

**BETONARME YÜKSEK YAPI/YAPILARIN PERFORMANS
ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

MUHAMMET FATİH MUTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BETONARME YÜKSEK YAPI/YAPILARIN PERFORMANS
ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammet Fatih MUTLU tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından
Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet Emin ARSLAN

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Sakarya Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 04/07/2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

04.07.2023

Muhammet Fatih MUTLU

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, gece gündüz demeden, mümkün olan her fırsatta değerli bilgilerini benimle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım, saygıdeğer hocam; Doç. Dr. Ahmet Hakan POLAT' a teşekkür ederim. Tez sürecinde tarafıma yardımını her fırsatta vermekten kaçınmayan, hocam Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR' a teşekkür ederim.

Özellikle tez çalışması sürecinde, tarafıma, elinden gelen desteği her fırsatta veren, işverenim Dr. Ziver Bülent ACAR' a ve iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Karşılaştığım her zorlukta yanımda olan, desteğini hep hissettiğim, dostum, kardeşim Ömer Faruk ÇELİK' e teşekkürü borç bilirim.

Hayatım boyunca ve bu çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, beni yetiştirip bugünlere gelmemi sağlayan ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme teşekkür ederim.

Lisans eğitimimden bugüne, desteğini esirgemeyen, iyi ve kötü günümde benimle olup derdimi paylaşan, eşim, yol arkadaşım, çok değerli Beyza MUTLU' ya teşekkür ederim.

04 Temmuz 2023

Muhammet Fatih MUTLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR.....	xvii
SİMGELER	xx
ÖZET	xxi
ABSTRACT	xxii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. TEZİN AMACI	2
1.2. LİTERATÜR ÖZETİ	2
2.BETONARME YÜKSEK YAPILARIN İNCELENMESİ	7
2.1.YÜKSEK YAPI TANIMI	7
2.2. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER	7
2.2.1. Çerçeve Sistemler	8
2.2.2. Perdeli duvarlı sistemler	8
2.2.3. Perde duvarlı-çerçeve sistemler	8
2.2.4. Çekirdek sistemler	9
2.2.5. Tüp sistemler	9
3.TBDY 2018'E GÖRE YAPI TASARIMI ESASLARI	9
3.1.DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ	10
3.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)	10
3.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)	11
3.1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)	11
3.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)	11

3.2.DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI	11
3.2.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu	12
3.2.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu	13
3.3.BİNA KULLANIM SINIFI	14
3.4.BİNA ÖNEM KATSAYISI.....	14
3.5.DEPREM TASARIM SINIFLARI	15
3.6.BİNA YÜKSEKLİĞİ	16
3.6.1. Bina Yükseklik Sınıfları	16
3.7.BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ	17
3.7.1. Kesintisiz Kullanım(KK) Performans Düzeyi	17
3.7.2. Sınırlı Hasar(SH) Performans Düzeyi	17
3.7.3. Kontrollü Hasar(KH) Performans Düzeyi	17
3.7.4. Göçmenin Önlenmesi(GÖ) Performans Düzeyi	18
3.8.BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ	18
3.9.DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI	18
3.10.BETONARME TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ETKİN KESİT RİJİTLİKLERİ	19
4. BETONARME YÜKSEK YAPI ÖZELLİKLERİ	19
4.1.BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	20
4.1.1. Bina Taşıyıcı Sisteminin Malzeme Özellikleri	27
4.2 HESAPTA KULLANILAN YÜK ETKİLERİ	27
4.3 BETONARME YAPININ İNŞA EDİLDİĞİ BÖLGEYE AİT BİLGİLER VE ZEMİN SINIFI	28
4.3.1. Deprem Tasarım Spektrumunun Belirlenmesi	28
4.4. BİNA KULLANIM SINIFI VE BİNA ÖNEM KATSAYISI	29
4.5. DEPREM TASARIM SINIFI.....	29

4.6. DAYANIM FAZLALIĞI VE TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI	29
5. BETONARME YÜKSEK YAPI MODELİNİN OLUŞTURULMASI	30
5.1.TAŞIYICI SİSTEM MATEMATİK MODELİ MODELLEME İLKELERİ	32
5.2.MODELLEME AŞAMALARI.....	32
5.2.1. Matematik Model modelleme İlkeleri	32
5.2.2. Doğrusal Olmayan Hesap İçin Modelleme Kabulleri	33
5.4. BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN MALZEME MODELLERİ	34
5.5. HESAPTA KULLANILAN YÜK ETKİLERİ	36
5.6. KOLON VE KİRİŞLERİN MODELLENMESİ	37
5.7. PERDELERİN MODELLENMESİ	42
5.8. PLASTİK MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN TANIMLANMASI	44
5.8.1. Kirişler için Plastik Mafsalları Tanımı	45
5.8.2. Kolonlar için Plastik Mafsalları Tanımı	50
5.8.3. Perde duvarlar için Plastik Mafsalları Tanımı	56
5.9. BETONARME PERDELERİN RESPONCE2000 ANALİZ PROGRAMINDA TANIMLANMASI	58
5.10. BETONARME PERDELER İÇİN KESME MAFSALI TANIMI.....	65
5.11. ETKİN KESİT RİJİTLİĞİ ÇARPANLARININ TANIMLANMASI	70
6. ANALİZ AŞAMALARI	75
6.1. LİNEER ANALİZ TASARIM AŞAMASI'	75
6.2. KAT KÜTLELERİ VE KAT AĞIRLIKLARI.....	75
6.3. BETONARME YAPI MODAL ANALİZ SONUÇLARI	76
6.4. GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ	78
6.5. TBDY 18'E GÖRE ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ.....	81

6.5.1. Seçilen Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi	82
6.5.2. Zaman Tanım Alanı (Time History) Analizi İçin Seçilen Kayıtların Yapısal Analiz Programına Tanıtılması	99
6.6. YAPI ANALİZ SONUÇLARI VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ	103
6.6.1. Taban Kesme Kuvvetleri	103
6.6.2. Göreli Kat Ötelenmeleri	127
6.6.3. Betonarme Kirişler İçin Performans Değerlendirmesi	136
6.6.4. Betonarme Kolonlar İçin Performans Değerlendirmesi	140
6.6.5. Betonarme Perdeler İçin Performans Değerlendirmesi	143
6.6.6. Kesme Mafsalı (Shear V2/V3) İçin Hasar Durum Değerlendirmesi	166
6.6.7. Eğilme Mafsalı (Fiber P-M2-M3) İçin Hasar Durum Değerlendirmesi	170
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	174
8. KAYNAKLAR	178
ÖZGEÇMİŞ	181

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1. TBDY18 Yatay elastik tepki spektrumu($S_{ae}(T)-T$)	12
Şekil 3.2. TBDY18 Yatay elastik tepki spektrumu($S_{de}(T)-T$)	13
Şekil 3.3. TBDY18 Düşey elastik tepki spektrumu($S_{aeD}(T)-T$)	14
Şekil.4.1. Taşıyıcı sistemin tipik kat kalıp planı.....	21
Şekil.4.2. Bodrum katlar kalıp planı	22
Şekil 4.3. Şişli Bomonti Yapı kesiti.....	23
Şekil.4.4. Betonarme yapı kesit gruplandırması	24
Şekil 5.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.....	27
Şekil 5.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan yapının bulunduğu bölge için değerlerin elde edilmesi	28
Şekil 5.3. Analizi yapılan yüksek yapının üç boyutlu görünüşü (SAP2000 Modeli).....	31
Şekil 5.4. Sargısız beton gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	35
Şekil 5.5. Sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	35
Şekil 5.6. Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme grafiği	36
Şekil 5.7. Betonarme kolon modelleme örneği.....	38
Şekil 5.8. Betonarme kolon modelleme örneği 'Section Designer'	38
Şekil 5.9. Poligon kolon modelleme örneği	39
Şekil 5.10. Betonarme kiriş modelleme örneği.....	40
Şekil 5.11. Betonarme kiriş modelleme örneği 'Section Designer'	41
Şekil 5.12. Betonarme çekirdek perdelerinin numaralandırması.....	42
Şekil 5.13. SAP2000 'Section Designer' Betonarme Perde Tanımı.....	43
Şekil 5.14. Rijit eleman özellikleri	44
Şekil 5.15. SAP2000 'Section Designer'da kiriş kesitinin modellenmesi.....	47
Şekil 5.16. SAP2000 'Section Designer'da kiriş elemanı için moment-eğrilik grafiğinin pozitif moment altında elde edilmesi.....	47
Şekil 5.17. SAP2000 'Section Designer'da kiriş elemanı için moment-eğrilik grafiğinin negatif moment altında elde edilmesi	48
Şekil 5.18. SAP2000 'Kirişler için plastik mafsalları tanımlama'	48
Şekil 5.19. SAP2000 M3 mafsalları için veri girişi 'MAFSAL 1'	49
Şekil 5.20. Betonarme kolonlar için mafsalları tanımlama örneği	50

Şekil 5.21. Eğilme etkisinde kolon için mafsal verilerinin girilmesi.....	51
Şekil 5.22. SAP2000 Interacting P-M2-M3 mafsal tanım verilerinin girilmesi.....	52
Şekil 5.23. SAP2000 Section designer Interacting surface sekmesinden P-M2-M3 diyagramının elde edilmesi.....	53
Şekil 5.24. SAP2000 User definition, Elastic –Perfectly Plastic seçeneklerinin işaretlenmesi	54
Şekil 5.25. SAP2000 Kolon mafsalı P-M2-M3 veri giriş ekranı.....	54
Şekil 5.26. SAP2000 Kolon mafsalı için eksenel yük değerlerinin girilmesi.....	55
Şekil 5.27. Perde-1 için Fiber Hinge özellikleri-Beton ve Çelik Donatı Alanı ‘cm’	56
Şekil 5.28. Fiber Hinge mafsal tanım örnek anlatım şeması	56
Şekil 5.29. Perde-1 Fiber Hinge(P-M2-M3) mafsal özelliklerinin SAP2000’de tanımlanması.....	57
Şekil 5.30. Perde2- RESPONSE2000’de beton,düşey ve yatay donatı çeliği tanımı	58
Şekil 5.31. Perde-2-RESPONCE2000 Sectional load sekmesinden V/M oranı girilmesi	59
Şekil 5.32. Perde-2 RESPONSE2000 Sectional response sekmesinden perde kesiti için davranış eğrilerinin elde edilmesi	60
Şekil 5.33. RESPONSE2000 verilerine göre kesme kuvveti-deformasyon grafiği	67
Şekil 5.34. RESPONSE2000 verilerine göre kesme gerilmesi-deformasyon grafiği	67
Şekil 5.35. Kesme mafsalı için giriş ekranı	68
Şekil 5.36. Kesme mafsalı ‘Shear V2/V3’ giriş ekranı.....	69
Şekil 5.37. Eksenel yük altında Myield, Mmax ‘Phi-yield(initial)’ ve ‘Phi-max’ değerlerinin okunması.....	70
Şekil 5.38. Farklı P değerlerine göre, Mmax ve Myield değerlerinin değişimi	72
Şekil 6.1. Betonarme yapı modeli için ilk üç mod şekli	76
Şekil 6.2. Göreli kat ötelemeleri	81
Şekil 6.3. DD-1 Deprem yer hareketi düzeyi yatay tasarım ivme spektrumu	82
Şekil 6.4. 11 deprem takımı için ölçeklenmemiş ivme kayıtları- H1 doğrultusu	84
Şekil 6.5. 11 deprem takımı için ölçeklenmiş ivme kayıtları- H1 doğrultusu	85
Şekil 6.6. 11 deprem takımı için ölçeklenmemiş ivme kayıtları- H2 doğrultusu	86
Şekil 6.7. 11 deprem takımı için ölçeklenmiş ivme kayıtları- H2 doğrultusu	87
Şekil 6.8. Imperial Valley depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’.	88
Şekil 6.9. Imperial Valley depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’.	88

Şekil 6.10. Trinidad depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	89
Şekil 6.11. Trinidad depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	89
Şekil 6.12. Erzincan depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	90
Şekil 6.13. Erzincan depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	90
Şekil 6.14. Kocaeli’Çekmece’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	91
Şekil 6.15. Kocaeli’Çekmece’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	91
Şekil 6.16. Kocaeli’Düzce’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	92
Şekil 6.17. Kocaeli’Düzce’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	92
Şekil 6.18. Hector Mine depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	93
Şekil 6.19. Hector Mine depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	93
Şekil 6.20. Düzce 1999 depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	94
Şekil 6.21. Düzce 1999 depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	94
Şekil 6.22. Chi-chi depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	95
Şekil 6.23. Chi-chi depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	95
Şekil 6.24. Landers-Yermo Fire Station depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	96
Şekil 6.25. Landers-Yermo Fire Station depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	96
Şekil 6.26. Kobe-Japonya depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	97
Şekil 6.27. Kobe-Japonya depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	97
Şekil 6.28. Düzce’Lamont’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’	98
Şekil 6.29. Düzce’Lamont’ depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’	98
Şekil 6.30. Lineer olmayan düşey yük tanım ekranı.....	99
Şekil 6.31. Ölçeklendirilen deprem ivme kayıtları için veri girişi.....	100
Şekil 6.32. Ölçekli deprem kayıtlarının ‘ivme-zaman’ tanım örneği ‘1108-H1’KOBÉ’	100
Şekil 6.33. H1 doğrultusu için lineer olmayan analiz tanım ekranı	101
Şekil 6.34. H2 doğrultusu için lineer olmayan analiz tanım ekranı	102

