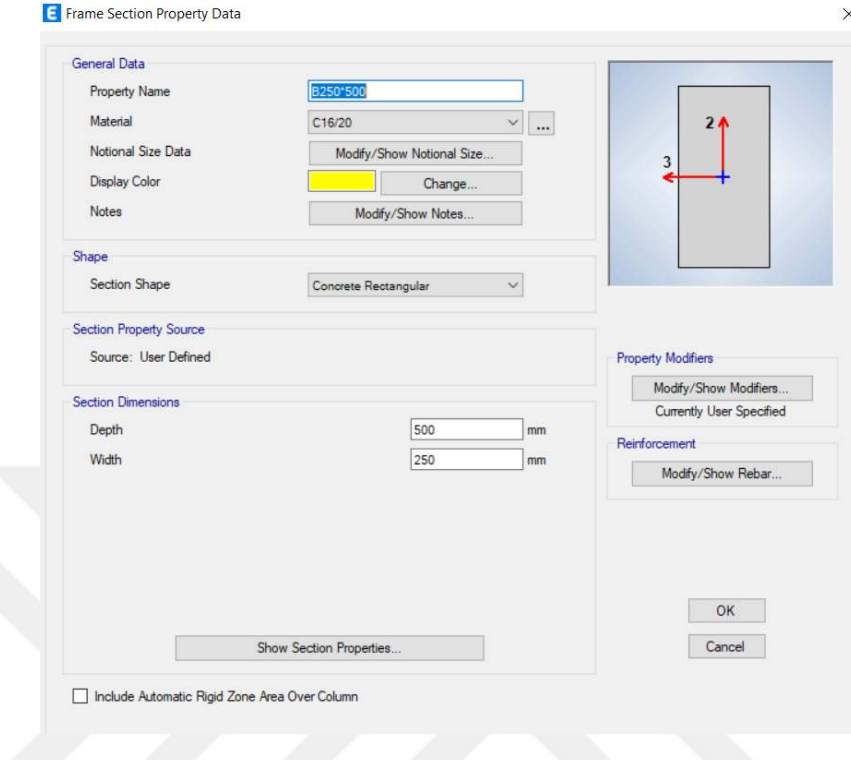
Modulus of Rupture for Cracked Deflections

☒ Program Default (Based on Concrete Slab Design Code) ☐ User Specified

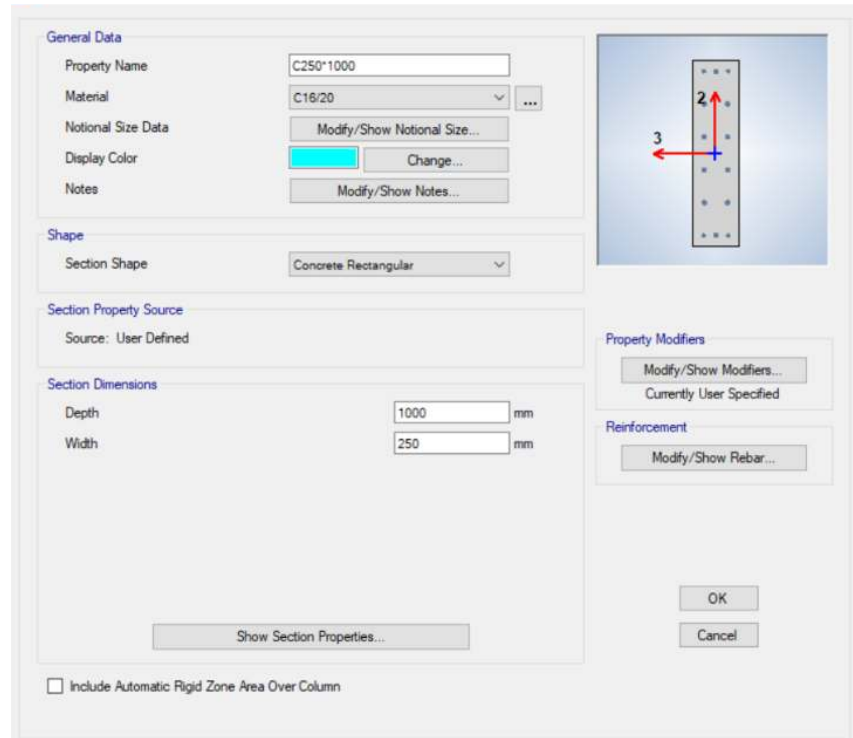
OK Cancel

Şekil 3.4. Etabs C16/20 beton malzemesi özellikleri.

Üç boyutlu etabs modelinde tanımlanan tipik kiriş, kolon, perde ve döşeme enkestileri Şekil 3.5,6,7,8,9 ‘de verilmiştir.



Şekil 3.5. Etabs’e kiriş enkesitinin tanımlanması-B250*500mm.



Şekil 3.6. Etabs’e kolon enkesitinin tanımlanması- C250*1000mm.

Frame Section Property Data

General Data

Property Name: C500*500

Material: C16/20

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Blue

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 500 mm

Width: 500 mm

Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently User Specified

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Şekil 3.7. Etabs'e kolon enkesitinin tanımlanması- C500*500mm.

General Data

Property Name: W300

Property Type: Specified

Wall Material: C16/20

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently User Specified): Modify/Show...

Display Color: Magenta

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

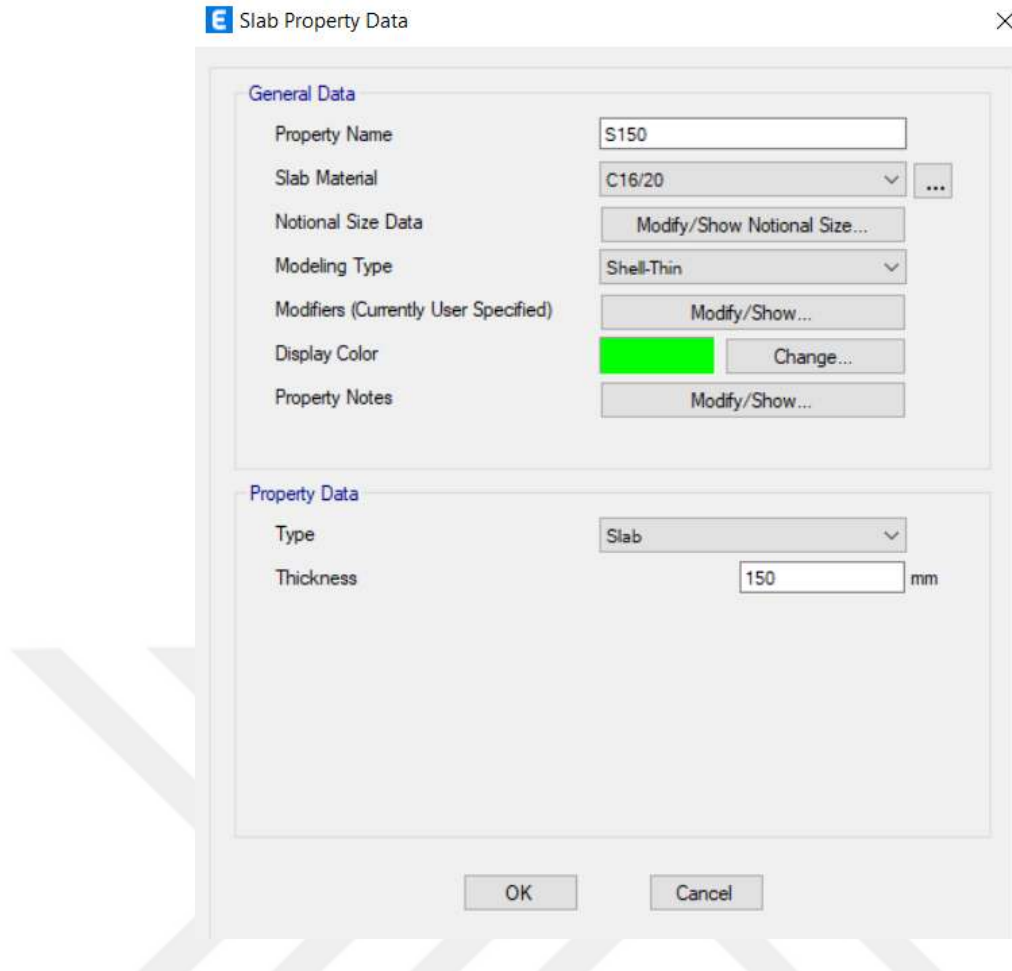
Thickness: 300 mm

☐ Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK

Cancel

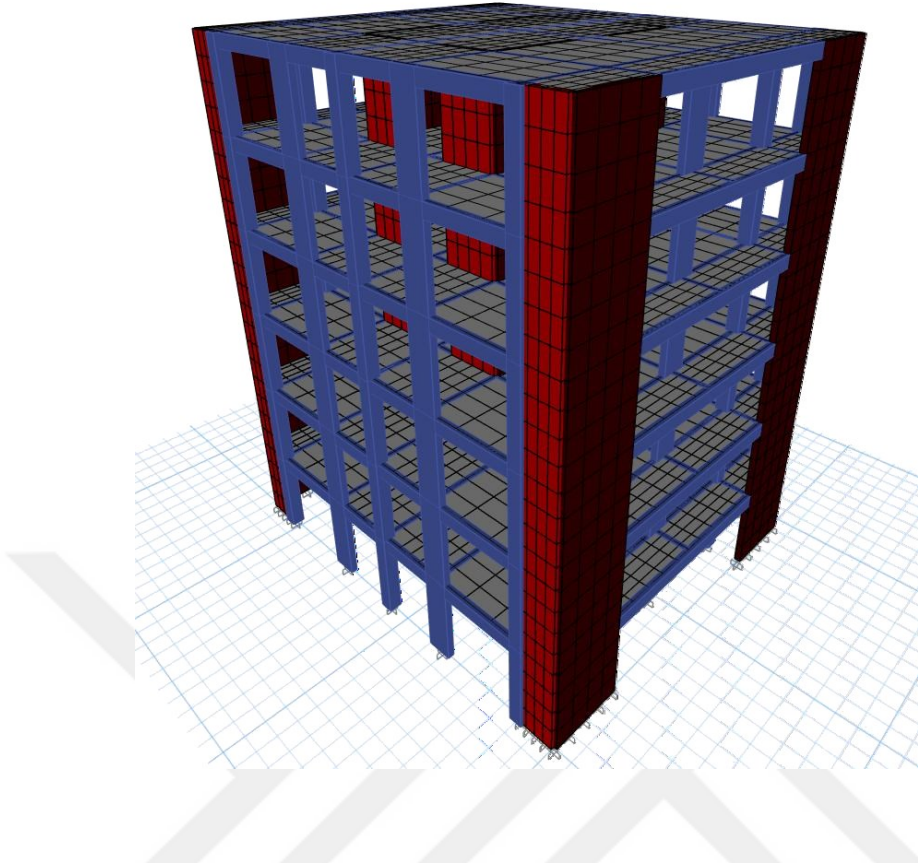
Şekil 3.8. Etabs'e perde enkesitinin tanımlanması- W300mm.



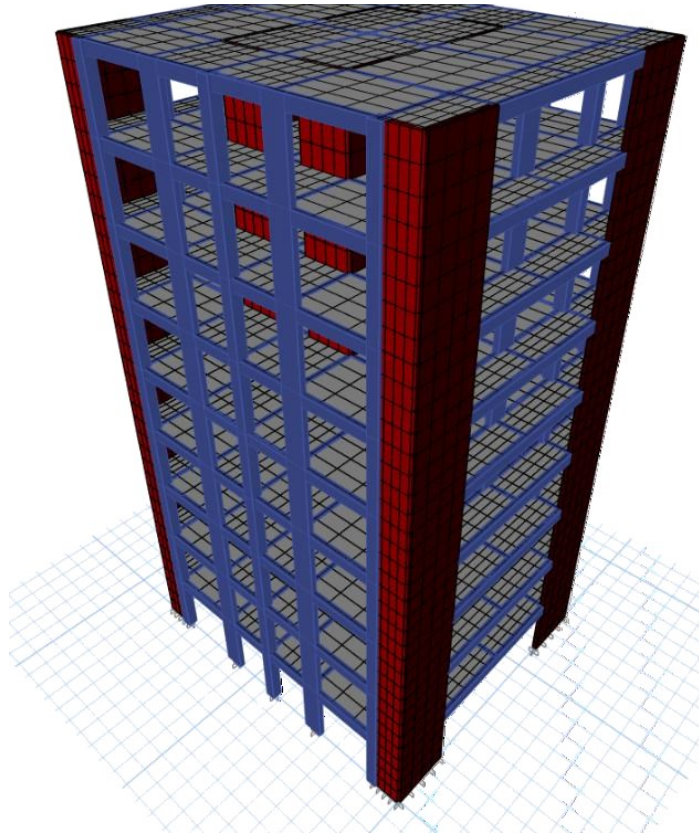
Şekil 3.9. Etabs’e döşeme enkesitinin tanımlanması- S150mm.

Benzer malzeme özelliklerinde ve enkesitlerde 6 katlı ve 9 katlı analiz modelleri oluşturulmuştur.

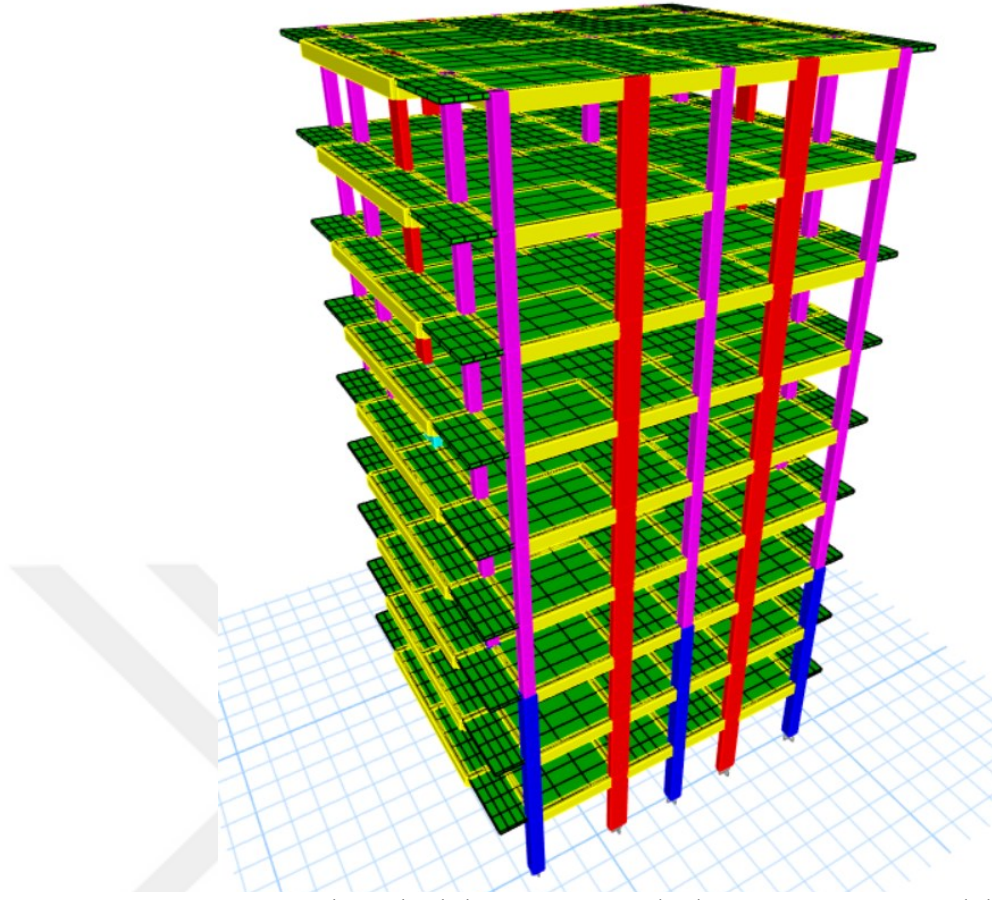
Ek olarak betonarme perde duvarın deprem performans analizlerine etkisinde araştırılması açısından, 9 katlı betonarme perdesiz sadece çerçeve sistemden oluşan Etabs yapısal analiz modeli de oluşturulmuştur. Modeller Şekil 3.10, 11 ve 12 ‘ de verilmiştir.



Şekil 3.10. Etabs 6 katlı 3D yapı modeli.



Şekil 3.11. Etabs 9 katlı 3D yapı modeli.



Şekil 3.12. Etabs 9 katlı betonarme perde duvarsız 3D yapı modeli.

3.1.5 3,6,9 Katlı yapılara etki eden yük bilgileri

3,6,9 katlı yapılarda tipik olarak uygulanacak model analiz yük bilgileri aşağıda verilmiştir.

- Sabit Yük :

Normal kat döşemelerinde dikkate alınan sabit yük değerleri aşağıda verilmiştir.

Çatı Katı Ve Normal Kat Döşemesi Yük Değerleri :

$$\text{Kaplama + Sıva yükü} = 1.4$$

$$\text{İzolasyon yükü} = 0.6$$

$$\text{Toplam Sabit Yük (G) } = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

- Parapet yükü (çatı katı döşemesi):

$$G_d = 2 \text{ kN/m}$$

- Dış duvar yükü (normal katlarda):

$$G_d = 3 \text{ kN/m}$$

- Hareketli yük:

Normal katlarda ve çatı katında hesaplarda ele alınacak yük değerleri TS 498

Çizelge 7 'den alınmıştır. TS498 ' e göre alınan hareketli yük değerleri:

Çatı katı ve normal kat döşemesi hareketli yük 5.0 kN/m²

- Kar yükü :

Kar yükü TS EN 1991-1-3'e göre hesaplanacaktır. Sürekli/geçici tasarım durumları göz önüne alındığı için kar yükü hesap formülü aşağıdaki gibidir:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Burada;

μ_i = Kar yükü şekil katsayısı (Madde 5.3 ve Ek B),

s_k = Karakteristik zemin kar yükü değeri,

s_{Ad} = Dikkate alınan yer için istisnaî zemin kar yükü tasarım değeri (Madde 4.3),

C_e = Maruz kalma katsayısı

C_t = Isı katsayısı

İzmir-Bornova ilçesi bölgesine ait karakteristik zemin kar yükü, $s_k = 1.5 \text{ kN/m}^2$, TS EN 1991-1-3'e göre maruz kalma katsayısı yapının bulunduğu topoğrafyaya göre 3 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Buna göre maruz kalma katsayısı $C_e = 1$ dir.

Tablo 3.4. TS EN 1991-1-3 ‘e göre maruz kalma katsayısı.

Topoğrafik Bölge	C _e
Rüzgara açık	0.8
Normal	1.0
Korunmuş	1.2

Isı Katsayısı, C_t= 1 alınmalıdır.

Çatı eğimine bağlı olarak kullanılacak katsayı ise; TS EN 1991-1-3 ‘de bulunan Çizelge 3.2 ‘ye göre belirlenecektir. Çatı eğim açısı 0° ‘dir. Çatı eğimi açısına bağlı olarak kar yükü şekil kat sayısı $\alpha = 0.8$ alınmıştır.

Tablo 3.5. TS EN 1991-1-3 ‘e göre kar yükü katsayısı.

	Topoğrafik Bölge	0° < α < 30°	30° < α < 60°	60° < α
	μ_1	0.8	$0.8(60 - \alpha)/30$	0.0
	μ_2	$0.8 + 0.8 \cdot \alpha/30$	1.6	-

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0.8 \cdot 1.0 \cdot (1.5) \cdot 0.75 = 0.9 \text{ k}$$

Not = Meteorolojik verilere göre, İzmir geneli için yerdeki maksimum kar yüksekliği 75 cm olarak varsayılmaktadır. Bu duruma göre, TS EN 1-3’e uygun olarak, karın ortalama birim hacim ağırlığı TS EN 1-3 Çizelge E.1 uyarınca 1.5 kN/m³ alınarak, düzgün yayılı olarak etkiyen çatı kar yükü;

$$0.8 \times (1.5 \text{ kN/m}^3 \times 0.75 \text{ m}) = 0.9 \text{ kN/m}^2 \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	38.464177°	
Boylam	27.214682°	

Çıktılar

$$S_S = 1.104 \quad S_1 = 0.271 \quad PGA = 0.449 \quad PGV = 27.221$$

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]

Yerel Zemin Sınıfı ZC ve $S_1 = 0.271$ için $F_1 = 1.500$

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_S F_S = 1.104 \times 1.200 = 1.325$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0.271 \times 1.500 = 0.406$$

S_{DS} : Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_{D1} : 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

Şekil 3.13. Yapı zeminin deprem ivmesi değerleri.

3.1.6 3,6,9 Katlı Yapıların Zemin Bilgileri

ZC zemin sınıfına ait 1.0 saniye periyot değeri dikkate alınarak, harita spektral ivme katsayısı (S_1) 0.271 şeklinde hesaplanmıştır. Aynı zemin grubu (ZC) için, 1.0 saniye periyot değeriyle ilişkili yerel zemin etki katsayısı (F_1) 1.5 olarak bulunmuştur.

Bu zemin özelliklerinden hareketle, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı ve 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı değerleri, aşağıda belirtildiği gibi ifade edilmiştir.

3.2 3,6,9 Katlı Yapıların Performans Hedeflerinin Saptanması

TBDY 2018 tasarım depremi kapsamında, yapının kontrollü hasar performans düzeyine uygun olacak şekilde tasarlanması durumunda, bölgede gerçekleşme ihtimali oldukça düşük olan en şiddetli depremde dahi göçmeyi önleme performans seviyesine ulaşması ve herhangi bir can kaybı durumunun oluşmaması beklenmektedir. Bu tür büyük bir depremin, sıradan bir yapıda sınırlı veya kontrollü hasara yol açacak şekilde karşılanması, kamouyu açısından ve ekonomik açıdan uygun bir yaklaşım olarak görülmemektedir. Bunun yerine, bu durumda temel hedef, göçme mekanizmasını kontrol altına alarak yapı içindeki insanların hayatını güvence altına almaktır.

Büyük şiddetli depremlerde, deprem etkilerinin yapının taşıma kapasitesini aşacağı öngörüldüğünden, tasarımda büyük plastik deformasyonlara izin verecek süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sisteme sahip yapı stratejisi benimsenmektedir. Bu yaklaşım yöntemi ile, yapının tamamen çökmesini engellenmesi ve can kayıplarının minimize edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Celep (2019), "Betonarme Yapılar" isimli kitabında, farklı hasar seviyelerine yönelik performans hedeflerinin gerçekleştirilmesi için şu noktaların önemli olduğundan bahsetmiştir. DD-3 deprem seviyesinde, hasarın sınırlı kalabilmesi için yeterli yatay rijitliğin sağlanması gerekmektedir. DD-2 deprem seviyesinde, hasarın kontrol edilebilir düzeyde tutulması ve can güvenliğinin garanti altına alınması için yapının maksimum dayanım kapasitesine ulaşması şarttır. DD-1 deprem seviyesinde ise, yapının tamamen çökmesini önlemek amacıyla sistemde yeterli sünekliğin sağlanmasının zorunlu olduğu vurgulanmıştır.

Mevcut yapıların deprem performansının deprem yönetmeliği TBDY (2018)'de belirtilen doğrusal veya doğrusal olmayan hesaplama yöntemleri kullanılarak, uygulanan sismik yüklerin yapı üzerindeki etkileri sonucunda oluşan hasarlar detaylı olarak değerlendirilebilmektedir. Deprem yönetmeliği sayesinde yapıda oluşacak olan hasar bölgeleri tahmin edilerek performansı belirlenebilmektedir.

Yapıdaki hasar durumlarına göre performans seviyeleri genel olarak dört farklı kategoride incelenmektedir.

- Mevcut yapıların sınırlı hasar performans seviyesi:

Yapısal taşıyıcı sistem elemanları, sınırlı düzeyde hasar görmüş olmakla beraber taşıyıcılık özelliklerini halen daha korumaktadır. Bu performans seviyesine göre, betonarme yapının herhangi bir katında veya deprem yükünün etkidiği herhangi bir doğrultusunda, toplam kiriş sayısının en fazla %20'si önemli hasar bölgesinde bulunabilir. Eğer sınırlı hasar bölgesinde kırılan davranış sergileyen herhangi bir eleman mevcutsa, bu elemanlar güçlendirilmelidir.

- Mevcut yapıların kontrollü hasar performans seviyesi:

Taşıyıcı sistem elemanlarının bir kısmı hasar görmüş olsa dahi, yapının yatay rijitliği ve taşıma kapasitesi halen daha korunmaktadır. Bu hasar performans seviyesi düzeyinde, yapıda ne lokal ne de genel bir çökme meydana gelmediğini göstermektedir. TBDY (2018)'de bu hasar seviyesi için belirlenen kriterler şöyledir:

Deprem analizi sonucunda, herhangi bir doğrultuda ve yapının herhangi bir katında, tali kirişler hariç toplam kiriş sayısının en fazla %35'i İleri Hasar Bölgesi'nde yer alabilir.

İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların taşıdığı kesme kuvveti, ilgili döşemenin düşey elemanlarının taşıdığı toplam kesme kuvvetinin %20'sini aşmamalıdır. Ancak son katta, İleri Hasar Bölgesi'ndeki düşey elemanların taşıdığı kesme kuvveti, o katın düşey elemanlarının taşıdığı toplam kesme kuvvetinin %40'ını geçmemelidir.

Diğer tüm sistem elemanları, Sınırlı Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunmalıdır. Belirgin hasar sınırını aşan düşey elemanların alt ve üst uçlarındaki kesme kuvveti, o kattaki düşey elemanların taşıdığı toplam kesme kuvvetinin %30'undan fazla olmamalıdır.

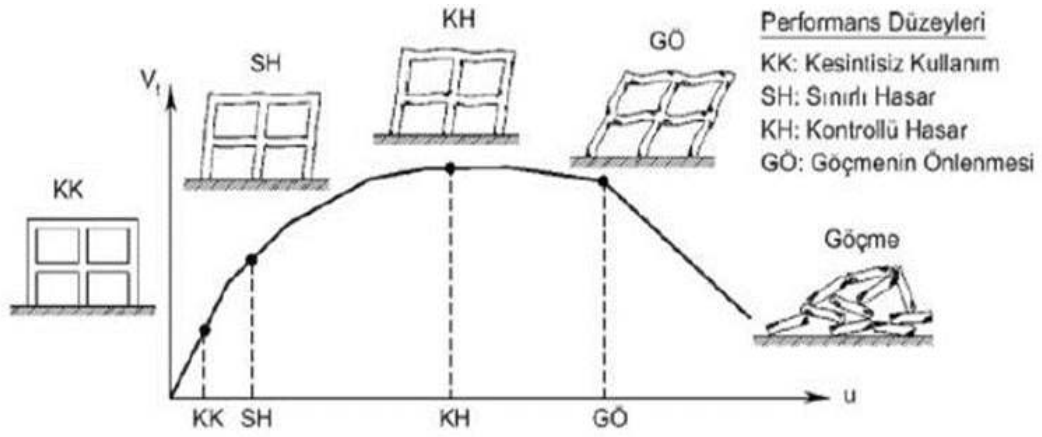
- Mevcut yapıların göçmenin önlenmesi performans seviyesi:

Bu performans seviyesinde, yapısal elemanların önemli bir bölümü hasar görmüş ve yatay rijitlik olarak taşıyıcı sistem elemanlarında, taşıma kapasitesi olarak ciddi ölçüde azalmalar görülmüştür. Gevrek davranış sergileyen her yapısal eleman, göçme hasar bölgesine dahil edilmelidir. TBDY (2018) deprem standardında bu hasar seviyesi için belirlenen en net kriterler şu şekildedir:

Yapının herhangi bir katında ve deprem etkisinin etkidiği herhangi bir yönde, tali kirişler hariç toplam kiriş sayısının en fazla %20'si göçme hasar bölgesinde yer alabilir. Diğer sistem elemanları, sınırlı hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi

veya ileri hasar bölgesinde bulunmalıdır. Herhangi bir düşey eleman, alt ve üst uçlarında belirgin hasar sınırını aşıyorsa, bu elemanın ilgili katta taşıdığı kesme kuvvetinin, o kattaki toplam düşey elemanların taşıdığı kesme kuvvetine oranı en fazla %30 olmalıdır.

- Mevcut yapıların göçme durumu bölgesi performans seviyesi:
Bina göçmenin önlenmesi performans düzeyini sağlayamıyorsa göçme durumundadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.



Şekil 3.14. TBDY 2018 performans düzeyleri.

Elde edilen deprem yer ivmesi parametreleri ve binalara özgü yönetmelik parametreleri belirlendikten sonra Tablo 3.6 da deprem performans hedefini sağlaması beklenmektedir. Bu deprem performans hedefi 3,6 ve 9 katlı yapı içinde geçerlidir.

Tablo 3.6. TBDY 2018 Deprem performans hedefi tablosu.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

(1) $BY\bar{S} > 3$ olan binalarda uygulanacaktır.

(2) $BY\bar{S} = 2,3$ olan binalarda uygulanacaktır.

(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.

(4) $I = 1,5$ alınarak uygulanacaktır.

(5) Bkz. 3.5.2.2.

4 KONUT TAŞIYICI SİSTEMİ DEPREM PERFORMANSININ TBDY 2018'E GÖRE BELİRLENMESİ

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2018, mevcut binaların deprem performansının analiz edilmesi sürecinde uygulanması gereken temel standart yönergeleri ve belirli kuralları detaylı olarak ortaya koymaktadır. Bu performans analizi işlemleri, yönetmeliğin farklı bölümlerinde belirtilen deprem yer hareketi parametrelerinin hesaplanması, genel değerlendirme prensipleri, hesap metodolojileri ve bina incelemelerinde dikkate alınması gereken özel şartlar doğrultusunda yapılmaktadır. Yüksek lisans tezinin bu bölümünde, TBDY 2018 kapsamında mevcut binaların deprem performansının tespit edilmesi sürecinde takip edilmesi gereken aşamalar ve bu süreçle ilgili temel bilgiler kademe kademe ele alınmıştır.

4.1 Deprem Parametrelerin Belirlenmesi

TBDY 2018 deprem yönetmeliği kapsamında bir binanın deprem performansının değerlendirilebilmesi için öncelikle deprem parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu süreçte ilk adım, binanın kullanım amacına göre bina kullanım sınıfının (BKS) tespit edilmesidir. TBDY 2018 deprem yönetmeliği, binaları kullanım amaçlarına göre üç farklı sınıfa ayırmıştır: BKS=1, BKS=2 ve BKS=3. BKS=1 sınıfı, deprem sonrasında kullanılması kritik olan yapıları kapsar. Bu kapsamda sağlık tesisleri, ulaşım ve haberleşme yapıları, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, okullar, askeri kışlalar, müzeler ve patlayıcı veya yanıcı maddeler barındıran binalar yer alır. BKS=2 sınıfı, insanların kısa süreli ancak yoğun olarak bulunduğu yapıları içerir. Örneğin alışveriş merkezleri, spor tesisleri, tiyatro ve konser salonları, sinemalar ve ibadethaneler bu gruba girer. BKS=3 sınıfı ise konutlar, ofis binaları gibi ilk iki sınıfa dahil olmayan yapıları ifade eder.

Bina kullanım sınıfının belirlenmesinin ardından, yapının deprem tasarım sınıfı (DTS) tespit edilmelidir. Bu parametre, bina kullanım sınıfı ve yapının bulunduğu bölgedeki DD-2 deprem yer hareketi düzeyine ait kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{ds}) değerine bağlı olarak belirlenir. S_{ds} değeri, binanın yer aldığı zeminin yerel zemin sınıfına göre Türkiye Deprem Tehlike Haritaları'ndan (AFAD, 2018) elde edilebilir. Dolayısıyla, bir binanın deprem tasarım sınıfı, yapının kullanım amacı, yerel zemin özellikleri ve bulunduğu bölgenin depremsellik durumu gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir.

Yerel zemin sınıfı, zeminin üst 30 metresindeki kayma dalgası hızı (V_s)₃₀, ortalama drenajsız kayma dayanımı (c_u)₃₀ ve ortalama standart penetrasyon darbe sayısı (N_{60})₃₀ gibi jeolojik parametrelere dayanarak belirlenir. Yönetmelik, bu parametrelere göre zeminleri altı farklı yerel zemin sınıfına ayırmıştır. Bu jeolojik özellikler, zemin türü hakkında bilgi sağlar ve yerel zemin sınıfının tespit edilmesinde temel alınır. Bu süreç, binanın deprem performansının doğru bir şekilde değerlendirilmesi için büyük önem taşır.

TBDY 2018 Bölüm 3.5.1’de, deprem performansının belirlenmesi amaçlanan mevcut binaların sağlaması gereken performans hedefleri ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Bu bölümde, deprem performans değerlendirmesi yapılacak binalar için bina yükseklik sınıfına (BYS) göre iki farklı tablo sunulmaktadır. Bu tablolar, binaların yükseklik sınıfına bağlı olarak performans hedeflerini belirlemektedir.

Bina yükseklik sınıfı (BYS), deprem tasarım sınıfı belirlenmiş olan binaların yüksekliğine göre tanımlanır. Bodrumsuz binalarda bina yüksekliği, temel üst kotundan itibaren ölçülürken, bodrumlu binalarda ise zemin kat döşeme seviyesinden itibaren ölçülmektedir. Yönetmelik, bir binanın bodrumlu olarak kabul edilebilmesi için iki temel koşul öngörmektedir:

- Binanın en az üç tarafının rijit bodrum perdeleri ile çevrilmiş olması.
- Bodrum kat kütleleri dikkate alınmadan hesaplanan binanın doğal titreşim periyotlarının, bodrum kat kütleleri dahil edilerek hesaplanan doğal titreşim periyotlarına oranının 1.1’den küçük olması.

Bina yükseklik sınıfı, deprem tasarım sınıfı ve yönetmelikte tanımlanan bina yüksekliği kriterlerine göre belirlenmektedir. TBDY 2018’de, mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılacak performans hedefleri, $BYS=1$ ve $BYS \geq 2$ olmak üzere iki farklı yükseklik sınıfı için ayrı ayrı sunulmaktadır.

$BYS=1$ sınıfına giren binalar “Yüksek Binalar” olarak tanımlanırken, bu tez çalışmasında incelenen bina yüksek bina sınıfına dahil olmadığı için, $BYS \geq 2$ yükseklik sınıfına ait binaların performans hedefleri Çizelge X’de paylaşılmıştır. Bu çizelge, yüksek bina sınıfına girmeyen mevcut binalar için TBDY 2018’de belirlenen performans hedeflerini içermektedir.

Tablo 4.1. $BYS \geq 2$ olan mevcut yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar performans hedefleri (TBDY, 2018).

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1,2,3,3a,4,4a		DTS = 1a,2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

Tablo 4.1'e göre, binaların deprem tasarım sınıflarına bağlı olarak uygulanması gereken değerlendirme yaklaşımlarını ve belirli deprem yer hareketi seviyelerinde karşılanması gereken performans düzeylerini göstermektedir. Performans hedefleri, bina performans seviyeleri temel alınarak tanımlanmaktadır. Deprem tasarım sınıfı 1a ve 2a olan mevcut binalar, ileri performans hedeflerini karşılamak zorundadır. İleri performans hedeflerine göre deprem performans değerlendirmesi yapılacak bir yapı, DD-1 deprem yer hareketi seviyesinde (2475 yıl tekrarlanma periyodu) Kontrollü Hasar (KH) ve DD-3 deprem yer hareketi seviyesinde (72 yıl tekrarlanma periyodu) Sınırlı Hasar (SH) performans hedeflerini sağlamalıdır. Deprem tasarım sınıfı 1a ve 2a dışında kalan diğer mevcut binalar ise normal performans hedeflerini karşılamakla yükümlüdür.

Bu duruma göre, deprem tasarım sınıfı 1a ve 2a dışında kalan binalar, DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde (475 yıl tekrarlanma periyodu) Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini karşılamak zorundadır. Değerlendirme yaklaşımında ŞGDT olarak ifade edilen yöntem, şekildeğiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımını temsil etmektedir. Mevcut binaların deprem performansının belirlenmesinde bu yaklaşımın kullanılması, ilgili yönetmelik tarafından öngörülmektedir. Bu yaklaşım kapsamında, öncelikle mevcut taşıyıcı sistemin ve elemanlarının doğrusal olmayan davranışını yansıtan modelleme esaslarına uygun şekilde iç kuvvet ve şekildeğiştirme limitleri belirlenir. Ardından, mevcut yapının performans hedefleriyle uyumlu deprem yer hareketleri kullanılarak doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilir ve taşıyıcı elemanlarda oluşan şekildeğiştirme ve dayanım talepleri hesaplanır. Bu talepler, belirlenen limit değerlerle karşılaştırılarak yapının deprem etkileri altındaki performansı değerlendirilir.

4.1.1 9 Katlı yapıya ait deprem parametrelerinin belirlenmesi

- Deprem Yüğü Hesabı :

Dokuz katlı betonarme bir binanın deprem performans analizine ilişkin deprem karakteristikleri ve ilgili yönetmelik hükümleri, aşağıdaki bölümlerde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

- Bina kullanım sınıfı (BKS) ve bina önem katsayısı (I) :

Bina konut olarak hizmet vermektedir. Buna göre, TBDY 2018 ‘den alınmış aşağıdaki Tablo 4.2’ göre bina kullanım sınıfı, BKS = 3 ve bina önem katsayısı, I = 1.0 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın 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 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 planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

- Deprem tasarım sınıfı (DTS) :

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları (<https://tdth.afad.gov.tr/>) kapsamında, Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)'nin belirlenmesi için DD-2 deprem yer hareketi düzeyine ait parametreler aşağıda sıralanmıştır. Performans analizi gerçekleştirilecek olan 9 katlı betonarme binanın, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları üzerindeki konumu Şekil 4.1'de gösterilmiştir. ZC yerel zemin sınıfına ait bu lokasyon için geçerli parametreler ise Tablo 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Binanın TDTH üzerindeki konumu.