Şekil 6.35. Tanımı yapılan deprem ivme kaydı için periyot ve sönüm veri girişi	103
Şekil 6.36. Imperial Valley deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	105
Şekil 6.37. Imperial Valley deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	105
Şekil 6.38. Imperial Valley deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	106
Şekil 6.39. Imperial Valley deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	106
Şekil 6.40. Trinidad deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	107
Şekil 6.41. Trinidad deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	107
Şekil 6.42. Trinidad deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	108
Şekil 6.43. Şekil 6.41. Trinidad deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	108
Şekil 6.44. Erzincan 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	109
Şekil 6.45. Erzincan 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	109
Şekil 6.46. Erzincan 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	110
Şekil 6.47. Erzincan 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	110
Şekil 6.48. Kocaeli 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	111
Şekil 6.49. Kocaeli 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	111
Şekil 6.50. Kocaeli 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	112
Şekil 6.51. Kocaeli 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	112
Şekil 6.52. Kocaeli 'Düzce' deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	113
Şekil 6.53. Kocaeli 'Düzce' deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	113

Şekil 6.54. Kocaeli 'Düzce' deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	114
Şekil 6.55. Kocaeli 'Düzce' deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	114
Şekil 6.56. Hector Mine deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	115
Şekil 6.57. Hector Mine deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	115
Şekil 6.58. Hector Mine deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	116
Şekil 6.59. Hector Mine deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	116
Şekil 6.60. Düzce 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	117
Şekil 6.61. Düzce 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	117
Şekil 6.62. Düzce 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	118
Şekil 6.63. Düzce 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	118
Şekil 6.64. Chi-chi deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	119
Şekil 6.65. Chi-chi deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	119
Şekil 6.66. Chi-chi deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	120
Şekil 6.67. Chi-chi deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	120
Şekil 6.68. Landers deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	121
Şekil 6.69. Landers deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	121
Şekil 6.70. Landers deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	122
Şekil 6.71. Landers deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	122

Şekil 6.72. Kobe-Japonya deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	123
Şekil 6.73. Kobe-Japonya deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.....	123
Şekil 6.74. Kobe-Japonya deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	124
Şekil 6.75. Kobe-Japonya deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	124
Şekil 6.76. Düzce-Lamont deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.....	125
Şekil 6.77. Düzce-Lamont deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	125
Şekil 6.78. Düzce-Lamont deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği	126
Şekil 6.79. Düzce-Lamont deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları	126
Şekil 6.80. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum kat ötelenmeleri 'X yönü'	128
Şekil 6.81. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum kat ötelenmeleri 'Y yönü'	129
Şekil 6.82. 11 deprem takımı için (-) ve (+) göreceli kat ötelenmeleri 'X yönü'.....	130
Şekil 6.83. 11 deprem takımı için (-) ve (+) göreceli kat ötelenmeleri 'Y yönü'.....	131
Şekil 6.84. 11 deprem takımı için (-) ve (+) göreceli kat öteleme oranı 'X yönü'.....	132
Şekil 6.85. 11 deprem takımı için (-) ve (+) göreceli kat öteleme oranı 'Y yönü'.....	133
Şekil 6.86. 11 deprem takımı için, katlara göre (-) ve (+) maksimum göreceli kat öteleme oranlarının ortalamaları 'X yönü'	134
Şekil 6.87. 11 deprem takımı için, katlara göre (-) ve (+) maksimum göreceli kat öteleme oranlarının ortalamaları 'Y yönü'	135
Şekil 6.88. Yapı analiz sonuçlarında belirtilen kolon ve kiriş kesit isimleri.	137
Şekil 6.89. Düzce 1999 depremi (TH7-2) altında K11 kirişi eğilme mafsallı 'M3' davranış ekranı.	138
Şekil 6.90. Kat8-Perde-4 kesiti, kesme mafsallı örnek sonuç ekranı 'TH-5'.	167
Şekil 6.91. Kat7-Perde-4 kesiti, kesme mafsallı örnek sonuç ekranı 'TH-5'.	167
Şekil 6.92. Perde-4 için, $V_{TH}-V_{MAKS}$ grafiği'.	168
Şekil 6.93. Perde-9 için, $V_{TH}-V_{MAKS}$ grafiği'.	169
Şekil 6.94. Perde-5 kesiti Fiber P-M2-M3 mafsallı sonuç ekranı.....	169
Şekil 6.95. Fiber P-M2-M3 donatı çeliği davranış grafiği- Perde 5.	172
Şekil 6.96. Fiber P-M2-M3 sargılı beton davranış grafiği- Perde 5.	172
Şekil 6.97. Fiber P-M2-M3 donatı çeliği davranış grafiği- Perde 7.	173
Şekil 6.98. Fiber P-M2-M3 sargılı beton davranış grafiği- Perde 7.	173

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları.....	15
Çizelge 3.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS).....	16
Çizelge 3.3. Bina Yükseklik sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları.....	17
Çizelge 3.4. Deprem Tasarım Sınıflarına Göre yeni Yapılacak veya Mevcut binalar İçin Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları (BYS=1)	18
Çizelge 3.5. Betonarme Elemanların Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları (TBDY 18 Tablo4.2)	19
Çizelge 4.1. Kolon ve kirişlerin kat bazında değişimleri.....	24
Çizelge 4.2. Kolon kesitlerine ait donatı çeliği özellikleri	25
Çizelge 4.3. Perde kesitlerine ait donatı çeliği özellikleri	26
Çizelge 4.4. Betonarme yüksek yapı deprem düzeyleri için spektral değerler.....	29
Çizelge 5.1. Beklenen(ortalama) Malzeme Dayanımları (TBDY18 Tablo 5.1).....	34
Çizelge 5.2. Kiriş mafsalları için ‘M3’ mafsallı gruplandırması.....	46
Çizelge 5.3. Betonarme yapı modelinde perde elemanlara gelen ‘maksimum momente karşılık’ P,M,V değerleri (1-4.katlar)	61
Çizelge 5.4. Betonarme yapı modelinde perde elemanlara gelen ‘maksimum momente karşılık’ P,M,V değerleri (5-8.katlar)	62
Çizelge 5.5. RESPONCE2000 Betonarme perde analizlerinde kullanılan P’Eksenel yük’ ve V/M değerleri (1-4.katlar).....	63
Çizelge 5.6. RESPONCE2000 Betonarme perde analizlerinde kullanılan P’Eksenel yük’ ve V/M değerleri (5-8.katlar).....	64
Çizelge 5.7. RESPONCE2000 verilerinin elde edilmesi ve veri dönüşümü (Kat1-Perde2)	66
Çizelge 5.8. Kesme mafsalları için verilerin elde edilmesi.....	68
Çizelge 5.9. Özel dörtgen kolon-1 için, P:12635 KN Angle:0 için etkin kesit rijitlik değeri	71
Çizelge 5.10. 130*130 kolon için, P:15813 KN Angle:0/90 için etkin kesit rijitlik değeri	71
Çizelge 5.11. K1004 kirişi için, etkin kesit rijitlik değeri.....	72

Çizelge 5.12. Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolonların etkin kesit rijitliklerinin elde edilmesi	73
Çizelge 5.13. Yığılı plastik davranışa göre modellenen kirişlerin etkin kesit rijitliklerinin elde edilmesi	74
Çizelge 6.1. Betonarme yüksek yapı kat kütleleri(KN, ton).....	75
Çizelge 6.2. SAP2000 Lineer modele ait periyot ve kütle katılım oranları.....	77
Çizelge 6.3. Göreli kat ötelenme değerleri (X-X yönü)	79
Çizelge 6.4. Göreli kat ötelenme değerleri (Y-Y yönü)	80
Çizelge 6.5. Seçilen deprem kayıtları	83
Çizelge 6.6. Deprem kayıtları için, maksimum çatı ötelenmesi ve taban kesme kuvveti değerleri	104
Çizelge 6.7. Kiriş kesitleri için hasar durumu (TH 7-2 Düzce 1999).....	137
Çizelge 6.8. Betonarme kiriş kesitleri için analizler altında hasar durumları ve hasar yüzdesi	139
Çizelge 6.9. Beşgen tip kolonlar için 11 deprem takım analizi altında hasar bölgeleri	141
Çizelge 6.10. Dörtgen tip kolonlar için 11 deprem takım analizi altında hasar bölgeleri	142
Çizelge 6.11. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Imperiall Valley’ deprem ivme kaydı	144
Çizelge 6.12. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Imperiall Valley’ deprem ivme kaydı (90°)	145
Çizelge 6.13. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Trinidad’ deprem ivme kaydı	146
Çizelge 6.14. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Trinidad’ deprem ivme kaydı (90°)	147
Çizelge 6.15. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Erzincan 1999’ deprem ivme kaydı	148
Çizelge 6.16. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Erzincan 1999’ deprem ivme kaydı (90°)	149
Çizelge 6.17. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli 1999’ deprem ivme kaydı	150
Çizelge 6.18. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli 1999’ deprem ivme kaydı (90°)	151
Çizelge 6.19. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri Kocaeli ‘Düzce’ deprem ivme kaydı	152

Çizelge 6.20. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri Kocaeli ‘Düzce’ deprem ivme kaydı (90°)	153
Çizelge 6.21. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Hector Mine’ deprem ivme kaydı	154
Çizelge 6.22. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Hector Mine’ deprem ivme kaydı (90°)	155
Çizelge 6.23. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce 1999’ deprem ivme kaydı	156
Çizelge 6.24. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce 1999’ deprem ivme kaydı (90°)	157
Çizelge 6.25. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Chi-chi’ deprem ivme kaydı	158
Çizelge 6.26. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Chi-chi’ deprem ivme kaydı (90°)	159
Çizelge 6.27. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Landers’ deprem ivme kaydı	160
Çizelge 6.28. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Landers’ deprem ivme kaydı (90°)	161
Çizelge 6.29. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kobe-Japonya’ deprem ivme kaydı	162
Çizelge 6.30. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kobe-Japonya’ deprem ivme kaydı (90°)	163
Çizelge 6.31. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce-Lamont’ deprem ivme kaydı	164
Çizelge 6.32. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce-Lamont’ deprem ivme kaydı (90°)	165
Çizelge 6.33. TBDY-18’e göre V_{cr} hesabı	170

KISALTMALAR

ATC	Applied Tecnology Council
ASCE	American Society of Civil Engineers
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
CG	Can Güvenliği
CQC	Complete Quadratic Combination (Tam Kuadratik Birleşim)
DD	Deprem Yer Hareketi Düzeyi
DD-1	50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	50 yılda aşılma olasılığı %68 olan deprem yer hareketi düzeyi
DGT	Dayanıma göre Tasarım
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
FEMA	Federal Emergency Management Agency
GÖ	Göçmenin Önlenmesi
GÇ	Göçme Sınırı
KH	Kontrollü Hasar
KK	Kesintisiz Kullanım
SAP2000	Structural Analysis Program
ŞDGT	Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım
SH	Sınırlı Hasar
TBDY18	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018
TS500	Türk Standartı(Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları)

SİMGELER

<i>Ac</i>	Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit
<i>Ack</i>	Sargı donatısının dışından dışına alınan ölçü içinde kalan çekirdek beton alanı
<i>bw</i>	Kirişin gövde genişliği, perdenin gövde kalınlığı
<i>D</i>	Dayanım fazlalığı katsayısı
<i>E</i>	Elastisite modülü
<i>Ec</i>	Betonun elastisite modülü
<i>EdZ</i>	Tasarıma esas düşey deprem etkisi
<i>Ele</i>	Çatlamış kesit eğilme rijitliği
<i>Elo</i>	Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
<i>Es</i>	Donatı çeliğinin elastisite modülü
<i>F1</i>	1 saniye periyod için yerel zemin etki katsayısı
<i>fcc</i>	Sargılı beton basınç dayanımı
<i>fcd</i>	Betonun tasarım basınç dayanımı
<i>fce</i>	Betonun ortalama (beklenen) basınç dayanımı
<i>fck</i>	Beton karakteristik basınç dayanımı
<i>fco</i>	Sargısız betonun basınç dayanımı
<i>fctd</i>	Betonun tasarım çekme dayanımı
<i>fctk</i>	Betonun karakteristik çekme dayanımı
<i>Fs</i>	Kısa period bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
<i>fs</i>	Donatı çeliğindeki gerilme
<i>fsu</i>	Donatı çeliğinin kopma dayanımı
<i>fsy</i>	Donatı çeliğinin akma dayanımı
<i>fyd</i>	Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
<i>fye</i>	Boyuna donatının ortalama (beklenen) akma dayanımı
<i>fyk</i>	Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
<i>fywd</i>	Enine donatının tasarım akma dayanımı
<i>G</i>	Sabit yük etkisi
<i>Hcr</i>	Kritik perde yüksekliği
<i>hi</i>	i'inci katın yüksekliği
<i>Hi</i>	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
<i>HN</i>	Bina toplam yüksekliği
<i>I</i>	Bina önem katsayısı
<i>lp</i>	Plastik mafsallık boyu
<i>lw</i>	Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
<i>M</i>	Eğilme momenti
<i>mt</i>	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölümünün toplam kütlesi
<i>n</i>	Hareketli yük katılım katsayısı
<i>N</i>	Normal kuvvet, binanın kat adedi
<i>Nd</i>	Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisinde hesaplanan eksenel kuvvet
<i>q</i>	Hareketli yük

R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$Ra(T)$	Deprem yükü azaltma katsayısı
S_1	1.0 saniye periyod için harita spektral ivme katsayısı
$Sae(T)$	Yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$SaR(T)$	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_{D1}	1.0 saniye periyod için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	Kısa periyod bölgesi için tasarım spektral ivme katsayısı
S_S	Kısa periyod bölgesi için harita spektral ivme katsayısı
T	Doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_L	Yatay elastik spektrumda sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu
T_p	Binanın hâkim doğal titreşim periyodu
V_c	Betonun kesme dayanımına katkısı
V_d	Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisinde hesaplanan kesme kuvveti
V_i	Deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti
V_r	Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
V_t	Taban kesme kuvveti
$\delta_{i,max}$	Binanın i'inci katındaki görelî kat ötelemelerinin kattaki en büyük değeri
ε	Birim boy değişmesi
ε_c	Beton birim şekil değiştirmesi
ε_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ε_s	Donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesi
ε_{su}	Donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesi
ε_{sy}	Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi
η_{bi}	i'inci katta burulma düzensizliği katsayısı
θ_p	Plastik dönme
λ	Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan amprik katsayı
ξ	Sönüm oranı
ρ	Toplam boyuna donatı oranı
ρ_s	Toplam enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sh}	Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı
ϕ_p	Plastik eğrilik
ϕ_t	Toplam eğrilik
ϕ_y	Akma eğriliği
ϕ_y'	Kesitte ilk akmaya karşı gelen eğrilik
χ	Birim dönme (eğrilik)
χ_p	Kesitin eğilme momentine karşı gelen birim dönme

ÖZET

BETONARME YÜKSEK YAPI/YAPILARIN PERFORMANS ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Muhammet Fatih MUTLU

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR

Temmuz 2023, 180 Sayfa

Deprem riskinin her zaman var olduğu Türkiye’de ve birçok dünya ülkesinde, nüfusun hızlı artışı ve şehirleşme türü, beraberinde farklı yaşam alanları ihtiyaçları doğurmuştur. Ve dolaylı olarak yüksek katlı yapı türlerinin inşa süreci hız kazanmıştır. Yüksek yapıların inşa edilmesinin cazip hale gelmesiyle birlikte, yapıların deprem etkisi altında değerlendirilmesi, deprem mühendisliği açısından çok önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde sismik riski her daim bünyesinde barındıran ülkemizde ve birçok dünya ülkesinde, yüksek katlı yapıların deprem etkisi altındaki davranışları üzerine çalışmalar yapılmış, belli yönetmelikler yürürlüğe girmiştir. Özellikle TBDY18 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018)’de belirtildiği üzere, yüksek katlı yapıların analiz sürecinde, performansa göre tasarım öne çıkmaktadır. Performansa göre tasarım olarak ifade edilen, aslında, belirli etkiler altında yapının kapasitesinin, bina kullanım sınıfı ve performans düzeyi dikkate alınarak boyutlandırılması veya değerlendirilmesidir. Performansa göre tasarım, lineer ve lineer olmayan analiz olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir. Performansa göre tasarım dışında, ilgili deprem yönetmeliklerinde ifade edilen bir diğer tasarım şekli ‘şekil değiştirmeye göre tasarımdır. Bu çalışmada, Türkiye’de yapılmış, +144.01 m yüksekliğinde 41 katlı betonarme yapının performansa göre tasarım ışığında lineer olmayan analizi yapılmış, analiz sürecinde karşılaşılan ve benzer çalışmalarda ifade edilen tanım tipleri tartışmaya açılmıştır. Perde elemanların kesme ve eğilme mafsalları üzerine yorumlarda bulunulmuş, yönetmelikte belirtilen şartlar ve kesit analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. TBDY2018’e göre SAP2000 programında yapı modellenmiş, sonuçlar ifade edilmiş, şekil değiştirmeye göre tasarım için sağlanması gereken şartların uygulanma durumları açıkça ifade edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Betonarme yüksek yapı, Betonarme perde performans analizi, Kesme mafsallı, SAP2000, Yüksek yapı performans analizi

ABSTRACT

EVALUATION OF PERFORMANCE ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE HIGH STRUCTURES

Muhammet Fatih MUTLU

Duzce University
Graduate School, Department of Civil Engineering
MSC Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Ayhan ŞAMANDAR

July 2023, 180 Page

In Turkey, where the earthquake risk has always existed, and in many countries around the world, the rapid increase in the population and the type of urbanization have brought along the needs of different living spaces. And indirectly, the construction process of high-rise building types has accelerated. As the construction of tall structures has become attractive, the evaluation of structures under the influence of earthquakes has become a very important issue in terms of earthquake engineering. In our country, which has seismic risk at all times, and in many countries around the world, studies have been carried out on the behavior of high-rise buildings under the influence of earthquakes, and certain regulations have come into force. Especially as stated in TBDY18 (Turkey Building Earthquake Code 2018), design according to performance comes to the fore in the analysis process of high-rise buildings. What is expressed as design according to performance, in fact, is the dimensioning or evaluation of the capacity of the structure under certain effects, taking into account the building use class and performance level. Design according to performance is examined under two headings, linear and non-linear analysis. Apart from design according to performance, another design type expressed in the relevant earthquake regulations is 'design by deformation'. In this study, nonlinear analysis of the 41 storey reinforced concrete structure with a height of +144.01 m, built in Turkey, was made in the light of design according to performance, and the definition types encountered in the analysis process and expressed in similar studies were discussed. Comments were made on the shear and bending joint of the curtain elements, the conditions specified in the regulation and the results of the section analysis were compared. According to TBDY2018, the structure was modeled in the SAP2000 program, the results were expressed, and the conditions of application of the conditions required for the design according to deformation were clearly expressed.

Keywords: Reinforced concrete high structure, Reinforced concrete wall performance analysis, Shear hinge, SAP2000, High rise building performance analysis

1. GİRİŞ

Tarihsel süreç içerisinde, insanoğlu yapı ve inşa konularıyla hep iç içe olmuş, ihtiyaçları doğrultusunda farklı arayışlar içerisine girmiştir. Bu arayışlar tarihin her döneminde farklı şekilde inşa edilen yapılar ile kendini göstermiştir. Bu ihtiyaca paralel olarak sayısı her geçen gün artan yüksek katlı yapıların, mühendislik anlamında belli kurallar çerçevesinde yapılması adına belli yönetmelikler çıkarılmış, yönetmelikler dışında da yüksek katlı yapıların tasarımı ile ilgili görüşler ve çalışmalar yapılmıştır. Performansa göre ve şekil değiştirmeye göre tasarım olacak şekilde mühendisin önünde iki yol mevcuttur. Bu iki hesap yöntemi arasındaki seçimde, yapı, yapı özellikleri, yapının yapıldığı bölge özellikleri ve mühendisin, deprem etkisi altında, yapıdan beklentileri önem arz etmektedir.

Sanayi devriminden bugüne yaşanan olaylar, metropoller (gelişmişlik düzeyi yüksek şehirler)'de daha fazla olmak üzere, yapı inşa edilecek alanların azalması, nüfus artışının hızlanmasıyla farklı yaşam standartları ve çalışma alanlarının oluşturulma zorunluluğu, karma proje olarak adlandırdığımız alanlarda yüksek yapıların inşasını cazip hale getirmiştir. Başta Avrupa ve birçok gelişmiş dünya ülkelerinde yüksek yapı inşası bir güç göstergesi olarak algılanmakta, şehirler yüksek yapıların merkezi haline getirilmiştir. Günümüzde İstanbul İli başta olmak üzere, Türkiye'de de geçtiğimiz on beş yıl içerisinde inşa edilen 'yüksek yapı' olarak adlandırabileceğimiz yapı sayısı ciddi şekilde artmıştır. Bununla beraber bu yapıların inşa edilme süreçlerinin yönetimi ve uyulması gereken şartların düzenlenmesi gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

1.1. TEZİN AMACI

Teknolojinin gelişimi ve insanoğlunun yeni yaşam mekanları arayışının bir sonucu olarak karşımıza çıkan yüksek katlı yapılar, beraberinde tasarım ve hesap yöntemleri ile ilgili konuları da gündeme getirmektedir. Bu kapsamda 2018 yılı itibariyle yürürlüğe girmiş, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY18), göz önüne alınarak, yüksek katlı yapı olarak tanımlanabilecek Türkiye'de inşa edilmiş betonarme yüksek katlı yapının yer değiştirme ve şekil değiştirmeye göre performans analizinde doğrusal olmayan hesaplar yapılmıştır. Yönetmelikte farklı konular için ifade edilen şartlar ve modelleme de göz ardı edilmemesi gereken konular açıkça belirtilmiştir. Özellikle, yapının, analiz programı

SAP2000 v.20.2.0. da modellenmesi sırasında, yapılan belli kabuller ve yapıyı etkileme durumları tartışmaya açılmıştır. Dolayısıyla analizi yapılan yüksek katlı yapının performans durumu belli olurken, performansa ve şekil değiştirmeye göre tasarım yapılırken, TBDY18’de ifade edilen ve uyulması gereken belli şartlarda tartışılmış, önerilerde bulunulmuştur. Özellikle eğilme elemanı olarak karşımıza çıkan betonarme perdelerin tasarımı, modellenmesi ve hasar durumunun belirlenmesi konusu detaylı şekilde araştırılmıştır. Tez çalışmasının amacı, betonarme yüksek katlı bir yapının lineer olmayan analizi yapılırken, yapılması gereken tanımların gerçeğe uygunluğunu teyit etmek, yığılı ve yayılı plastisite esasına dayalı olarak yapılan ve bina performansını doğrudan etkileyen mafsalları tanımlarının, P-M2-M3, M3, V2 (Kesme/Shear mafsalı), Fiber(P-M2-M3), yapıyı oluşturan taşıyıcı elemanlardaki hasarı hangi seviyelere getirdiğini görebilmek, yüksek yapılarda modellenen perde elemanların kesme ve eğilme davranışlarını karşılaştırarak hasar durumunu görebilmek, zaman tanım alanında lineer olmayan analiz yöntemi aşamalarında sonuçlara etki edebilecek önemli modelleme noktalarını vurgulayarak, tasarım yapan mühendise fikir vermektir.

1.2. LİTERATÜR ÖZETİ

Özellikle betonarme yüksek katlı yapılan analizlerinde, artımsal itme analizleri veya zaman tanım alanında lineer olmayan analiz yöntemi sık tercih edilen yöntemlerdir. Bu çalışmada, model ve hesap yöntemlerine yön vermesi adına incelenen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Anwar ve Htut Aung (2009) tarafından yazılan, yüksek binaların artımsal itme ve lineer olmayan (nonlinear) analizi için perde duvarların modellenmesi adlı çalışmada, basit bir çerçeve modeli, bir fiber modeli ve perdeli-çerçevesi modellenen yapılarda lineer olmayan (nonlinear) analiz için perde duvarlarının modellenmesi ile ilgili yaklaşımlar sunulmaktadır. Perde elemanı için tanımlanan mafsalları uzunluğu ve yeri ile ilgili önerilerde bulunulmuştur [1].

Brueggen (2009), T şekilli betonarme perde elemanların çok yönlü yükleme altında performansı adlı çalışmada, farklı şekillere sahip betonarme perde elemanlarının (T şekilli), dikdörtgen şekilde oluşturulan perde elemanlara göre kesme, moment değerlerini karşılaştırılmış, 1 ve 2 (birbirlerine dik yatay iki doğrultu) yönlerinde yüklemeye maruz kalan sistemde, kesme ve moment mukavemeti davranışları incelenmiştir. Farklı şekilde oluşturulan perde elemanların moment kapasitesinin hangi yönde kuvvetli ve zayıf

olduğu konusunda görüş bildirilmiş, kesit ve sistem bazında alınması gereken tedbirler açıkça belirtilmiştir. İncelenen her iki çalışmada sistemin eğilmeden önce kesme kritik davranması önlenmiş, kesme kuvveti emniyeti sağlanmıştır [2].