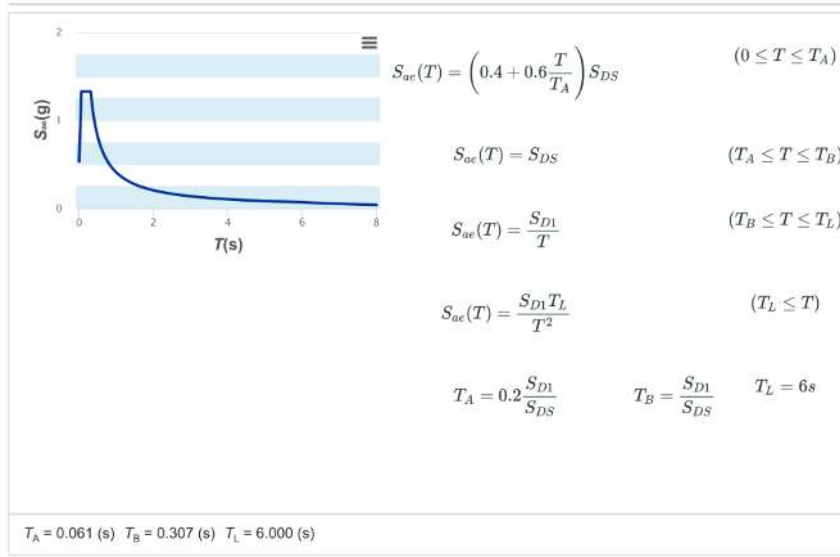
Tablo 4.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.

Konum	Yerel Zemin Sınıfı	Deprem Yer Hareketi Düzeyi	S _s	S ₁	PGA	PGV
Enlem:		DD1	2.101	0.537	0.832	52.018
38.464177°	ZC	DD2	1.104	0.271	0.449	27.221
Boylam:		DD3	0.145	0.104	0.173	10.241
27.214682°		DD4	0.297	0.076	0.124	7.436

- Yatay elastik tasarım spektrumları :

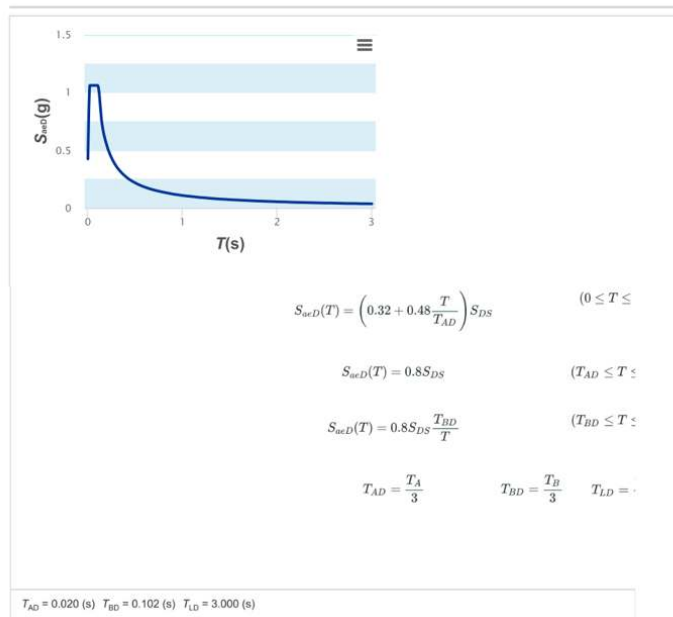
Elastik spektrum değerleri, TBDY 2018 Bölüm 2.3'te belirtilen kurallara uygun olarak hesaplanmış ve ayrıca <https://tdth.afad.gov.tr> adresinden tasarımda kullanılacak yatay ve düşey spektrumlar elde edilmiştir. DD-2 deprem düzeyine ait yatay ve düşey spektrum grafikleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Bununla birlikte, her bir deprem düzeyine ait yatay elastik spektrum eğrileri de Şekil 4.4'de sunulmuştur.

Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

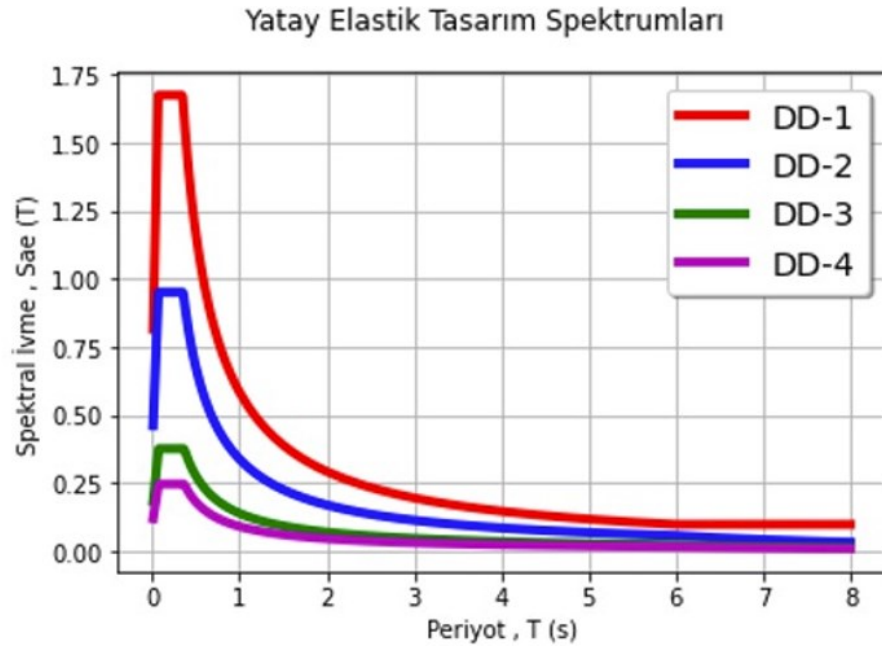


Şekil 4.2. DD-2 Yatay elastik tasarım spektrumu parametreleri.

Düşey Elastik Tasarım Spektrumu



Şekil 4.3. DD-2 Düşey elastik tasarım spektrumu parametreleri.



Şekil 4.4. Yatay elastik tasarım spektrumları (DD-1,2,3,4).

Tablo 4.4. DD -2,3,4 Tasarım spektral ivme katsayıları ve spekturum köşe periyotları.

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	Tasarım Spektral İvme Katsayıları		Tasarım Spektrumu Köşe Periyotları		Geçiş Periyodu
	S_{DS}	S_{D1}	$T_A(s)$	$T_B(s)$	$T_L(s)$
DD-1	2.521	0.786	0.062	0.312	6.0
DD-2	1.325	0.406	0.061	0.307	6.0
DD-3	0.539	0.156	0.058	0.289	6.0
DD-4	0.386	0.114	0.059	0.295	6.0

Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı, $S_s = 1.104$

1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı, $S_1 = 0.271$

Yerel zemin etki katsayıları, $F_s = 1.2$ ve $F_1 = 1.5$

Buna göre, TBDY 2018 2.3.2.2'ye göre, tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{D1} ,

TBDY 2018 Denk.(2.1) ile,

$$S_{DS} = S_s \cdot F_s = 1.325$$

$$S_{D1} = S_1 \cdot F_1 = 0.406$$

Tablo 4.5. DD-2 deprem düzeyi deprem tasarım parametreleri.

Deprem Tasarım Parametreleri	Deprem Düzeyi (DD2)
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	1.104
1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı (S_1)	0.271
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS})	1.325
1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı (S_{D1})	0.406

Bu durumda binanın deprem tasarım sınıfı (DTS), bina kullanım sınıfı, $BKS = 3$ olmak üzere ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı, S_{DS} 'nin, TBDY 2018 Tablo 3.2'ye göre,

$S_{DS} = 1.325 \geq 0.75$ koşulunu sağladığı için DTS= 1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Deprem tasarım sınıfları (DTS).

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

- Bina yükseklik sınıfı (BYS) :

Yapının yüksekliği $H_N = 31.05$ m olarak ölçülmüştür. Taşıyıcı sistemin deprem yüklerine göre tasarımı yapılırken, yapının yüksekliği ve bulunduğu bölgenin depremsellik değerleri dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Bu yapıya ait bina yükseklik sınıfı (BYS), $BYS = 4$ olarak belirlenmiştir. Yapının deprem hesabı, TBDY 2018 Bölüm 13'te belirtilen kurallar doğrultusunda üç aşamalı bir şekilde yapılacaktır.

Tablo 4.7 BYS ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan BYS 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	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
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	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

- Bu durumda, binanın deprem tasarım sınıfı (DTS), bina kullanım sınıfının (BKS) 3 olması ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (SDS) değerinin TBDY 2018 Tablo 3.2'ye göre $0.75 \leq S_{DS} = 1.325$ koşulunu sağlaması nedeniyle DTS = 1 olarak belirlenmiştir.

- TBDY 2018' e göre ön deprem hesabı

Bu çalışmada ele alınan yapı, $BYS = 4$ ve $DTS = 1$ değerlerine sahip olup, TBDY 2018 gereklilikleri doğrultusunda yapısal performansı incelenecektir. Tez kapsamında değerlendirilen bina taşıyıcı sistemi, TBDY 2018 Tablo 4.1'de A14 olarak tanımlanan süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerin birlikte oluşturduğu bir sistemden meydana gelmektedir.

Tablo 4.7 BYS ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan BYS aralıkları.

Bina Taşıyıcı Sistemi	Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	$BYS \geq 3$
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	$BYS \geq 2$
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	$BYS \geq 2$
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz 4.3.4.5)	8	2.5	$BYS \geq 2$
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	$BYS \geq 2$
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

- Ön Performans Analizi Hesabı :

Ön performans analizinde, DD-2 deprem yer hareketi için Mod Birleştirme Yöntemi kullanılacaktır. Bu kapsamda, yatay elastik tasarım ivme spektrumunun hesaplanmasında kullanılacak olan köşe periyotları T_A ve T_B aşağıda belirtildiği şekildedir.

$$T_A = 0.2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.061$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.307$$

Yatay elastik tasarım ivme spektrumu sırasıyla aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanacaktır. Hesaplanan bu değerler mod birleştirme yönteminde kullanılacaktır.

$$S_{ae} = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) \cdot S_{DS} \quad 0 \leq T \leq T_A$$

$$S_{ae} = S_{DS} \quad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_{ae} = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_B \leq T \leq$$

$$S_{ae} = \frac{S_{D1} \cdot T_L}{T^2} \quad T \leq T_L$$

Yapıya etki edecek olan deprem yükleri hesaplanan azaltma katsayısı ile azaltılmıştır.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} = 2.5 \quad T > T_B - \text{TBDY 2018 4A.3.2. (Denk. (4A.5a))}$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \cdot \frac{T}{T_B} = 2.5 \quad T \leq T_B$$

Düşey deprem etkilerinin değerlendirilmesinde de deprem azaltma katsayısı kullanılacaktır. Bu tasarım aşamasında, yapının sönüm oranı %5 olarak kabul edilmiştir. Çalışmada, ilk 50 modun her iki yatay doğrultudaki katkısı %99.90 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.8 Bina deprem parametreleri özellikleri özet tablosu.

Parametreler	Değerler	Referanslar
Bina Yüksekliği (HN)	31.05 m	TBDY 2018 Tablo (3.3)
Bina Önem Katsayısı (I)	1.0	TBDY 2018 Tablo (3.1)
Betonarme Bina Taşıyıcı Sistem Özelliği	Süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli(boşluklu)betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	TBDY 2018 Tablo (4.1)
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	TBDY 2018 Bölüm 2.2
Taşıyıcı Sistem Davranışı Katsayısı (R)	8	TBDY 2018 Tablo (4.1)
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	2.5	TBDY 2018 Tablo (4.1)
Tasarım Yaklaşımı	Dayanıma Göre Tasarım	TBDY 2018 Tablo (3.5)

4.1.2 9 Katlı yapıya ait bina performans hedefi belirlenmesi

TBDY 2018 Tablo 3.4(a)'ya göre, deprem tasarım sınıfı $DTS = 1$ ve deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için, mevcut betonarme binanın performans hedefi; normal performans hedefi kapsamında "kontrollü hasar (KH)" olarak tanımlanmıştır. Değerlendirme ve tasarım yaklaşımı ise "şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞGDT)" yöntemi olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.9 DTS'ye göre mevcut yapılar için performans hedefi ve tasarım yaklaşımı.

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-3	—	—	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	—	—
DD-1	—	—	KH	ŞGDT

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

(2) $BYS = 2.3$ olan binalarda uygulanacaktır.

(3) Ön tasarım olarak yapılacaktır.

(4) $I = 1.5$ alınarak uygulanacaktır.

(5) Bkz. 3.5.2.2.

4.2 TBDY 2018'e Göre Doğrusal Olmayan Analiz

TBDY 2018 kapsamında, mevcut binaların deprem performansının belirlenmesinde,  ekil değiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı temel alınmalıdır. Bu yaklaşımda, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan i  kuvvet –  ekil değiştirme ilişkileri ile beton ve donatı çeliğinin gerilme – birim  ekil değiştirme davranışları kullanılmaktadır. Düşey yükler ve binanın hedeflenen performans seviyesi ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareketi düzeyi dikkate alınarak gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler sonucunda, sünek davranışa ilişkin  ekil değiştirme talepleri ve gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir. Bu talepler, hedef performans düzeylerine göre hesaplanan  ekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri ile kar ıla tırılır. Karşılaştırma sonucunda, mevcut binanın deprem performansı değerlendirilir ve kontrol edilir.

4.2.1 Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri

Performans analizinde temel olarak kullanılan  ekil değiştirmeye dayalı değerlendirme yaklaşımında, doğrusal olmayan analiz yöntemleri olarak itme analizi yöntemleri (pushover) ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi tercih edilebilmektedir. Kullanılacak analiz yöntemi, yönetmelikte belirtilen kurallar ve yönergeler doğrultusunda belirlenir.

İtme analizi yöntemleri, tek modlu ve çok modlu olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Tek modlu itme yöntemleri de kendi içinde sabit tek modlu itme yöntemi ve değişken tek modlu itme yöntemi olarak ikiye ayrılır. Tek modlu itme yöntemlerinin kullanılabilmesi için, analize tabi tutulan binanın aşağıdaki koşulları sağlaması gerekmektedir:

- Bina yükseklik sınıfı 5 veya daha büyük olmalıdır.
- Burulma düzensizliği katsayısı, binanın herhangi bir katında 1.4 değerinden küçük olmalıdır.
- İncelenen deprem doğrultusunda, hâkim titreşim moduna ait kütle katılım oranı en az %70 olmalıdır.

Bu koşulları sağlayan binaların performans analizinde, tek modlu itme yöntemlerinden herhangi biri doğrusal olmayan analiz yöntemi olarak kullanılabilir. Çok modlu itme yöntemi ise, tasarım spektrumu altında birden fazla titreşim periyodunun dikkate alındığı bir analiz tekniğidir. Bu yöntem, bina yükseklik sınıfı 2'den büyük olan yapılar için uygulanabilmektedir. Doğrusal olmayan analizlerde kullanılan bir diğer yöntem ise zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemidir. Bu yöntemin temel amacı, deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini içeren denklem takımını, zaman artırımlarıyla her adımda doğrudan çözmektir. Elastik ötesi davranış nedeniyle sistemin rijitlik matrisi zamanla değişmekte olup, bu değişim analiz sürecinde dikkate alınmaktadır. Bu yöntem, yapının deprem sırasındaki gerçek davranışını daha doğru bir şekilde modellemeyi hedefler.

4.2.2 Zaman tanım alanında kullanılacak deprem yer ivmesi değerlerinin ölçeklendirilmesi

Zaman tanım alanında yapılan nonlinear hesaplamalarda, en az on bir farklı deprem yer hareketi takımının kullanılması zorunludur. Bu deprem takımlarına ait ivme kayıtları, taşıyıcı sistemin asal eksenleri (X ve Y) doğrultusunda eşzamanlı olarak uygulanmalıdır. Ayrıca, ivme kayıtlarının eksenleri 90 derece döndürölerek hesaplamalar diğer doğrultular için de tekrarlanmalıdır.

Zaman tanım alanında gerçekleştirilen deprem analizlerinde, şekil değiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarım yaklaşımı çerçevesinde, deprem kayıtlarının seçimi belirli parametrelere göre yapılır. Bu seçim süreci, tasarımda esas alınan yer hareketi seviyesine uygun deprem büyüklükleri, yapının değerlendirilmesi gereken fay mesafeleri, deprem kaynak mekanizmaları ve bölgesel zemin özellikleri gibi kriterlere bağlıdır.

Yönetmelik, tasarım bölgesinde uygun deprem kayıtlarının bulunması durumunda öncelikle bu kayıtların kullanılmasını öngörmektedir. Performans analizinde kullanılacak deprem kaydı takımları en az 11 adet olmalı ve aynı depreme ait seçilecek kayıt sayısı 3'ten az olmamalıdır. Eğer yeterli sayıda uygun deprem kaydı bulunamazsa, benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu durumda, yapının bulunduğu bölgenin jeolojik ve jeofizik özellikleri dikkate alınarak, benzeştirilmiş kayıtların o bölgedeki gerçek yer hareketleriyle uyumlu olduğu kanıtlanmalıdır.

Zaman tanım alanı analizlerinde kullanılan deprem kayıtlarının, tasarımda esas alınan yer hareketi seviyesine uygun şekilde ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bu ölçeklendirme, kayıtların gerçek deprem koşullarını doğru bir şekilde temsil etmesini sağlar.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin temel hedefi, yapıya etki eden dinamik yüklerin zaman içindeki değişimini ve deprem kaynaklı gerçeğe yakın dinamik iç kuvvetlerin davranışını belirlemektir. Bu tür analizlerde gerçeğe yakın sonuçlar elde edebilmek için, uygun deprem kayıtlarının kullanılması büyük önem taşır.

Yapıya uygun deprem kayıtlarının seçiminde, fay mekanizması, yerel zemin özellikleri, faya olan uzaklık ve tasarım depremiyle uyumlu deprem büyüklüğü gibi parametreler dikkate alınır. Analizlerde, tarihsel deprem kayıtları veya simüle edilmiş deprem kayıtları da kullanılabilir. Kaydedilmiş deprem verileri, depremin doğası ve genel karakteristikleri hakkında önemli bilgiler sunar. Bu bilgiler arasında deprem dalgasının genliği, frekansı, faz özellikleri ve frekans içeriği yer alır. Ayrıca, deprem yer ivmesi kayıtları, depremin kaynağından, yayıldığı ortamın yoğunluğu ve özelliklerinden, ayrıca zemin parametrelerinden doğrudan etkilenir ve bu faktörlerin özelliklerini yansıtır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin en kritik unsuru, TBDY 2018'e uygun olarak yapının bulunduğu bölge için uygun deprem kayıtlarının seçilmesi ve bu kayıtların ölçeklenmesidir. Mevcut deprem kayıtlarının, TBDY 2018'in gerekliliklerine uygun şekilde ölçeklenerek tasarım ivme spektrumu ile uyumlu hale getirilmesi sağlanabilir (Özdemir ve Fahjan, 2007).

Bu yüksek lisans tezinde, gerçek deprem ivme kayıtları kullanılmış ve bu kayıtlar yönetmelik gereksinimlerini karşılayacak şekilde ölçeklenmiştir.

Doğrusal olmayan analizde, sistemin zamana bağlı yükleme değişimi söz konusu olduğundan, yer hareketlerinin özelliklerine bağlı olarak yapıya etki eden kuvvetler de değişkenlik gösterir. Bu durum, yapının dinamik davranışının gerçeğe yakın bir şekilde modellenmesini sağlar.

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) :

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type : Strike Slip (SS) ▾

Magnitude :

min,max

RJB(km) :

min,max

Rrup(km) :

min,max

Vs30(m/s) :

min,max

D5-95(sec) :

min,max

Pulse : Any Record ▾

Additional Characteristics:

Max No. Records :

(<=100)

Suite

Spectral Ordinate : H1 ▾

Damping Ratio : 5% ▾

Suite Average : Arithmetic ▾

Şekil 4.4. PEER Veritabanına göre kayıtlı deprem yer ivmesi değerleri arama filtresi.

Bu nedenle, basit bir yapıya sahip tek bir deprem verisi kullanılarak yapılan analiz, gerçekçi sonuçlar elde etmek için yeterli olmayabilir. Daha doğru sonuçlara ulaşmak amacıyla, bu yüksek lisans çalışmasında kabul edilen prensiplere uygun olarak en az 11 farklı deprem kaydı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Deprem kayıtları, internetteki çeşitli veritabanlarından temin edilmiştir. Çevrim içi ortamda birçok deprem verisi bulunmasına rağmen, bu çalışmada Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veritabanı tercih edilmiştir. Yapıya en uygun deprem yer ivmesine ulaşmak için, PEER veritabanından belirli parametrelerin doğru bir şekilde tanımlanması gerekmektedir.

İlgili faktörlerin belirlenmesinde, deprem yer hareketlerinin uygun özellikleri büyük önem taşır. Yapının Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunması nedeniyle, ilk olarak bu fay hattının karakteristik özellikleri dikkate alınmıştır. Kuzey Anadolu Fayı, lateral atımlı (strike-slip) bir fay olduğu için, ilk arama parametresi olarak lateral atımlı fay

mekanizması seçilmiştir. Aynı zamanda, analizlerde kullanılacak deprem büyüklüğü aralığı 6 ile 8 olarak belirlenmiştir.

Deprem analizleri için kullanılan iki önemli parametre, RJB ve RRUP değerleridir. RJB, deprem kaynağının yeryüzüne dik izdüşümüne olan en kısa mesafeyi ifade eder. RRUP ise fayın kırılma düzlemine en yakın noktanın dik uzaklığını belirtir. Bu çalışmada, RJB ve RRUP değerleri 0 ile 30 km aralığında belirlenmiştir. Ayrıca, yapının inşa edildiği bölgenin zemin sınıfı ZC olarak tanımlanmıştır. ZC sınıfı zeminlerde, yüzeyden itibaren ilk 30 metredeki kayma dalgası hızı (VS30) 360 ile 760 m/s arasında değişmektedir.

Deprem kayıtlarının seçimi, PEER veritabanı üzerinden yapılmıştır. Bu süreçte, belirli filtreleme kriterleri ve arama parametreleri kullanılmıştır. Seçilen 11 farklı deprem kaydı, basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklenmiştir. Bu yöntem, kayıtların genlik değerlerini değiştirirken frekans içeriğini sabit tutar. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018) kurallarına uygun olarak, analizlerde en az 11 farklı deprem kaydı kullanılmış ve aynı deprem serisinden en fazla üç kayıt alınmıştır.

Seçilen 11 deprem kaydı kullanılarak yatay spektral birleşke oluşturulmuştur. Bu birleşik spektrum, DD2 deprem düzeyi için belirlenen tasarım ivme spektrumu ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ aralığındaki spektral ivme değerlerinin, tasarım spektrum değerlerinden en az %30 daha büyük olması sağlanmıştır. Bu, deprem kayıtlarının tasarım gereksinimlerini karşıladığını göstermektedir.

Özetle, bu çalışmada deprem kayıtları belirli kriterlere göre seçilmiş, ölçeklenmiş ve tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirilmiştir. Bu süreç, yapıların deprem performansının değerlendirilmesi için önemli bir adımdır.

T_p , yapının baskın periyot değerini ifade etmektedir. Yatay ve düşey yönlerde farklılık gösterebilen bu değer, sınır koşulları açısından en elverişsiz periyot esas alınarak değerlendirilmiştir. Taşıyıcı sistemin doğrusal olmayan analizlerinde kullanılacak deprem takımları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Seçilen 11 adet deprem yer ivmesi kayıtları.

<i>Deprem</i>	<i>Yıl</i>	<i>İstasyon</i>	<i>Büyükölük</i>	<i>Mekanizma</i>	<i>Rjb</i>	<i>V_s</i>
1- Düzce	1999	Lamont	7.14	Yanal Atımlı	8.03	638.39
2- Kobe -Japan	1995	Tadoka	6.9	Yanal Atımlı	2.50	312.0
3- Landers	1992	Amboj	7.28	Yanal Atımlı	69.21	382.93
4- Northridge	1994	Canyon	6.69	Yanal Atımlı	11.39	325.6
5- Kocaeli	1999	Ambarlı	7.51	Yanal Atımlı	1.38	297.0
6- Imperial-Valley	1940	El Centro	6.95	Yanal Atımlı	6.09	213.44
7- Hector Mine	1999	Amboy	7.13	Yanal Atımlı	11.39	325.6
8- Darfield	2010	Christchurch	7.0	Yanal Atımlı	19.89	198.0
9- El Mayor	2010	Cerro Prieto	7.2	Yanal Atımlı	13.7	242.05
10- Big Bear-01	1992	Big Bear Lake	6.46	Yanal Atımlı	8.30	430.36
11- Erzincan	1992	Erzincan	7.14	Yanal Atımlı	4.38	52.35

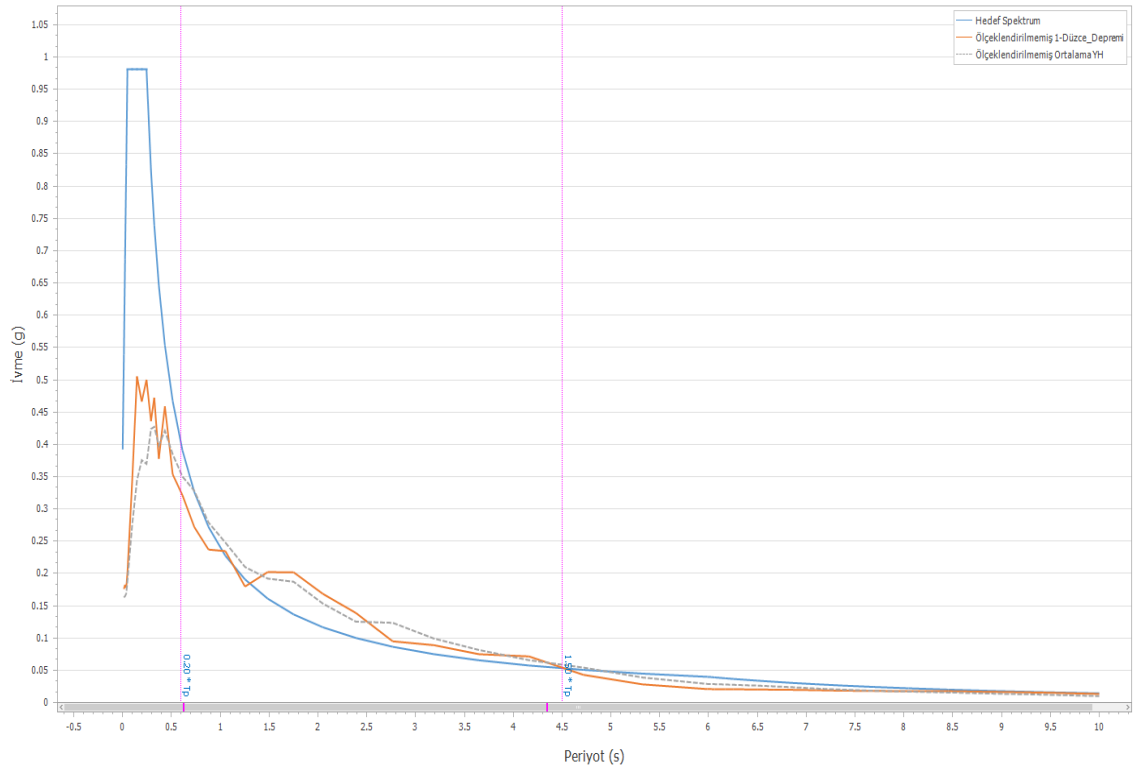
Deprem ivme kayıtlarının elastik tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirilmesi için aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

- Bileşke İvme Kayıtlarının Hesaplanması:
İlk olarak, deprem kayıtlarının X ve Y doğrultularındaki orijinal ivme değerlerinin kareleri toplanarak karekökü alınmış ve her bir deprem için bileşke ivme kayıtları elde edilmiştir.
- Tasarım Spektrumunun Artırılması ve Karşılaştırma:
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu, 1.3 katsayısı ile çarpılarak büyütölmüş ve bu büyütölmüş spektrum, depremilerin orijinal bileşke ivme kayıtları ile karşılaştırılmıştır.

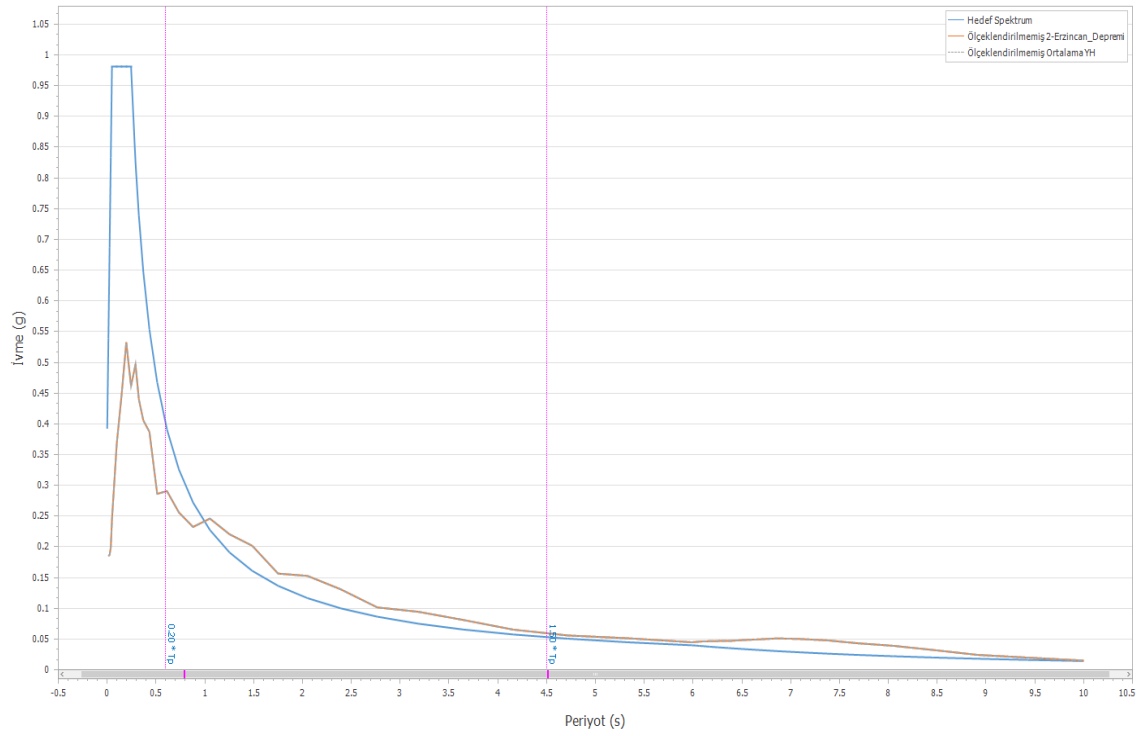
- **Ölçek Katsayılarının Hesaplanması:**
Yatay tasarım spektrum ivme değerleri ile orijinal spektrum ivme değerleri, her bir zaman adımında ($\Delta t = 0.05$ saniye) oranlanmış ve tüm periyot aralığında ($0 < T < 8$ saniye) bir ölçek katsayısı elde edilmiştir.
- **Ölçek Katsayısının Ortalamasının Alınması:**
Elde edilen ölçek katsayıları, $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasında ortalaması alınarak tek bir ölçek katsayısı belirlenmiştir. Burada, T_p periyodu 0.2 ile çarpılarak alt sınır, 1.5 ile çarpılarak üst sınır değerleri hesaplanmıştır.
- **Deprem Kayıtlarının Ölçeklenmesi:**
11 adet deprem kaydı için hesaplanan ölçek katsayıları, orijinal ivme değerleri ile çarpılarak ölçeklenmiş ivme değerleri elde edilmiştir.
- **Bileşke Spektrum Eğrilerinin Oluşturulması:**
Ölçeklenmiş spektrum değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak bileşke spektrum eğrileri oluşturulmuştur.
- **TBDY 2018'e Göre Kontrol:**
Elde edilen bileşke spektrum değerleri, $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasında yatay tasarım elastik spektrum değerleri ile oranlanmış ve bu oranların 1.3 değerinden büyük olup olmadığı kontrol edilmiştir.
- **Son Kontrol ve Ortalama Hesaplama:**
Son olarak, tüm adımlarda elde edilen oranlar, 11 deprem kaydı baz alınarak ortalaması hesaplanmış ve bu ortalama değerlerin 1.3'ten büyük olup olmadığı tekrar kontrol edilmiştir.

Bu adımlar, deprem kayıtlarının tasarım spektrumu ile uyumlu hale getirilmesini ve yapıların deprem performansının doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

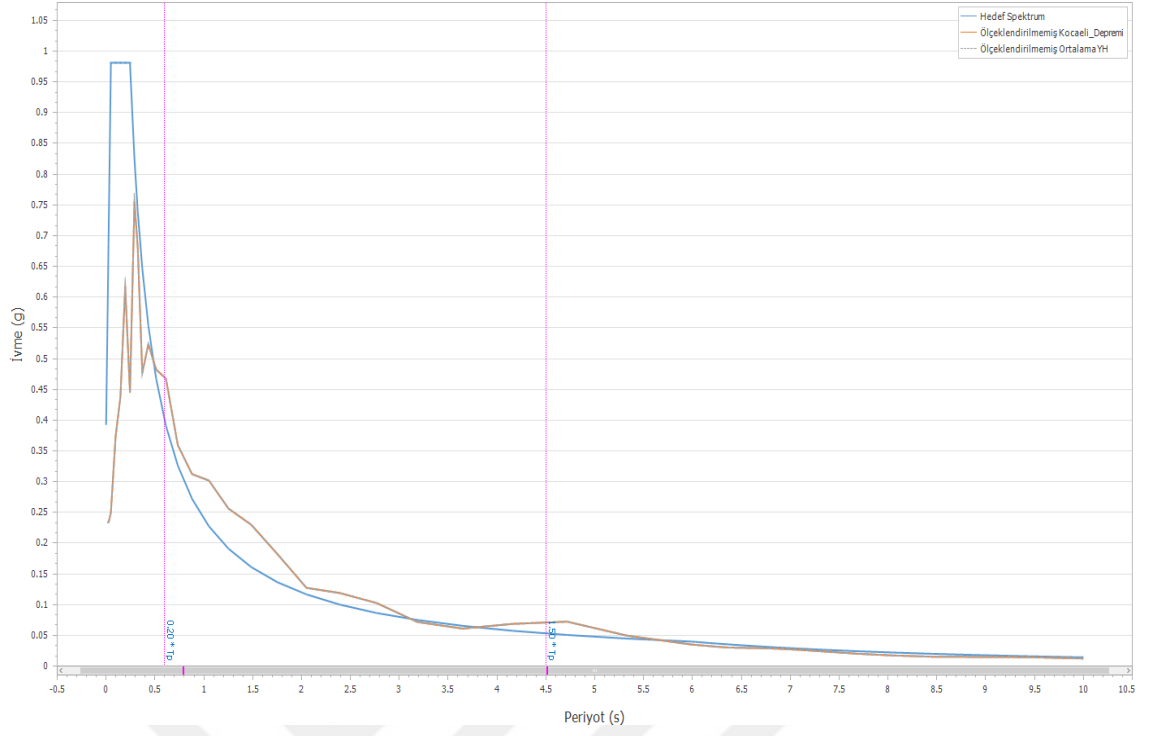
Seçilen deprem kayıtlarının birbirine dik iki doğrultusuna ait spektral ivme değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak oluşturulmuş bazı deprem yer ivmesi değerleri ölçeklenmemiş davranış spektrumları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



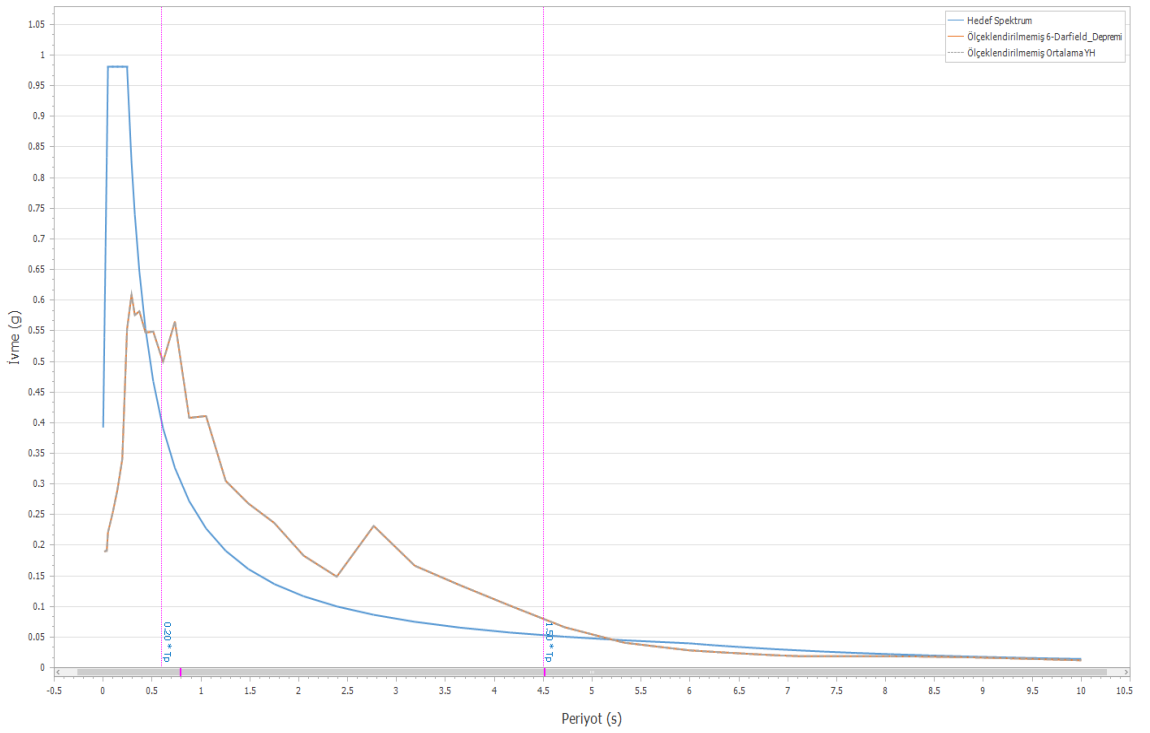
Şekil 4.5. Düzce depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



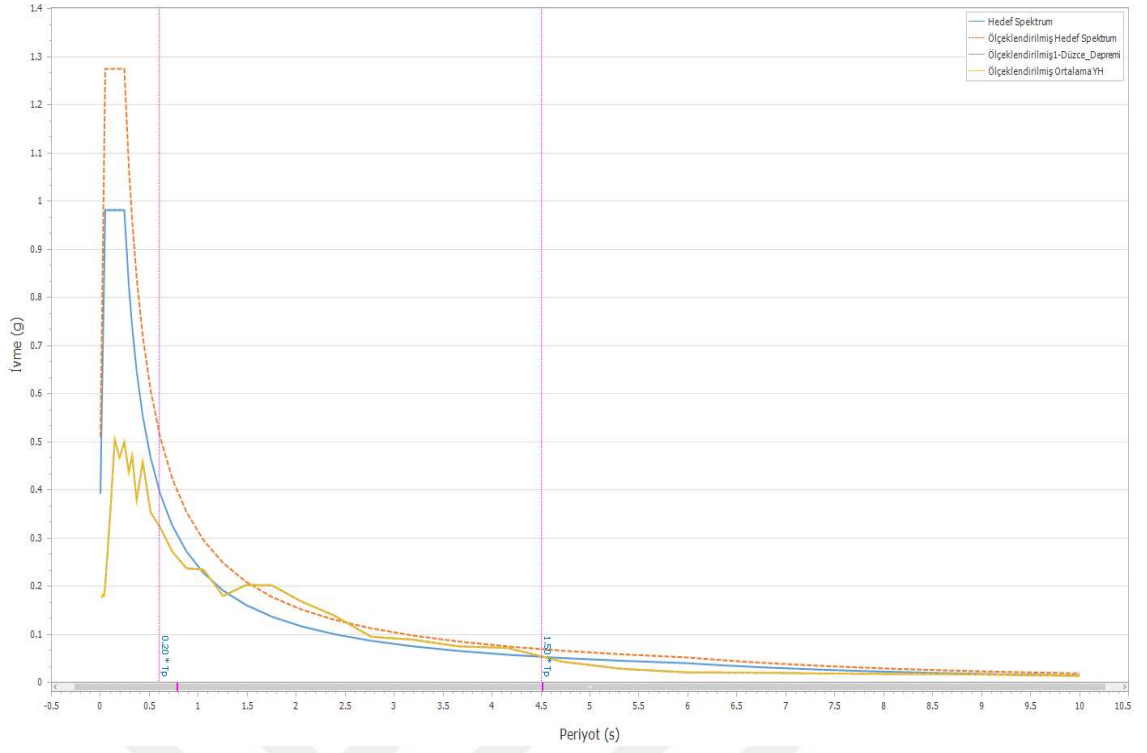
Şekil 4.6. Erzincan depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi..