A. Bhosale (2012), kesmeye maruz betonarme çerçevesi yapıların sismik değerlendirmesinde kesme mafsallının önemini göstermeyi amaçlamıştır. Çalışmada, kesme mafsallı tanımlanan ve tanımlanmayan iki betonarme yapı üzerinde çalışılmıştır. Sonuç olarak, kesme mafsallı tanımlı yapılmayan yapının, taban kesme kuvveti ve çatı katı yer değiştirmesi değerleri, kesme mafsallı tanımlı yapılan binaya göre fazla çıkmıştır. Yapılan statik itme analizi sonuçlarında, itme adımları değerlerinin ciddi derecede farklı olduğu, X ve Y yönlerinde yapı davranışının kesme mafsallı etkisiyle ciddi derecede değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kesme mafsallının kiriş ve kolon elemanlarında hangi noktalara tanımlanması gerektiği ifade edilmiştir. Nihai kesme dayanımı ve nihai deplasman değerleri için, uygulama modellerinin uygunluğu ile ilgili görüşte bulunulmuştur [3].

T. Balendra, A. Ahmed & K.H. Tan (2012) tarafından, Singapur Ulusal Üniversitesi'nde yapılan, kesme hasarına maruz binaların deprem performansı adlı çalışmada, yapı elemanlarında, kolonlarda(P-M2-M3) ve (V2), kirişlerde (M3), perdelerde(V2/V3) mafsallı tanımlı yapılmış, yapının kapasite eğrisi çizilmiştir. Kolonlarda ve perdelerde mafsallı yerleri ile ilgili önerilerde bulunulmuştur. Özellikle kesme hasarı göz önüne alındığında, yapının performans değişimi incelenmiş, kesme hasarı göz önüne alınmadığı durumla karşılaştırılmıştır. Kesme hasarı sonrası yapının performansı, depremde yapıdan beklenen talep ile karşılaştırılarak, modellemede kesme mafsallının muhtemel etkisi incelenmiştir [4].

UZUN (2014), Farklı döşeme sistemlerinin çok katlı bir binanın analiz sonuçlarına etkisi araştırılmıştır. Yüksek yapı analiz sonuçlarını değiştirecek en etkili kavramlardan biri olan yapı kütlesi ve taşıyıcı sistem rijitliğine bağlı olarak serbest titreşim periyotları değişkenlik göstermiştir. Dişli döşeme sisteminin, betonarme çok katlı bir yapı da kullanılması, yapı ağırlığını, diğer döşeme sistemi tanımlanmış yapılara göre arttırmış olup, kirişsiz döşeme sistemlerinde ağırlığın daha az olduğu belirlenmiştir . Buradan anlaşılaacağı üzere, seçilen döşeme tipine göre, yapı ağırlığı değişkenlik göstermekte, yapı üzerine gelen taban kesme kuvvetleri de değişkenlik göstermektedir [5].

Stana (2014), betonarme yüksek katlı bir yapının EUROCOD 8'e göre analizi yapılmış, plastik mafsal tanımları sonucunda yapının hangi seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek katlı yapının analizinde, P-D etkileri, modal itme ve nonlinear time history tipleri kullanılmış, sonuçlar belirtilmiştir. Yüksek katlı yapıda yapılan analizlere göre, P-D etkisinin göz önüne alındığı ve alınmadığı durumlar için taban kesme kuvvetleri, kat ötelenmeleri ciddi farklılık yaratmamıştır. Analiz sonuçlarındaki farkın maksimum %4 olduğu ifade edilmiştir [6].

Damião Bezelga (2015), (Coupling Beams of Shear Walls) adlı çalışmada, perde duvarları arasında bağlantı elemanı olarak kullanılan bağ kirişlerinin modellenmesi konusu incelenmiştir. Bağ kirişli bir model üzerinde yapının deprem performansı göz önüne alınmıştır. Farklı tip kiriş tasarımlarına göre, perdeler ve bağ kirişlerinin özellikle kesme davranışlarında etkili olan parametreler ifade edilmiş, yeterli enine donatıya sahip olmayan bağ kirişlerinin, yapının sismik performansını doğrudan etkilediği gözlemlenmiştir. Mevcut yönetmeliklerde bulunan, çatlamış kesit rijitliği değerlerinin, bağ kirişleri bağlamında geçerli olmadığı, kesme davranışının etkisindeki sistem için, bağ kirişleri için ayrıca bir kesit rijitliği tanımı yapılması önerilmiştir [7].

SARAL (2015), çalışmada, betonarme yapıların deprem performans analizinde kullanılan statik artımsal itme metodlarının, yüksek yapıların deprem performans çözümlemelerinde ki geçerliliği araştırılmıştır. 31 katlı yüksek bir yapı incelenmiş, artımsal itme ve zaman tanım alanında analiz yöntemleri uygulanmış, analiz sonuçları karşılaştırılarak geçerlilikleri hakkında yorumlar yapılmıştır. Alt katlarda 1.mod davranışı ile Zaman Tanım Alanı (ZTA) ile aynı sonuçların bulunduğu, ancak üst katlarda kesme kuvveti ve göreceli kat ötelenme değerleri gibi birçok karşılaştırmada değerin farklı çıktığı gözlemlenmiştir. Buna en büyük neden olarak 1.mod hakimiyetinin üst katlarda düşük olduğu yorumu yapılmıştır. Dolayısıyla artımsal itme analizi, yüksek katlı yapıların deprem performansının belirlenmesinde, birçok parametrede ZTA'ya göre emniyetsiz olduğu sonucu vurgulanmıştır [8].

YÜKSELEN (2015), 'Betonarme perde duvarlı çelik-beton kompozit binanın sismik performansı' adlı çalışmada, perde elemanları betonarme, kolon, kiriş elemanları çelik olacak şekilde yapı oluşturulmuştur. EUROCOD 8'e göre lineer olmayan statik itme analizi yapılmış; betonarme ve çelik elemanlarla oluşturulan yapının performans analizi

incelenmiştir. Zaman tanım alanında analiz ve artımsal itme analizine göre, yapının hedef ve talep deplasman değerleri ölçülmüştür. Yapının performans analizi, her iki analize göre karşılaştırılmış, betonarme perde elemanların kuvvetli ve zayıf yönlerindeki davranışlar için tespitlerde bulunulmuştur. Betonarme perde elemanlar, yer değiştirme esaslı modellenmiş, bu modelleme tipinin perde elemanlar için en doğru modelleme olduğu ifade edilmiştir [9].

BUDAK (2015), 34 katlı simetrik olmayan yüksek katlı bir yüksek yapı analizi gerçekleştirilmiş hem yapının servis düzeyi hem de göçme durumları için, lineer olmayan zaman tanım alanında analizler kullanılarak hedef performans seviyesi, toplam da yedi farklı zemin hareketi altında incelenmiştir. Göreli kat ötelenmeleri ve göreli kat ötelenmeleri oranlarına, yüksek modların etkisinin önemi belirtilmiştir. Yüksek yapıların lineer olmayan analizlerinde, deprem yüklerinin büyük bir kısmını perdelerin eksenel yüke bağlı olarak performans sonuçlarının değiştiği ifade edilmiş, yönetmeliğe uygun dizaynı yapılan yüksek yapının, seçilen deprem kayıtları altında, yeteli dayanımı sağlamadığı görülmüştür. Betonarme perdeler için kritik yük seviyesinin eksenel yük olduğu görüşü belirtilmiştir [10].

DADAŞ (2017) farklı taşıyıcı kesitlerin oluşturduğu sistemlere sahip betonarme yüksek binaların deprem performanslarının incelenmesi üzerine yapılan çalışmada, yapısal taşıyıcı kesitlerin analiz programındaki tanımlarına ve lineer olmayan yapı analiz modelinin oluşturulmasında dikkat edilecek önemli hususlara değinilmiştir. Çalışmada çerçeve sistem, perdeli çerçeve sistem ve sadece perdeli taşıyıcı sistemi olan yüksek katlı üç bina analizi yapılmıştır. Analizler sonucu ortaya çıkan sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Hasarların bina zemininde yoğunlaşması, analizi yapılan binalarda bodrum kat modellenmemesine bağlı olduğu savunulmuştur. Yüksek katlı yapılarda baza bölgesinin modellenmesi, zemin seviyesindeki devrilme momentlerini ciddi derecede azaltmaktadır. Tasarım koşullarını sağlamak ve optimum taşıyıcı sistemi seçmek adına, sadece çerçeve sistem veya sadece perdeli sistem seçimi önerilmemiştir. Karma taşıyıcı sistem seçimi(perdeli çerçeve sistem) önerilmiştir [11].

DURSUN (2018), yapısal duvarların doğrusal olmayan modellemesi üzerine karşılaştırmalı çalışmada, perde duvarlar için farklı doğrusal olmayan modelleme yaklaşımlarının karşılaştırması yapılmıştır. Perde elemanları için ortaya konulmuş olan farklı tasarım önerileri ile tipik perde düzenleri tasarlanmış ve ortaya çıkarılan doğrusal

sonuçlar ile teorik çözümler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sonlu eleman tasarımı yaklaşımının perde elemanların doğrusal analizi için kabul edilebilir bir doğruluğa sahip olduğunu göstermiştir. Fiber modelin, yapısal perde elemanları için en iyi modelleme olduğu ifade edilmiş, bununla birlikte, fiber modelin, yapının kesme ve eğilme davranışına tek başına etki edemeyeceği belirtilmiştir [12].

TOPÇU (2019) Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile betonarme yüksek yapıların deprem performanslarının belirlenmesi adlı çalışmada, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY18)'ne göre 108 m yüksekliğinden yüksek bir binanın deprem performansı incelenmiş, DBYBHY 2007'ye göre modellenen aynı model de, kiriş, kolon ve perde elemanlar için, kesme, moment ve eksenel yük değerleri karşılaştırılmış, taşıyıcı elemanların hasar bölgeleri gösterilmiş, etki/kapasite grafikleri verilmiştir. Göreli kat ötelemesi grafiği karşılaştırmalı şekilde ifade edilmiştir. Deprem yükünün büyük çoğunluğunu karşılayan perde elemanlar ve bağ kirişleri için tespitlerde bulunulmuş, yüksek yapı performans analizinde kullanılan üç tasarım aşaması detayları ifade edilmiştir. Etki/kapasite değerlerinde en etkili kesit olarak perde elemanları tespit edilmiş, bina taşıyıcı sistem seçiminde, perde ve bağ kirişi elemanların boyut seçiminde taviz verilmemesi/asgari koşulların sağlanması gerektiği vurgulanmıştır [13].

AKBAş (2020), bağ kirişlerinin, iki farklı bina üzerindeki etkisini araştırmış, modal analiz sonuçlarını incelemiştir. Bağ kirişlerinin boyutları ve yerleri değiştirildiğinde, yapı modal analiz sonuçları değişkenlik göstermiştir. Bağ kirişleri kendi çalışma doğrultularında yapıların dinamik özelliklerini etkilemektedir. Bağ kirişleri ile bağlı olmayan iki bina üzerindeki taban kesme kuvveti, bağ kirişleri ile bağlı olan sisteme gelen taban kesme kuvvetinden fazla çıkmıştır [14].

2. BETONARME YÜKSEK YAPILARIN İNCELENMESİ

2.1. YÜKSEK YAPI TANIMI

Yapı mühendisliği açısından bir yüksek yapı, belirlenen mukavemet, öteleme ve işletme ölçülerine uyarak yatay rüzgâr ve deprem yüklerine dayanacak ve yeterince ekonomik olacak şekilde yapısal taşıyıcı sistemi düzenlenecek bir yapıdır (Hasgür, 1996).

Hemen hemen her belediyenin imar yönetmeliğinde yüksek yapı şu şekilde tanımlanmaktadır. ‘Fiziksel çevre şehir dokusu ve birçok şehrsel altyapı yönünden genel olarak yakın ve uzak çevresini etkileyen bir yapı türüdür.’

İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği’nin son taslağında belirtildiği üzere, tamamı yer altında olan ve binayı tümü ile kuşatan yüksek yatay rijitlikli çevre perdelerine sahip bodrum katları hariç olmak üzere, en düşük yer seviyesinden itibaren yüksekliği en az altmış metre olan binalar yüksek yapı olarak tanımlanır [15]. İzmir Yüksek Yapılar Yönetmeliği’nde ise; ‘son kat tavan döşeme kotu 30,8 metreyi ve/veya bodrum kat dahil olmak üzere toplam kat adedi on üçü aşan (13 kat hariç) yapılar yüksek yapı olarak kabul edilir.’ ifadesi yer almaktadır.

2.2. BETONARME YÜKSEK YAPILARDA TAŞIYICI SİSTEMLER

Yüksek yapılar için, taşıyıcı sistem hakkında karar verilirken, etkilere karşı (düşey ve yatay yükler) binanın davranış şekli, kullanım amacı, hizmet kalitesi, yapının narinlik oranı, zemin emniyeti, bina-zemin etkileşimi, arsa maliyeti, taşıyıcı sistem malzemesi, mimari tasarım, mimari tasarımın taşıyıcı sistemle uyumu gibi etkenler dikkate alınmalıdır. Yüksek yapılara etki eden yatay ve düşey kuvvetlerin aktarılmasında kullanılan taşıyıcı sistem tipleri, çerçeve sistem, perde duvarlı sistem, perdeli-çerçeve sistem, çekirdek sistem ve tüp sistem olarak sınıflandırılabilir.