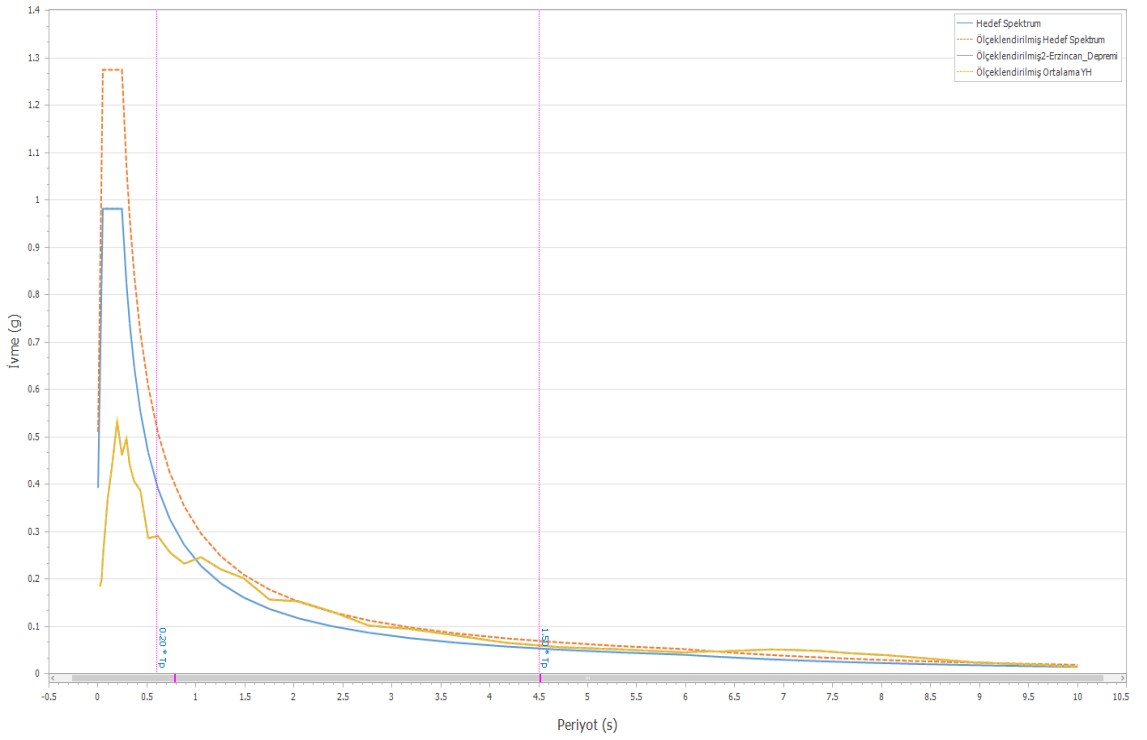
Şekil 4.7. Kocaeli depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



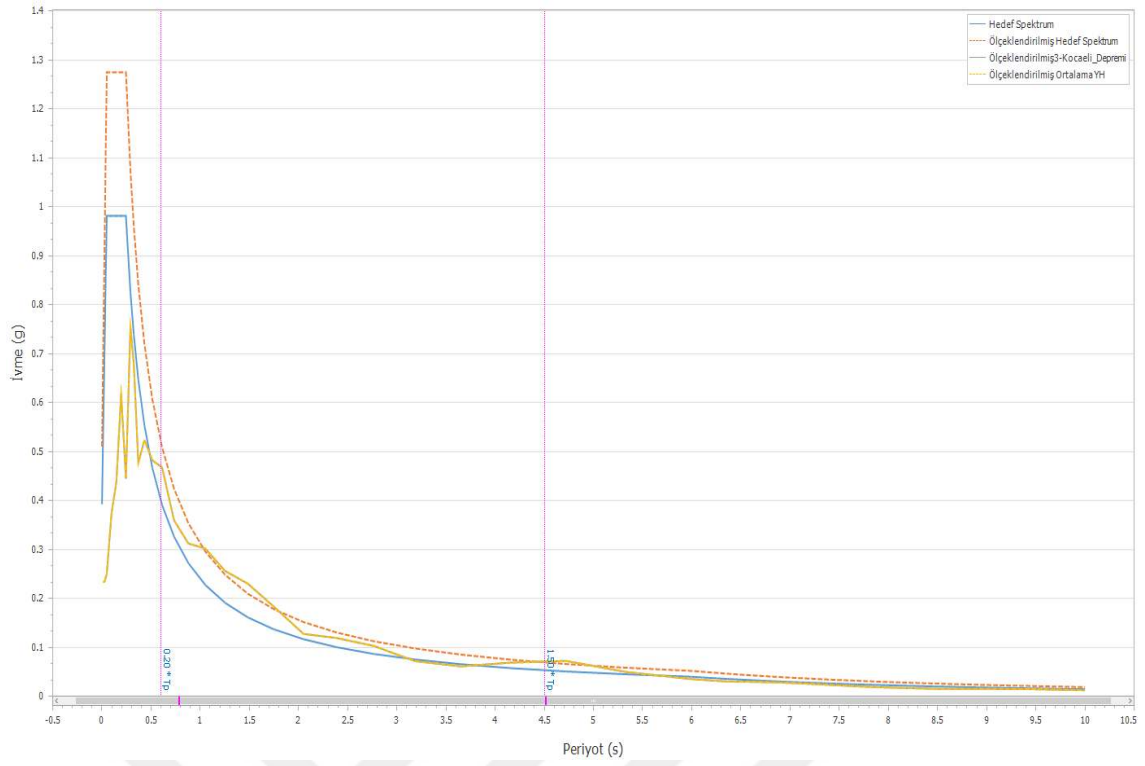
Şekil 4.8. Darfield depremi ölçeklenmemiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



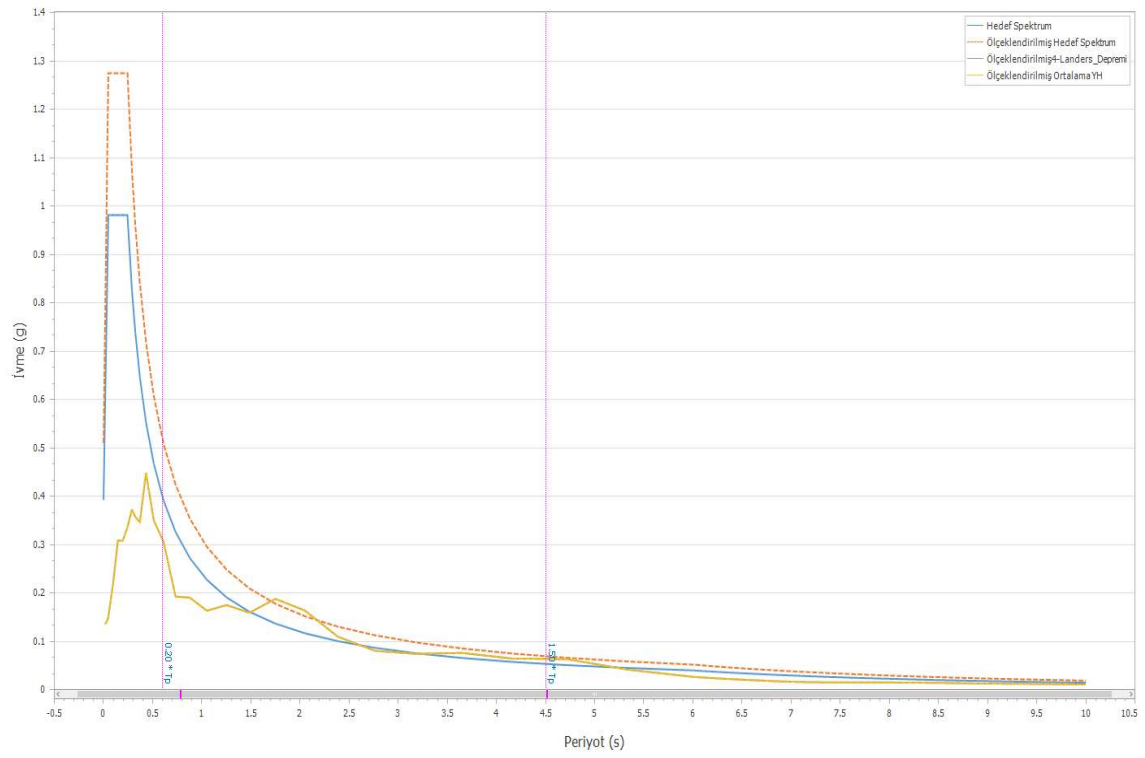
Şekil 4.9. Düzce depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



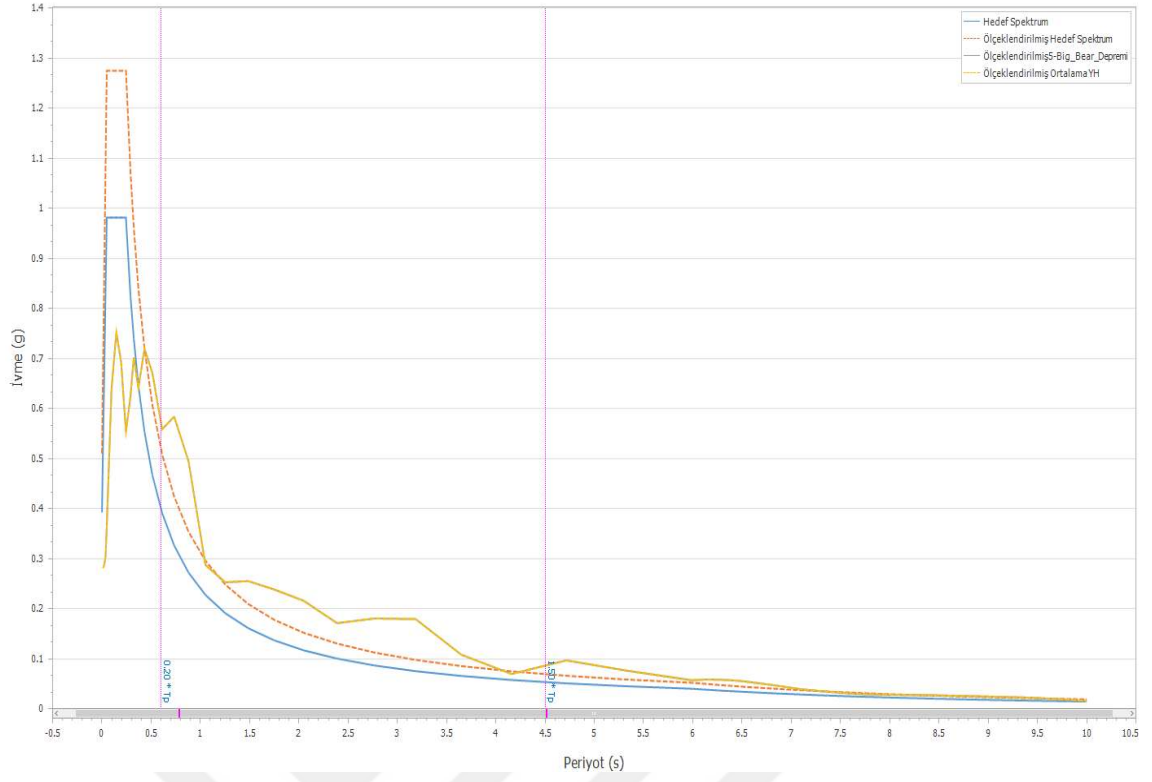
Şekil 4.10. Erzincan depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



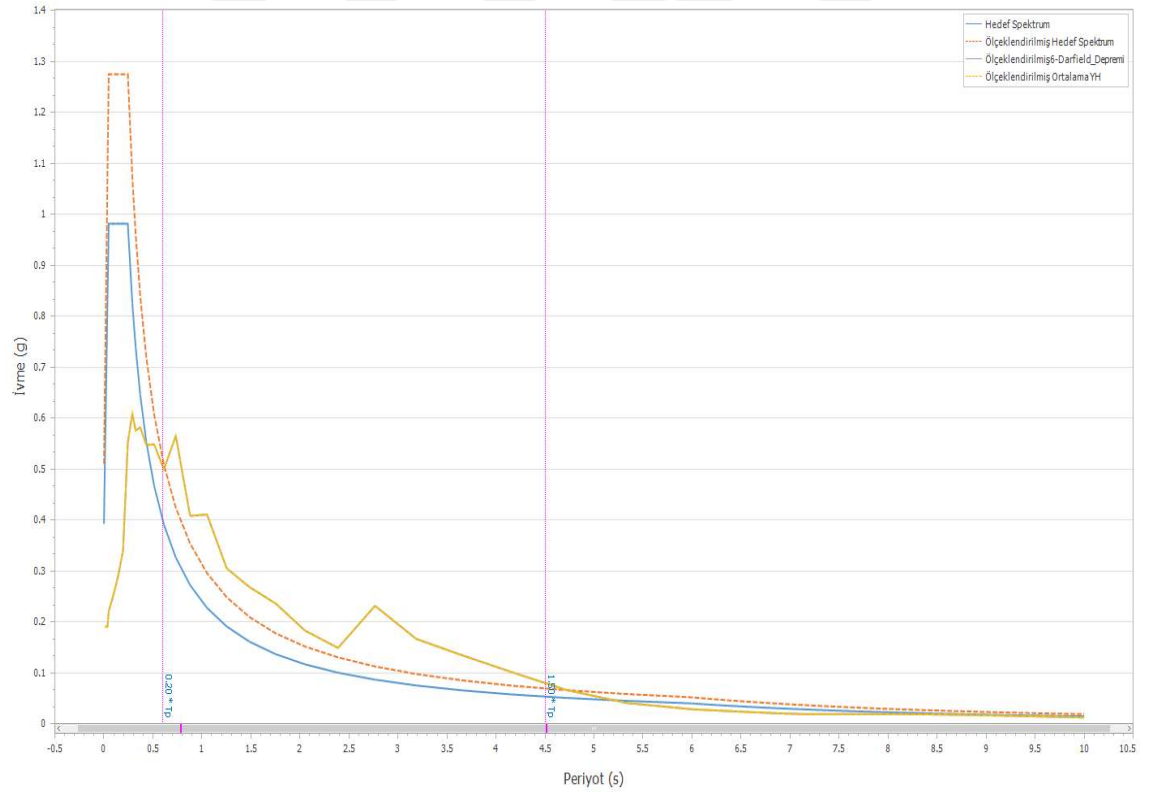
Şekil 4.11. Kocaeli depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



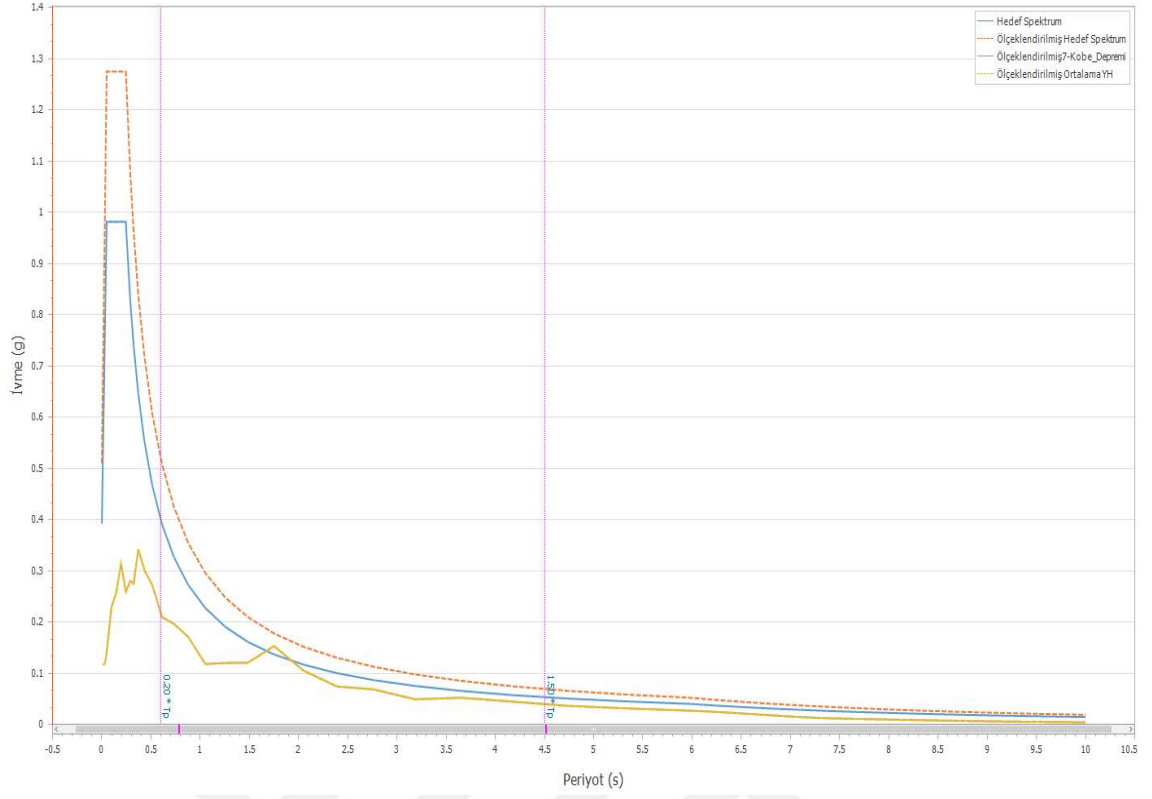
Şekil 4.12. Landers depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



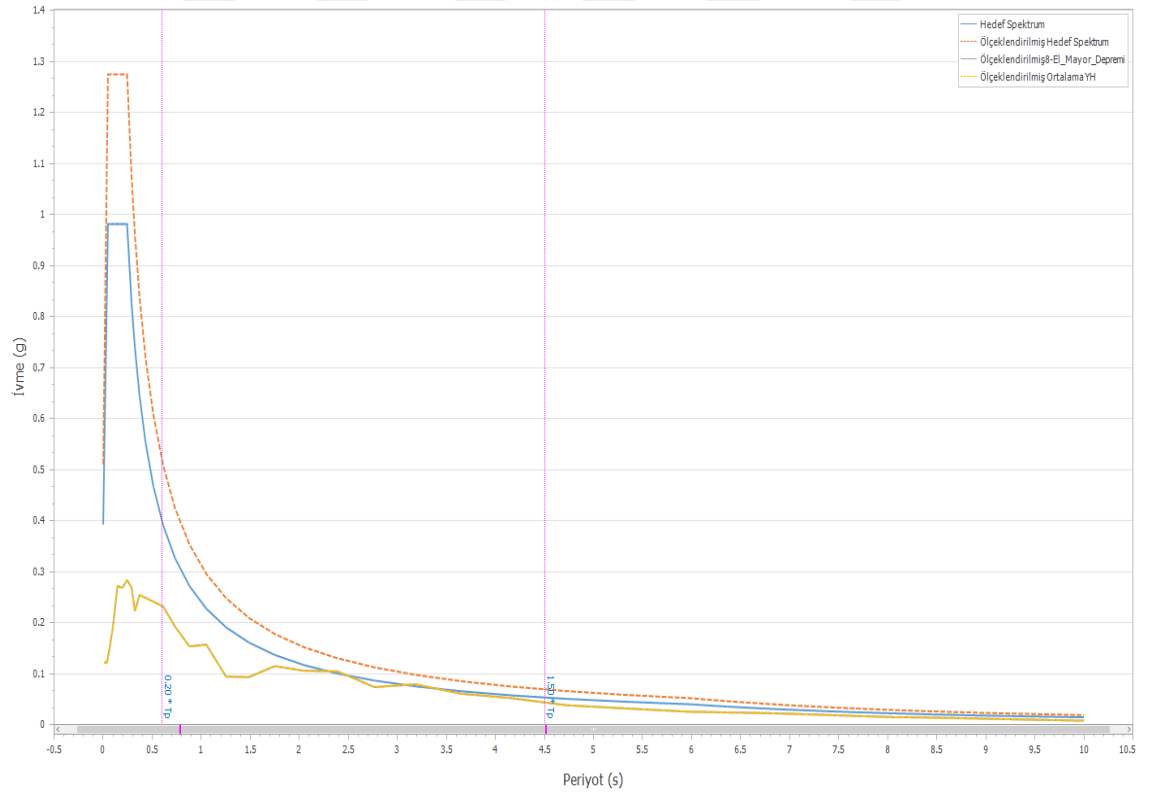
Şekil 4.13. Landers depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



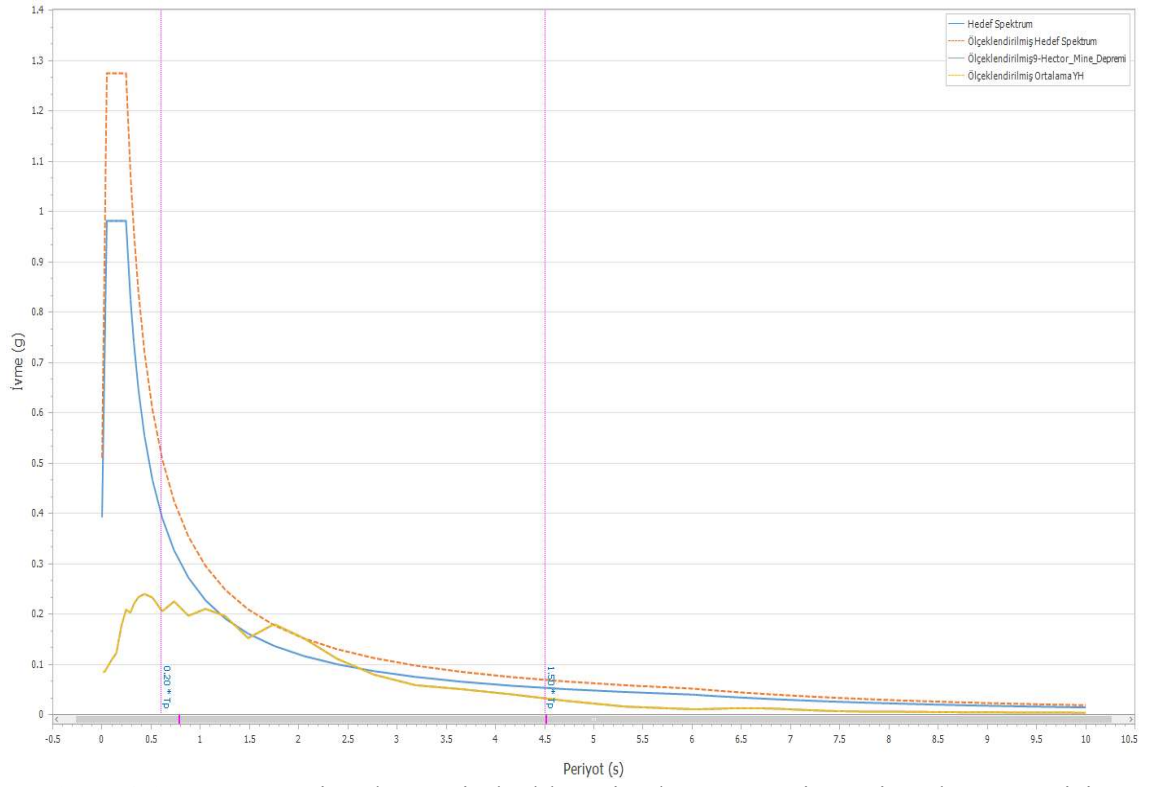
Şekil 4.14. Darfield depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



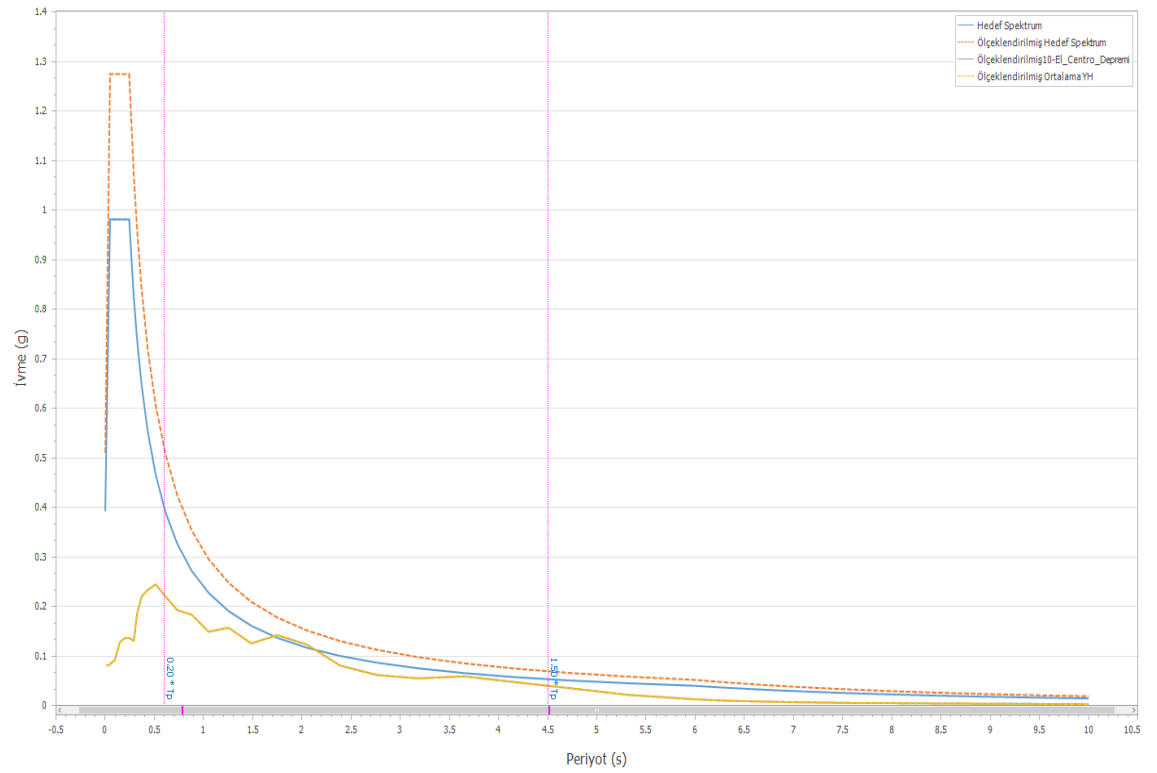
Şekil 4.15. Kobe depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



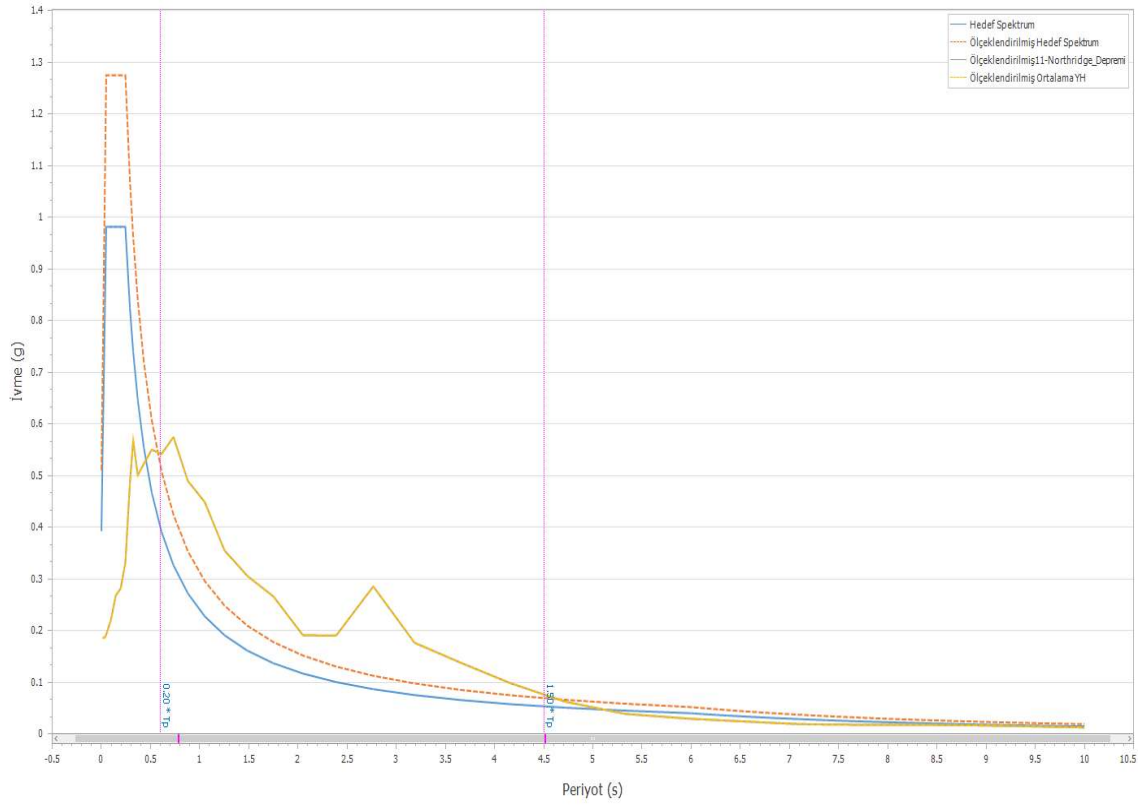
Şekil 4.16. El Mayor depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



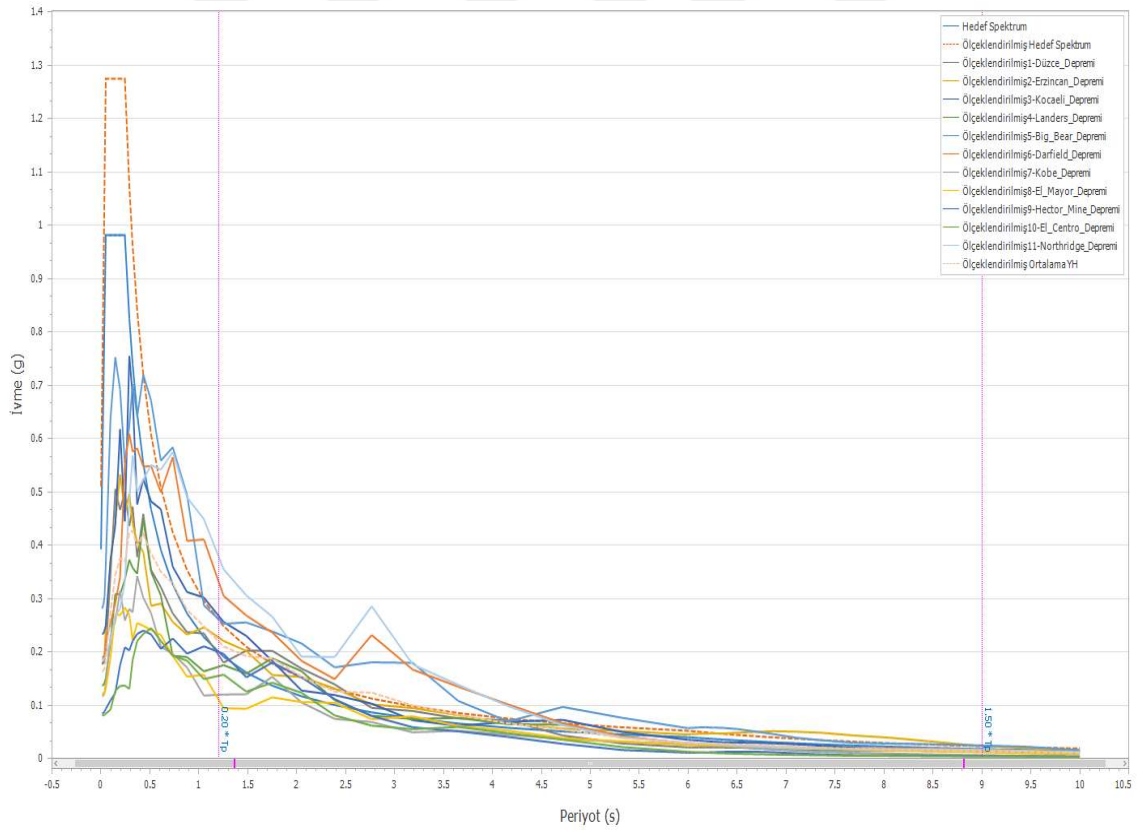
Şekil 4.17. Hector Mine depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



Şekil 4.18. El Centro depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



Şekil 4.19. Northridge depremi ölçeklenmiş deprem yer ivmesi spektrum eğrisi.



Şekil 4.20. 11 adet deprem kaydının ölçeklenmiş bileşke davranış spektrumları.

Şekil 4.20'de yer alan verilere göre, tasarım spektrumunun genlikleri 1.3 katına çıkarılmıştır. Hedef tasarım ivme spektrumu belirlenmiş ve istenen periyot aralığında ölçeklenmiş ortalama ivme spektrum genliklerinin, hedef spektrum genliklerinden daha büyük olduğu doğrulanmıştır.

Tablo 4.11 Seçilen ölçeklenmiş 11 adet deprem yer ivmesi kayıtları.

Deprem	Yıl	İstasyon	Büyüklik	Mekanizma	Rjb	V _s	Ölçek
1- Düzce	1999	Lamont	7.14	Yanal Atımlı	8.03	638.39	1.58
2- Kobe - Japan	1995	Tadoka	6.9	Yanal Atımlı	2.50	312.0	0.75
3- Landers	1992	Amboj	7.28	Yanal Atımlı	69.21	382.93	1.6
4- Northridge	1994	Canyon	6.69	Yanal Atımlı	11.39	325.6	1.02
5- Kocaeli	1999	Ambarlı	7.51	Yanal Atımlı	1.38	297.0	0.81
6- Imperial-Valley	1940	El Centro	6.95	Yanal Atımlı	6.09	213.44	1.09
7- Hector Mine	1999	Amboy	7.13	Yanal Atımlı	11.39	325.6	1.22
8- Darfield	2010	Christchurch	7.0	Yanal Atımlı	19.89	198.0	0.57
9- El Mayor	2010	Cerro Prieto	7.2	Yanal Atımlı	13.7	242.05	1.10
10- Big Bear-01	1992	Big Bear Lake	6.46	Yanal Atımlı	8.30	430.36	1.46
11- Erzincan	1992	El Centro	6.95	Yanal Atımlı	4.38	352.35	1.11

Sonuç olarak, deprem yer ivmesi kayıtlarının dik yatay bileşenlerinin ivme spektrumlarının karelerinin toplamı ile bileşke yatay ivme spektrum değerleri hesaplanmıştır. Tüm deprem kayıtlarının bileşke ivme spektrumlarının genlikleri, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ periyotları arasında kalmış ve tasarım hedef spektrumunun genliklerinin 1.3 katına kadar ölçeklendirilmiştir. TBDY 2018, 9.2.8.2(b) maddesinde belirtilen özel şartlar sağlanmış olup, TBDY 2018, 9.2.8'e göre yanal doğrultuda destekli kabul edilmiştir.