2.2.1. Çerçeve Sistemler

Betonarme taşıyıcı elemanların (kolonlar, kirişler ve/veya döşemeler) tek dökümde imal edilmesiyle, çerçeve sistem tipi ortaya çıkmaktadır. Bu sisteme sahip, çok katlı olmayan betonarme yapılar özellikle yaşanan son depremlerde en fazla hasar gören ya da yıkılan sistem şekli olmuştur. Çerçeve sistem tipindeki yapıların, deprem etkisi altında enerji tüketme kapasiteleri, diğer taşıyıcı sistemlere göre azdır. Türkiye Bina Deprem

Yönetmeliği'nde çerçeveli sistemlerin enerji tüketme güçlerini artırmak için kolon ve kiriş boyutlarına, donatılarına ve etkisinde kaldıkları yük etkilerine birçok sınırlama getirilmiştir. İlgili şartlara uygun yapı tasarımı yapılsa da, çerçeveli sistem betonarme yapıların deprem bölgelerinde çok katlı şekilde inşa edilmemeleri konusunda görüş olduğu genel bir kanı olduğu söylenebilir.

2.2.2. Perde duvarlı sistemler

Betonarme perde duvarlar, düşey taşıyıcı elemanlar olup, düşey yükleri zemine aktarmakla birlikte, deprem etkisi altında yapıların yatay ötelenmelerini sınırlandırır. Perde duvarlı yapıların, deprem etkisi altında elastik enerji tüketme kabiliyetleri, çerçeveli yapıların enerji tüketme kabiliyetlerine göre önemli miktarda yüksektir. Betonarme perde duvarlarda, yatay ötelenme değerleri yükseklikte doğru orantılıdır. Ancak yine de, ötelenme değerleri, çerçeveli yapılara göre göreceli olarak genellikle daha düşüktür.

2.2.3. Perde duvarlı-çerçeveli sistemler

Betonarme taşıyıcı sistemin hem perde duvar hem de çerçeve sistemler ile oluşturulduğu sistemlerdir. Yüksek olmayan kat sayısı az perde duvarlı-çerçeveli yapılarda, deprem yüklerinin büyük bir kısmı perdeler ile karşılanmaktadır. Taşıyıcı sisteminin perde duvarlı-çerçeveli olduğu çok katlı yapılarda, yükseklik arttıkça üst katlarda bulunan perdelerin yatay yük değerleri azalmakta, çerçeveler daha etkili olmaktadır.

2.2.4. Çekirdek sistemler

Birden fazla betonarme perde kolunun birleştirilmesiyle oluşturulan çekirdek tip taşıyıcılar, iki doğrultuda da perde duvar şeklinde davranırlar. Kat düzensizliği bulunmayan apartman veya yüksek katlı yapılar için uygun bir uygulamadır. Taşıyıcı sistem açısından perde ve kat planında alana ihtiyaç duyulduğunda tasarlanır. Yapının mimari detayları ve kullanımıyla ilişkili olarak; iç veya dış bölgede, biçimi birbirinden farklı bir veya birden fazla, simetrik veya simetrik olmayan çekirdek tip taşıyıcılar kullanılabilir.

2.2.5. Tüp sistemler

Tüp taşıyıcı sistemler, yatay yük taşıyıcı elemanları boşluklu dikdörtgen halka tüp olarak düşünülebilen ve yapının dış yüzüne kısa aralıklarla yerleştirilen kolonlar ve bu kolonları kat seviyelerinde bağlayan kirişlerden oluşan sistemlerdir. Bu sistemlerde yatay yükün büyük bir kısmını, cephede bulunan dış tüp karşılar.

3. TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ-2018 (TBDY-18)'E GÖRE YAPI TASARIMI ESASLARI

TBDY 2018'de, yapı taşıyıcı sistemlerinin modellenmesi için deprem etkisi altında iki temel yaklaşımdan biri olan *Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme Tasarım* (ŞGDT) yaklaşımında:

(a) Daha önce ön tasarım aşaması gerçekleştirilmiş veya hali hazırda mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan tasarım yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet – şekil değiştirme ilişkileri belirlenir.

(b) *Performans hedef(ler)i* ile uyumlu olacak şekilde seçilen deprem yer hareketi veya hareketleri altında, taşıyıcı sistemin statik veya zaman tanım alanında dinamik artımsal yöntemlerle hesabı yapılır, *doğrusal olmayan sünnek* davranışa ilişkin *şekil değiştirme talepleri* ile *gevrek* davranışa ilişkin *dayanım talepleri* elde edilir.

(c) Ortaya çıkan *şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri*, öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanan *şekil değiştirme ve dayanım kapasiteleri* ile karşılaştırılır.

(d) Mevcut binalar için, şekil değiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya aştığı ifade edilerek *şekil değiştirmeye göre değerlendirme* tamamlanır.

(e) Yeni yapılması planlanan veya güçlendirilmesi olası mevcut yapılar için şekil değiştirme ve dayanım talepleri, buna karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında ise *şekil değiştirmeye göre tasarım* tamamlanır. Aksi durumda eleman kesit özellikleri değiştirilir ve hesap tekrar edilerek yeniden değerlendirme yapılır ve bu şekilde *şekil değiştirmeye göre tasarım* sonuçlandırılmış olur.

Deprem etkisi altında binaların dayanıma göre tasarımı için hesap esasları Bölüm 4'te ayrıntılı şekilde belirtilmiştir.

Betonarme Yüksek Bina sınıfına giren yapılar için, genel tasarım esasları, TBDY-18 Bölüm 13'de verilmiştir. Bu çalışma da analizi yapılan betonarme yüksek yapının doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri, Bölüm 4 ve Bölüm 13' de verilen tasarım esaslarına göre yapılmıştır.

Bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için, deprem etkisi altında iki temel yaklaşım söz konusudur:

- Dayanıma Göre Tasarım (DGT)
- Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım (ŞDGT)

Dayanıma göre tasarım (DGT) yaklaşımında:

- (a) Öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistemin süneklik kapasitesine karşı gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir.
- (b) Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal hesabı yapılır.
- (c) Kesit dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır.
- (d) Deprem hesabından sonra ortaya çıkan görelî kat ötelemeleri izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılır.

3.1. DEPREM YER HAREKETİ DÜZEYLERİ

TBDY-2018'e yüksek yapıların tasarımında dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır.

3.1.1. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu, seyrek deprem yer hareketini ifade etmektedir.

3.1.2. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu, seyrek deprem yer hareketini ifade etmektedir. Bu deprem yer hareketi düzeyi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak adlandırılmaktadır.

3.1.3. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini ifade etmektedir.

3.1.4. Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

Dört farklı deprem yer hareketi düzeyi için deprem verileri, Türkiye Deprem Haritaları ile tanımlanmış ve AFAD tarafından <https://tdth.afad.gov.tr> adresli siteden paylaşılmaktadır.

3.2. DEPREM YER HAREKETİ SPEKTRUMLARI

TBDY18'e göre, deprem yer hareketi spektrumları, belirli bir deprem yer hareketi düzeyi esas alınarak, %5 sönüm oranı için, yapının inşa edildiği saha ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak tanımlanırlar [16].

Türkiye Deprem Haritaları kapsamında harita spektral ivme katsayıları aşağıdaki denklemler ile elde edilir.

S_S = Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı,

S_1 = 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı,

F_S, F_1 = Tablo 2.1'e göre belirlenen yerel zemin etki katsayılarıdır.

$$S_{DS} = S_S * F_S \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_1 * F_1 \quad (3.2)$$

Yatay ve düşey elastik tasarım spektrumları, yukarıda tanımlanan tasarım spektral ivme katsayılarından (S_{DS} ve S_{D1}) yararlanılarak tanımlanır.

3.2.1. Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri S_{ae} (T) ilgili denklemlerle tanımlanır:

$$S_{ae}(T) = \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3.3)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3.4)$$

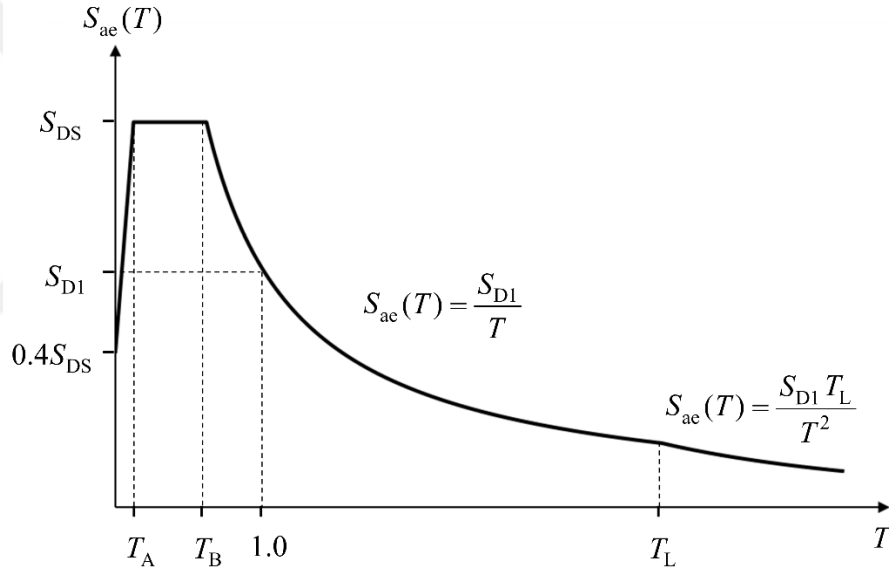
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L) \quad (3.5)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} * T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T) \quad (3.6)$$

Yatay tasarım spektrumu köşe periyotları T_A , ve T_B ., S_{DS} ve S_{D1} ’e bağlı olarak tanımlanır.

$$T_A = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad ; \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

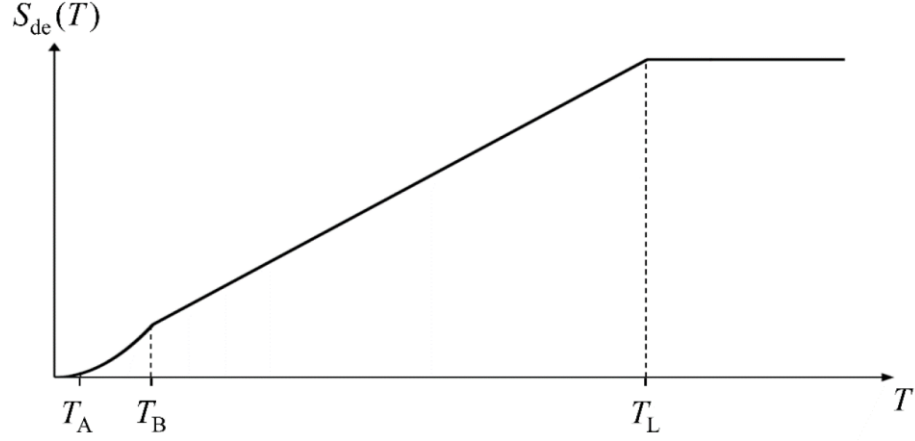
TBDY18’e göre sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L = 6s$ alınacaktır.



Şekil 3.1. TBDY18 Yatay elastik tepki spektrumu ($S_{ae}(T)$ - T)

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için, yatay elastik tasarım spektral yer değiştirmeleri $S_{de}(T)$ ilgili denklemle hesaplanır:

$$S_{de}(T) = \frac{T^2}{4\pi^2} g S_{ae}(T) \quad (3.8)$$



Şekil 3.2. TBDY18 Yatay elastik tepki spektrumu ($S_{de}(T)$ - T)

3.2.2. Düşey Elastik Tasarım Spektrumu

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için, düşey elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{aeD}(T)$, S_{ds} ve T 'ye bağlı olarak yerçekimi ivmesi(g) cinsinden aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$S_{aeD}(T) = \left(0,32 + 0,48 \frac{T}{T_{AD}}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_{AD}) \quad (3.9)$$

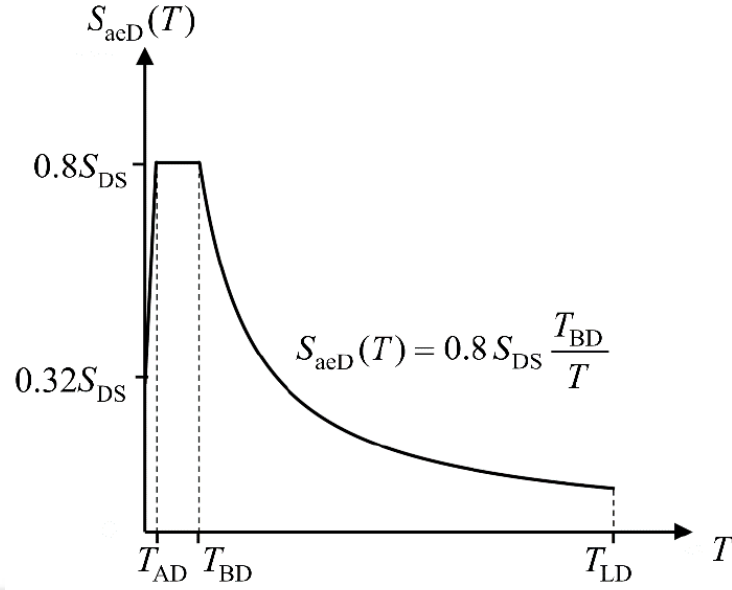
$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \quad (T_{AD} \leq T \leq T_{BD}) \quad (3.10)$$

$$S_{aeD}(T) = 0,8 S_{DS} \frac{T_{BD}}{T} \quad (T_{BD} \leq T \leq T_{LD}) \quad (3.11)$$

T_{AD} ve T_{BD} düşey spektrum köşe periyotları ile T_{LD} periyodu;

$$T_{AD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{BD} = \frac{T_A}{3} \quad T_{LD} = \frac{T_L}{2} \quad (3.12)$$

denklemleri ile belirlenir.



Şekil 3.3. TBDY18 Düşey elastik tepki spektrumu ($S_{aeD}(T)$ - T)

Deprem etkisi altında binaların değerlendirilmesi ve tasarımı için esaslar, TBDY18 Bölüm 3'te tanımlanmıştır.

3.3. BİNA KULLANIM SINIFI

Bina kullanım sınıfları (BKS) Çizelge 3.1'de tanımlanmıştır.

3.4. BİNA ÖNEM KATSAYILARI

Bina Kullanım Sınıflarına bağlı olarak Bina Önem Katsayıları Çizelge 3.1'de tanımlanmıştır.

Çizelge 3.1. 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 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

3.5. DEPREM TASARIM SINIFLARI

Tablo3.1’den elde edilen Bina Kullanım Sınıfı ve DD-2 Deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan Kısa Periyot Tasarım Sprektral İvme Katsayısına bağlı olarak, deprem etkisi altında ele alınacak Deprem Tasarım Sınıfları(DTS) Çizelge3.2’ye göre belirlenir.

Çizelge 3.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi 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

3.6. BİNA YÜKSEKLİĞİ

Deprem hesabı bakımından bina yüksekliği H_N , bina tabanından ölçülen yükseklik olarak tanımlanır.

3.6.1. Bina Yükseklik Sınıfları

TBDY18'e göre, deprem yükü etkisinde, tasarımda binalar, yükseklikleri bakımından sekiz Bina Yükseklik Sınıfı'na (BYS) ayrılmıştır. Bu sınıflara giren binalar için H_N esas alınarak tanımlanan yükseklik aralıkları, **Çizelge 3.2'**deki Deprem Tasarım Sınıfları' na bağlı olarak **Çizelge 3.3'**te verilmiştir.

TBDY18 Bölüm 13'e göre, $BYS=1$ olarak belirtilen yapılar, yüksek yapılar olarak sınıflandırılacaktır.

Çizelge 3.3. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

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

3.7. BİNA PERFORMANS DÜZEYLERİ

Deprem etkisindeki yapı taşıyıcı sistemleri için, Bina Performans Düzeyleri, Kesintisiz Kullanım, Sınırlı hasar, Kontrollü Hasar ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeyleridir.

3.7.1. Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi

Yapı taşıyıcı sistem kesitlerinde yapısal hasarın olmadığı veya hasarın ihmal edilebilir olarak kaldığı durumu ifade etmektedir.

3.7.2. Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Yapı taşıyıcı sistem kesitlerinde sınırlı düzeyde hasarın ortaya çıktığı, diğer bir ifadeyle lineer olmayan davranışın sınırlı seviyede kaldığı hasar düzeyini ifade etmektedir.

3.7.3. Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Can güvenliğini sağlamak amacıyla yapı taşıyıcı sistem kesitlerinde çok ağır olmayan ve çoğunlukla tamir edilebilir olan hasar düzeyini ifade etmektedir.

3.7.4. Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Yapı taşıyıcı sistem kesitlerinde ileri seviyede ağır hasarın ortaya çıktığı göçme öncesi durumu ifade etmektedir.

3.8. BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ

Bina performans hedefleri, Çizelge 3.4'e göre, seçilen DTS ve BYS değerlerine göre belirlenir.

Çizelge 3.4. Deprem yer hareketi düzeylerine göre, bina performans hedefleri ve deprem tasarım sınıfı

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS= 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS= 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşım	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT	-	-
DD-3	-	-	SH	ŞDGT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	GÖ	ŞDGT	KH	ŞDGT

3.9. DEPREM YÜKÜ AZALTMA KATSAYISI

Doğrusal elastik deprem etkilerinin azaltılması sürecinde dikkate alınacak Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$, aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$R_a = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (3.13)$$

$$R_a = D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_A} \quad T < T_B \quad (3.14)$$

R_a = Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı

R = Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı

I = Bina Önem Katsayısı

3.10. BETONARME TAŞIYICI SİSTEM ELEMANLARININ ETKİN KESİT RİJİTLİKLERİ

Yüksek binaların ön modelleme aşamasında, betonarme taşıyıcı kesitlerin etkin rijitlikleri Çizelge 3.5’den alınacaktır (1. aşama Deprem Hesabı).

Çizelge 3.5. Betonarme Elemanların Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları (TBDY18 Tablo4.2)

Betonarme Sistem Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde-Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0,50	0,50
Bodrum perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25
<i>Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0,25	1,00
Bodrum perdesi	0,50	1,00
Döşeme	0,25	1,00
<i>Perde-Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0,15	1,00
Çerçeve kirişi	0,35	1,00
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	0,50

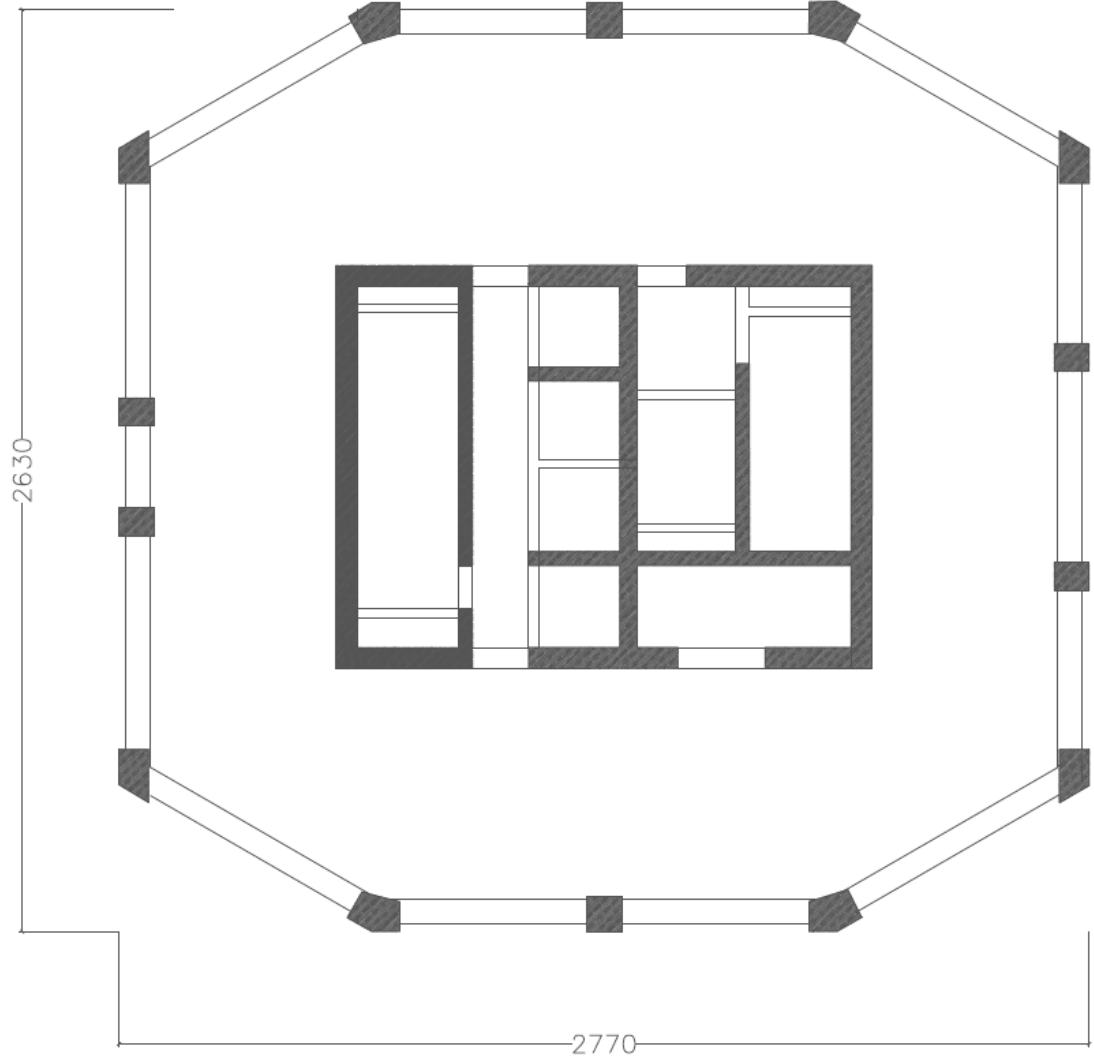
4. BETONARME YÜKSEK YAPI ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, İstanbul İli sınırları içerisinde inşa edilmiş, 144,01 m yüksekliğinde 41 katlı betonarme yapı ele alınmıştır. Yapı 7 bodrum kat, 1 zemin ve 33 normal kattan oluşmaktadır. Bodrum katta, dış çevrede bodrum perdeleri bulunmaktadır. En yüksek kat, zemin katı teşkil edilmiş, bu kattaki yükseklik 5,5 m'dir. Zemin kat üzerindeki tüm kat yükseklikleri 3,47 m'dir. Bina en büyük oturum alanı 4660 m²'dir.

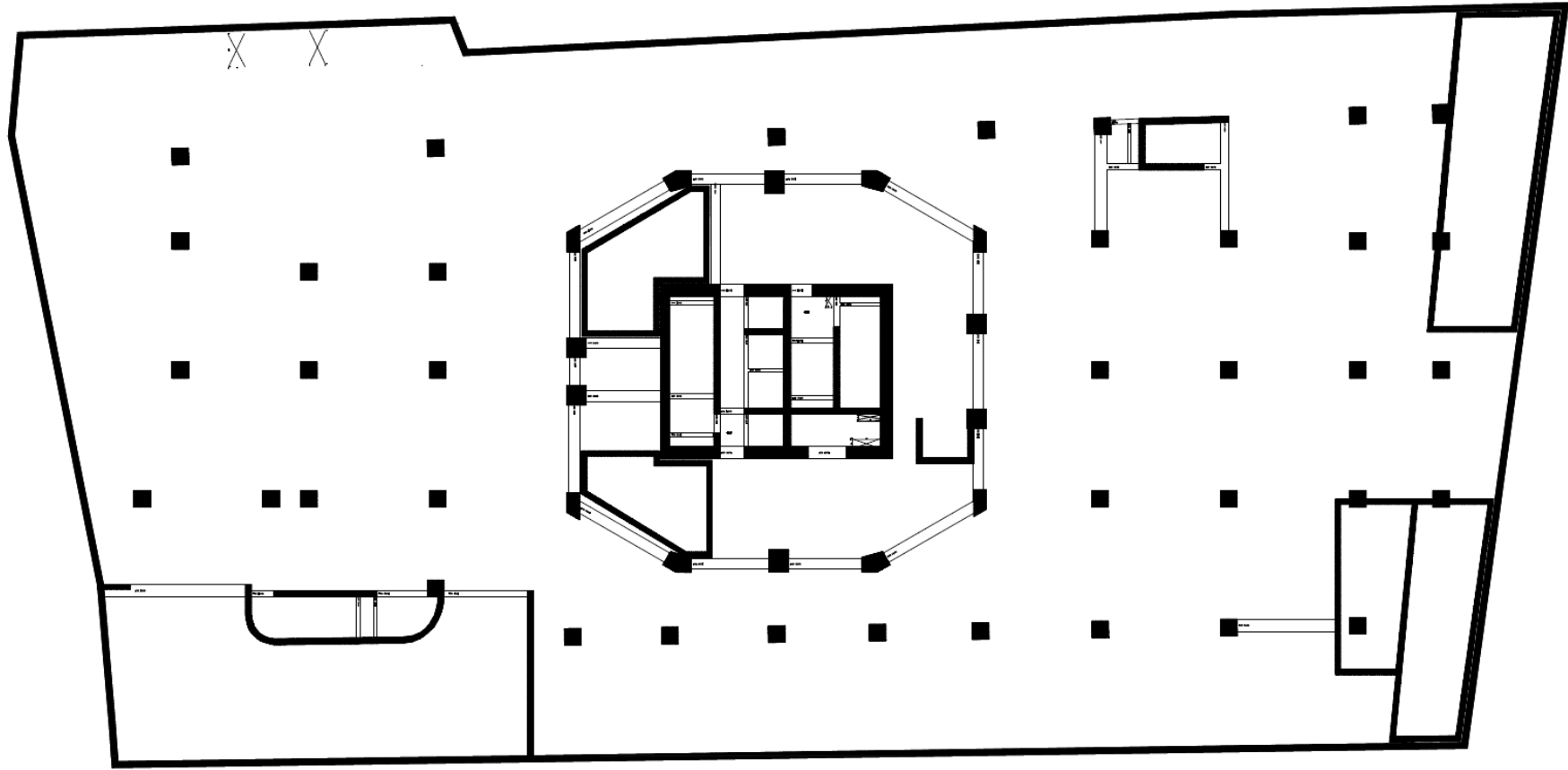
Taşıyıcı sistemde kolonlar dış çerçeveyi oluşturmuş, dış çerçeveyi oluşturan kolonların çekirdek perdeleriyle olan bağlantıları 30 cm kalınlığında betonarme döşeme ile teşkil edilmiştir. Çerçeveyi oluşturan kolon tipleri kare, dikdörtgen ve poligon(çokgen) olmak üzere farklı tiplerdedir. Çekirdek bölgesini oluşturan betonarme perdelerin arasında bağ kirişleri kullanılmıştır. İç çekirdek bölgesinde döşeme kalınlığı 20 cm olup, döşeme yükleri düşey taşıyıcı sisteme kirişsiz plak ile aktarılmaktadır. Bodrum kat kotlarından üst kotlara çıktıkça kolon, kiriş ve perde boyutlarında değişimler olmaktadır. Bu değişimler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