Deprem yer ivmesi değerlerinin ölçeklendirme işlemi, spektral uyum sağlama veya doğrudan basit ölçeklendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Basit ölçeklendirme yönteminde, üç boyutlu analizlerde kullanılan yer hareketi kayıtlarının yatay bileşenlerine ait spektral değerlerin kareler toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilmektedir. Bu spektrumların ortalamasının, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ periyot aralığında, yatay elastik tasarım spektrumuna oranının en az 1.3 olması gerekmektedir. Burada T_p , yapının hâkim titreşim periyodunu ifade etmektedir. Bu kriter doğrultusunda, deprem kayıt takımları ölçeklendirilmekte ve aynı deprem kaydına ait yatay bileşenler tek bir ölçeklendirme katsayısı ile çarpılarak ayarlanmalıdır.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem analizlerinde kullanılacak deprem kayıtlarının, tasarımda esas alınan yer hareketi düzeyi ile uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Bu basit ölçeklendirme işlemi, spektral uyum sağlanarak veya basit ölçeklendirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Basit ölçeklendirme yönteminin detayları şu şekildedir:

Basit ölçeklendirme yönteminde, üç boyutlu analizlerde kullanılmak üzere seçilen deprem kayıtlarının yatay bileşenlerine ait spektrumların kareler toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilir. Tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının, $0.2T_p$ ile $1.5T_p$ periyot aralığındaki genliklerinin, yatay elastik tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının en az 1.3 olması gerekmektedir. Burada T_p , binanın hâkim titreşim periyodunu ifade eder. Bu kurala göre, deprem kayıt takımlarının bileşenleri ölçeklendirilir. Aynı deprem kaydı takımına ait yatay bileşenler, aynı ölçeklendirme katsayısı ile ölçeklendirilmelidir. Deprem kayıtlarının ölçeklendirilmesi, spektral uyum sağlanacak şekilde de yapılabilir. Spektral uyum yöntemi kullanılarak dönüştürülen deprem kayıtlarının spektrumlarının

ortalamaları, tüm periyotlar için yatay elastik tasarım spektrumunun genliklerinden büyük olmalıdır.

Zaman tanım alanında yapılacak analizlerde, dinamik enerji kayıpları viskoz sönüm matrisi ile temsil edilir. Viskoz sönüm matrisi, Rayleigh orantılı sönüm matrisi olarak oluşturulabilir (Güven, 2018).

Zaman tanım alanında gerçekleştirilen deprem performans değerlendirmesi kapsamında, 11 deprem kaydı için en az 22 analiz yapılır. Bu analizler sonucunda, elemanlarda oluşan maksimum şekil değiştirme ve iç kuvvet taleplerinin ortalamaları, değerlendirme için esas alınan değerler olarak kabul edilir.

4.3 TBDY 2018'e Göre Taşıyıcı Sistemin Plastik Dönme ve Birim Şekildeğiştirme Talepleri

Mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesinde, Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı kullanılabilmektedir. Bu değerlendirme ve tasarım yaklaşımında, doğrusal veya doğrusal olmayan hesaplama yöntemleri tercih edilmektedir. Bu yöntemlerde, birim şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY2018)'nin 5.8.1.1, 5.8.1.2, 5.8.1.3 ve 5.8.1.4 maddelerinde belirtilen kriterlere göre tanımlanmaktadır.

Sünek davranış gösteren yapı elemanları için üç farklı performans seviyesi (hasar sınırları) belirlenmiştir:

- Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi,
- Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi,
- Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi.

Mevcut binaların taşıyıcı sisteminin performans analizi yapılırken, her bir kesit için birim şekildeğiştirme ve plastik dönme sınırları, doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Yapının genel performansı, bu hesaplanan taleplerin belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılması sonucunda değerlendirilmektedir.

TBDY2018 5.8.1.1'e göre, Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılan değerlendirmelerde, beton malzeme için birim şekildeğiştirme sınır değerleri, yayılı plastik davranış modeli kullanılarak hesaplanır ve bu değerler aşağıdaki denklemler ile

hesaplanmaktadır. Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perde elemanları için hesap denklemleri aşağıda belirtilmiştir. Bu denklemler, kesit geometrisi ve malzeme

(a) *Göçmenin Önlenmesi* performans düzeyi için beton birim kısalması:

Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdelerde:

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (5.4a)$$

5.8.1.2 – Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, **Bölüm 13**'te verilen *Yüksek Binalar* da dahil olmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu Bölüm'de verilen *yığılı plastik davranış* modeline göre hesaplanan *plastik dönmeler* için izin verilen sınır, kesite etkiyen eksenel kuvvet ve **EK 5A**'da verilen beton ve donatı çeliği modelleri dikkate alınarak yapılacak eğrilik analizi sonucunda **Denk.(5.6)** ile hesaplanacaktır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (5.6)$$

5.8.1.3 – Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu Bölüm'de verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen *toplam birim şekildeğiştirmeler* $\varepsilon_c^{(KH)}$ ve $\varepsilon_s^{(KH)}$ ile plastik dönme $\theta_p^{(KH)}$ sınırları, *Göçmenin Önlenmesi* performans düzeyi için **5.8.1.1** ve **5.8.1.2**'de tanımlanan değerlere bağlı olarak **Denk.(5.7)**'de tanımlanmıştır:

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75 \varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (5.7a)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)} \quad (5.7b)$$

5.8.1.4 – Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi için yapılacak performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, yeni betonarme bina elemanlarında bu Bölüm'de verilen hesap yöntemleri ile hesaplanan beton ve donatı çeliği için izin verilen *toplam birim şekildeğiştirmeler* $\varepsilon_c^{(SH)}$ ve $\varepsilon_s^{(SH)}$ **Denk.(5.8a)**'da tanımlanmıştır:

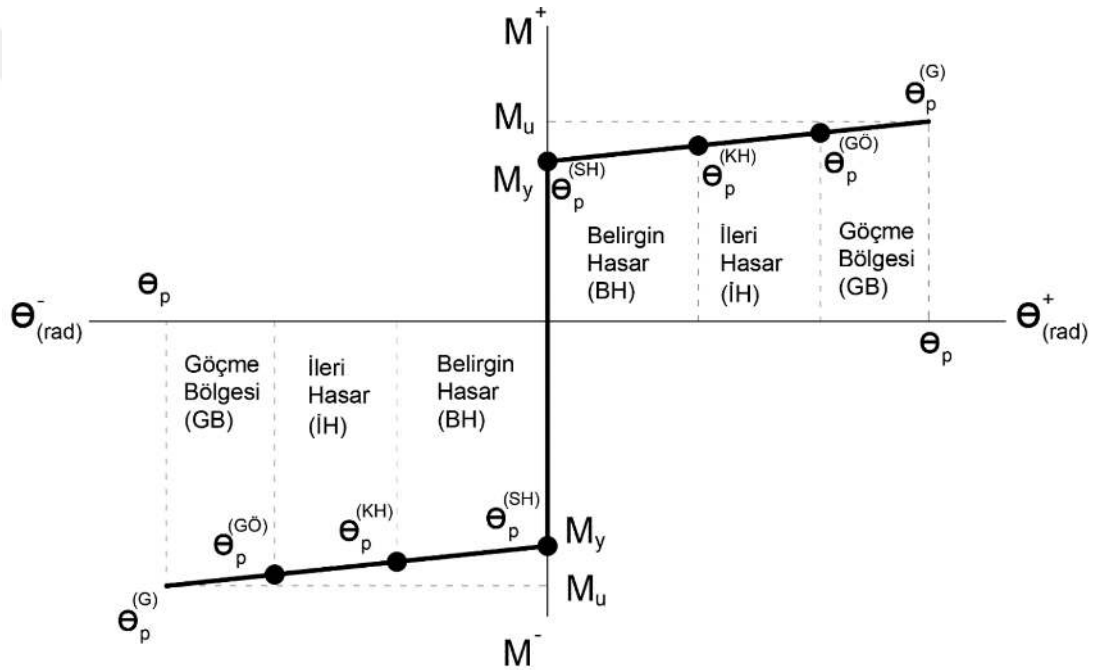
$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (5.8a)$$

5.4.5.2'de tanımlanan etkin kesit rijitlikleri kullanılarak yapılan hesapta SH *performans düzeyi* için taşıyıcı sistemde plastik mafsall oluşumuna izin verilmeyecektir:

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (5.8b)$$

özelliklerine bağlı olarak sınır değerlerin belirlenmesini sağlamaktadır.

Mevcut binaların deprem performansını değerlendirmek üzere Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yöntemi kullanıldığında, doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle gerçekleştirilen deprem analizlerinde, kolon ve kirişler için yığılı plastik davranış modeli, perde ve poligon perdeler için ise yayılı plastik davranış modeli benimsenmektedir. Bu performans analizleri sonucunda, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz verilerine dayanarak elde edilen plastik dönme talepleri ($\theta_p^{(GÖ)}$, $\theta_p^{(KH)}$ ve $\theta_p^{(SH)}$) ile beton ve donatı çeliği için hesaplanan birim şekildeğiştirme talepleri ($\epsilon_c^{(GÖ)}$, $\epsilon_c^{(KH)}$, $\epsilon_c^{(SH)}$ ve $\epsilon_s^{(GÖ)}$, $\epsilon_s^{(KH)}$, $\epsilon_s^{(SH)}$), belirlenen sınır değerlerle karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma işlemi ile, kesit düzeyinde her bir elemanın performansının detaylı bir şekilde incelenmesini sağlamaktadır.



Şekil 4.21. Plastik dönme ve birim şekildeğiştirme talepleri grafiği(TBDY 2018 - 15.7.1.3).

Tablo 4.12 Sınır durumlarına göre birim şekil değıştirme talepleri tablosu.

Şekil değıştirme ve iç kuvvet sınırları	Hasar sınırı	
	Betonda birim kısalma	Donatıda birim kısalma ve uzama
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	a) $\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018$ b) $\epsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018$	$\epsilon_s^{(GÖ)} = 0.40\epsilon_{su}$
Kontrollü Hasar (KH)	$\epsilon_c^{(KH)} = 0.75\epsilon_c^{(GÖ)}$	$\epsilon_s^{(KH)} = 0.75\epsilon_s^{(GÖ)}$
Sınırlı Hasar (SH)	$\epsilon_c^{(SH)} = 0.0025$	$\epsilon_s^{(SH)} = 0.0075$

a) Dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perdeler, b) Dairesel kesitli kolonlar
 ϵ_{su} Donatının çekme dayanımına karşı gelen birim uzamayı göstermektedir
 ω_{we} Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını göstermektedir

Tablo 4.13 Farklı performans düzeylerine göre plastik dönme eğerleri (TBDY2018).

Şekil Değiştirme ve İç Kuvvet Sınırları	Yığılı Plastik Davranış Modeline göre Hesaplanan Plastik Dönmeler
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$
Kontrollü Hasar (KH)	$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(GÖ)}$
Sınırlı Hasar (SH)	$\theta_p^{(SH)} = 0$
ϕ_u , Göçme öncesi eğrilik ϕ_y , Akma eğriliği L_p , Plastik mafsalsal boyu	L_s , Kesme açıklığı d_b , Boyuna donatı çapı

5 TBDY 2018'E GÖRE TAŞIYICI SİSTEMİN DEPREM PERFORMANS ANALİZ SONUÇLARININ ELDE EDİLMESİ

Yüksek lisans tezinin bu bölümünde, çalışmanın odak noktası olan yapılar hakkında genel bilgiler sunulacak ve akabinde, binanın geometrik ve malzeme özellikleri ile taşıyıcı sistemine etki eden düşey yükler detaylandırılacaktır. Konut binasının deprem performansını değerlendirmek amacıyla, sonlu elemanlar yöntemine dayalı ETABS yazılımı kullanılacaktır. Binanın matematiksel analiz modeli, yapısal, geometrik ve malzeme özellikleri göz önünde bulundurularak ve doğrusal olmayan davranışı incelemek için uygun modeller kullanılarak ETABS'ta oluşturulacaktır. Modelin analizinde, zaman tanım alanında doğrusal olmayan yöntem uygulanacaktır. Bu yöntem, farklı deprem kayıtlarının taşıyıcı sisteme deprem yükü olarak etki etmesini sağlayan bir analiz tekniğidir. Analizler sonucunda, taşıyıcı sistem elemanlarında ortaya çıkan iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri belirlenecektir. Bu değerler, TBDY 2018 yönetmeliğine göre belirtilen sünek ve gevrek davranış sınırları ile karşılaştırılarak, taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumları incelenecektir.

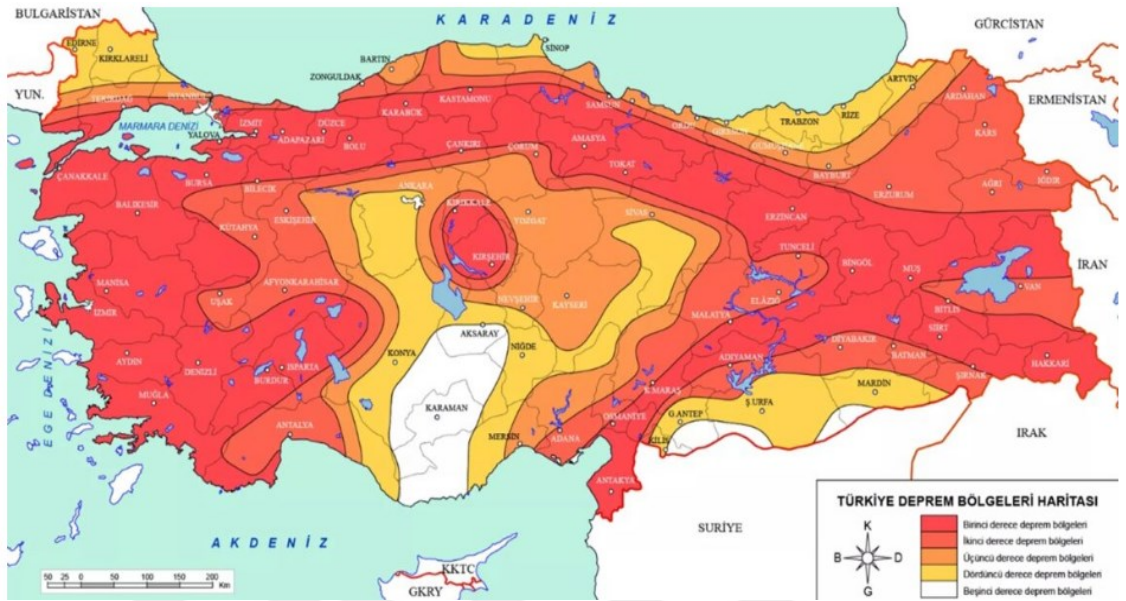
5.1 Çalışması Yapılan Bina Analiz Modellerinin Özet Yapı Bilgileri

Yüksek lisans tezinin kapsamına dahil edilen yapı, İzmir'in Buca bölgesinde konumlanmaktadır. İncelenmesi yapılan yapının taşıyıcı sistemi, betonarme perdeler ve betonarme çerçevelerden meydana gelmektedir. Döşeme sistemi, genel olarak iki yönde çalışan kirişli döşeme sisteminden oluşmaktadır. Yapıya ait mevcut statik proje dokümanları incelendiğinde, temel sisteminin radye temel olduğu tespit edilmiştir.

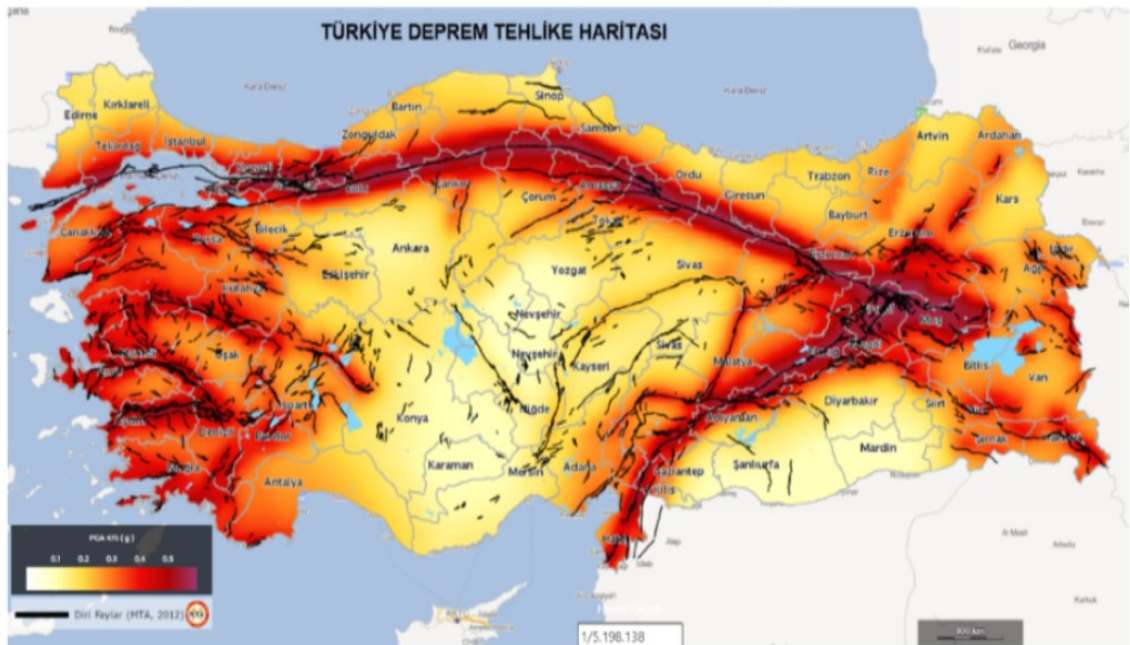
Yapının statik tasarımına ait çizimler ve projeler incelendiğinde, 2013 yılında binanın projelendirildiği ve bu süreçte 2007 tarihli deprem yönetmeliği hükümlerine göre tasarlandığı görülmektedir. Yapının yaklaşık 12 yıllık bir geçmişi bulunmakta ve ilk tasarım aşamasında konut olarak planlanmıştır.

Binanın taşıyıcı sistemlerinin tasarlandığı dönemde, sismik etkiler 1996'da yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası esas alınarak saptanmıştır. Ancak deprem kataloglarının güncellenmesi, sismolojik veri çıktılarının gelişmesi ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda 2018 yılında Türkiye Deprem Tehlike Haritası yürürlüğe girmiştir. Bu yeni düzenleme ile yapıların tasarımında dikkate alınması gereken sismik

etkiler güncellenmiş olup, eski ve yeni haritalar sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Türkiye deprem bölgeleri haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 1996).



Şekil 5.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası (AFAD, 2018).

5.1.1 Yapı Geometrik Özellikleri – Malzeme Özellikleri

Betonun basınç dayanımını net bir şekilde saptayabilmek için, TBDY 2018 standartlarına uygun olarak, her kattan minimum üç adet karot numune örneği alınmıştır. Bu alınan örnekler kapsamında, malzeme laboratuvarlarında basınç testine tabi tutularak betona ait kırılma yükleri ölçülüp elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak tutarsız bulunan örnekler, TBDY-2018 ve ASTM E178 standartlarında belirtilmiş olan sınırlamalar doğrultusunda tespit edilmiş ve değerlendirme dışı bırakılmıştır.

TBDY 2018 'in vermiş olduğu direktifler neticesinde, mevcut beton basınç dayanımı 16 MPa olarak tespit edilmiştir. Binanın taşıyıcı elemanlarının yüzeylerinde yapılan incelemelerde, kullanılan enine ve boyuna donatıların S420 sınıfı nervürlü donatı olduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen tüm tahribatlı ve tahribatsız testler, binanın mevcut statik projeleriyle uyumlu bir şekilde inşa edildiğini göstermektedir. Bu nedenle, taşıyıcı sistem yapısal eleman detaylarının matematiksel modele aktarılmasında, mevcut statik projelerdeki donatı düzenlerinden yararlanılmıştır.

Betonarme yapı, yaklaşık 14.5 m ve 17 m boyutlarında dikdörtgen bir taban alanına oturmakta olup, X doğrultusunda üç ve Y doğrultusunda 6 aks açıklığına sahiptir. Toplamda 3,6,9 katlı olan binalar, bir zemin kat ve normal katlardan. Kat yükseklikleri tipik olarak 10.35, 20.7 ve 31.05 metre olup, toplam bina yüksekliği metre olarak belirlenmiştir.

Yapısal taşıyıcı sistemde yer alan betonarme perdeler, 30 cm kalınlığında olup, poligon ve dikdörtgen kesitlere sahip olacak şekilde düzenlenmiştir. Statik projelerin incelenmesine göre perdelerin uç bölgelerinde başlık bölgesi detaylandırmasının yer aldığı görülmüştür. Başlık bölgesinin yapısal tasarımı kapsamında, tüm katlarda betonarme perdelerin uç noktalarındaki genişlik 75 cm olarak bırakılmıştır. Perdelerin başlık bölgelerindeki etriyelerin Ø10 mm çapında ve 15 cm aralıklarla düzenlendiği, yatay gövde donatılarının da aynı çap ve aralıklarla teşkil edildiği belirlenmiştir. Yapıda mevcut betonarme kolonların, ilk iki katta 100 cm kenar uzunluğuna sahip olduğu, üst katlara çıkıldıkça bu ölçünün azaldığı ve 80 cm olarak düzenlendiği görülmüştür.

Yapılara ait statik projeler üzerindeki incelemeler sonucunda, 40 cm kenar uzunluğuna sahip kolonların 14 adet Ø16 boyuna donatı içerdiği ve bir dış etriye (iki kollu) şeklinde Ø10 çapında, 15 cm aralıklarla yerleştirilmiş enine donatılara sahip olduğu saptanmıştır.

50 cm kenar uzunluğuna sahip kolonların 18 adet Ø16 boyuna donatı içerdiği ve bir dış etriye (iki kollu) şeklinde Ø10 çapında, 15 cm aralıklarla yerleştirilmiş enine donatılara sahip olduğu saptanmıştır. 25*80 cm kenar uzunluğuna sahip kolonların 28 adet Ø16 boyuna donatı içerdiği ve bir dış etriye (iki kollu) şeklinde Ø10 çapında, 15 cm aralıklarla yerleştirilmiş enine donatılara sahip olduğu saptanmıştır.

25*100 cm kenar uzunluğuna sahip kolonların 28 adet Ø16 boyuna donatı içerdiği ve bir dış etriye (iki kollu) şeklinde Ø10 çapında, 15 cm aralıklarla yerleştirilmiş enine donatılara sahip olduğu saptanmıştır.

Kirişler, bina çerçevesinin genelinde 25 cm × 50 cm dikdörtgen kesitlerinde verilmiştir. Mevcut statik projeler incelendiğinde, kirişlerde sarılma bölgelerinin olmadığı tespit edilmiş ve bu durum tarama cihazlarıyla yapılan incelemelerle de tasdiklenmiştir.

Kirişlerin üst donatıları, genellikle mesnet bölgelerinde kiriş brüt kesit alanının 0.005-0.011 katı alana sahipken, alt donatıları ise kiriş brüt kesit alanının 0.0025-0.005 katı alana sahiptir. Kirişlerde yalnızca dış etriye bulunmaktadır. Kirişlerde kullanılan etriyeler Ø10 çapındadır.

Binanın döşeme sistemi, genel olarak kirişli döşeme tipindedir. Kirişli döşemeyi oluşturan kirişlerin genişlikleri 25 cm, derinlikleri ise 50 cm olup, döşeme plak betonunun kalınlığı 15 cm olarak belirlenmiştir.

5.1.2 Yapılara Ait Matematiksel Modellemelerin Oluşturulması

Binalara ait taşıyıcı sistemlerinin matematiksel modellerinin oluşturulması ve doğrusal olmayan analizler yoluyla yapıların deprem performans analizlerinin değerlendirilmesi amacıyla, sonlu elemanlar yöntemine dayalı ETABS yapısal analiz yazılımı kullanılmıştır.

Finite elemanlar yöntemi, mühendislik ve yapısal analiz alanlarında, komplike şekillere sahip binaların farklı yük davranışları altındaki tepkilerini öngörmek için kullanılan sayısal bir method olup, geniş ölçekli sistemleri daha küçük ve yönetilebilir sonlu

elemanlara ayırarak inceler. Her bir elemanın matematiksel olarak tanımlanan yapılara ait mekanik özellikleri, sistemin diğer bileşenleriyle ilişkilendirilerek, genel yapının davranışına dair kapsamlı bilgi sağlanmaktadır. Özellikle bina tasarımı ve yapısal mühendislik alanlarında kullanılmak üzere geliştirilen ETABS, ileri düzey sonlu elemanlar analizi özelliklerine sahip olup, yüksek performanslı hesaplama algoritmaları sayesinde yapıların hem doğrusal hem de doğrusal olmayan davranışlarını etkili bir şekilde incelemeye imkan tanır. Bu sayede, yapıların deprem, rüzgar, yerçekimi ve benzeri dış etkiler altındaki tepkileri detaylı bir şekilde analiz edilebilir. Yapının üç boyutlu modellemesinde, kolon ve kiriş elemanları çubuk (frame) elemanlar olarak modellenmekte, perde ve döşeme elemanları kabuk (shell) elemanlar olacak şekilde tanımlanmıştır. Yapıların ETABS modellemeleri aşamasında, yapı taşıyıcılarının temele ankastre bağlandığı kabulü yapılmış ve taşıyıcı sistemde kat seviyelerinde rijit diyafram etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

5.1.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yönteminde Yapılan Hesap Kabulleri

Taşıyıcı sistem analizlerinde, "Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi" kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamına göre tezin bir önceki bölümlerinde seçim kriterleri ve ölçeklendirme detayları kapsamlı şekilde açıklanmıştır. 11 adet deprem kaydı (eksenleri 90 derece döndürülerek toplamda 2x22 deprem yükleme durumu oluşturulmuştur.) Etabs analiz yazılımına bu deprem yükleme durumları tanımlanmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin uygulanması aşamasında, TBDY 2018 Bölüm 15'te verilen temel prensipler dikkate alınmıştır. Bu kurallar da aşağıda detaylı olacak şekilde sıralanmıştır.

Çalışması yapılan deprem yer ivmesi analizlerinde, Bina Önem Katsayısı kullanılmamıştır.

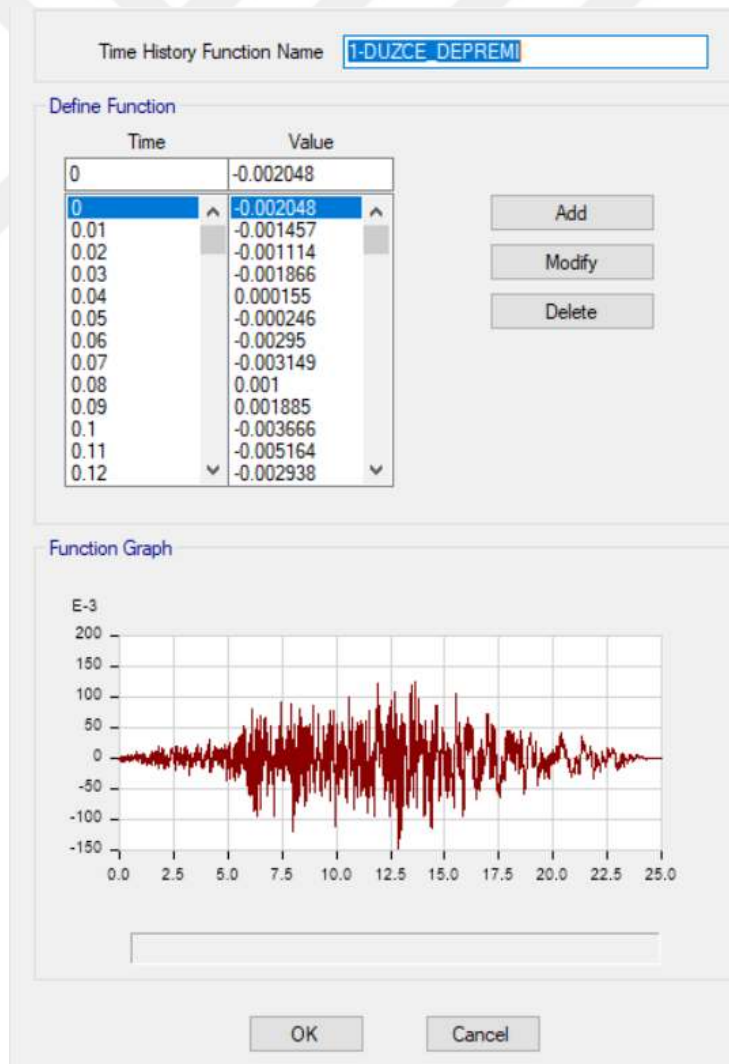
- Binanın taşıyıcı sisteminin deprem performansı değerlendirmesi, yapının üzerindeki düşey yükler ile deprem yüklerinin birleşik etkileri altında gerçekleştirilmiştir.
- Deprem kuvvetleri, yapıya X ve Y doğrultularında ayrı ayrı etki ettirilmiştir.
- Döşemelerin yatayda rijit diyafram davranışı sergilediği varsayılmıştır.
- Yatay yer değiştirmeler ve düşey eksenindeki dönme serbestlik dereceleri dikkate alınmıştır.

- Analizlerde ikinci mertebelerden (P- Δ) etkileri hesaba katılmıştır.
- Hesaplamalarda bilgi düzey katsayıları uygulanmıştır.
- Malzemelerin karakteristik dayanım değerleri temel alınmıştır.

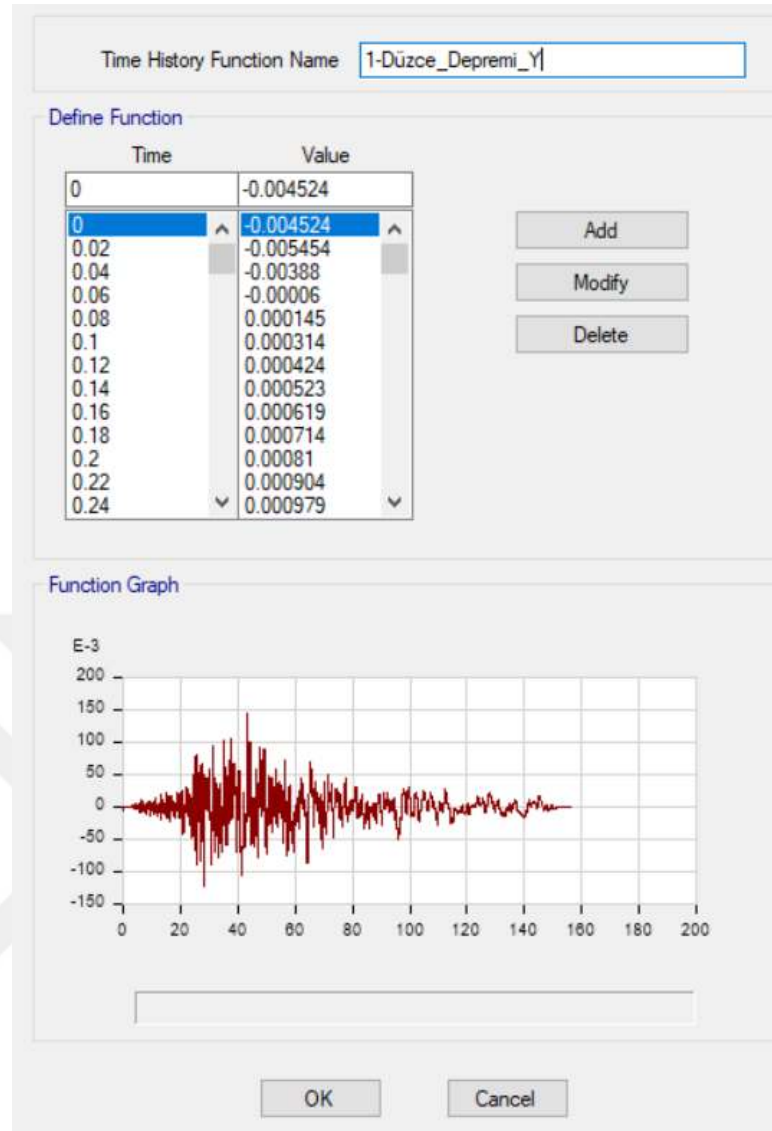
Eğilme etkisindeki betonarme kolon,kiriş, perdelerde ve doğrusal modelleme yapılan elemanlarda, çatlamış kesitlere ait etkin kesit rijitlik çarpanları belirlenmiştir.

5.1.4 Analiz Hesap Yönteminin ETABS Programına Tanımlanması

Yapısal analizlerde kullanılmak üzere seçimi ve ölçeklendirmesi yapılan deprem kayıtları, zaman tanım fonksiyonları olarak ETABS adlı yapısal analiz programına tanımlanmıştır. Bu süreçte toplamda 22 adet zaman tanım fonksiyonu oluşturulmuştur. Zaman tanım fonksiyonlarının programa tanımlanma aşamaları Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te sunulmuştur.



Şekil 5.3. Ölçeklendirilmiş Düzce deprem kaydı X-bileşeni ETABS programına tanımlanması.



Şekil 5.4. Ölçeklendirilmiş Düzce deprem kaydı Y-bileşeni ETABS programına tanımlanması.

Doğrusal olmayan analizde, deprem yükleri yapıya uygulanmadan önce, düşey yüklerin yapısal sisteme başlangıç koşulu olarak kademeli kademeli artırımlı şekilde tanımlanması gerektiği daha öncede belirtilmiştir. Düşey yükleme, sabit ve hareketli yüklerin yapıya birlikte etkimesiyle oluşturulmaktadır. Bu duruma göre, düşey yükler, kütle katılım katsayıları ile birlikte başlangıç yükü olarak belirlenmiştir. ETABS analiz programında ilk yükleme işleminin tanımlanmasına ilişkin adım görseli, Şekil 5.5'de verilmiştir. Ek olarak, düşey yüklerin etkisi belirlenirken düşey deprem bileşeni de değerlendirilmiş olup, bu doğrultuda ölü yüklerin ölçeklendirme katsayıları $2/3 \cdot S_{DS}$ değeri ile artırılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde gerçekleştirilecek, yükleme durumları başlangıç aşamasında artırımlı düşey yükleme olarak ele alınmış ve deprem kaydı takımlarının ivme-zaman bileşenleri temelinde tanımlanmıştır. Yükleme durumlarının tanımlanmasıyla ilgili görsel ise Şekil 5.6'de gösterilmiştir

Load Case Data

General

Load Case Name: DEPREM ÖNCESİ

Load Case Type: Nonlinear Static

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	SDL	1
Load Pattern	Dead	1
Load Pattern	LL_n30	0.6

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load

Results Saved: Final State Only

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event

OK Cancel

Şekil 5.5. ETABS- Başlangıç yüklemesinin tanımlanması.

Load Case Data

General

Load Case Name: 3-Kocaeli_ZTDAO

Load Case Type/Subtype: Time History | Nonlinear Modal (FNA)

Mass Source: Previous (MASS)

Analysis Model: Default

Initial Conditions

☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☐ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	3-Kocaeli	9806
Acceleration	U2	3-Kocaeli	9806

☐ Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Number of Output Time Steps: 2500

Output Time Step Size: 0.02 sec

Modal Damping: Constant at 0.05

Nonlinear Parameters: Default

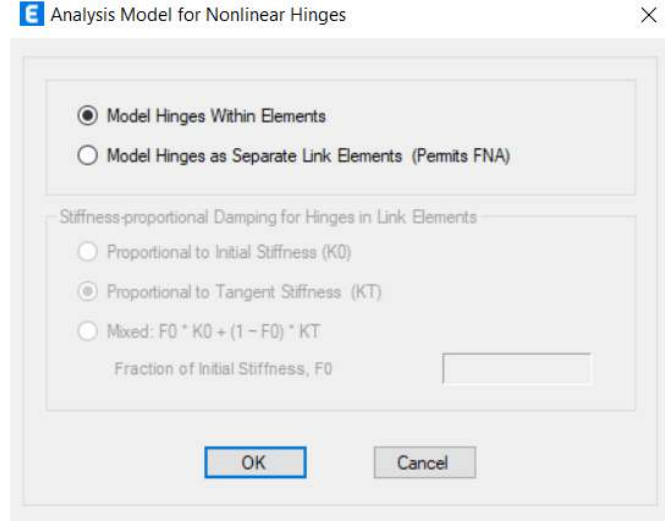
Şekil 5.6. Kocaeli depremi - P yüklemesi.

Analiz parametrelerinin Etabs programına tanımlama sürecinde, deprem kayıtlarının adım sayıları ve adım aralıkları dikkate alınmıştır. Tanımlanan tüm deprem yer ivmesi kayıtlarının değerleri “g” birimi cinsinden ifade edilmiştir.

Programda esas alınan birim sistemi (mm/s^2) ile uyum sağlamak amacıyla 9806.65 değeri ölçeklendirme faktörü belirlenmiştir.

Taşıyıcı sistemin modellenmesinde ve nonlineer analizler sonucunda saptanan şekil değiştirme taleplerinin belirlenmesinde, doğrusal olmayan davranış modeli olarak plastik mafsallar tercih edilmiştir.

Analiz yöntemi olarak doğrusal entegrasyon (direct integration) çözüm yönteminin kullanılması nedeniyle, doğrusal olmayan davranış modelleri için analiz modeli seçiminde “Model Hinges Within Elements” sekmesi seçilmiştir. Seçilen sekme, Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Doğrusal olmayan davranış için analiz modeli seçimi.

• Etkin Kesit Rijitliklerinin Modele Tanımlanması :

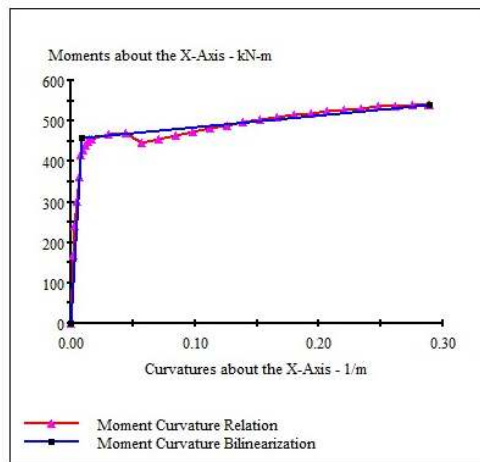
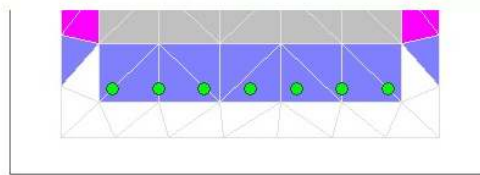
Yığılı plastik davranış prensibine göre modellemesi yapılan kolon, kiriş, ve perdelerin çatlamış enkesit durumunda etkin kesit rijitlikleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeli 2018 'e göre hesaplanacaktır. ETABS modelinde 50cm x50cm kolona ait 100 kN Normal kuvvet etkisi altında örnek plastik mafsal dönmesi (θ_y) ve etkin kesit rijitliliğin (EIe) hesabı yapılmıştır. 100 kN Normal Kuvvet etkisi altında Xtract programından elde edilen verilere göre çizilen moment-eğrilik grafiği Şekil 5.8'de verildiği gibidir.