4.1. BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ GENEL ÖZELLİKLERİ

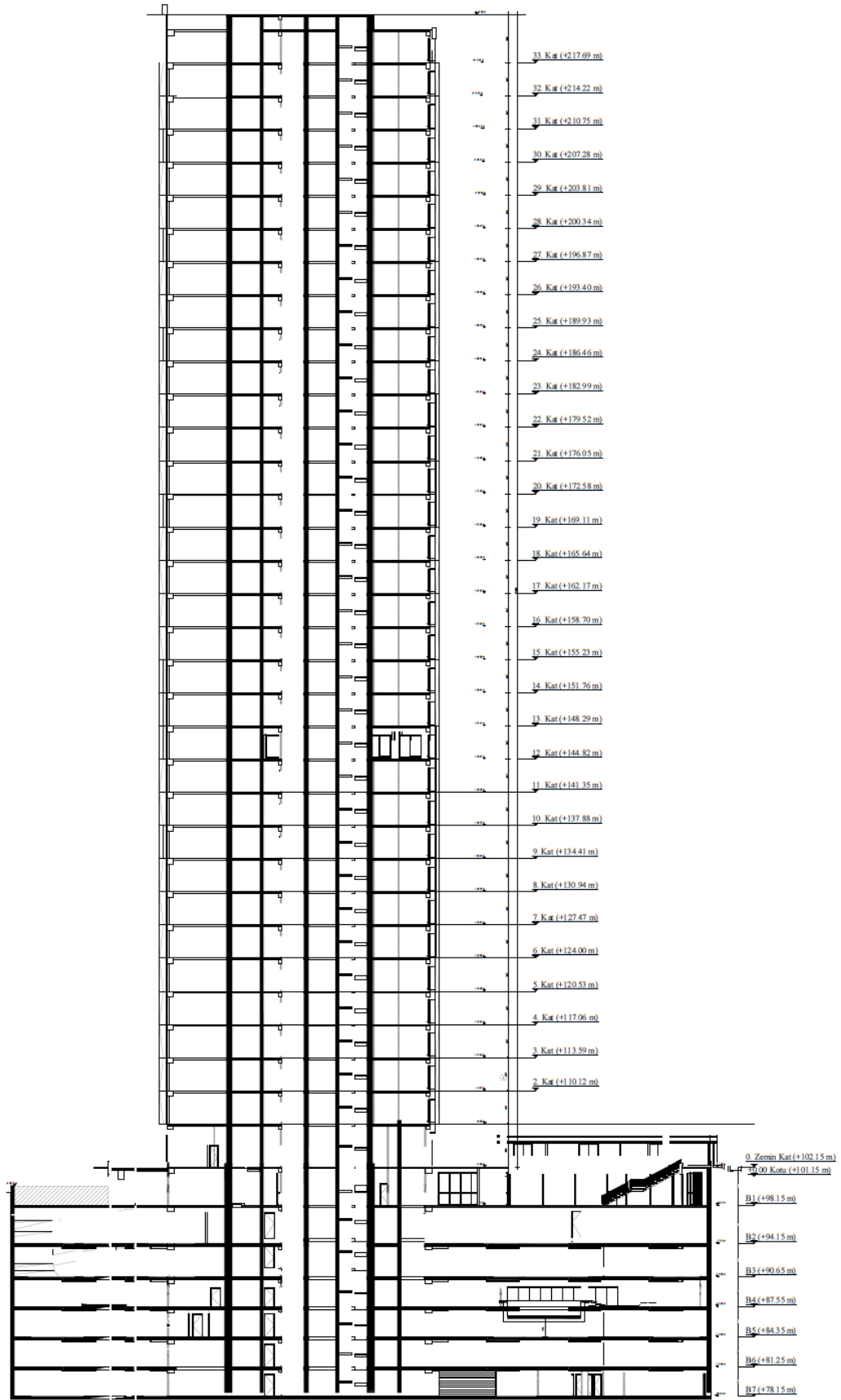
Kat Sayısı	7 Bodrum + 1 Zemin + 33 Normal	
Kat Yükseklikleri	1., 2. ve 4. Bodrum Kat	3,1 m
	3. Bodrum Kat	3,2 m
	5. Bodrum Kat	3,5 m
	6. ve 7. Bodrum Kat	4 m
	Zemin Kat	5,5 m
	1-33 Normal Kat	3,47 m
Toplam bina yüksekliği	144,01 m	
Betonarme yüksek yapı taşıyıcı sistemi	Betonarme perde + Çerçeve	
Kullanım amacı	Konut	
Bina oturum alanı	4660 m ²	



Şekil 4.1. Taşıyıcı sistemin tipik kat kalıp planı.

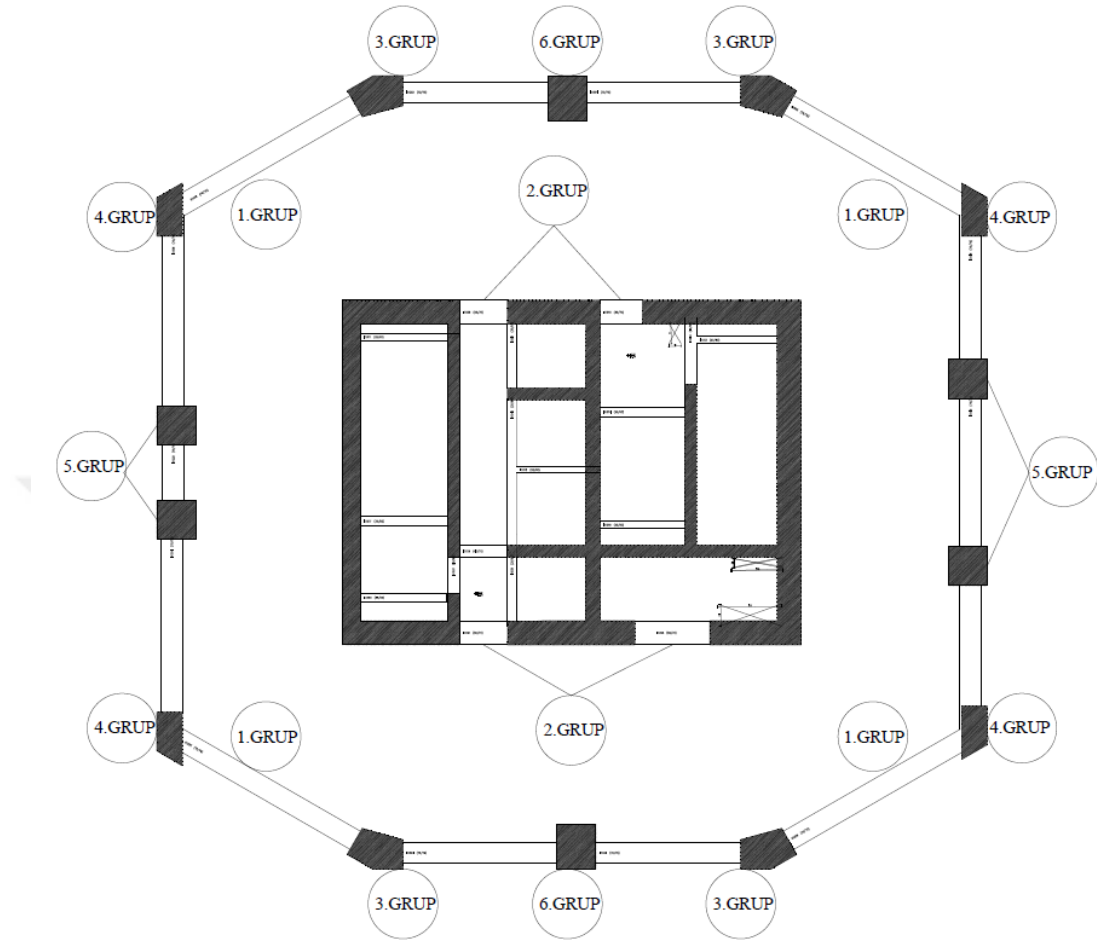


Şekil 4.2. Bodrum Katlar kalıp planı.



Şekil 4.3. Betonarme yüksek yapı kesiti.

Oluşturulan betonarme yüksek yapı modelindeki kesit tipleri grup numaralandırması, Şekil 4.4’de verilen gruplandırmalara göre Çizelge 4.1’de ifade edilmiştir.



Şekil 4.4. Betonarme yapı kesit gruplandırması.

Çizelge 4.1. Kolon ve kirişlerin kat bazında kesit değişimleri.

Gruplandırma		Katlar	
		1-8	9-41
1.Grup	Dış çerçeve kirişler	70*70	60*70
2.Grup	Çekirdek bağ kirişleri	80*70	60*60
3.Grup	Poligon kolonlar(beşgen)	4668 cm ²	3155 cm ²
4.Grup	Poligon kolonlar(dörtgen)	3262 cm ²	2661 cm ²
5.Grup	Dikdörtgen kolonlar	130*130	100*80
6.Grup	Dikdörtgen kolonlar	130*150	100*100

Kolon ve perde elemanları için, yapıyı oluşturan kolon ve kiriş kesitlerinin donatı çeliği detayları Çizelge 4.2, Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kolon kesitlerine ait donatı çeliği özellikleri.

KAT	KESİT TÜRÜ	BOYUT	BOYUNA DONATI	ETRİYE
1-8.KAT	KOLON	BEŞGEN	27Φ16	Φ12/11
1-8.KAT	KOLON	130*150	52Φ22	Φ10/8
1-8.KAT	KOLON	BEŞGEN	27Φ16	Φ12/11
1-8.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	46Φ20	Φ12/8
1-8.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	46Φ20	Φ12/8
1-8.KAT	KOLON	130*130	56Φ20	Φ10/10
1-8.KAT	KOLON	130*130	56Φ20	Φ10/10
1-8.KAT	KOLON	130*130	56Φ20	Φ10/10
1-8.KAT	KOLON	130*130	56Φ20	Φ12/12
1-8.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	46Φ20	Φ12/8
1-8.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	46Φ20	Φ12/8
1-8.KAT	KOLON	BEŞGEN	27Φ16	Φ12/11
1-8.KAT	KOLON	130*150	52Φ22	Φ10/8
1-8.KAT	KOLON	BEŞGEN	27Φ16	Φ12/11
9-41.KAT	KOLON	BEŞGEN	35Φ16	Φ12/14
9-41.KAT	KOLON	100*100	40Φ18	Φ10/20/10
9-41.KAT	KOLON	BEŞGEN	29Φ16+6Φ18	Φ12/14
9-41.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	37Φ20	Φ12/8
9-41.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	37Φ20	Φ12/8
9-41.KAT	KOLON	100*80	32Φ18	Φ10/20/8
9-41.KAT	KOLON	100*80	30Φ20	Φ10/20/8
9-41.KAT	KOLON	100*80	32Φ18	Φ10/20/8
9-41.KAT	KOLON	100*80	14Φ22+16Φ20	Φ10/20/8
9-41.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	37Φ20	Φ12/8
9-41.KAT	KOLON	DÖRTGEN ÖZEL	37Φ20	Φ12/8
9-41.KAT	KOLON	BEŞGEN	33Φ16	Φ12/14
9-41.KAT	KOLON	100*100	40Φ18	Φ10/20/10
9-41.KAT	KOLON	BEŞGEN	34Φ16	Φ12/13

Çizelge 4.3. Perde kesitlerine ait enine ve boyuna donatı özellikleri.