Analysis Results:

Failing Material:	Steel1
Failure Strain:	90.00E-3 Tension
Curvature at Initial Load:	.3751E-19 1/m
Curvature at First Yield:	8.349E-3 1/m
Ultimate Curvature:	.2889 1/m
Moment at First Yield:	417.3 kN-m
Ultimate Moment:	540.7 kN-m
Centroid Strain at Yield:	.5480E-3 Ten
Centroid Strain at Ultimate:	37.42E-3 Ten
N.A. at First Yield:	65.64E-3 m
N.A. at Ultimate:	.1295 m
Energy per Length:	141.8 kN
Effective Yield Curvature:	9.156E-3 1/m
Effective Yield Moment:	457.7 kN-m
Over Strength Factor:	1.182
Plastic Rotation Capacity:	.1818 rad
EI Effective:	5.00E+7 N-m ²
Yield EI Effective:	297.0E+3 N-m ²
Bilinear Hardening Slope:	.5942 %
Curvature Ductility:	31.55

Comments:

User Comments



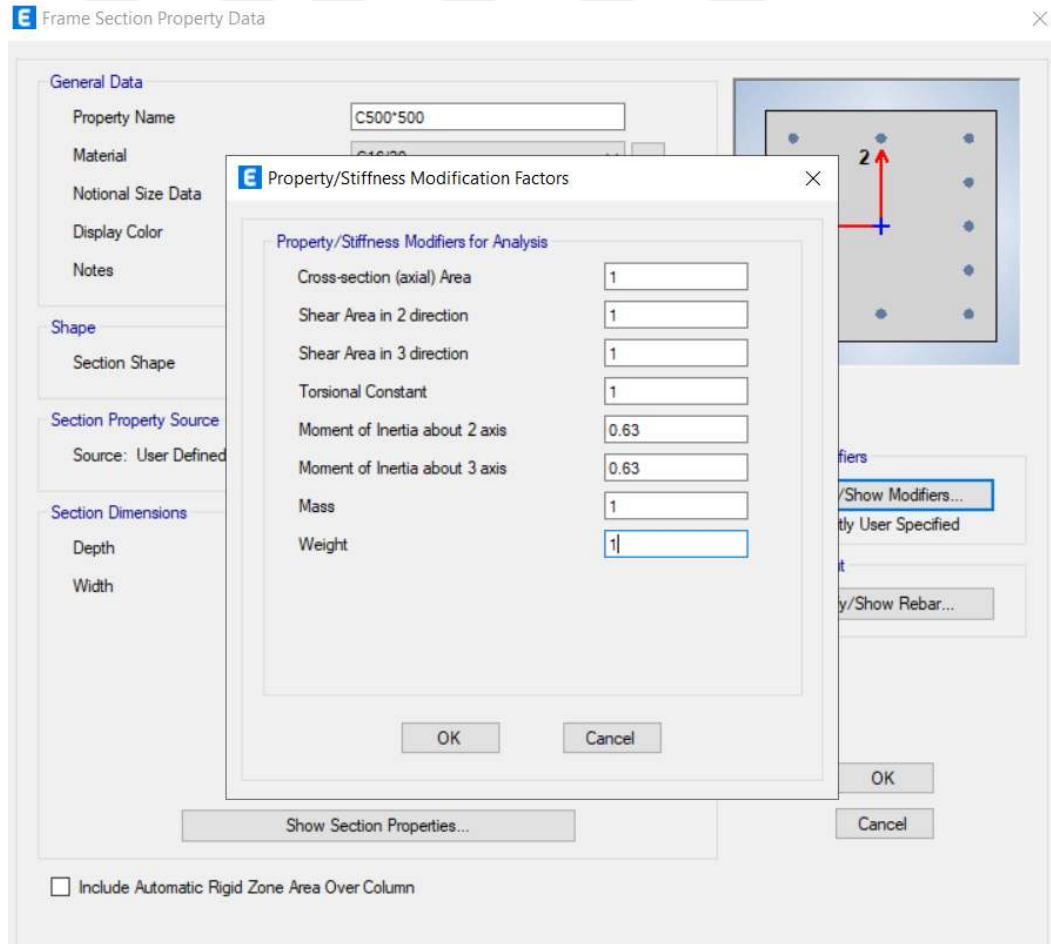
Şekil 5.8. N=100 kN Normal kuvvete göre moment-eğrilik diyagramı.

$$\theta_y = \frac{\varphi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\varphi_y d_b f_{ye}}{8 \sqrt{f_{ce}}} \quad (\text{TBDY-2018})$$

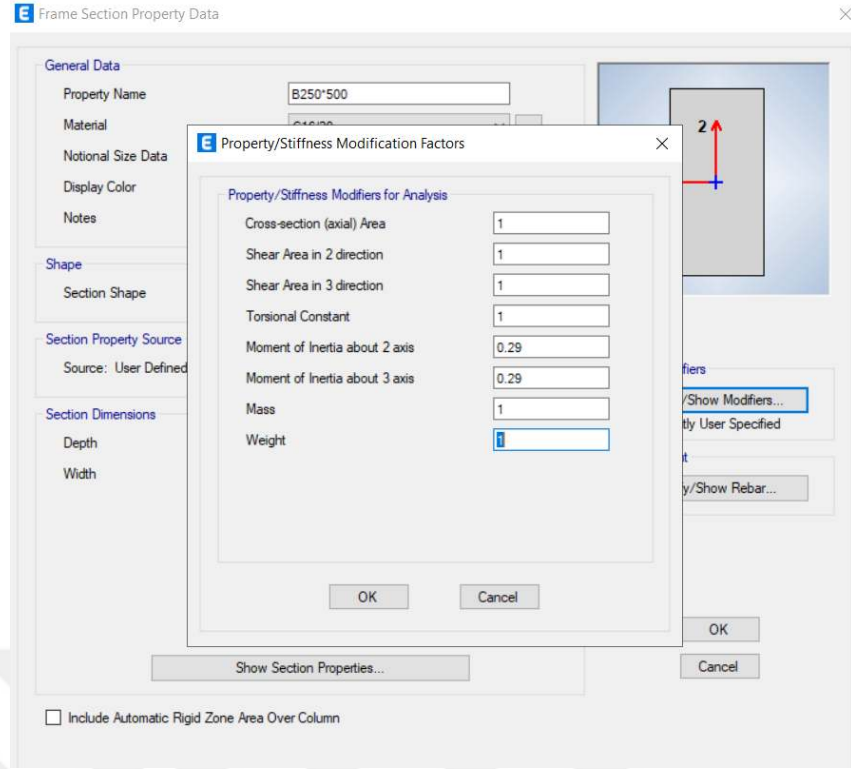
$$(EI_e) = \frac{M_y L_s}{\theta_y 3} \quad (\text{TBDY-2018})$$

Tablo 5.1 Çatlamış kesitlere göre hesaplanan etkin kesit rijitlik çarpanları.

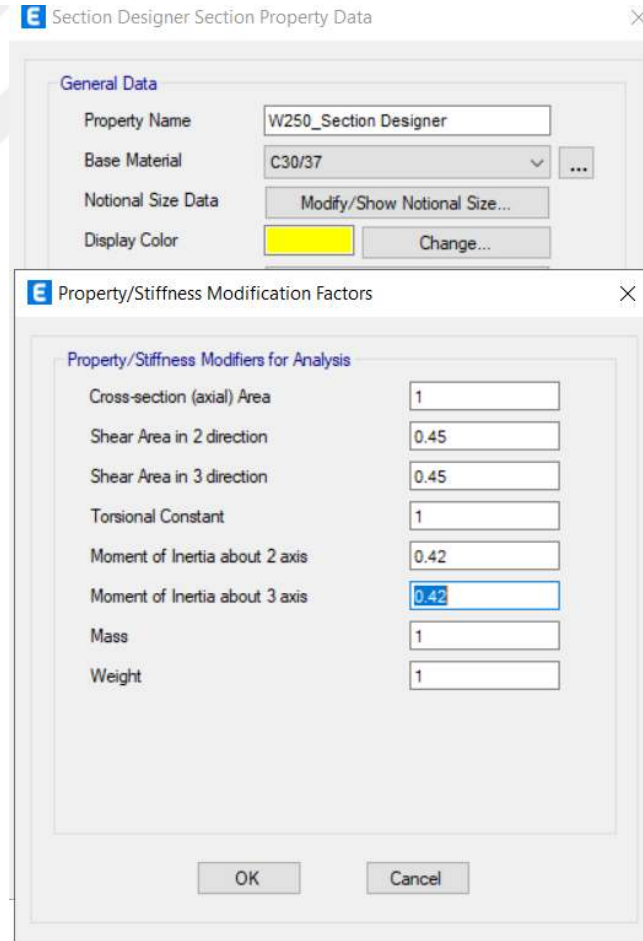
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitlik Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde	0.42	0.45
Döşeme	0.24	1
Kolon	0.63	1
Çerçeve Kirişi	0.29	1



Şekil 5.9. Kolon malzemesi etkin kesitlik rijitlik çarpanı Etab's modellemesi.



Şekil 5.10. Kiriş Malzemesi etkin kesitlik rijitlik çarpanı Etabs modellemesi.



Şekil 5.11. Perde malzemesi etkin kesitlik rijitlik çarpanı Etabs modellemesi.

5.2 Çalışması Yapılan Bina Analiz Modellerinin Özet Yapı Bilgileri

Yapıya ait taşıyıcı sistemlerin üç boyutlu modelleri, yapısal analiz programında oluşturulduktan sonra, hesap yöntemi programa girilmiş ve akabinde, DD-2 yer hareketi düzeyi ile uyumlu olarak gerçekleştirilen 22 adet analiz sonucunda, her bir deprem yüklemesi için elde edilen maksimum şekil değiştirme ve iç kuvvet taleplerinin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Bu hesaplanan ortalama değerler, nonlinear performans analizi değerlendirmesinde kaynak olarak alınan değerler olarak kabul edilmiştir.

Sünek ve gevrek davranışa ilişkin kapasitelerle karşılaştırılarak taşıyıcı sistem elemanlarının hasar durumları incelenmiş ve tüm yapısal elemanlar için ayrı ayrı belirlenmiştir. 3,6,9 katlı yapıların, TBDY 2018'e göre Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'ni sağlaması gerekmektedir. Eğilme ve kesme kuvveti açısından yapılan kontroller aşağıdaki şekilde sonuçlanmıştır.

5.2.1 Kirişlerin Performansının Değerlendirilmesi

Zaman tanım alanında, modele uygulanan yer ivmelerinin deprem yükleri etkisi altında kirişlerde tanımlanan plastik mafsalların şekil değiştirme talepleri, hesaplanan beton ve donatı çeliğinin malzeme sınır değerleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Bu karşılaştırma sonucunda, yapısal elemanların hasar durumları tespit edilmiştir.

Örneğin, yapının ikinci katında, taşıyıcı sistemin dış aksında yer alan 25 cm × 50 cm boyutlarındaki bir kirişin şekil değiştirme sınır değerleri ve kesit hasar durumu değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan hesaplamalar aşağıda sunulmuştur. İncelenen kiriş için betonun birim kısalma sınır değerinin belirlenmesine yönelik hesaplama ise şu şekildedir:

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 * b_0 * h_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * b_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * h_0}\right)$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{207452}{6 * 220 * 450}\right) * \left(1 - \frac{200}{2 * 220}\right) * \left(1 - \frac{200}{2 * 450}\right) = 0.272$$

$$\alpha_{se} = 0.272$$

$$\rho_{sh} (\text{minumum}) = \frac{8 * 1.13}{220 * 450} = 0.0009$$

$$w_{we} = \alpha_{se} * \rho_{sh \text{ (minumum)}} * \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}$$

$$w_{we} = 0.272 * 0.0009 * \frac{275}{15} = 0.000455$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{W_e} \leq 0.018$$

$$\varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.00435 \leq 0.018 \text{ (OK)}$$

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75 * \varepsilon_c^{(G\ddot{O})} = 0.75 * 0.00435 = 0.003265$$

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025$$

Elde edilen şekil değıştirme verilerine göre hesabı yapılan ikinci kat kirişinin Belirgin Hasar Bölgesi'nde olduğu saptanmıştır.

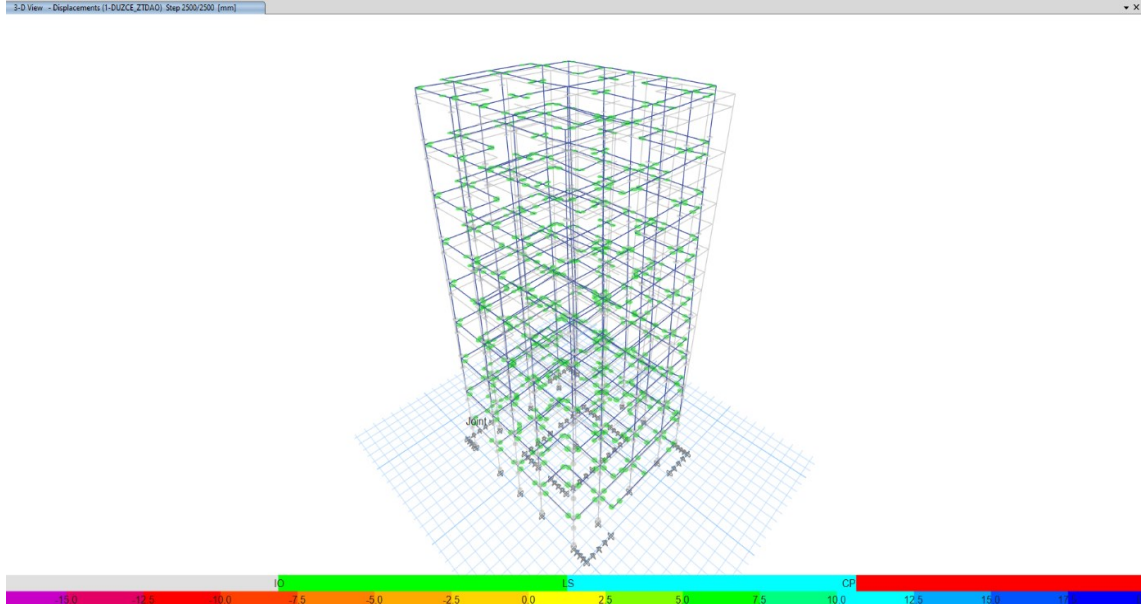
Taşıyıcı sistemdeki tüm kirişlerin hasar durumlarına ilişkin özet tablo Tablo 5.2' de verilmiştir.

Tablo 5.2 Kiriş hasar durumları.

Kiriş Hasar Durumları								
Bina	Kiriş	Sınırlı	Belirgin	Oran	İleri	Oran	Göçme	Oran
3 Katlı Yapı	115	0.912	11	0.088	0	0	0	0
6 Katlı Yapı	183	0.726	69	0.274	0	0	0	0
9 Katlı Yapı	432	0.815	98	0.185	0	0	0	0
9 Katlı Yapı-Perdesiz	335	0.632	115	0.216	80	0.152	0	0

3,6,9 katlı yapıların kirişlerinin hasar durumu değerlendirildiğinde, herhangi bir kirişin göçme bölgesine ulaşmadığı ve kat seviyesinde belirgin bölgesine giren kirişlerin toplam oranının %16'in altında olduğu görülmüştür.

Bu duruma göre, kirişlerin eğilme etkisi altında Kontrollü Hasar Performans Düzeyi'ni karşıladığını göstermektedir.



Şekil 5.12. Düzce depremi 9 katlı perdeli sistem plastik mafsallaşma noktaları.

5.2.2 Kolonların Performansının Değerlendirilmesi

Deprem yüklerinin etkisiyle kolonlarda tanımlanan plastik mafsallarda meydana gelen şekildeğiştirme talepleri, belirlenen beton ve donatı çeliği sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu değerlendirme doğrultusunda, elemanların hasar dağılımları her model için ayrı ayrı belirlenmiştir. Örnek olarak, yapıda yer alan 40 cm × 40 cm ve 25 cm x 1000 cm boyutlarındaki kolonlar için şekildeğiştirme sınır değerleri ile kesit hasar durumu hesaplamaları aşağıda verilmektedir.

Kolon 40 cm x 40cm Hesabı :

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 * b_0 * h_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * b_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * h_0}\right)$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{162822.6}{6 * 350 * 350}\right) * \left(1 - \frac{150}{2 * 350}\right) * \left(1 - \frac{150}{2 * 350}\right) = 0.479$$

$$\alpha_{se} = 0.479$$

$$\rho_{sh} (\text{minumum}) = \frac{5 * 50}{350 * 350} = 0.00204$$

$$w_{we} = \alpha_{se} * \rho_{sh} (\text{minumum}) * \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}$$

$$w_{we} = 0.479 * 0.00204 * \frac{275}{15} = 0.0179$$

$$\varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{W_e} \leq 0.018$$

$$\varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.00885 \leq 0.018 \text{ (OK)}$$

$$\varepsilon_C^{(KH)} = 0.75 * \varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.75 * 0.0085 = 0.0064$$

$$\varepsilon_C^{(SH)} = 0.0025$$

Kolon 25 cm x 100 cm Hesabı :

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 * b_0 * h_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * b_0}\right) * \left(1 - \frac{s}{2 * h_0}\right)$$

$$\alpha_{se} = \left(1 - \frac{414904}{6 * 220 * 950}\right) * \left(1 - \frac{150}{2 * 220}\right) * \left(1 - \frac{150}{2 * 950}\right) = 0.103$$

$$\alpha_{se} = 0.103$$

$$\rho_{sh}(\text{minumum}) = \frac{25 * 201}{220 * 950} = 0.024$$

$$w_{we} = \alpha_{se} * \rho_{sh}(\text{minumum}) * \frac{f_{ywe}}{f_{ce}}$$

$$w_{we} = 0.103 * 0.024 * \frac{275}{15} = 0.0453$$

$$\varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.0035 + 0.04\sqrt{W_e} \leq 0.018$$

$$\varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.012 \leq 0.018 \text{ (OK)}$$

$$\varepsilon_C^{(KH)} = 0.75 * \varepsilon_C^{(G\ddot{O})} = 0.75 * 0.012 = 0.00901$$

$$\varepsilon_C^{(SH)} = 0.0025$$

Beton ve donatı çeliği için yapılan kontroller sonucunda, yapıda bulunan kolonların Sınırlı Hasar Bölgesi'nde olduğu saptanmıştır. Yapıların taşıyıcı sisteminde bulunan tüm kolonların hasar durumlarını özetleyen tablo Tablo 5.3'te sunulmuştur.

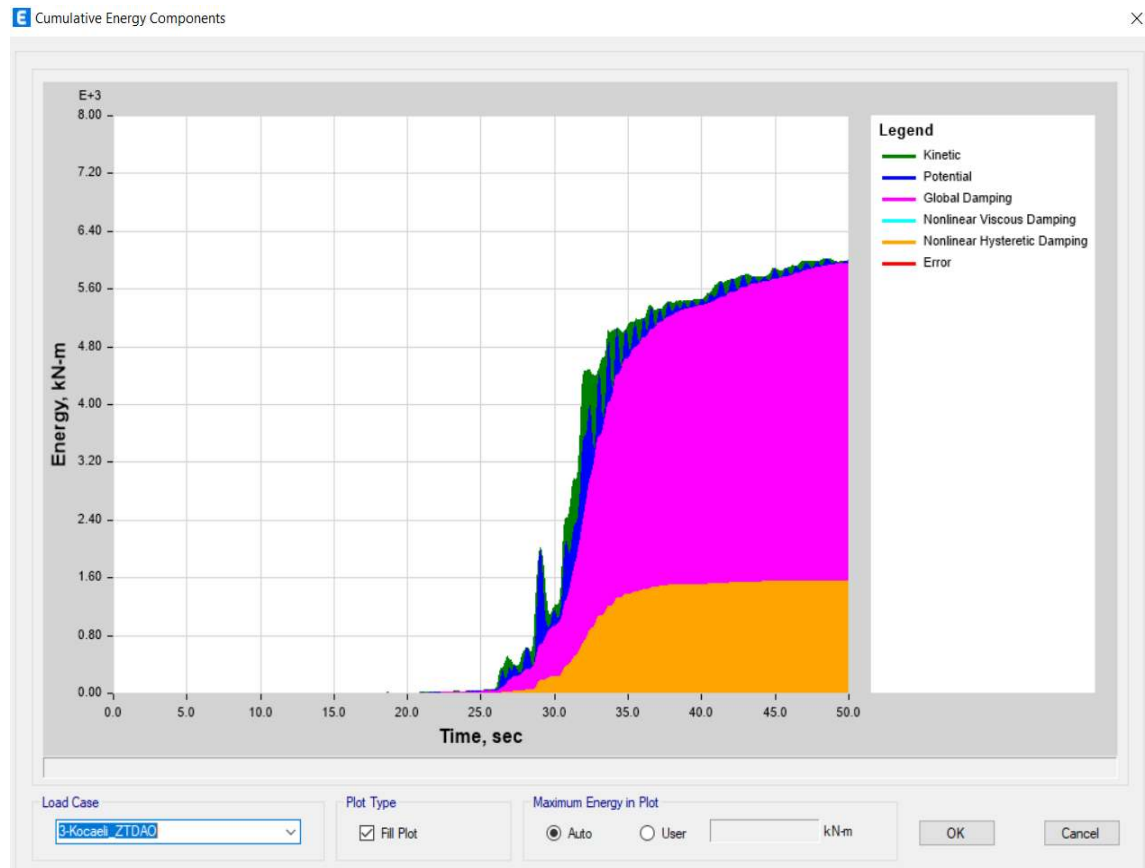
Tablo 5.3 Kolon hasar durumları.

Kolon Hasar Durumları								
Bina	Kolon	Sınırlı	Belirgin	Oran	İleri	Oran	Göçme	Oran
3 Katlı Yapı	51	1	0	0	0	0	0	0
6 Katlı Yapı	99	0.97	3	0.03	0	0	0	0
9 Katlı Yapı	112	0.732	41	0.268	0	0	0	0
9 Katlı Yapı-Perdesiz	78	0.509	75	0.491	0	0	0	0

Farklı kat ve taşıyıcı sisteme sahip olan yapıların kolon hasar durumları incelendiğinde, tüm kolon elemanlarının sınırlı hasar bölgesinde bulunmasında dolayı kolon elemanlarının Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağladığından söz edilebilir.

Şekil 5.13 'de 6 katlı perdeli sisteme sahip bir yapının kolonlarının enerji sönüm grafiği verilmiştir.

Bu grafiğe göre turuncu renk ile gösterilen bölge alanı kolonların doğrusal olmayan enerji sönüm değerini vermektedir. Bu değer en fazla kirişlerde artış göstermektedir. Bu analiz modellerinde en çok plastikleşmenin görüldüğü yapısal eleman kirişler olmuştur.



Şekil 5.13. Kocaeli depremi 6 katlı perdeli yapısal sistemde kolonların enerji sönüm grafiği.

5.2.3 Perdelerin Performansının Değerlendirilmesi

Deprem yüklerinin etkisiyle perdelerde tanımlanan plastik mafsallarda oluşan şekildeğiştirme talepleri, belirlenen beton ve donatı çeliği sınır değerleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Bu hesaplamalar doğrultusunda, perde elemanlarının hasar dağılımları detayları olarak belirlenmiştir.

Örnek hesaplama olarak, yapının üçüncü katında yer alan 30 cm × 600 cm boyutlarında ve 90 cm genişliğindeki uç bölgelere sahip perde için şekildeğiştirme sınır değerleri ve bu perde kesitine ait hasar durum hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

Hesaplamaları verilen perdenin uç bölgelerine ait beton birim kısalma sınır değerinin belirlenmesine yönelik hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.4 Perde hasar durumları.

Perde Hasar Durumları								
Bina	Perde	Sınırlı	Belirgin	Oran	İleri	Oran	Göçme	Oran
3 Katlı Yapı	16	1	0	0	0	0	0	0
6 Katlı Yapı	32	1	0	0	0	0	0	0
9 Katlı Yapı	48	1	0	0	0	0	0	0
9 Katlı Yapı-Perdesiz	0	0	0	0	0	0	0	0

Perde hasar durumları incelendiğinde, perde elemanlarının Kontrollü Hasar Performans Düzeyini sağladığı tespit edilmiştir.

5.2.3.1 9 Katlı Perdeli-Perdesiz İki Yapının Performans Analizlerinin Kıyaslanması

Etabs analiz modellemelerinde performansı incelenen yapılardan ikisi (9 katlı perdeli-perdesiz) yapıların bazı yapısal sonuçları aşağıda özel olarak değerlendirilmiş olup, çeşitli çıkarımlardan bahsedilmiştir.

Kıyaslaması yapılan temel unsurlar ise; her iki yapının periyotları, taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri, tepe noktası deplesman değerleri ve enerji sönüm grafikleridir.

Yapıların periyotları ;

- 9 Katlı Perdeli Sistem :

Tablo 5.5 Modal periyot ve frekans tablosu – 9 katlı perdeli sistem.

TABLE: Modal Periyot Ve Frekanslar					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.212	0.825	5.182	26.8534
Modal	2	0.911	1.097	6.8956	47.5497
Modal	3	0.769	1.301	8.1714	66.771
Modal	4	0.351	2.847	17.8902	320.0582
Modal	5	0.262	3.824	24.0255	577.2239
Modal	6	0.214	4.682	29.4207	865.5789
Modal	7	0.176	5.683	35.7061	1274.9224
Modal	8	0.129	7.763	48.7779	2379.2831
Modal	9	0.112	8.954	56.2623	3165.4485
Modal	10	0.102	9.82	61.6984	3806.696
Modal	11	0.081	12.313	77.366	5985.5001
Modal	12	0.081	12.336	77.512	6008.1156

- 9 Katlı Perdesiz Sistem

Tablo 5.6 Modal periyot ve frekans tablosu – 9 katlı perdesiz sistem.

TABLE: Modal Periyot Ve Frekanslar					
Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	2.024	0.494	3.1037	9.6332
Modal	2	2.004	0.499	3.1351	9.829
Modal	3	1.43	0.699	4.3925	19.2937
Modal	4	0.658	1.521	9.5549	91.2956
Modal	5	0.649	1.54	9.6774	93.652
Modal	6	0.468	2.136	13.4213	180.1319
Modal	7	0.371	2.693	16.9177	286.2096
Modal	8	0.364	2.749	17.2742	298.3964
Modal	9	0.267	3.751	23.5693	555.5104
Modal	10	0.244	4.101	25.7656	663.8661
Modal	11	0.238	4.203	26.4072	697.3402
Modal	12	0.175	5.705	35.8456	1284.9051

Perdeli, perdesiz durumlar sonucunda yapının periyodunda büyük farklılık oluşturmuştur. Analiz sonuçlarına göre yapının perdeli olması durumundaki periyodu 1.212 sn iken perdesiz durumda bu durum 2.024 sn 'ye çıkmıştır. Yani yapının taşıyıcı sisteminin perdesiz olması durumunda periyodundaki artış %67 mertebelerinde olmuştur.

Yapıların Taban Kesme Kuvvetleri ;

- 9 Katlı Perdeli Sistem

Tablo 5.7 Taban kesme kuvvetleri tablosu – 9 katlı perdeli sistem.

TABLO: Taban Kesme Kuvvetleri						
Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1-DUZCE_ZTDAO	3395.3357	2884.2269	0	55069.7398	67017.1821	32366.3799
1-DUZCE_ZTDAO	-3420.1576	-2740.2897	0	-58223.0562	-62413.2407	-40753.4236
2-Erzincan_ZTDAO	6950.4449	6827.2638	6.363E-07	145612.4641	151525.2827	65858.6167
2-Erzincan_ZTDAO	-5709.6549	-6778.8897	-0.000000597	-149069.8031	-131060.4555	-65740.842
3-Kocaeli_ZTDAO	6999.5575	14224.7107	0.000001356	325247.4012	144264.5387	121696.0971
3-Kocaeli_ZTDAO	-9869.4667	-14917.7937	-0.000001378	-323506.71	-194524.9956	-103981.075

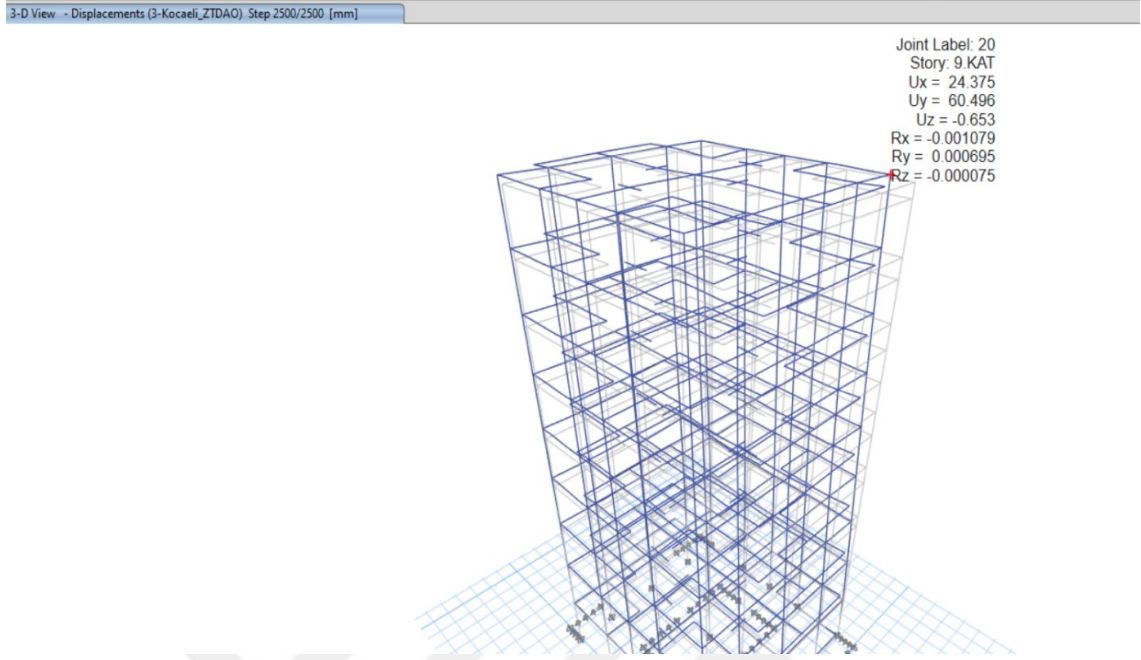
- 9 Katlı Perdesiz Sistem :

Tablo 5.8 Taban kesme kuvvetleri tablosu – 9 katlı perdesiz sistem.

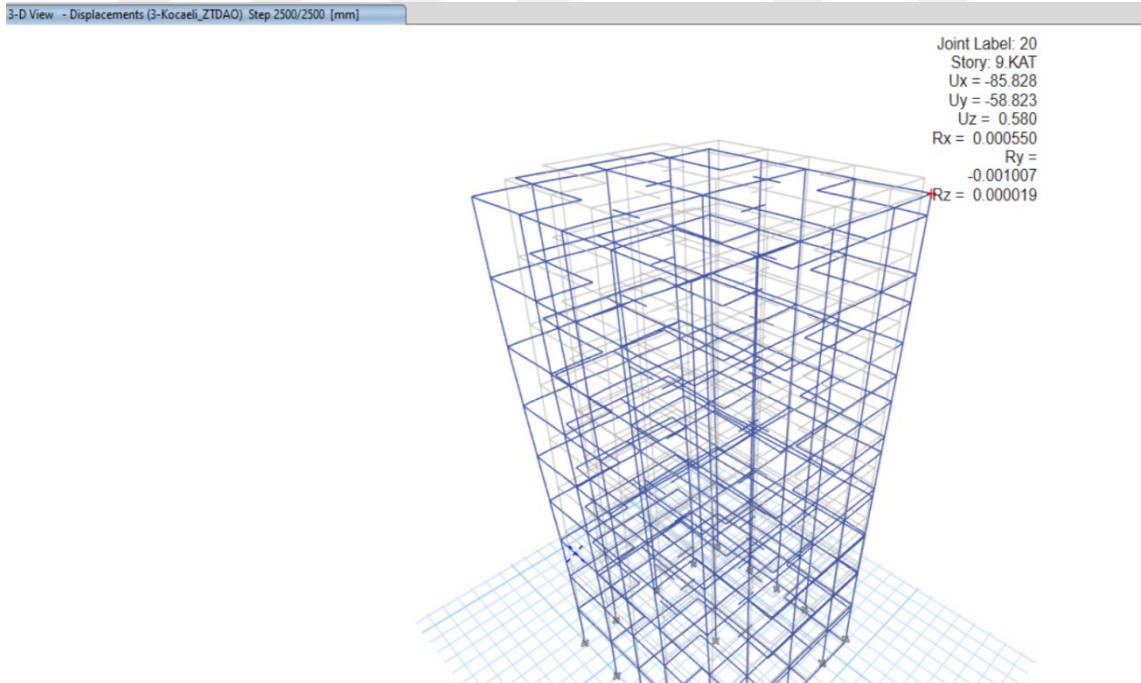
TABLO: Taban Kesme Kuvvetleri						
Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1-DUZCE_ZTDAO	1065.217	1023.7057	0	19338.0767	22827.1479	1551.9746
1-DUZCE_ZTDAO	-904.511	-919.3048	0	-22287.2349	-18981.3078	-2125.0446
2-Erzincan_ZTDAO	3432.7351	3616.4652	0	61989.1726	76771.7076	5035.3399
2-Erzincan_ZTDAO	-2994.0952	-2975.1156	0	-78012.3969	-58746.9354	-5216.1641
3-Kocaeli_ZTDAO	8130.6325	8228.5395	0	161368.8359	154920.9084	9652.0772
3-Kocaeli_ZTDAO	-7776.8627	-7801.9803	0	-157821.767	-163929.7003	-9914.584

Analiz sonuçlarından da görüleceği üzere, yapının taşıyıcı sisteminde perde duvarlarının bulunması deprem kuvvetlerini artmış ve buna bağlı olarak yapının taban kesme kuvveti değerlerini etkilemiştir.İki farklı tablodan çıkarılacak sonuç ise deprem yer ivmesine bağlı olarak değişkenlik gösterebilecek taban kesme kuvvetlerinin genel olarak 2 kattan fazla artış gösterdiği saptanmıştır.

Yapıların Tepe Noktası Deplasman Değerleri ;



Şekil 5.14. Kocaeli depremi 9 katlı perdeli tepe noktası deplasman değerleri.



Şekil 5.15. Kocaeli depremi 9 katlı perdesiz tepe noktası deplasman değerleri.

İki analiz modelinden elde edilecek sonuçlara göre perdeli sistemde X doğrultusunda etkiyen depremin tepe noktasında oluşturduğu deplasman değeri : 24.375 mm iken, perdesiz sistemde tepe noktasında oluşan tepe deplasman değeri 85.828 mm olarak ölçülmüştür. Görüldüğü üzere taşıyıcı sistemde perdelerin bulunmayışı ekstra 61.453 mm deplasman olarak analiz sonucuna etkimıştır.

Tablo 5.9'a göre ise, perdeli ve perdesiz taşıyıcı sistem durumlarında kirişlerin hasar durumları karşılaştırılmıştır. Bu duruma göre perdenin sistemde bulunmaması kirişlerde belirgin hasar durumlarının gözlenmesine neden olmuştur. Perdeli taşıyıcı sistemde genel olarak kirişler sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.

Tablo 5.9 Taban kesme kuvvetleri tablosu – 9 katlı perdesiz sistem.

9 Katlı Perdeli - Perdesiz Taşıyıcı Sistemlerinin Hasar Durum Kıyaslaması			
Perdeli Sistem		Perdesiz Sistem	
Kontrollü Hasar Gören Kiriş Adedi		Kontrollü Hasar Gören Kiriş Adedi	
432		335	
Fark (%)	18.30%		
Belirgin Hasar Gören Kiriş Adedi		Belirgin Hasar Gören Kiriş Adedi	
98		115	
Fark (%)	3%		

- Perdeli – Perdesiz Sistemler İçin Görelî Kat Ötelemesi Kontrolleri

Tablo 5.10 X Doğrutlusu Kocaeli depremine göre perdesiz yapısal taşıyıcı sistemin görelî kat ötelemesi kontrolü.

X YÖNÜ-PERDESİZ SİSTEM				
Story	Story Drift	(R/I)*Drift	$\lambda^*(R/I)*Drift/h_i$	0.008* κ
9.KAT	0.0043608	0.0348864	0.004169178	0.008
8.KAT	0.0058032	0.0464256	0.005548196	0.008
7.KAT	0.00768	0.06144	0.007342525	0.008
6.KAT	0.0084936	0.0679488	0.008120374	0.008
5.KAT	0.0090696	0.0725568	0.008671063	0.008
4.KAT	0.0092592	0.0740736	0.008852332	0.008
3.KAT	0.0080544	0.0644352	0.007700473	0.008
2.KAT	0.0070632	0.0565056	0.006752829	0.008
1.KAT	0.0037416	0.0299328	0.003577187	0.008
		Max Value	0.008852332	

Tablo 5.11 Y Doğrutlusu Kocaeli depremine göre perdesiz yapısal taşıyıcı sistemin görelî kat ötelemesi kontrolü.

Y YÖNÜ-PERDESİZ SİSTEM				
Story	Story Drift	(R/I)*Drift	$\lambda*(R/I)*Drift/h_i$	0.008* κ
9.KAT	0.0042075	0.03366	0.003980661	0.008
8.KAT	0.0056	0.0448	0.005298087	0.008
7.KAT	0.007015	0.05612	0.0066368	0.008
6.KAT	0.0084425	0.06754	0.007987339	0.008
5.KAT	0.0087975	0.07038	0.0083232	0.008
4.KAT	0.0091775	0.07342	0.008682713	0.008
3.KAT	0.0083575	0.06686	0.007906922	0.008
2.KAT	0.0075375	0.0603	0.00713113	0.008
1.KAT	0.0040525	0.03242	0.003834017	0.008
		Max Value	0.008682713	

Tablo 5.12 X Doğrutlusu Kocaeli depremine göre perdeli yapısal taşıyıcı sistemin görelî kat ötelemesi kontrolü.

X YÖNÜ-PERDELİ SİSTEM				
Story	Story Drift	(R/I)*Drift	$\lambda*(R/I)*Drift/h_i$	0.008* κ
9.KAT	0.001129	0.009032	0.001079389	0.008
8.KAT	0.001215	0.00972	0.00116161	0.008
7.KAT	0.001285	0.01028	0.001228534	0.008
6.KAT	0.001428	0.011424	0.001365251	0.008
5.KAT	0.001559	0.012472	0.001490494	0.008
4.KAT	0.001609	0.012872	0.001538297	0.008
3.KAT	0.001537	0.012296	0.001469461	0.008
2.KAT	0.0013	0.0104	0.001242875	0.008
1.KAT	0.000672	0.005376	0.000642471	0.008
		Max Value	0.001538297	

Tablo 5.13 Y Doğrutlusu Kocaeli depremine göre perdeli yapısal taşıyıcı sistemin görelî kat ötelemesi kontrolü.

Y YÖNÜ-PERDELİ SİSTEM				
Story	Story Drift	(R/I)*Drift	$\lambda*(R/I)*Drift/h_i$	0.008* κ
9.KAT	0.001655	0.01324	0.001565774	0.008
8.KAT	0.001861	0.014888	0.001760668	0.008
7.KAT	0.001962	0.015696	0.001856223	0.008
6.KAT	0.00219	0.01752	0.00207193	0.008
5.KAT	0.002419	0.019352	0.002288584	0.008
4.KAT	0.002531	0.020248	0.002394546	0.008
3.KAT	0.002366	0.018928	0.002238442	0.008
2.KAT	0.001919	0.015352	0.001815541	0.008
1.KAT	0.000959	0.007672	0.000907297	0.008
		Max Value	0.002394546	

Yapısal analiz modellerinde, dokuz katlı bir yapıda perdeli taşıyıcı sistem ile perdesiz ve yalnızca çerçeve sistemden oluşan model üzerinde görelî kat ötelemesi incelenmiştir. Tablolardan da görülebileceği gibi, perdesiz sisteme sahip modelde elde edilen görelî kat ötelemesi değerleri, bazı katlarda gerekli koşulları karşılamamaktadır. Bu durum, yapısal taşıyıcı sistemde perde duvarların varlığının ne derece gerekli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

- Kesme Kuvvetlerinin Kıyaslanması : (Kiriş, Kolon ve Betonarme Perde)

DD-2 deprem yer hareketi düzeylerine göre ölçeklendirilmesi yapılmış deprem kayıtlarının kullanıldığı analizlerde, betonarme taşıyıcı elemanlarda elde edilen değerlendirme kriteri olarak alınan kesme kuvveti değerleri ile bu elemanların kesitlerine ait kesme kuvveti kapasiteleri kıyaslanmıştır. Değerlendirme kriteri olarak kullanılan kesme kuvvetleri hesaplanırken, 22 farklı analiz sonucu elde edilen kuvvetlerin aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Kolon, kiriş ve betonarme perdelerin kesme kuvveti kapasiteleri, TS500 ve TBDY 2018 standartlarında yer alan aşağıdaki formüller aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$V_r = V_c + V_w = 0.8 * 0.65 * f_{ctd} * b_w * d * \left(1 + \gamma * \frac{N_d}{A_c}\right) + \frac{A_{sw}}{s} * f_{ywd} * d$$

$$V_r = A_{ch} * (0.65 * f_{ctd} + \rho_{sh} * f_{ywd})$$

Yukarıdaki denklemlerde, V_r kesme dayanımını, V_c betonun kesme dayanımına katkısını, V_w ise kesme donatısının kesme dayanımına katkısını temsil etmektedir.

A_c gövde kesitindeki beton alanını, A_{ch} perde gövdesinin brüt kesit alanını, A_{sw} ise kesme donatısının toplam kesit alanını ifade etmektedir.

N_d eksenel kuvveti, γ eksenel kuvvetin etkisini yansıtan katsayıyı, b_w kesit genişliğini, d faydalı yüksekliği, s etriye aralığını göstermektedir. f_{ctd} betonun eksenel çekme dayanımını, f_{ywd} enine donatının akma dayanımını, ρ_{sh} ise perde yatay gövde donatılarının hacimsel oranını simgelemektedir.

Örnek olarak, binanın birinci katında taşıyıcı sistemde bulunan 25 cm × 50 cm boyutlarındaki kirişinin kesme kapasitesi kontrolleri, eksenel kuvvet etkisi göz ardı edilerek aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

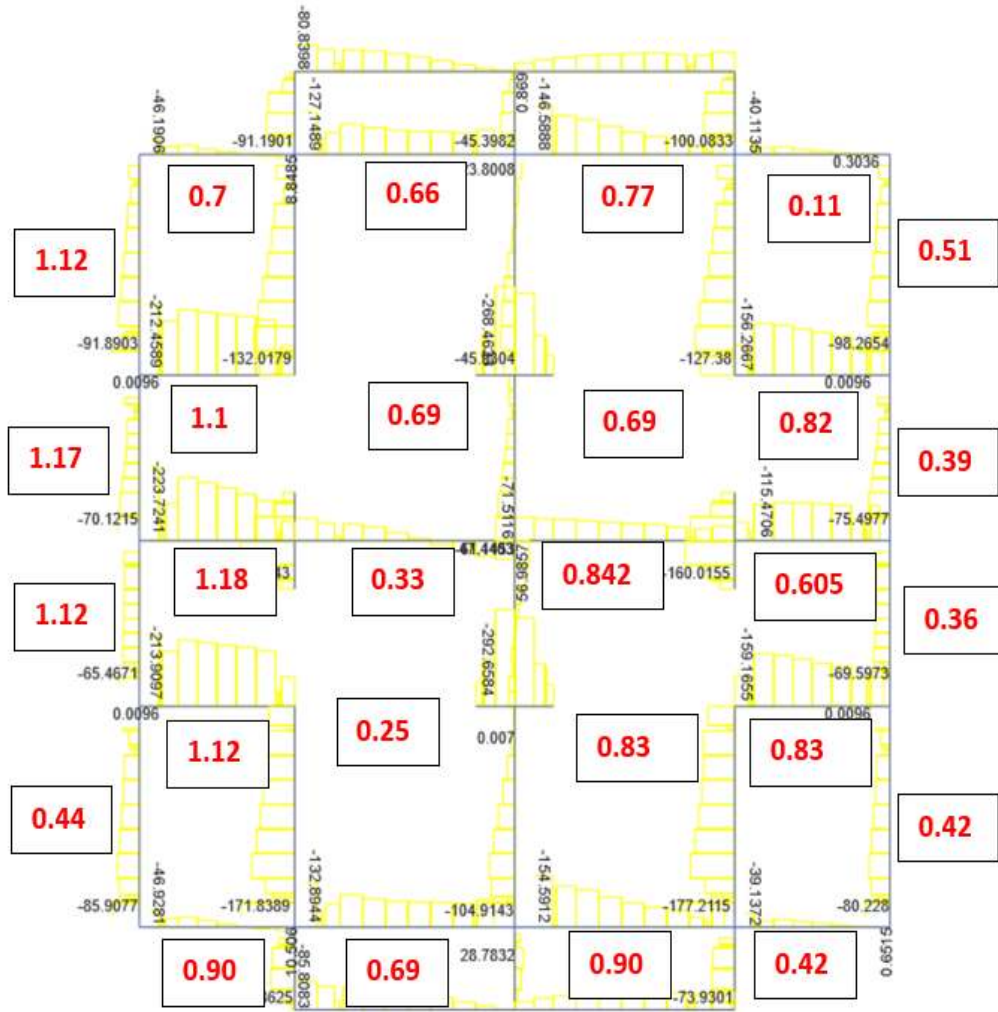
$$V_r = V_c + V_w = 0.8 * 0.65 * 0.85 * 250 * 430 * (1) + \frac{78.53 * 1000}{200} * 365 * 430$$

$$V_r = V_c + V_w = 47.515 \text{ kN} + 143.31 \text{ kN} = 190.83 \text{ kN}$$

Şekil 5.16’da göre verilmiş olan 9.Katta bulunan kiriş elemanlarının kesme dayanım kuvvetinin mevcut kesme kuvvetine oranları verilmiştir.

Kirişlere etkiyen deprem kuvvetleri ile bu kirişlerin kesme kapasiteleri karşılaştırıldığında, bazı kirişlerin kesme kapasitelerinin yeterli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Bu kirişlerde analiz sonuçlarında da sınırlı hasar durumları gözlemlenmektedir.



Şekil 5.16. Kocaeli Depremi 9 katlı yapıda 9. kat kirişleri kesme kapasitesi oranları.

- Kolon İçin :

Binanın tüm katlarında bulunan taşıyıcı sistemde 40 cm × 40 cm boyutlarındaki kolonun kesme kapasitesi kontrolleri, eksenel kuvvet etkisi ihmal edilerek aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$V_r = V_c + V_w = 0.8 * 0.65 * 0.85 * 400 * 350 * (1) + \frac{113 * 4}{150} * 365 * 350$$

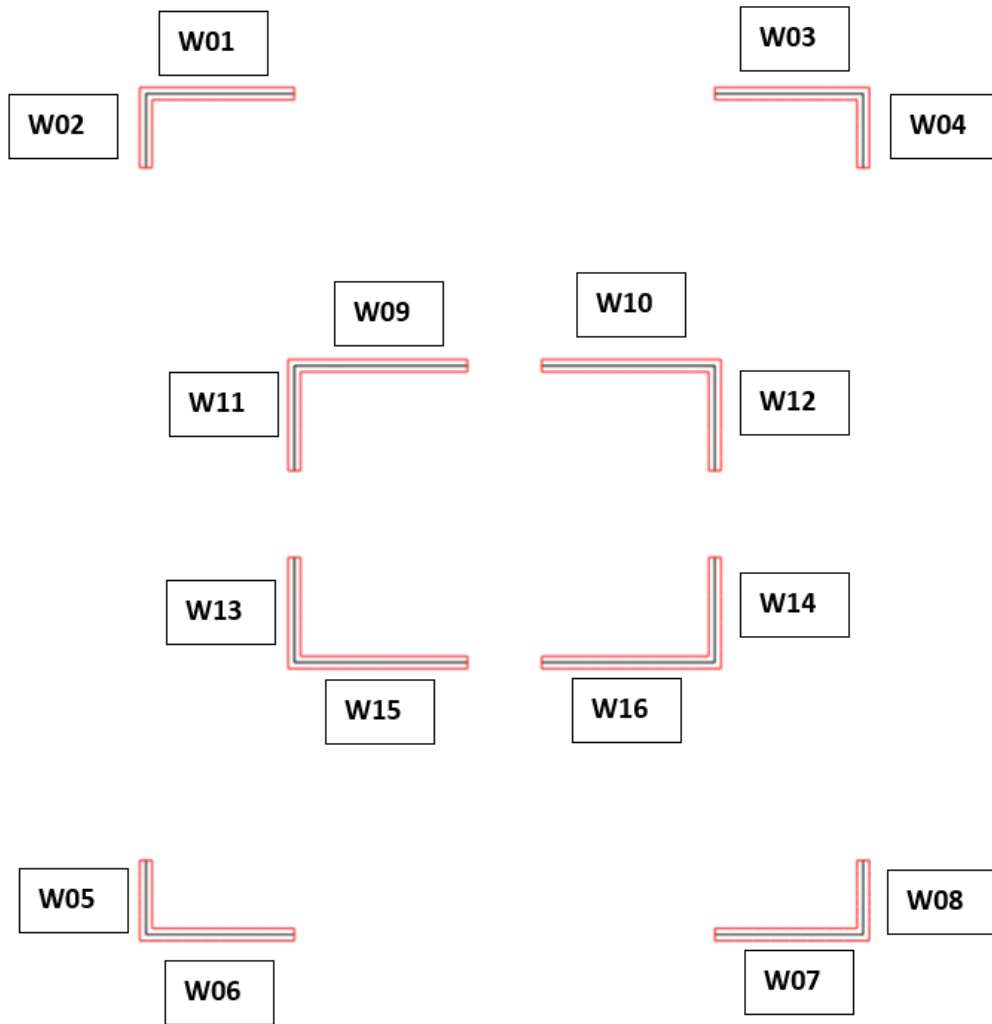
$$V_r = V_c + V_w = 61.88 \text{ kN} + 384.94 \text{ kN} = 446.82 \text{ kN}$$

- Perdeler İçin

Binanın tüm katlarında bulunan taşıyıcı sistemde 30 cm × 300 cm boyutlarındaki perdenin kesme kapasitesi kontrolleri, aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$V_r = V_c + V_w = 0.8 * 0.65 * 0.85 * 300 * 2950 * (1) + \frac{105 * 2}{200} * 300 * 2950$$

$$V_r = V_c + V_w = 391.17 \text{ kN} + 929.25 \text{ kN} = 1320.45 \text{ kN}$$



Şekil 5.19. 9 Katlı yapının taşıyıcı sisteminde bulunan perdeler ve numaralandırılması.

Tablo 5.14 9.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
9.Kat	W01	285.8	1320.45	0.22
9.Kat	W02	322.4	1320.45	0.24
9.Kat	W03	185.7	1320.45	0.14
9.Kat	W04	198.8	1320.45	0.15
9.Kat	W05	202.4	1320.45	0.15
9.Kat	W06	200.1	1320.45	0.15
9.Kat	W07	155.4	1320.45	0.12
9.Kat	W08	167.4	1320.45	0.13
9.Kat	W09	133.5	1320.45	0.10
9.Kat	W10	122	1320.45	0.09
9.Kat	W11	154.8	1320.45	0.12
9.Kat	W12	166.4	1320.45	0.13
9.Kat	W13	178.8	1320.45	0.14
9.Kat	W14	188.6	1320.45	0.14
9.Kat	W15	195.2	1320.45	0.15
9.Kat	W16	193.4	1320.45	0.15

Tablo 5.15 8.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
8.Kat	W01	346.04	1320.45	0.26
8.Kat	W02	390.35	1320.45	0.30
8.Kat	W03	224.84	1320.45	0.17
8.Kat	W04	240.70	1320.45	0.18
8.Kat	W05	245.06	1320.45	0.19
8.Kat	W06	242.28	1320.45	0.18
8.Kat	W07	188.15	1320.45	0.14
8.Kat	W08	202.68	1320.45	0.15
8.Kat	W09	290.95	1320.45	0.22
8.Kat	W10	265.89	1320.45	0.20
8.Kat	W11	337.37	1320.45	0.26
8.Kat	W12	219.79	1320.45	0.17
8.Kat	W13	236.17	1320.45	0.18
8.Kat	W14	249.11	1320.45	0.19
8.Kat	W15	257.83	1320.45	0.20
8.Kat	W16	255.45	1320.45	0.19

Tablo 5.16 7.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
7.Kat	W01	449.85	1320.45	0.34
7.Kat	W02	507.46	1320.45	0.38
7.Kat	W03	292.29	1320.45	0.22
7.Kat	W04	288.84	1320.45	0.22
7.Kat	W05	294.07	1320.45	0.22
7.Kat	W06	290.73	1320.45	0.22
7.Kat	W07	225.78	1320.45	0.17
7.Kat	W08	243.22	1320.45	0.18
7.Kat	W09	349.14	1320.45	0.26
7.Kat	W10	319.06	1320.45	0.24
7.Kat	W11	404.84	1320.45	0.31
7.Kat	W12	263.75	1320.45	0.20
7.Kat	W13	283.40	1320.45	0.21
7.Kat	W14	298.93	1320.45	0.23
7.Kat	W15	322.28	1320.45	0.24
7.Kat	W16	319.31	1320.45	0.24

Tablo 5.17 6.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
6.Kat	W01	517.33	1320.45	0.39
6.Kat	W02	583.58	1320.45	0.44
6.Kat	W03	336.14	1320.45	0.25
6.Kat	W04	332.17	1320.45	0.25
6.Kat	W05	338.18	1320.45	0.26
6.Kat	W06	334.34	1320.45	0.25
6.Kat	W07	259.65	1320.45	0.20
6.Kat	W08	279.70	1320.45	0.21
6.Kat	W09	401.51	1320.45	0.30
6.Kat	W10	366.92	1320.45	0.28
6.Kat	W11	441.28	1320.45	0.33
6.Kat	W12	287.48	1320.45	0.22
6.Kat	W13	308.91	1320.45	0.23
6.Kat	W14	325.84	1320.45	0.25
6.Kat	W15	351.29	1320.45	0.27
6.Kat	W16	348.05	1320.45	0.26

Tablo 5.18 5.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
5.Kat	W01	569.06	1320.45	0.43
5.Kat	W02	641.93	1320.45	0.49
5.Kat	W03	369.75	1320.45	0.28
5.Kat	W04	365.38	1320.45	0.28
5.Kat	W05	372.00	1320.45	0.28
5.Kat	W06	367.77	1320.45	0.28
5.Kat	W07	285.62	1320.45	0.22
5.Kat	W08	330.05	1320.45	0.25
5.Kat	W09	473.78	1320.45	0.36
5.Kat	W10	432.97	1320.45	0.33
5.Kat	W11	520.71	1320.45	0.39
5.Kat	W12	339.23	1320.45	0.26
5.Kat	W13	364.51	1320.45	0.28
5.Kat	W14	384.49	1320.45	0.29
5.Kat	W15	414.52	1320.45	0.31
5.Kat	W16	410.70	1320.45	0.31

Tablo 5.19 4.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
4.Kat	W01	694.2527114	1320.45	0.53
4.Kat	W02	783.1598116	1320.45	0.59
4.Kat	W03	451.0942215	1320.45	0.34
4.Kat	W04	445.7687647	1320.45	0.34
4.Kat	W05	453.8410361	1320.45	0.34
4.Kat	W06	448.6837516	1320.45	0.34
4.Kat	W07	348.4530485	1320.45	0.26
4.Kat	W08	402.6595739	1320.45	0.30
4.Kat	W09	578.0113239	1320.45	0.44
4.Kat	W10	528.2200863	1320.45	0.40
4.Kat	W11	635.2646585	1320.45	0.48
4.Kat	W12	413.8596789	1320.45	0.31
4.Kat	W13	444.7001838	1320.45	0.34
4.Kat	W14	469.0741312	1320.45	0.36
4.Kat	W15	505.717957	1320.45	0.38
4.Kat	W16	501.0545742	1320.45	0.38

Tablo 5.20 3.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
3.Kat	W01	846.99	1320.45	0.64
3.Kat	W02	955.45	1320.45	0.72
3.Kat	W03	608.98	1320.45	0.46
3.Kat	W04	601.79	1320.45	0.46
3.Kat	W05	612.69	1320.45	0.46
3.Kat	W06	605.72	1320.45	0.46
3.Kat	W07	470.41	1320.45	0.36
3.Kat	W08	543.59	1320.45	0.41
3.Kat	W09	780.32	1320.45	0.59
3.Kat	W10	713.10	1320.45	0.54
3.Kat	W11	857.61	1320.45	0.65
3.Kat	W12	558.71	1320.45	0.42
3.Kat	W13	524.75	1320.45	0.40
3.Kat	W14	553.51	1320.45	0.42
3.Kat	W15	596.75	1320.45	0.45
3.Kat	W16	591.24	1320.45	0.45

Tablo 5.21 2.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
2.Kat	W01	1016.39	1320.45	0.77
2.Kat	W02	1146.55	1320.45	0.87
2.Kat	W03	809.94	1320.45	0.61
2.Kat	W04	800.38	1320.45	0.61
2.Kat	W05	814.87	1320.45	0.62
2.Kat	W06	805.61	1320.45	0.61
2.Kat	W07	625.65	1320.45	0.47
2.Kat	W08	722.98	1320.45	0.55
2.Kat	W09	1037.82	1320.45	0.79
2.Kat	W10	948.42	1320.45	0.72
2.Kat	W11	1140.62	1320.45	0.86
2.Kat	W12	743.09	1320.45	0.56
2.Kat	W13	697.91	1320.45	0.53
2.Kat	W14	736.16	1320.45	0.56
2.Kat	W15	793.67	1320.45	0.60
2.Kat	W16	786.36	1320.45	0.60

Tablo 5.21 1.Kat perdeleri kesme kapasitesi oranları.

Perdeli Taşıyıcı Sistem Kesme Kapasite Kontrolleri				
Kat	Perde	Kesme Kuvveti	Kesme Kapasitesi	Oran
1.Kat	W01	1087.53	1320.45	0.82
1.Kat	W02	1211.20	1320.45	0.92
1.Kat	W03	866.64	1320.45	0.66
1.Kat	W04	856.40	1320.45	0.65
1.Kat	W05	871.91	1320.45	0.66
1.Kat	W06	862.00	1320.45	0.65
1.Kat	W07	669.44	1320.45	0.51
1.Kat	W08	773.58	1320.45	0.59
1.Kat	W09	1110.47	1320.45	0.84
1.Kat	W10	1014.81	1320.45	0.77
1.Kat	W11	1220.46	1320.45	0.92
1.Kat	W12	795.10	1320.45	0.60
1.Kat	W13	746.77	1320.45	0.57
1.Kat	W14	787.70	1320.45	0.60
1.Kat	W15	849.23	1320.45	0.64
1.Kat	W16	841.40	1320.45	0.64

Tüm katlardaki betonarme perdelerin kesme kuvvetleri ve kesme dayanımı kapasiteleri incelendiğinde, binanın birinci ve ikinci katlarında bulunan betonarme perdelerin bazılarının etkiyen kuvvetleri sınır dayanımında yeterlilikte karşıladığı belirlenmiştir. Diğer üst katlardaki betonarme perdelerin kesme kapasitelerinin ise yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır.

Yapılan analizlerin özetine göre, betonarme perdeli taşıyıcı sisteme sahip yapıda kirişler sınırlı hasar durumunda bulunmakta, kolon ve perdelerde herhangi bir hasar durumu gözlenmemektedir.

Perdesiz sisteme sahip 9 katlı yapının ise görelî kat ötelemesi dahi sağlamadığı için otomatik olarak binada yatay deplasmanı önleyecek güçlendirme önerileri oluşmuştur. Bu duruma göre perdesiz yapının esasör çevresinde mimariye uygun çekirdek perdelerinin yapılması gerekmektedir.

5.3 Analiz Sonuçların Değerlendirilmesi

22 adet deprem etkisinin yapı davranışı üzerindeki etkisi dikkate alınarak, taşıyıcı sistemin deprem performans değerlendirmesi TBDY 2018 yönetmeliğine uygun şekilde tamamlanmıştır. Bu yüksek lisans tezi kapsamında, betonarme kolonlar, kirişler ve perdelerin sünük davranışla ilgili eğilme kapasiteleri ile gevrek davranışla ilgili kesme kapasiteleri detaylı olarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler ve edilen sonuçlara göre, aşağıda madde madde sıralanmış değerlendirmeler verilmiştir.

TBDY 2018 Deprem Yönetmeliği Bölüm 15'e göre:

- Eğilme etkisine maruz betonarme kiriş yapısal elemanlarının hiçbirinin Göçme Bölgesine geçmediği tespit edilmiştir.
- Taşıyıcı sistemi betonarme perdeli olan, eğilme etkisine maruz betonarme kirişlerin Sınırlı Hasar Bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir.
- Taşıyıcı sistemi betonarme perdesiz olan, eğilme etkisine maruz betonarme kirişlerden bazılarının Belirgin Hasar Bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir.
- Taşıyıcı sistemi betonarme perdesiz olan 9 katlı model sisteminin görece kat ötelemesi sınır değerlerini bazı katlarda sağlamadığı bu yüzden çekirdek bölgesinde perde sistemleri ile güçlendirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.
- 3,6 ve 9 katlı yapılarda analiz modelleri sonuçlarına göre kat sayısının artış göstermesine bağlı olarak yapıda depremden kaynaklı taban kesme kuvvetlerinin artış gösterdiği saptanmıştır.
- 3,6 ve 9 katlı yapılarda analiz modelleri sonuçlarına göre kat sayısının artış göstermesine bağlı olarak yapıda kat sayısının artış göstermesinden kaynaklı periyot değerlerinin arttığı saptanmıştır.
- Betonarme perdeli ve perdesiz iki farklı taşıyıcı sisteme sahip model analiz sonuçlarına göre, betonarme perdesiz taşıyıcı sistemde tepe noktası deplasman değeri yönetmelik sınır değerini aştığı tespit edilmiştir.
- Katlarda İleri Hasar Bölgesine geçen kiriş elemanı saptanmamıştır. Ve diğer tüm kiriş elemanlarının Sınırlı Hasar Bölgesi ve Belirgin Hasar Bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir.
- Eğilme etkisi maruz betonarme kolon yapısal elemanlarının hiçbirinin Göçme Bölgesi İleri Hasar Bölgesi ve Belirgin Hasar Bölgesine geçmediği tespit edilmiştir.

- Betonarme perde yapısal elemanlarının hiçbirinin Göçme Bölgesi , İleri Hasar Bölgesi ve Belirgin Hasar Bölgesine geçmediği tespit edilmiştir. Birkaç perdede Sınırlı Hasar Bölgesine geçişin başladığı saptanmıştır.
- Gevrek hasar kontrollerine dair yapılan kesme kuvveti talep edilen kuvvet-kapasite dayanım kontrollerine göre betonarme kolon ve kiriş elemanların tamamı yeterli kesme kapasitesine sahiptir.



6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, İzmir İli Buca İlçesi sınırları içerisinde bulunan 3, 6 ve 9 katlı konut binalarının deprem performansını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. İncelenen binaların taşıyıcı sistemleri, betonarme perdeler ve betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Binalar yaklaşık 10 yıl önce inşa edilmiş olup, mevcut statik ve mimari projelere göre konut kullanımına uygun olarak, 2007 yılında kabul edilen deprem standartlarına göre tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Binalar, şiddetli yer hareketleri sırasında kontrollü hasar durumunda hizmet vermeye devam etmelidir. İnşaat süreçleri boyunca, yapıların deprem tasarımında dikkate alınması gereken depremsellik etkilerinde değişiklikler olmuştur. Bu tür değişiklikler, mevcut yapıların deprem etkileri altındaki performans değerlendirmesinin önemini artırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, mevcut binaların deprem performansı TBDY 2018 yönetmeliği doğrultusunda incelenmiştir. TBDY 2018 deprem yönetmeliğine göre, değerlendirilecek deprem yer hareketi düzeylerine bağlı olarak binaların sağlaması gereken performans hedefleri belirlenmiştir. Performans hedefleri, Türk deprem yönetmeliğine göre farklı deprem yer hareketi seviyelerine göre DD-2 düzeyi olarak belirlenmiştir.

Mevcut binaların deprem performansını belirlemek için zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmıştır. Bunun nedeni, söz konusu binaların yükseklik sınıfının (BYS=4) itme analizi için izin verilen sınırların (BYS $\geq$ 5) altında olmasıdır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler, ETABS yapısal analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapının üç boyutlu matematiksel modeli, geometrik ve malzeme özellikleri göz önünde bulundurularak ve doğrusal olmayan davranış modelleriyle oluşturulmuştur. Doğrusal olmayan analizlerde kullanılmak üzere 11 adet deprem kaydı takımı belirlenmiş ve basit ölçeklendirme yöntemiyle DD-2 deprem yer hareketi düzeyine göre ölçeklendirilmiştir. Bu aşamadan sonra, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler, yapıya etki eden düşey yüklerin de hesaba katılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda, binanın yapısal taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvet ve şekil değiştirme talepleri belirlenmiştir. Elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirme talepleri, taşıyıcı sistem elemanlarının tespit edilen performans sınırları ve kapasiteleri ile karşılaştırılarak elemanların sünek ve gevrek davranışlarına dair hasar durumları tespit edilmiştir.

TBDY 2018 kapsamında gerçekleştirilen deprem performansı değerlendirmeleri sonucunda, yapının DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde sağlaması gereken performans hedefinin "Kontrollü Hasar Performans Düzeyi" olduğu belirlenmiştir. TBDY 2018'e dayanan doğrusal olmayan analizler ve kontroller neticesinde deprem performansı değerlendirilmiştir.

Eğilme etkisi altında incelenen betonarme kiriş elemanlarının hiçbirinin göçme bölgesine geçmediği tespit edilmiştir. Katlarda ileri hasar bölgesine geçen kiriş elemanı bulunmamaktadır ve diğer tüm kiriş elemanlarının sınırlı hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Eğilme etkisi altında betonarme kolon elemanlarının da hiçbirinin göçme ve ileri hasar bölgelerine geçmediği saptanmıştır. Binanın ilk iki katında kolonların tamamının, ilk katta ise yaklaşık %10'luk kısmının belirgin hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer tüm kolonlar sınırlı hasar bölgesindedir. Ayrıca, eğilme etkisi altında bulunan betonarme perdelerin tamamının tüm katlarda sınırlı hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Binanın ikinci katında bir adet betonarme perdenin ileri hasar bölgesinde, başka bir adet betonarme perdenin belirgin hasar bölgesinde, diğer tüm perdelerin ise sınırlı hasar bölgesinde bulunduğu saptanmıştır.

Yukarıda tespit edilmiş olan hususlar doğrultusunda, çalışmaya konu olan yapının TBDY 2018 ışığında yapılan performans analizleri sonucunda, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi altında ileri performans hedefi olarak kontrollü hasar performans düzeyini sağladığı tespit edilmiştir. TBDY 2018'e göre yapılan kontroller neticesinde genel itibari ile daha ileri hasar bölgelerine geçmektedir. Sünek davranışa ilişkin yapılan kontrollerde TBDY 2018'e göre bir adet betonarme kolon elemanı Göçmenin Önlenmesi Performans Sınırını aşarken, TBDY2018'e göre bu sınırı aşan betonarme perde elemanı bulunmamaktadır.

Özetle, perdeli-çerçevesel modelde yapılan incelemelerde, çok katlı yapının tasarımında yatay rijitliği sağlayan perdelerin deprem etkilerini önemli ölçüde üstlendiği ve diğer çerçeve sistemi kolon ve kiriş elemanlarındaki deprem etkilerinin, çerçevesel modelde elde edilen değerlerden daha az olduğu gözlemlenmiştir. Tez kapsamında gerçekleştirilen tüm analizler ve değerlendirmeler sonucunda, betonarme çok katlı yapıların tasarımında ve taşıyıcı sistem seçiminde perde elemanlarının kullanılmasının, yapı elemanlarının hasar seviyelerini kayda değer ölçüde azalttığı ve yapının performans seviyesini artıracığı belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

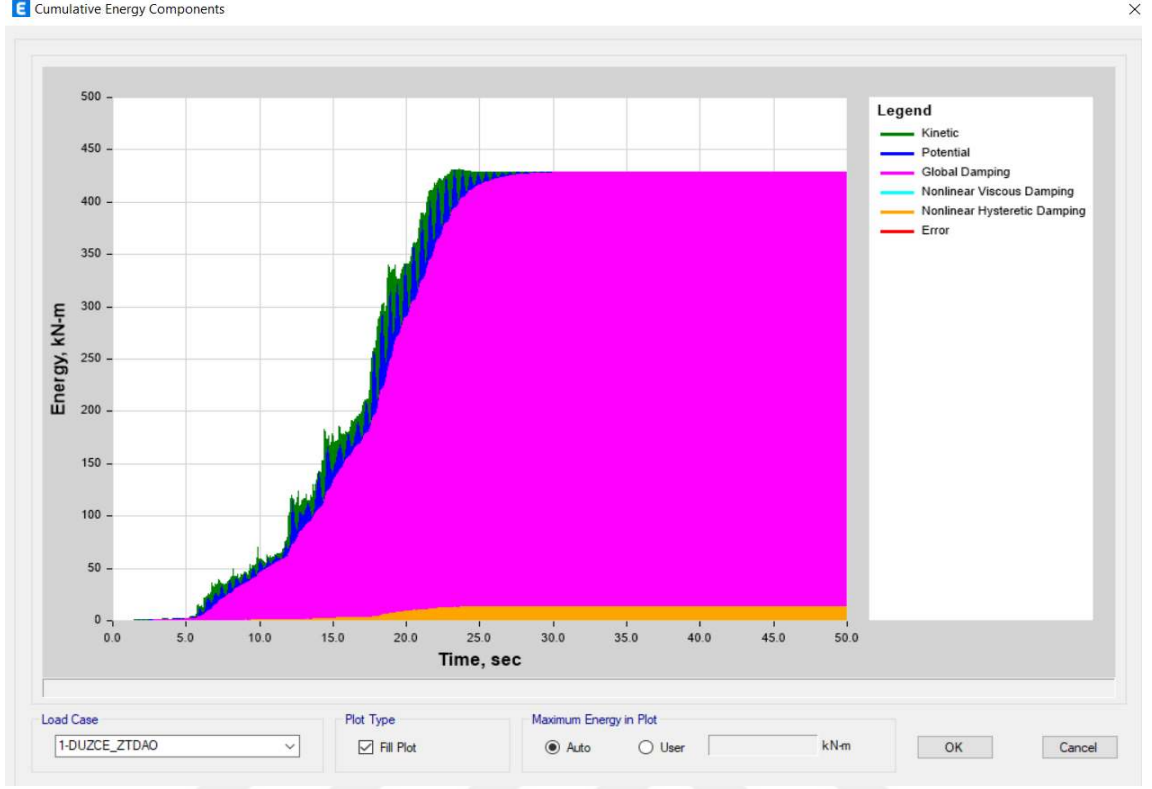
- [1] **ASCE41-06.** 2007 Seismicrehabilitation of existingbuildings, AmericanSociety of CivilEngineers, WashingtonDC.
- [2] **ATC-40** (1996). Seismic Evaluation andRetrofit of ConcreteBuildings, AppliedTechnologyCouncil, California,ABD.
- [3] **DBYBHY** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı,Ankara
- [4] **Aydınoğlu, M. N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H.** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Örnekler Kitabı, Bayındırlık ve İskanBakanlığı,Ankara.
- [5] **TBDY (2018)** Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [6] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.** (2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım,İstanbul.
- [7] **Celep,Z.veKumbasar,N.**(2005).BetonarmeYapılar,BetaYayıncılık,İstanbul.
- [8] **Darılmaz, K.** (2008). TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İleri SAP2000 Kursu Ders Notları,İstanbul.
- [9] **Fahjan Y.** (2008) Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi, İMO Teknik Dergi 4423-4444, Yazı292,İstanbul.
- [10] **Ersoy, U.,Özcebe, G.** (2001). Betonarme; Temel İlkeler, TS 500–2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Hesap, Evrim Yayınevi,Ankara.
- [11] **Hasgür, Z.** Mühendislik Sismolojisi Ders Notları.
- [12] **İlki A. ve Celep Z.,** (2011) Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı,11-14Ekim2001-ODTÜ-Ankara
- [13] **ideCAD Statik** (2019). ideYAPI Bilgisayar Destekli Tasarım, Bursa
- [14] **SPCcolumn v4.20,** (2009). StructurePoint,LLC, Design andInvestigation of ReinforcedConcreteColumnSections, www.StructurePoint.org.
- [15] **Sucuoğlu H.** (2006). 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirmesi, TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri / Sayı: 444-445 - 2006/4-5,İstanbul.
- [16] **TS500** (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve YapımKuralları,Türk Standartları Enstitüsü,Ankara.
- [17] **TS498** (1997). Betonarme Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü,Ankara.
- [18] **Öztürk M.,** (2018)Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası İle İlgili İç Anadolu Bölgesi Bazında Bir Değerlendirme Selçuk – Teknik Dergisi,Cilt 17,Sayı 2-2018.
- [19] **Atmaca M.,**(2013) Betonarme Yapılarda Performans Analizi Yüksek LisansTezi,
- [20] **Keskin, E. , Bozdoğan B. K.** 2018. 2007 ve 2018 Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi
- [21] **Ulutaş, A.,** (2019). DBYBHY(2007) ve TBDY(2018) Deprem Yönetmeliklerinin Kesit Hasar Sınırları Açısından Kıyaslanması Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 17, S. 351- 359.
- [22] **Kop, M** (2020) Mevcut Binaların Değerlendirilmesinde Yeni Deprem Yönetmeliği Yaklaşımı, Atatürk Üni. Fen Bilimleri Ens. ,İnşaat Müh.Yük. L. Tezi,

EKLER

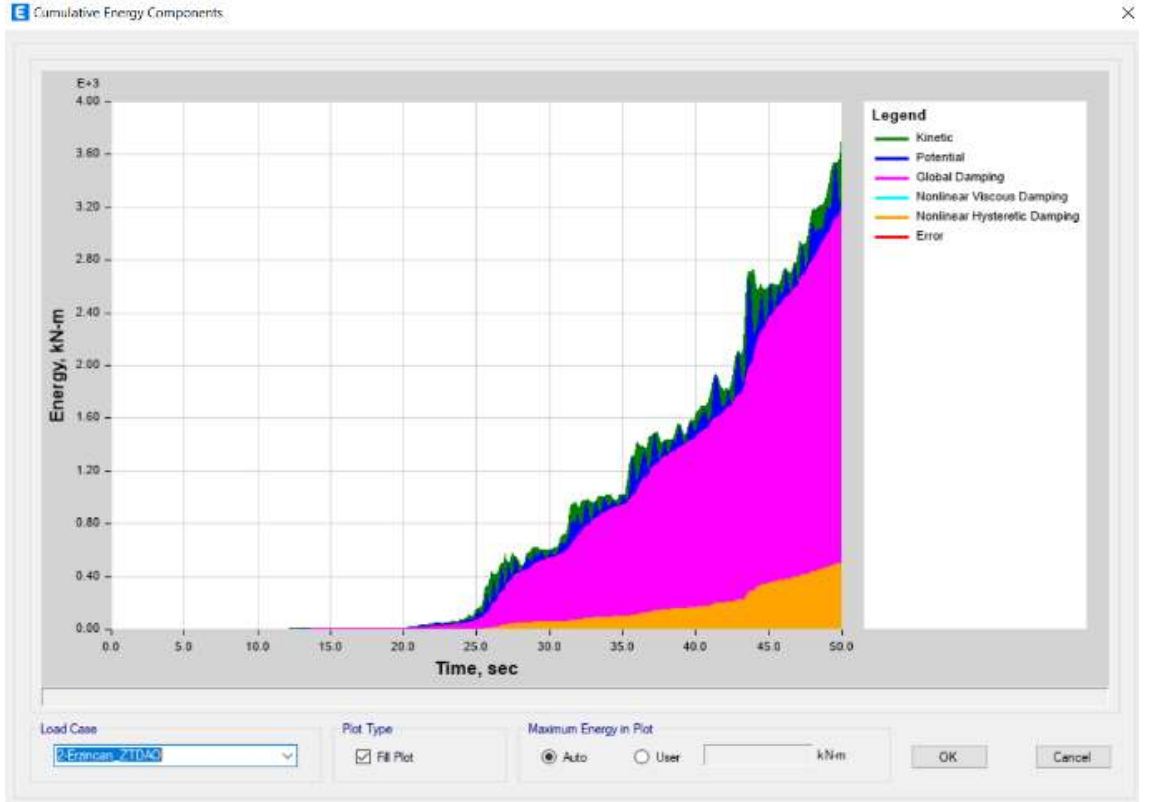
EK A : 9 Katlı Mevcut Bina İçin 11 Adet Yer İvmesine Göre Sönüm Enerji Grafikleri

EK B : 3,6 ve 9 Katlı Yapılarda Maksimum Kat Deplasmanları

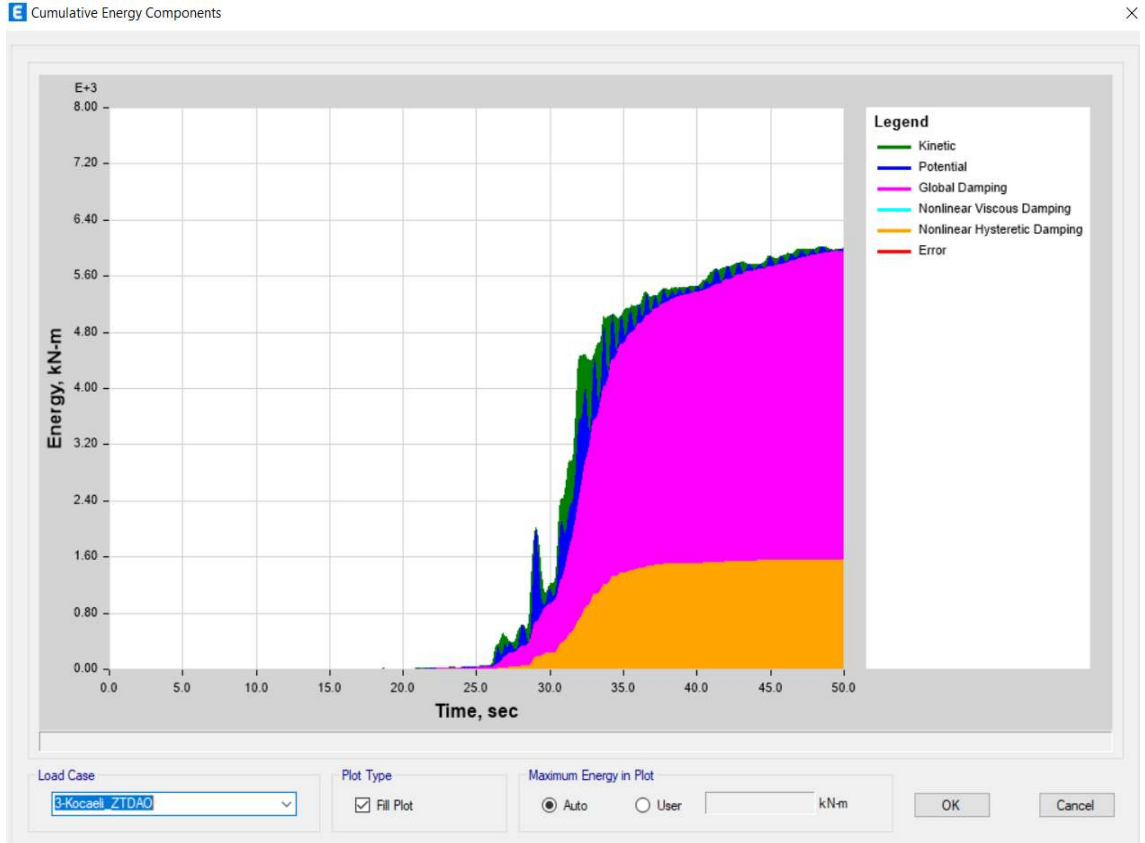
EK A : 9 Katlı Mevcut Bina İçin 11 Adet Yer İvmesine Göre Sönüm Enerji Grafikleri



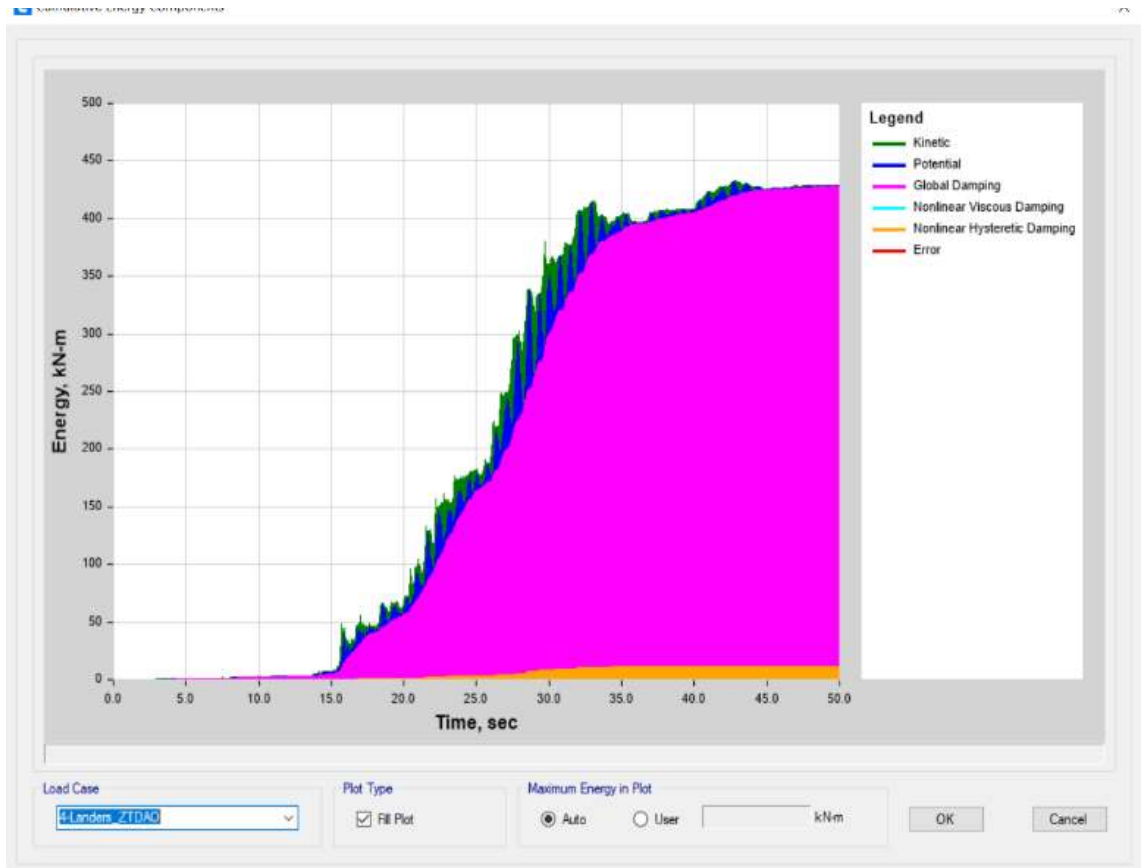
Şekil A.1. Düzce depremi sönüm enerjisi grafiği.



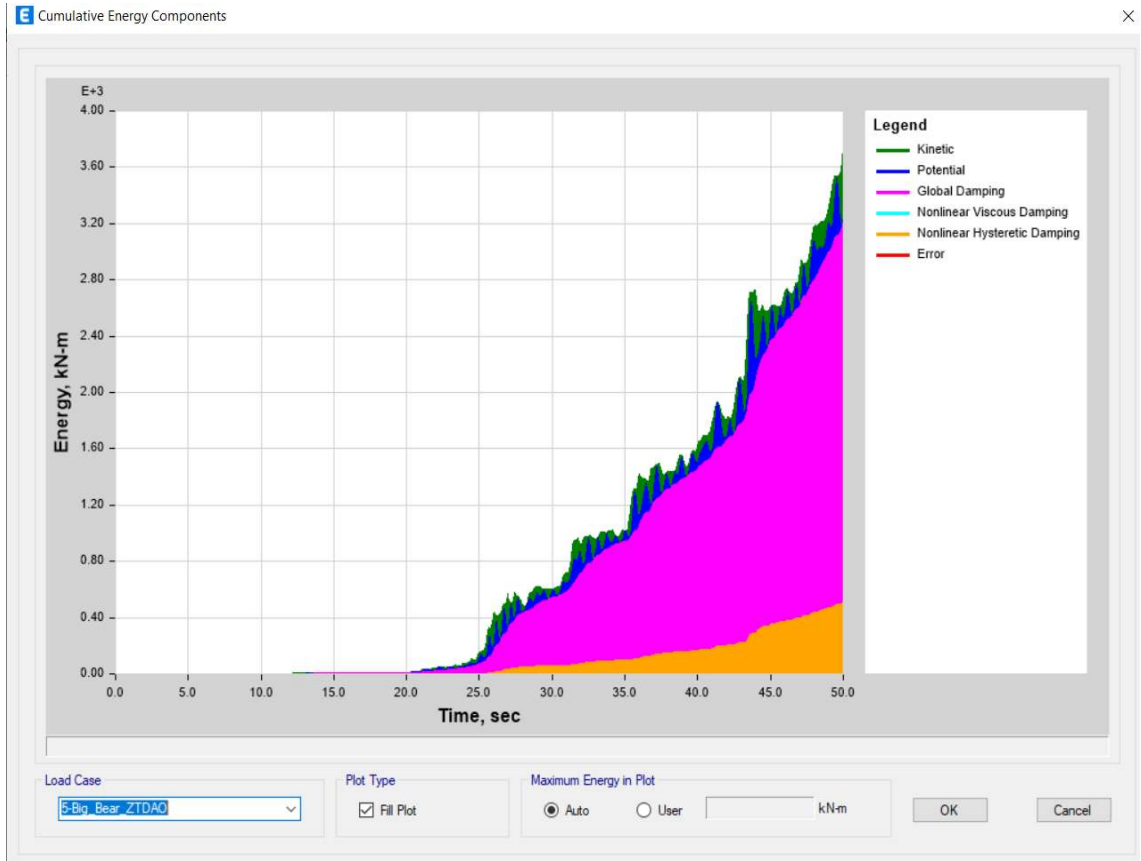
Şekil A.2. Erzincan depremi sönüm enerjisi grafiği.



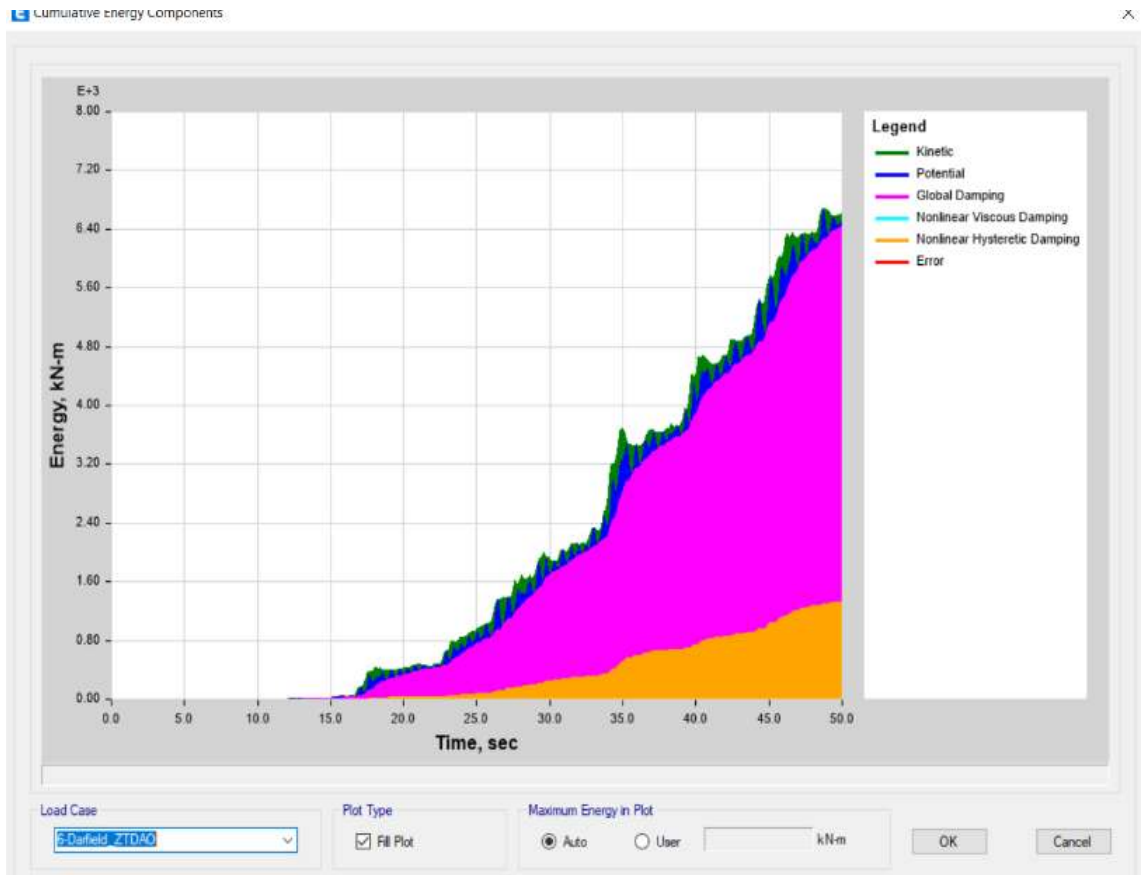
Şekil A.3. Kocaeli depremi sönüm enerjisi grafiği.



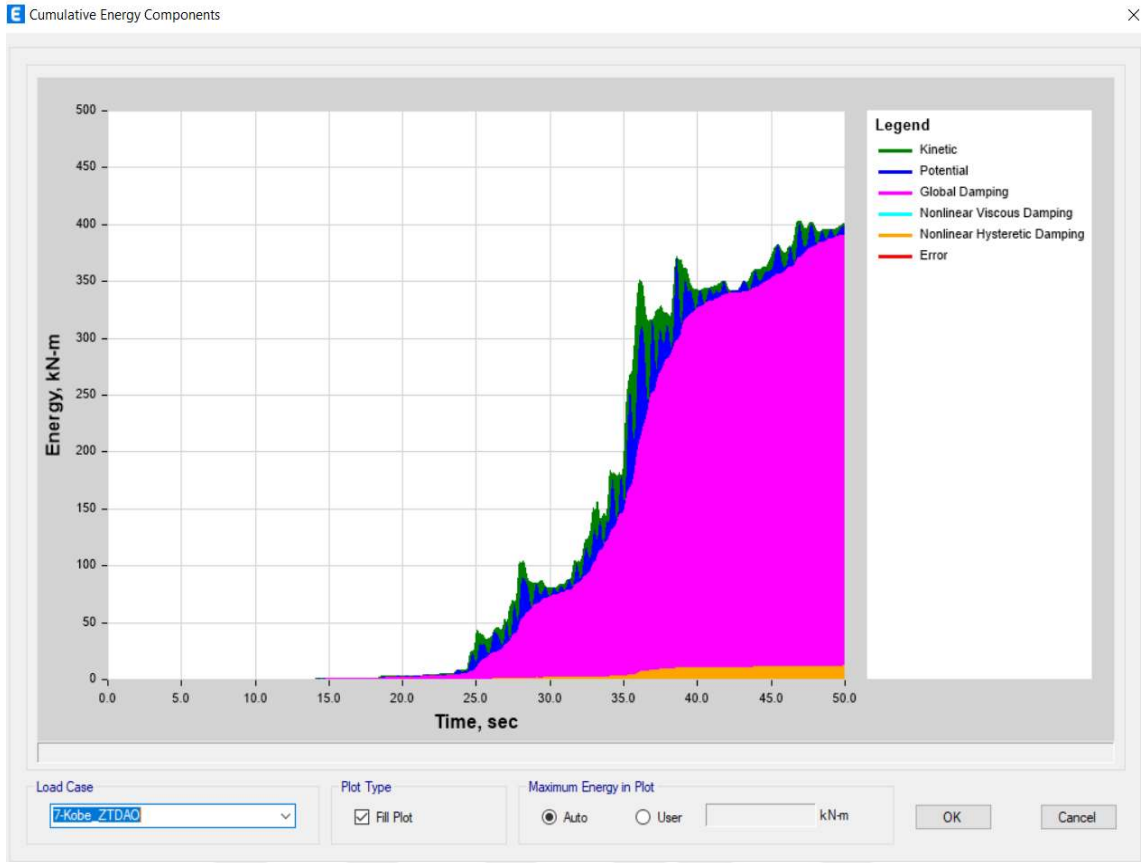
Şekil A.4. Landers depremi sönüm enerjisi grafiği.



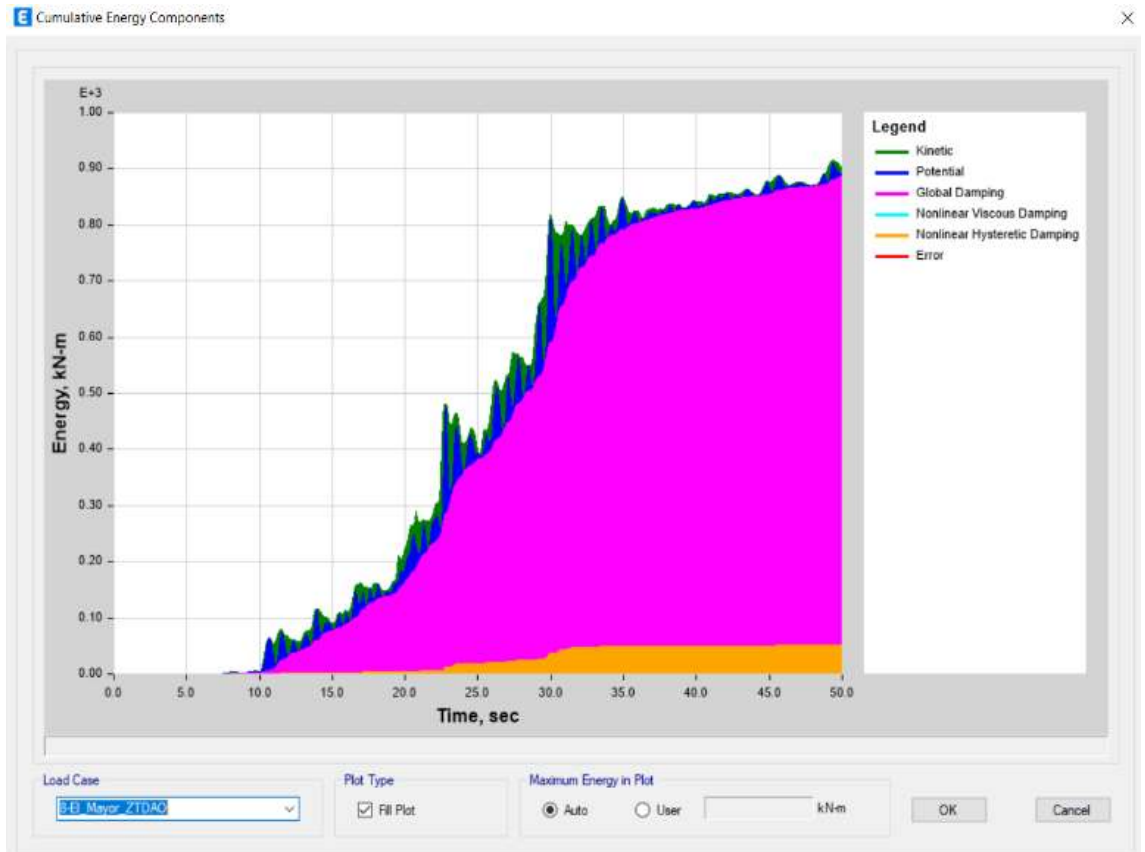
Şekil A.5. Big Bears depremi sönüm enerjisi grafiği.



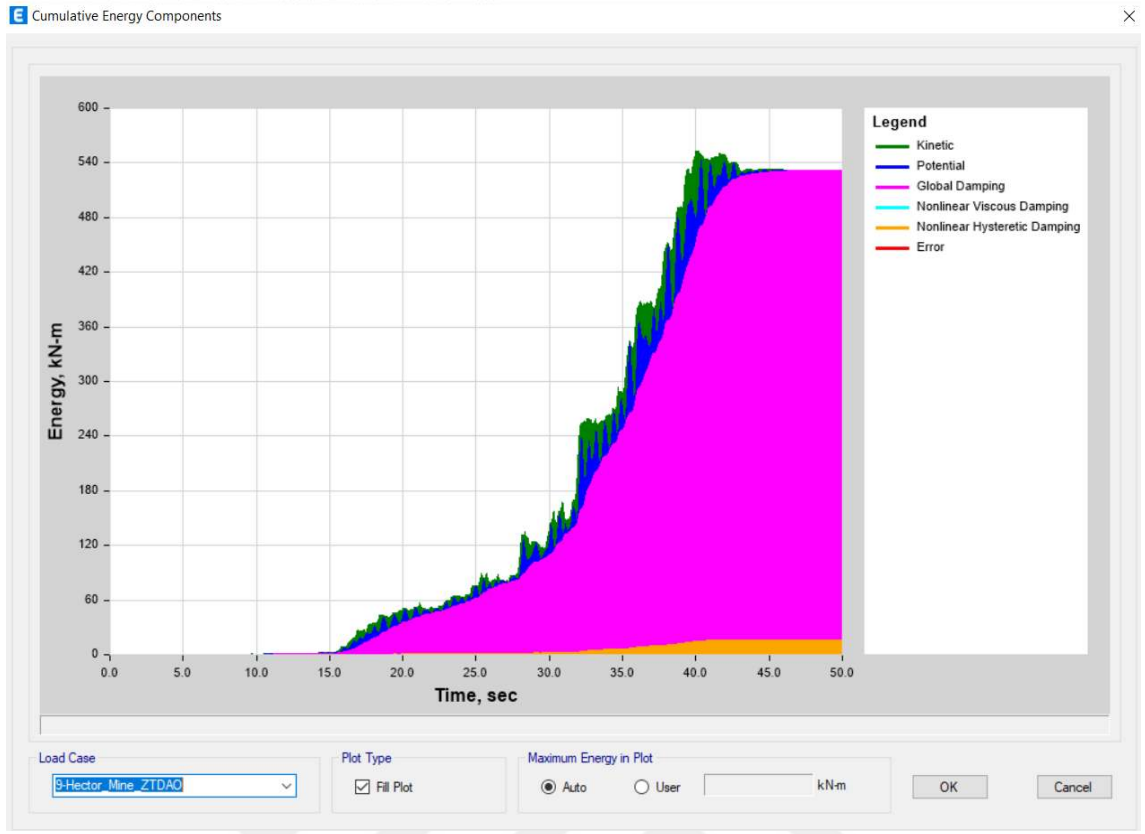
Şekil A.6. Darfield depremi sönüm enerjisi grafiği.



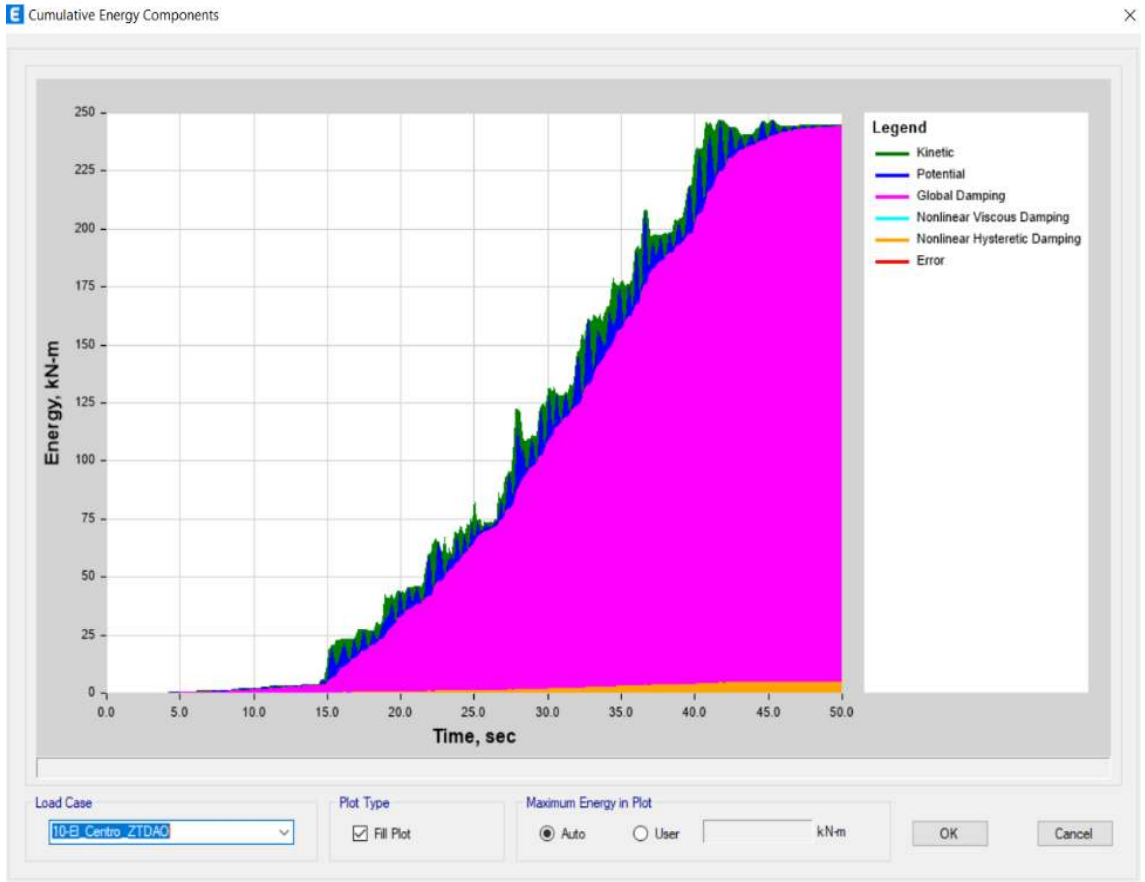
Şekil A.7. Kobe depremi sönüm enerjisi grafiği.



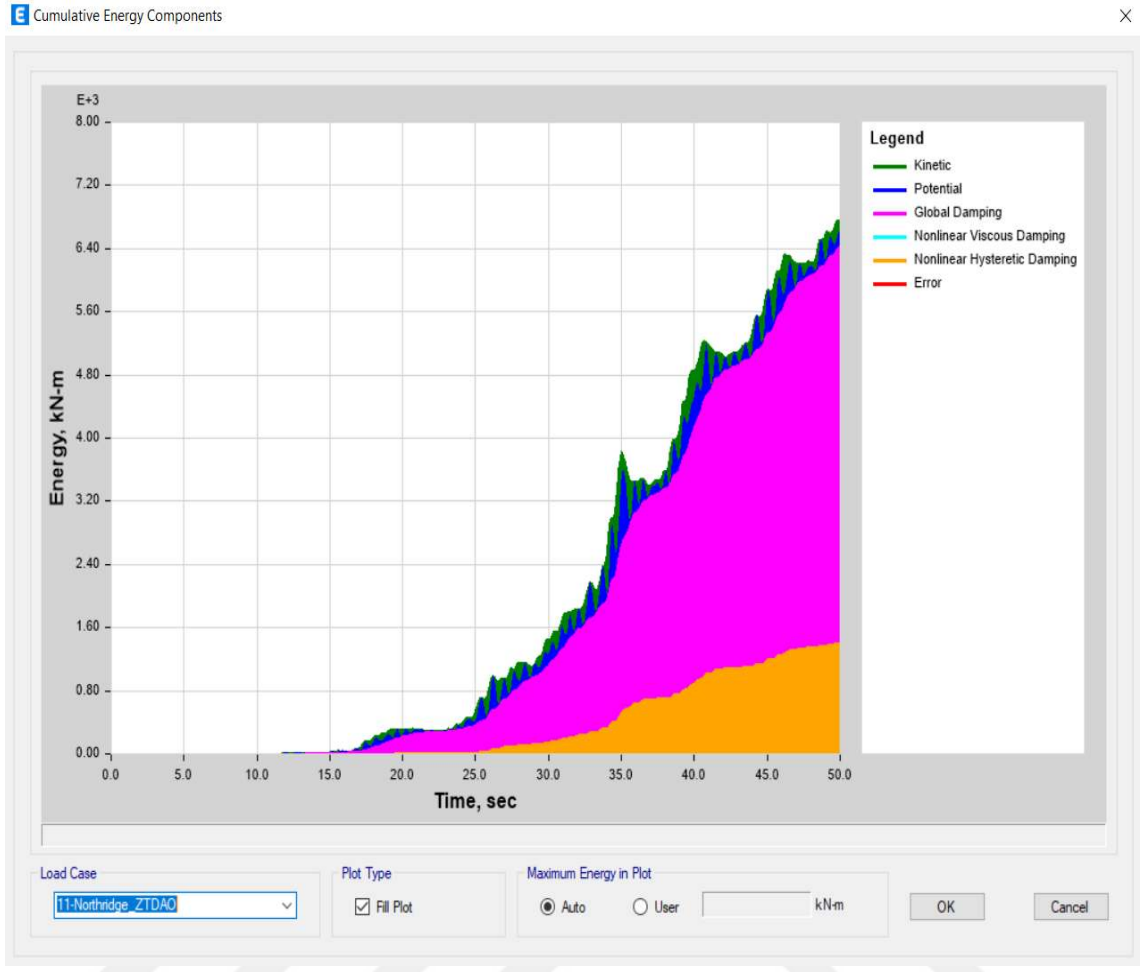
Şekil A.8. El Mayor depremi sönüm enerjisi grafiği.



Şekil A.9. Hector Mine depremi sönüm enerjisi grafiği.

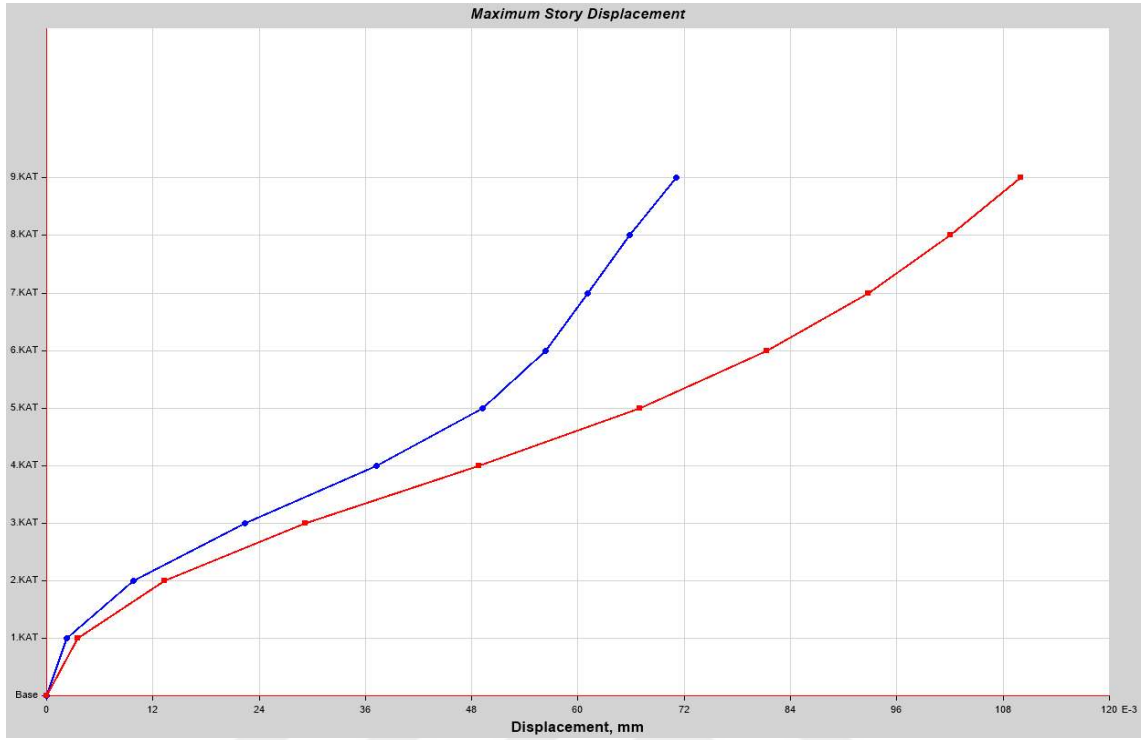


Şekil A.10. El Centro depremi sönüm enerjisi grafiği.

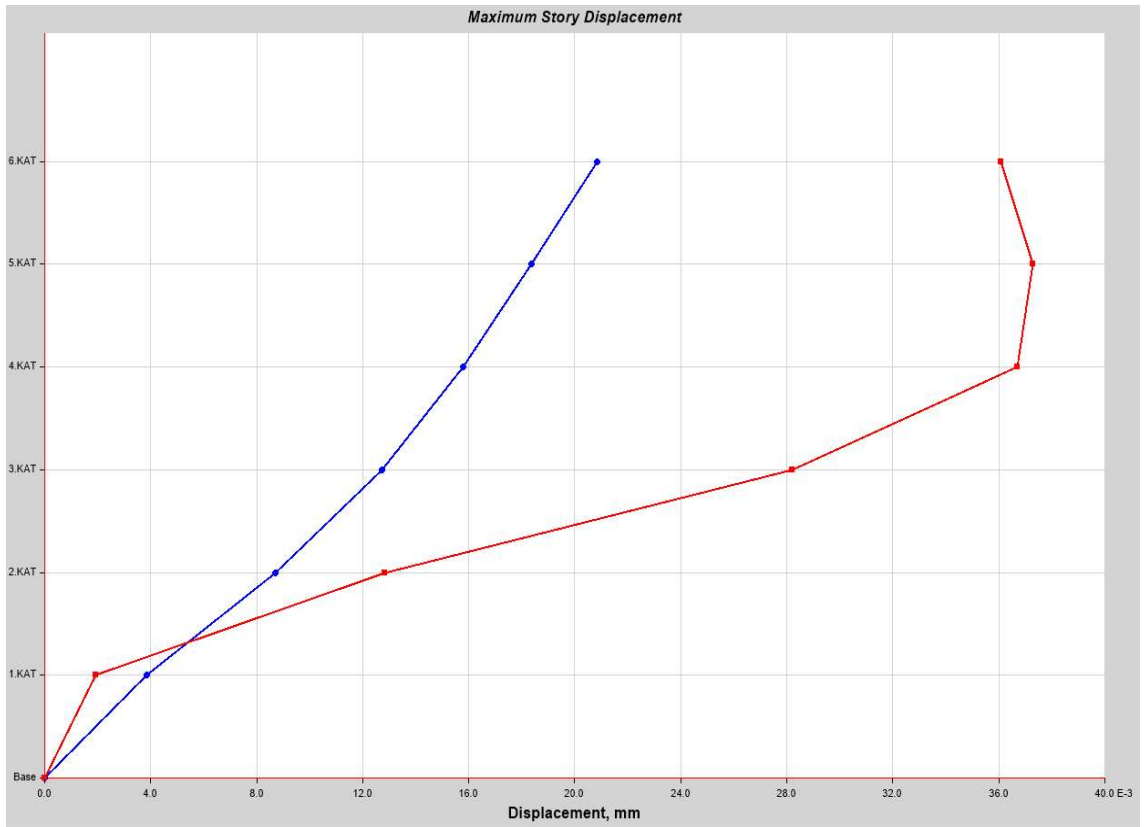


Şekil A.11. Northridge depremi sönüm enerjisi grafiği.

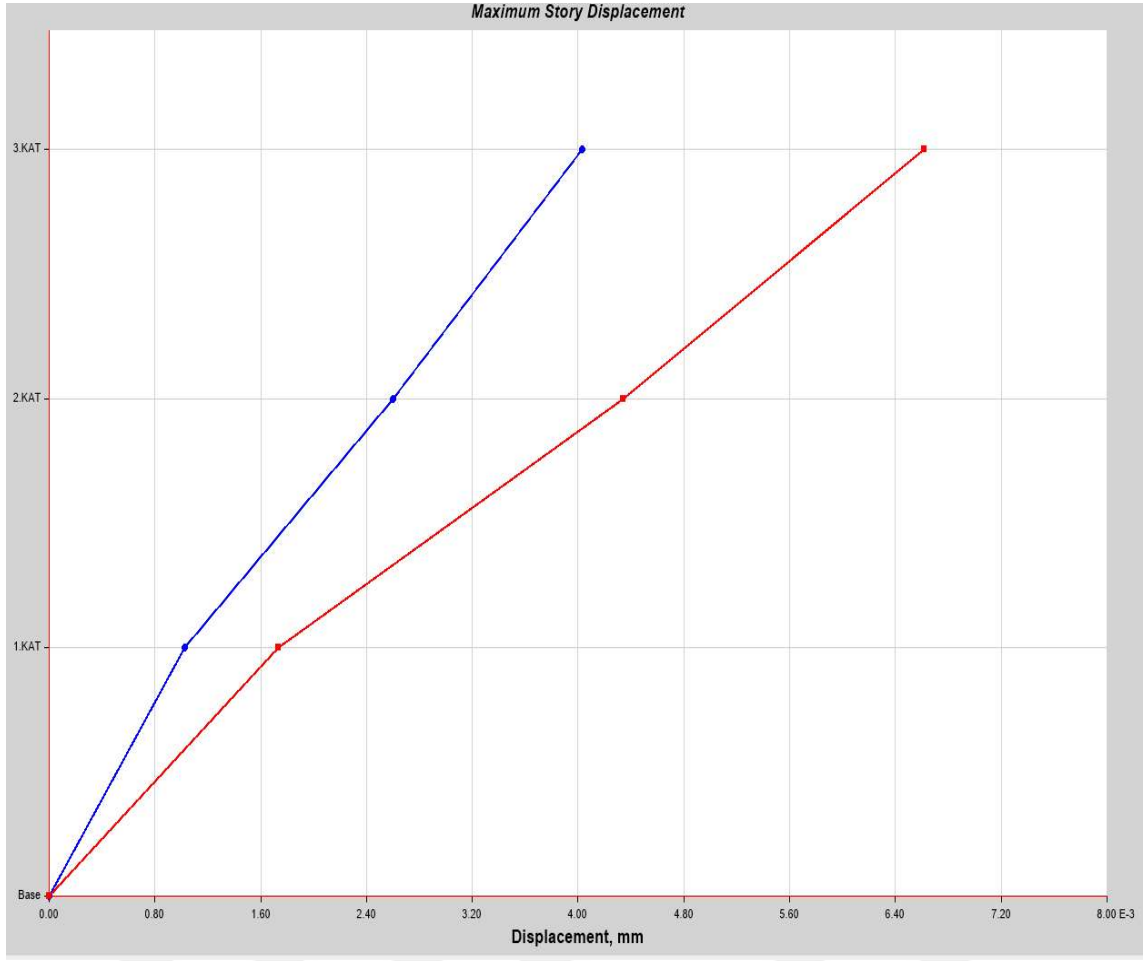
EK B : 3,6 ve 9 Katlı Yapılarda Maksimum Kat Deplasmanları



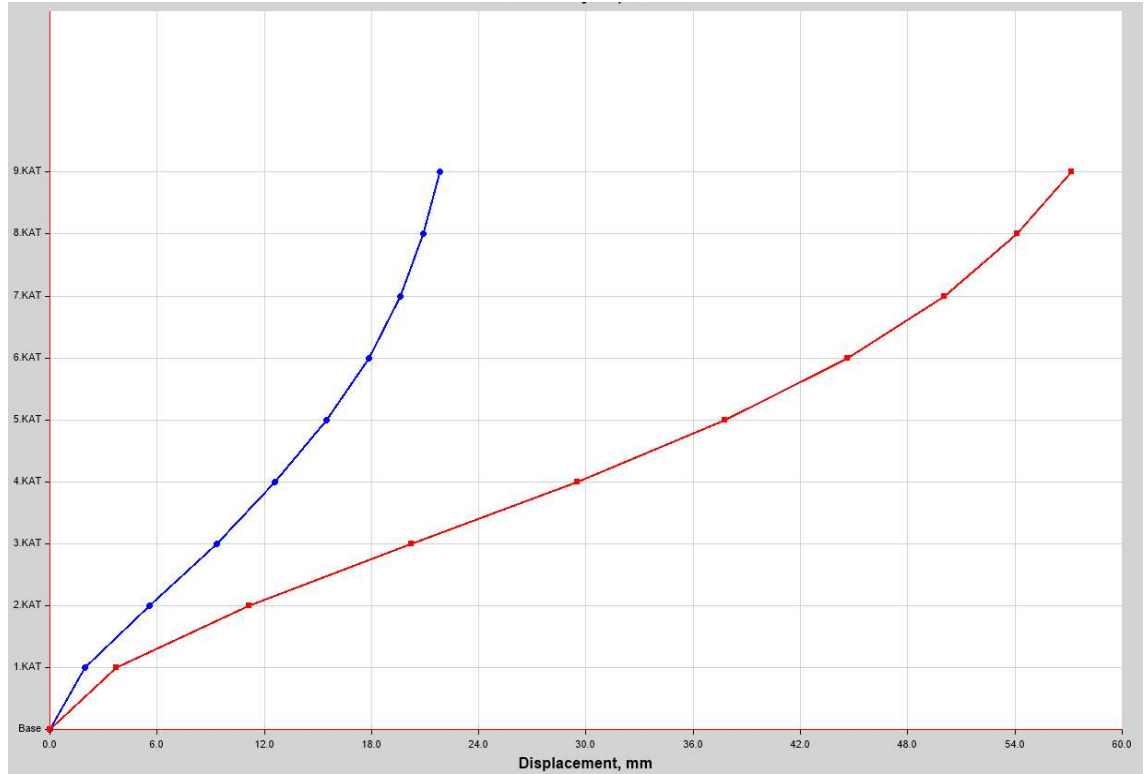
Şekil B.1. Düzce depremi 9 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



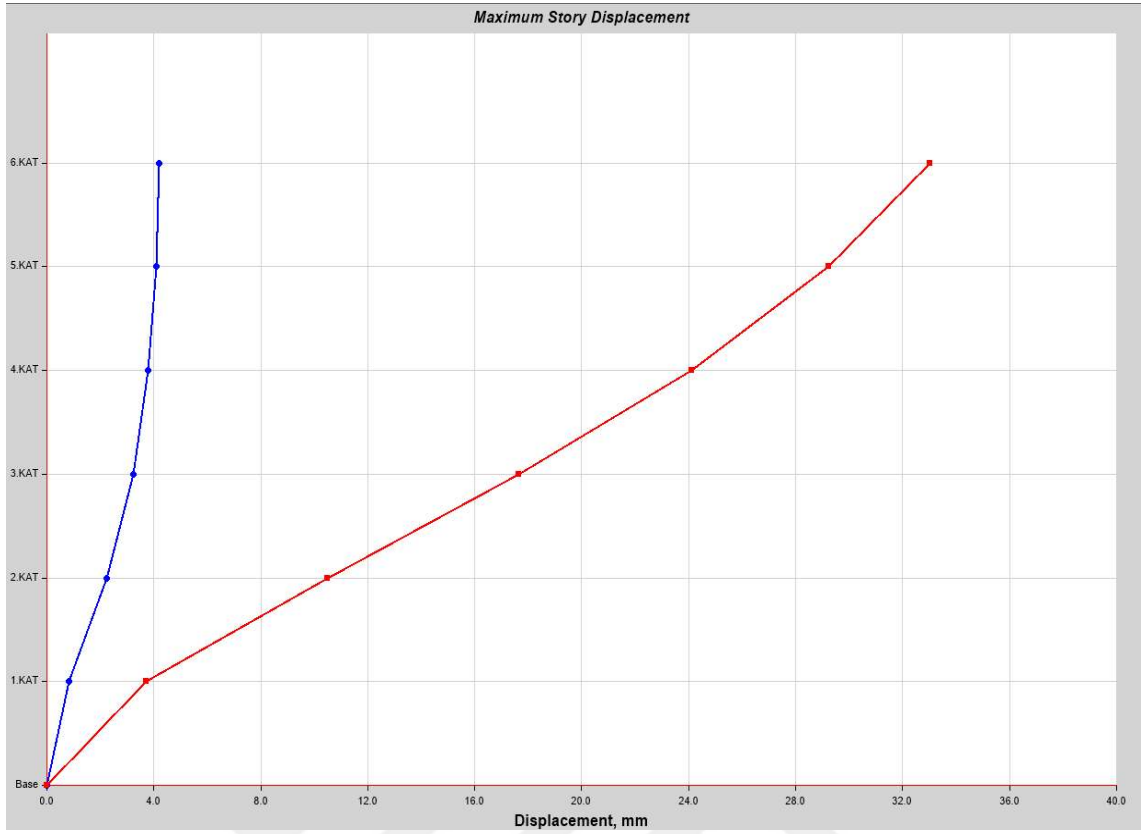
Şekil B.2. Düzce depremi 6 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



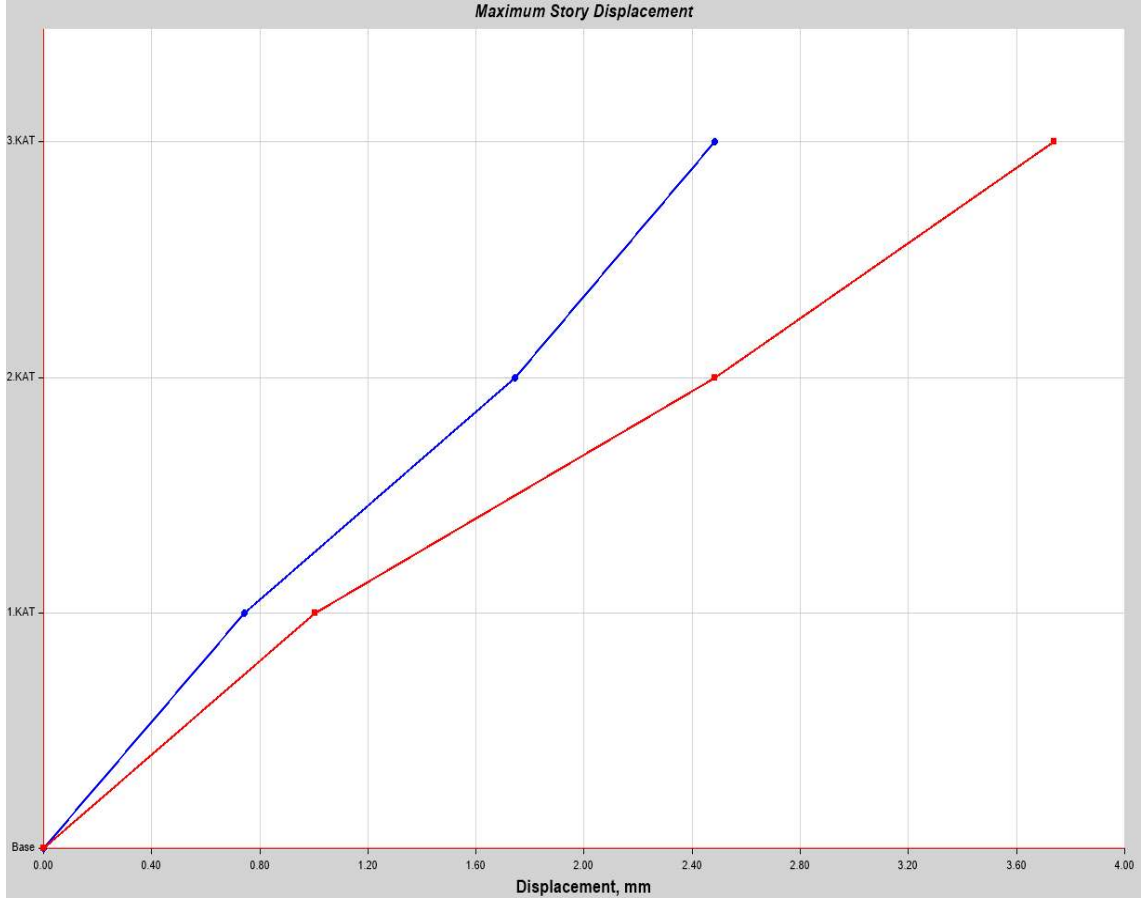
Şekil B.3. Düzce depremi 3 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



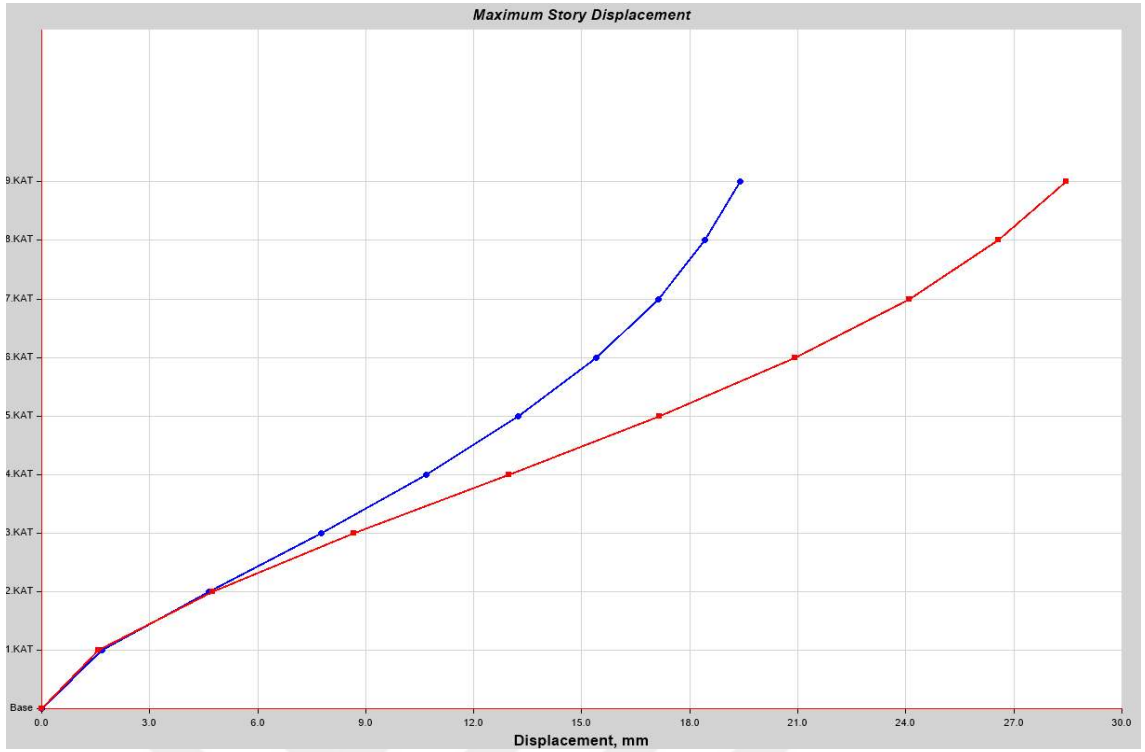
Şekil B.4. Erzincan depremi 9 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



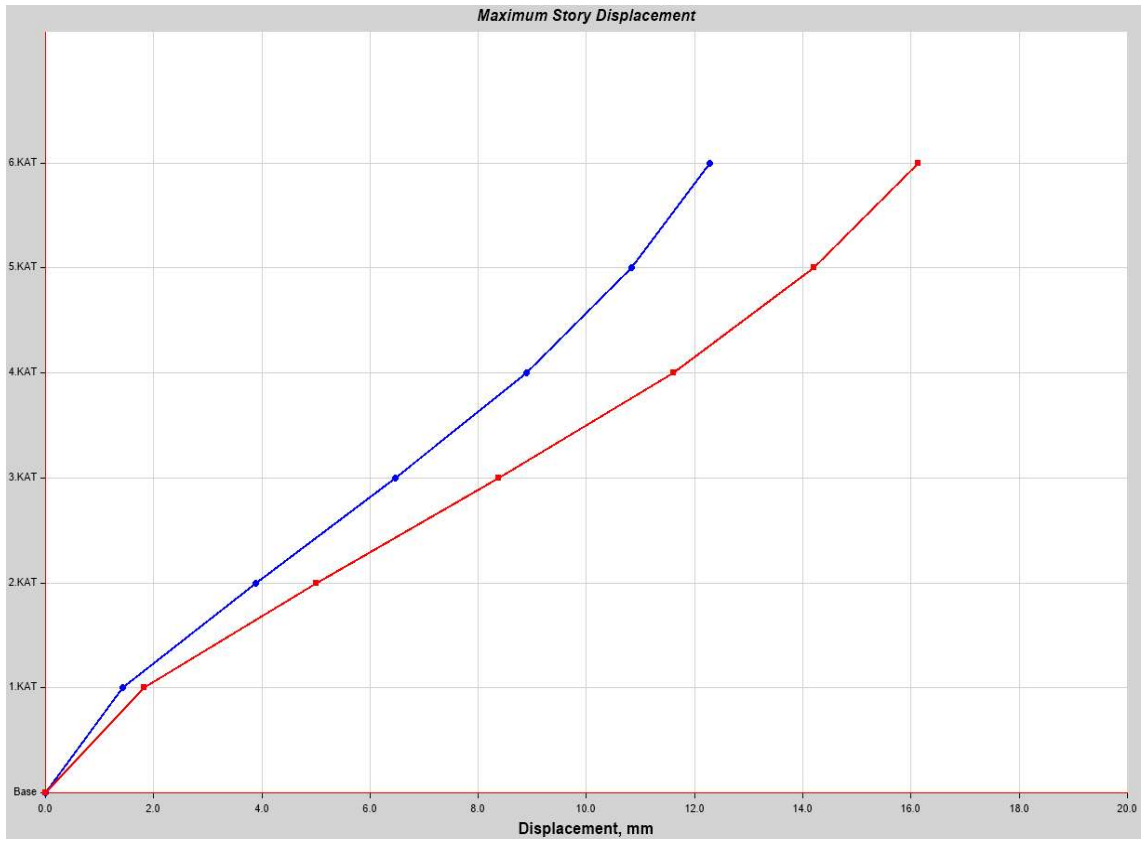
Şekil B.5. Erzincan depremi 6 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



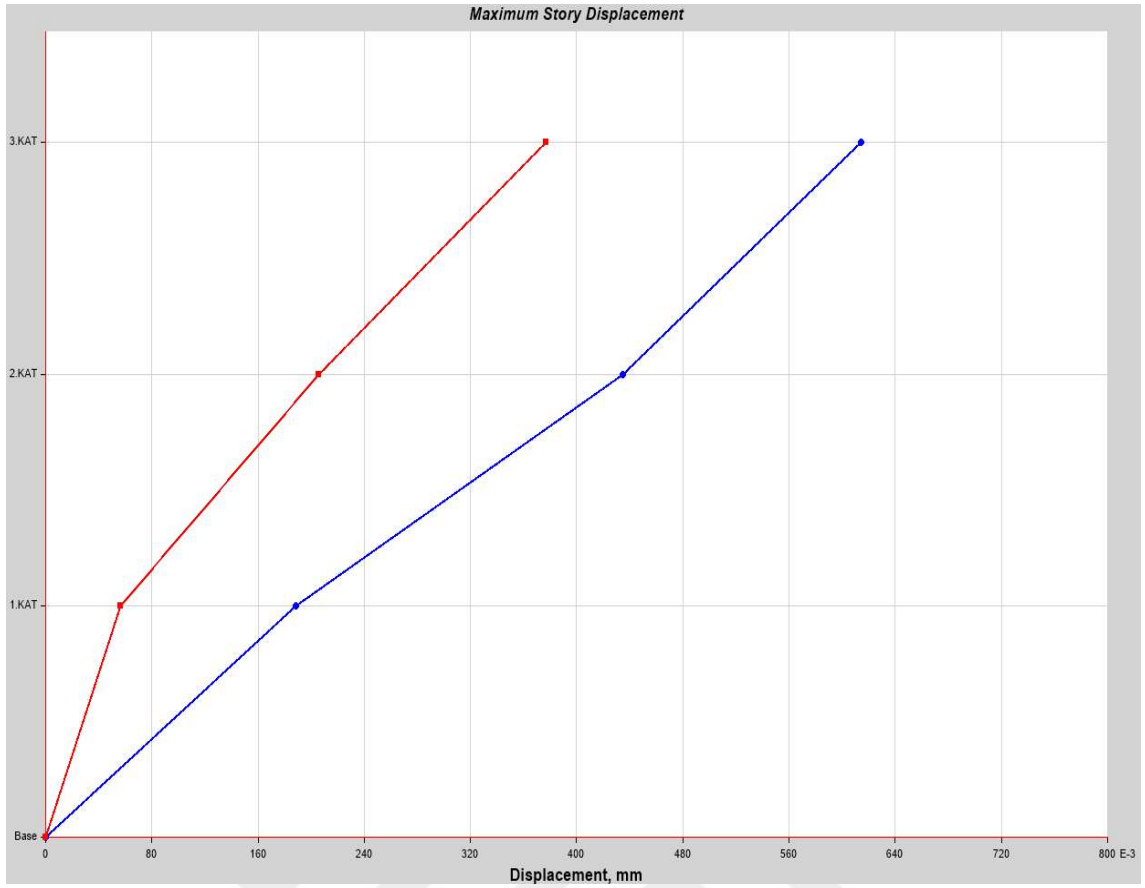
Şekil B.6. Erzincan depremi 3 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



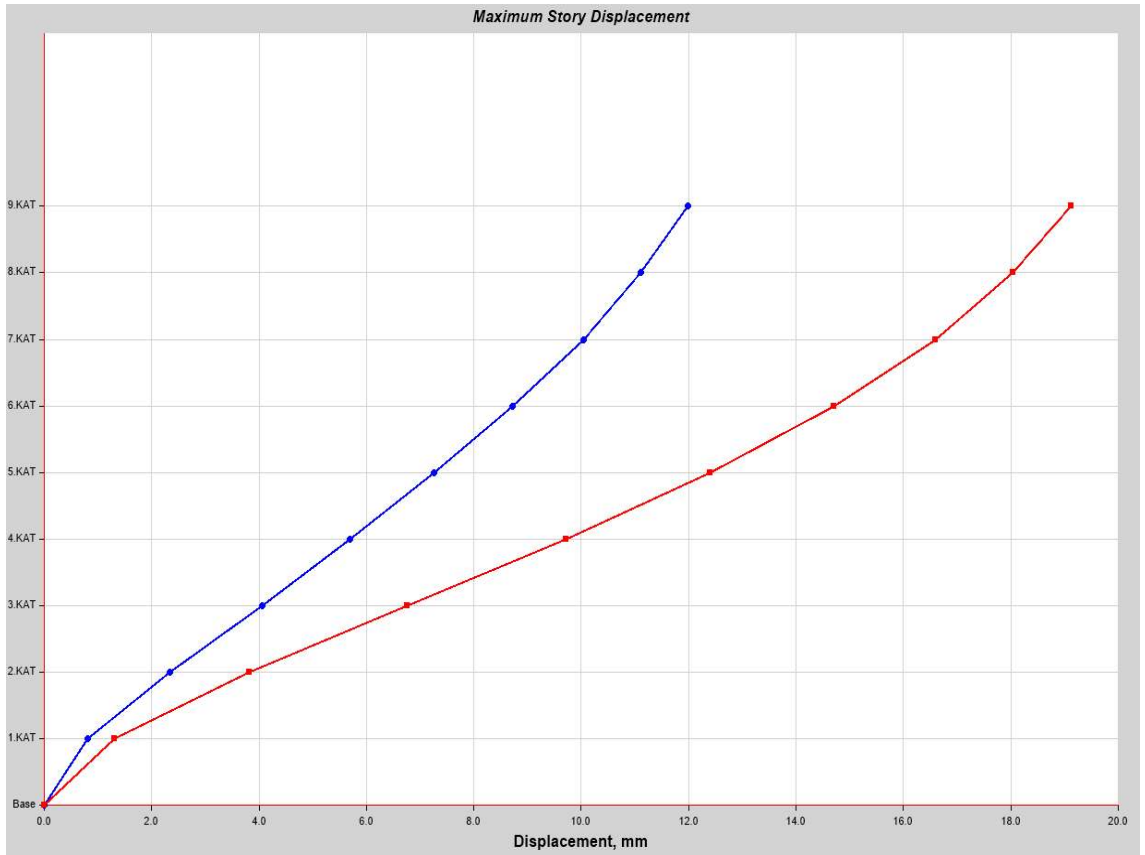
Şekil B.7. Kocaeli depremi 9 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



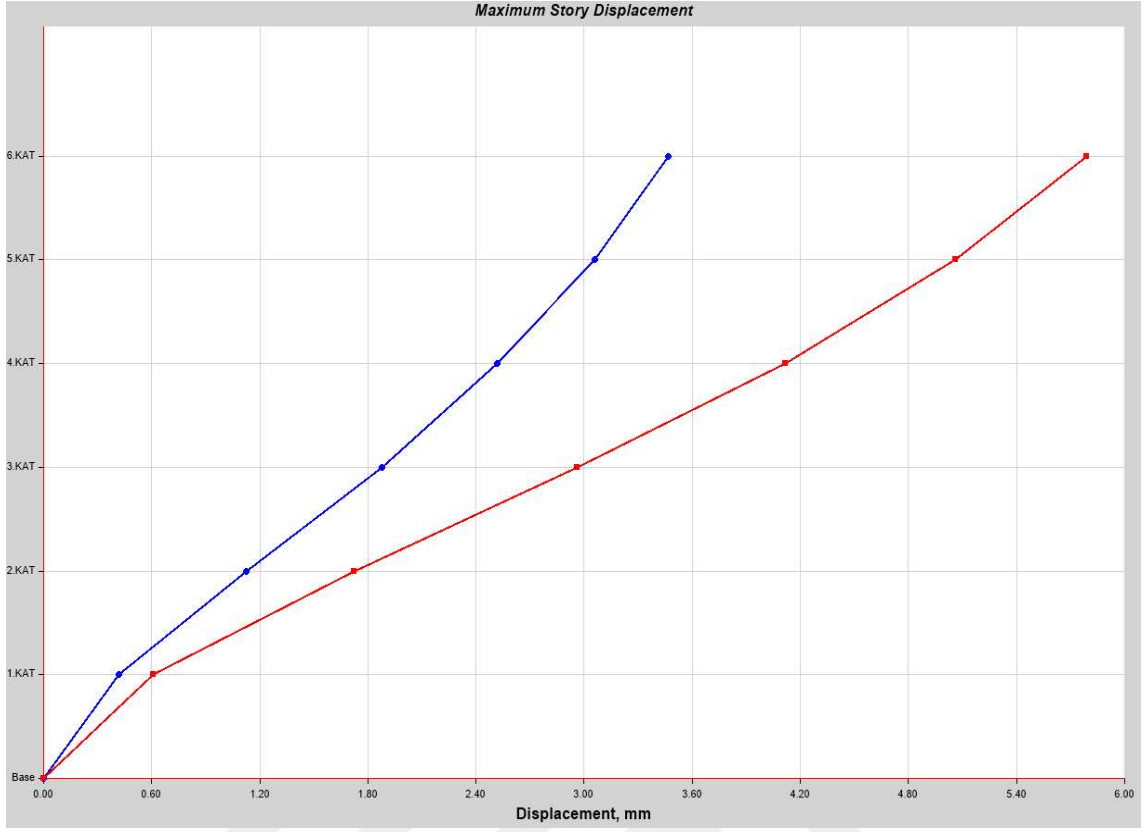
Şekil B.8. Kocaeli depremi 6 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



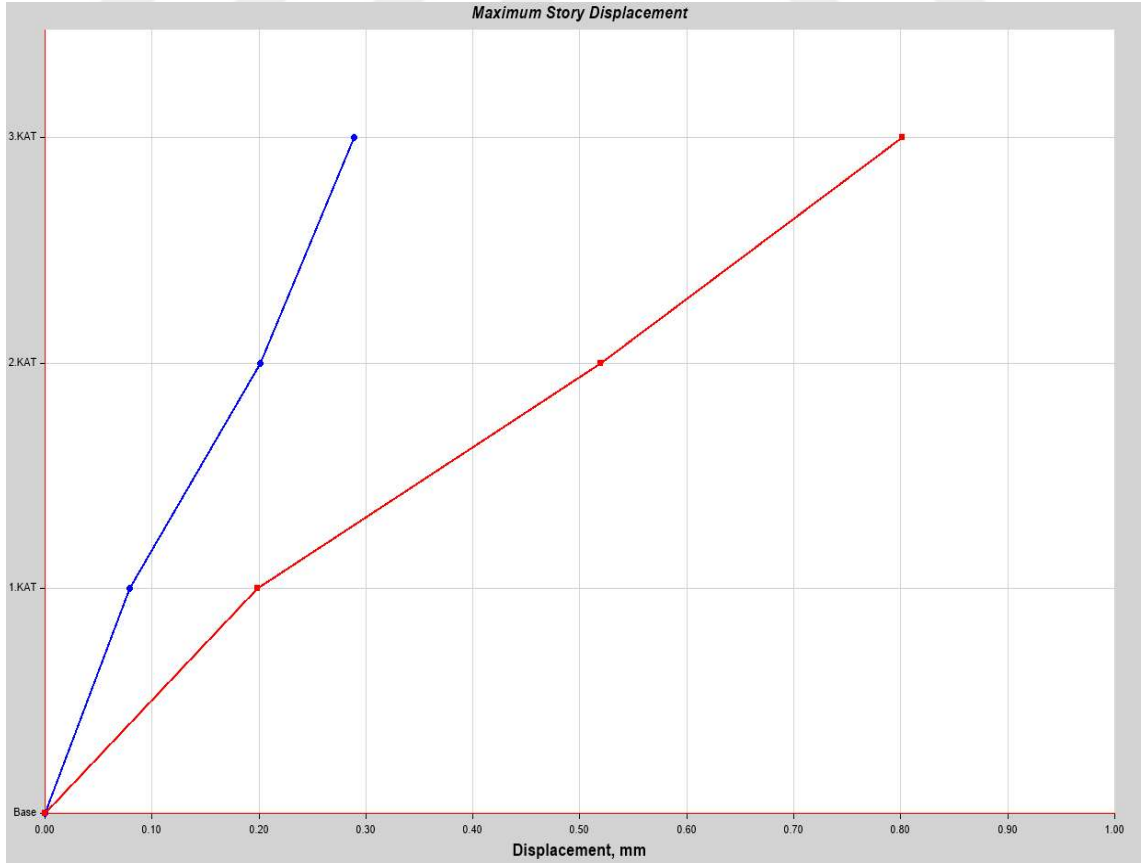
Şekil B.9. Kocaeli depremi 3 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



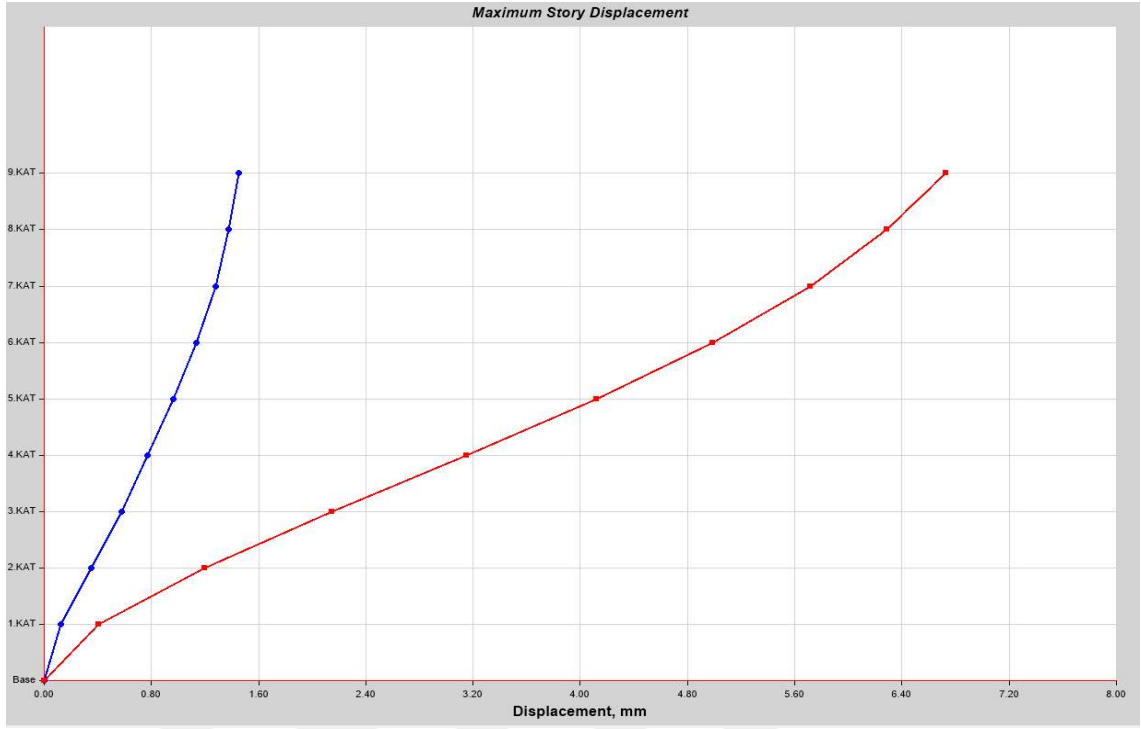
Şekil B.10. Kobe depremi 9 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



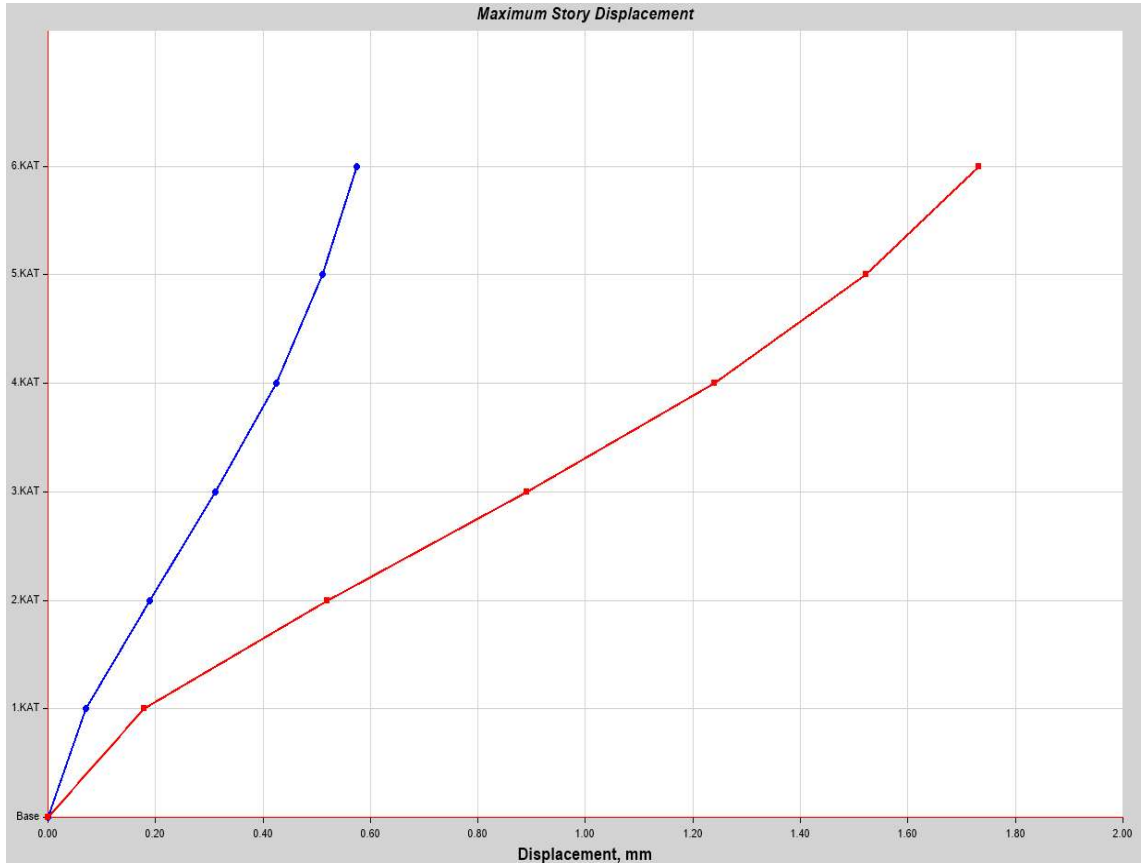
Şekil B.11. Kobe depremi 6 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



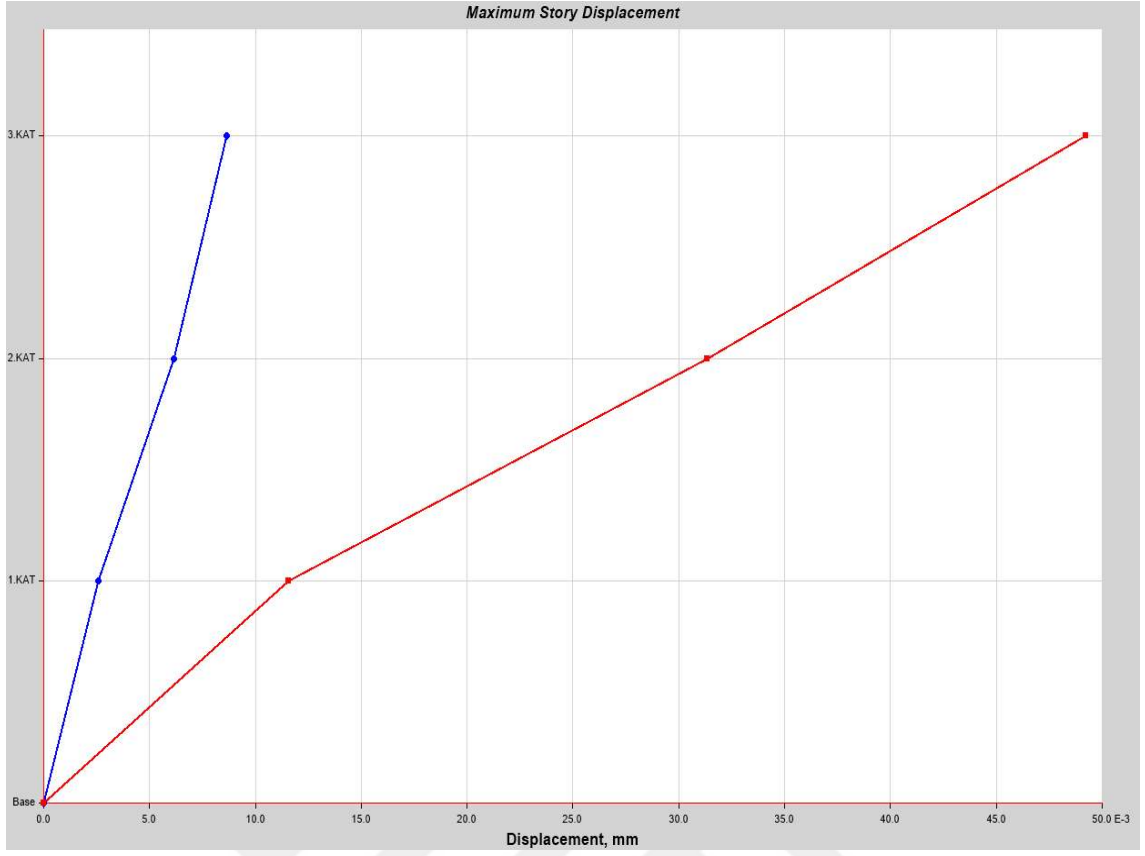
Şekil B.12. Kobe depremi 3 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



Şekil B.13. Landers depremi 9 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



Şekil B.14. Landers depremi 6 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.



Şekil B.15. Landers depremi 3 katlı yapı için maksimum kat deplasman grafiği.