ÇEKİRDEK PERDELERİ								
			SARGILI VE SARGISIZ BÖLGE ALANLARI (cm)			DONATI ÇELİĞİ (cm²)		
KAT	KESİT	BOYUT	SARGILI BÖLGE SOL	SARGISIZ BÖLGE	SARGILI BÖLGE SAĞ	SARGILI BÖLGE SOL	SARGISIZ BÖLGE	SARGILI BÖLGE SAĞ
1-8.KAT	PERDE 1	40*860	40*170	40*520	40*170	70.35 cm²	8*(6.78 cm²)	57.94 cm²
1-8.KAT	PERDE 2	80*390	80*60	80*290	80*40	17.97 cm²	7*(4.53 cm²)	12.42 cm²
1-8.KAT	PERDE 3	60*1150	60*235	60*680	60*235	122.79 cm²	75.26 cm²	122.79 cm²
1-8.KAT	PERDE 4	80*390	80*60	80*160	80*170	17.97 cm²	4*(3.96 cm²)	117.07 cm²
1-8.KAT	PERDE 5	40*170	40*60	40*70	40*40	15.61 cm²	14.70 cm²	34.78 cm²
1-8.KAT	PERDE 6	80*310	80*60	80*200	80*50	7.30 cm²	21.92 cm²	37.86 cm²
1-8.KAT	PERDE 7	40*310	40*125	40*135	40*50	144.45 cm²	18.09 cm²	4.52 cm²
1-8.KAT	PERDE 8	40*310	40*200	40*60	40*50	380.05 cm²	4.52 cm²	4.52 cm²
1-8.KAT	PERDE 9	60*425	60*60	60*305	60*60	7.66 cm²	38.94 cm²	7.66 cm²
1-8.KAT	PERDE 10	50*1150	50*60	50*675	50*415	4.52 cm²	97.2 cm²	354.96 cm²
1-8.KAT	PERDE 11	40*720	40*50	40*610	40*60	4.52 cm²	67.86 cm²	4.52 cm²
1-8.KAT	PERDE 12	40*580	40*40	40*375	40*165	4.52 cm²	47.47 cm²	193.87 cm²
1-8.KAT	PERDE 13	80*530	80*150	80*320	80*60	347.34 cm²	29.40 cm²	48.44 cm²
1-8.KAT	PERDE 14	60*1150	60*240	60*670	60*240	339.14 cm²	138.35 cm²	339.14 cm²
1-8.KAT	PERDE 15	60*305	-	60*245	60*60	-	28.25 cm²	48.44 cm²
9-41..KAT	PERDE 1	40*860	40*290	40*280	40*290	347.90 cm²	54.32 cm²	346.04 cm²
9-41..KAT	PERDE 2	60*390	60*60	60*290	60*40	52.61 cm²	31.71 cm²	35.98 cm²
9-41..KAT	PERDE 3	60*1150	60*235	60*680	60*235	359.52 cm²	75.26 cm²	359.52 cm²
9-41..KAT	PERDE 4	60*390	60*60	60*130	60*200	52.61 cm²	20.38 cm²	313.02 cm²
9-41..KAT	PERDE 5	40*170	40*60	40*70	40*40	34.78 cm²	14.70 cm²	34.78 cm²
9-41..KAT	PERDE 6	60*310	60*60	60*200	60*50	7.30 cm²	29.92 cm²	38.32 cm²
9-41..KAT	PERDE 7	40*310	40*125	40*135	40*50	144.45 cm²	18.09 cm²	4.52 cm²
9-41..KAT	PERDE 8	40*310	40*200	40*60	40*50	233.25 cm²	8.52 cm²	4.52 cm²
9-41..KAT	PERDE 9	60*425	60*135	60*155	60*135	240.33 cm²	118.08 cm²	240.33 cm²
9-41..KAT	PERDE 10	50*1150	50*60	50*675	50*415	4.52 cm²	97.2 cm²	491.77 cm²
9-41..KAT	PERDE 11	40*720	40*50	40*610	40*60	4.52 cm²	67.86 cm²	4.52 cm²
9-41..KAT	PERDE 12	40*580	40*40	40*375	40*165	4.52 cm²	84.36 cm²	47.49 cm²
9-41..KAT	PERDE 13	60*530	60*225	60*245	60*60	402.9 cm²	39.20 cm²	44.76 cm²
9-41..KAT	PERDE 14	60*1150	60*300	60*550	60*300	492.41 cm²	74.69 cm²	492.41 cm²
9-41..KAT	PERDE 15	60*305	-	60*245	60*60	-	28.25 cm²	44.76 cm²

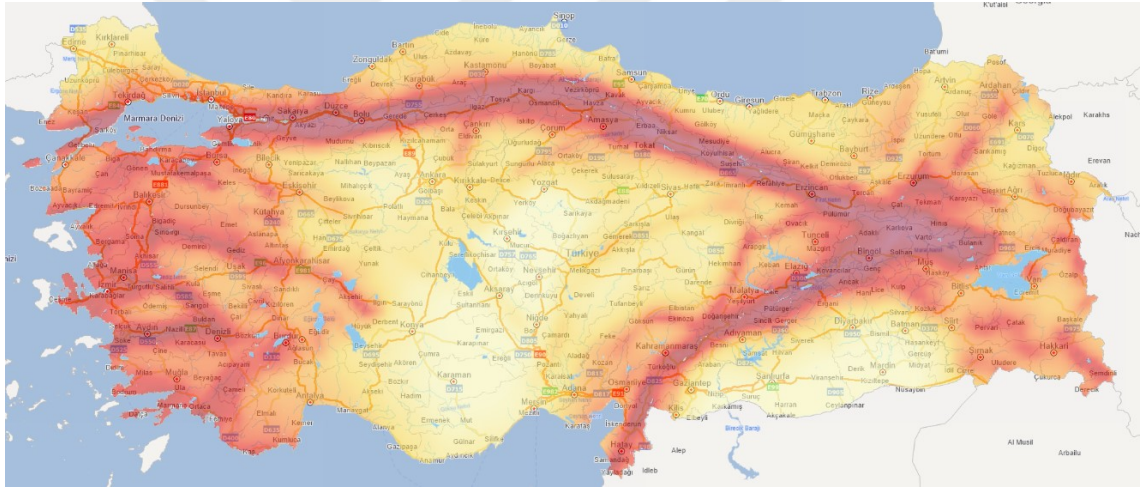
4.1.1 Bina Taşıyıcı Sisteminin Malzeme Özellikleri

Beton Sınıfı C40 ($E_c = 34000 \text{ MPa}$; $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$)

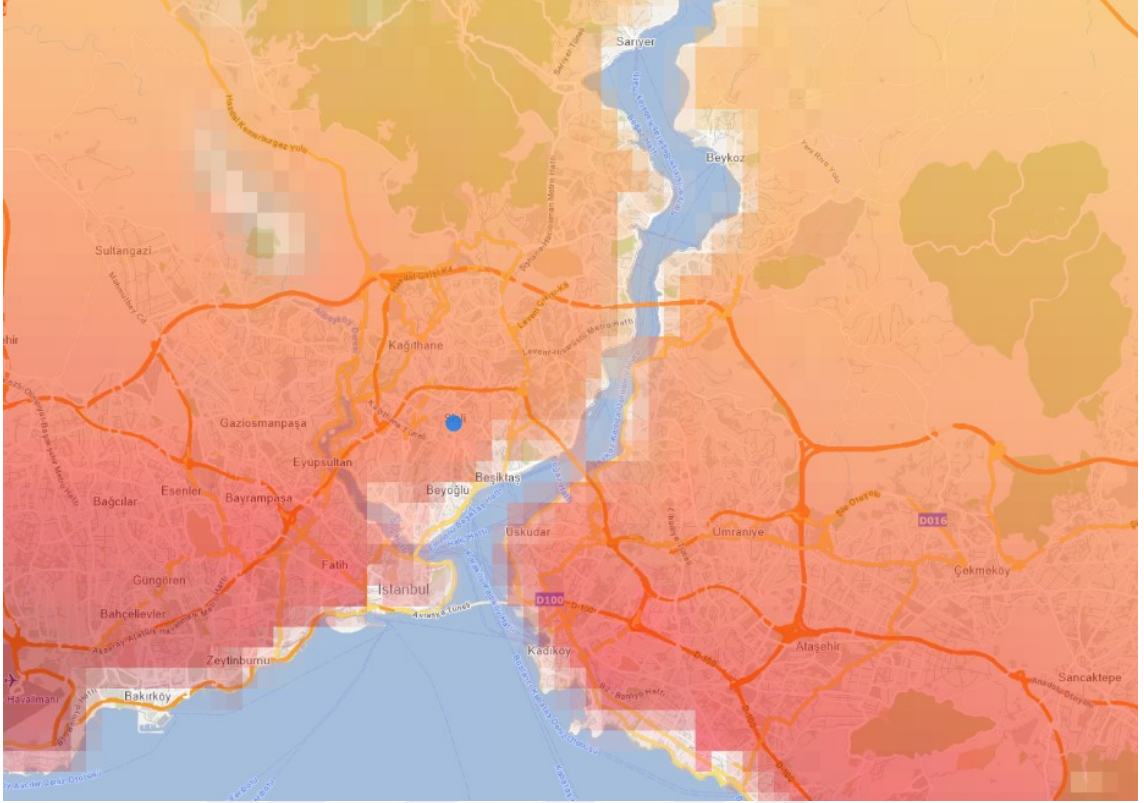
Çelik Sınıfı B420C ($E_s = 200000 \text{ MPa}$; $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$)

4.2. BETONARME YÜKSEK YAPININ İNŞA EDİLDİĞİ BÖLGEYE AİT BİLGİLER VE ZEMİN SINIFI

Modelde kullanılan, çalışmanın materyali olan yüksek yapı, İstanbul İli, Şişli İlçesi sınırları içindedir. Yapı, 41.057 enleminde, 28.987 boylamında yer almaktadır. Bölgeye ait deprem verileri için, Türkiye Deprem Tehlike Haritalarından yararlanılmıştır [17]. Yerel zemin sınıfı 'ZB' (az ayrıışmış, orta sağlam kayalar) tipinde seçilmiştir. Farklı deprem düzeylerine göre deprem verileri, Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.



Şekil 5.2. Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndan, yapının bulunduğu bölge için değerlerin elde edilmesi.

4.3. DEPREM ETKİLERİNİN TANIMLANMASI

TBDY18’de tanımı yapılmış, DD1, DD2, DD3 ve DD4 deprem düzeylerinin, 1.0 saniyelik doğal titreşim periyodu ve kısa doğal titreşim periyoduna karşılık gelen harita spektral ivme değerleri, AFAD tarafından paylaşılan Türkiye Deprem Tehlike Haritası verilerinden elde edilmiştir [17] .

4.3.1. Deprem Tasarım Spektrumunun Belirlenmesi

Betonarme yüksek yapı, İstanbul İli Şişli İlçesi’nde inşa edilmiş lokasyona ait, her bir deprem düzeyi için alınan spektral değerler Çizelge 4.4’de verilmiştir. Yapının yapılacağı zemin düzeyinin ‘B’ zemin düzeyinde olduğu kabulü yapılmıştır. Tasarım spektral ivme değerlerinin (S_d , S_{d1}) ve köşe periyotlarının (T_A , T_B) hesaplamaları, 3.2.’de verilen denklemler dikkate alınarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Betonarme yüksek yapı deprem düzeyleri için spektral değerler.

Deprem Düzeyi	Analizi yapılan yapı için, spektral değerler							
	S_S	S_1	F_S	F_1	S_{DS}	S_{D1}	T_A	T_B
DD-1	1,439	0,402	0,9	0,8	1,295	0,322	0,050	0,248
DD-2	0,818	0,231	0,9	0,8	0,736	0,185	0,050	0,251
DD-3	0,324	0,094	0,9	0,8	0,292	0,075	0,052	0,258
DD-4	0,212	0,061	0,9	0,8	0,191	0,049	0,051	0,256

4.4. BİNA KULLANIM SINIFI VE BİNA ÖNEM KATSAYISI

Analizde kullanılan yapı modeli için Çizelge 3.1'e göre, **bina kullanım sınıfı (BKS) = 3**, **bina önem katsayısı (I) = 1** alınmıştır.

4.5. DEPREM TASARIM SINIFI

Binanın coğrafi koordinatları ve yerel zemin şartları esas alınarak Seçilen koordinatlar için AFAD verilerine göre hesaplanan Tasarım spektral ivme katsayısı $S_{ds} = 0,726$ 'dır. S_{DS} değeri ve Bina Kullanım Sınıfı değeri olan 3 (BKS=3) için Çizelge 3.2'den Deprem Tasarım Sınıfı 2 (DTS=2) olarak belirlenmiştir.

4.6. DAYANIM FAZLALIĞI VE TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞ KATSAYISI

TBDY18 Bölüm 4 Tablo 4.1'e göre;

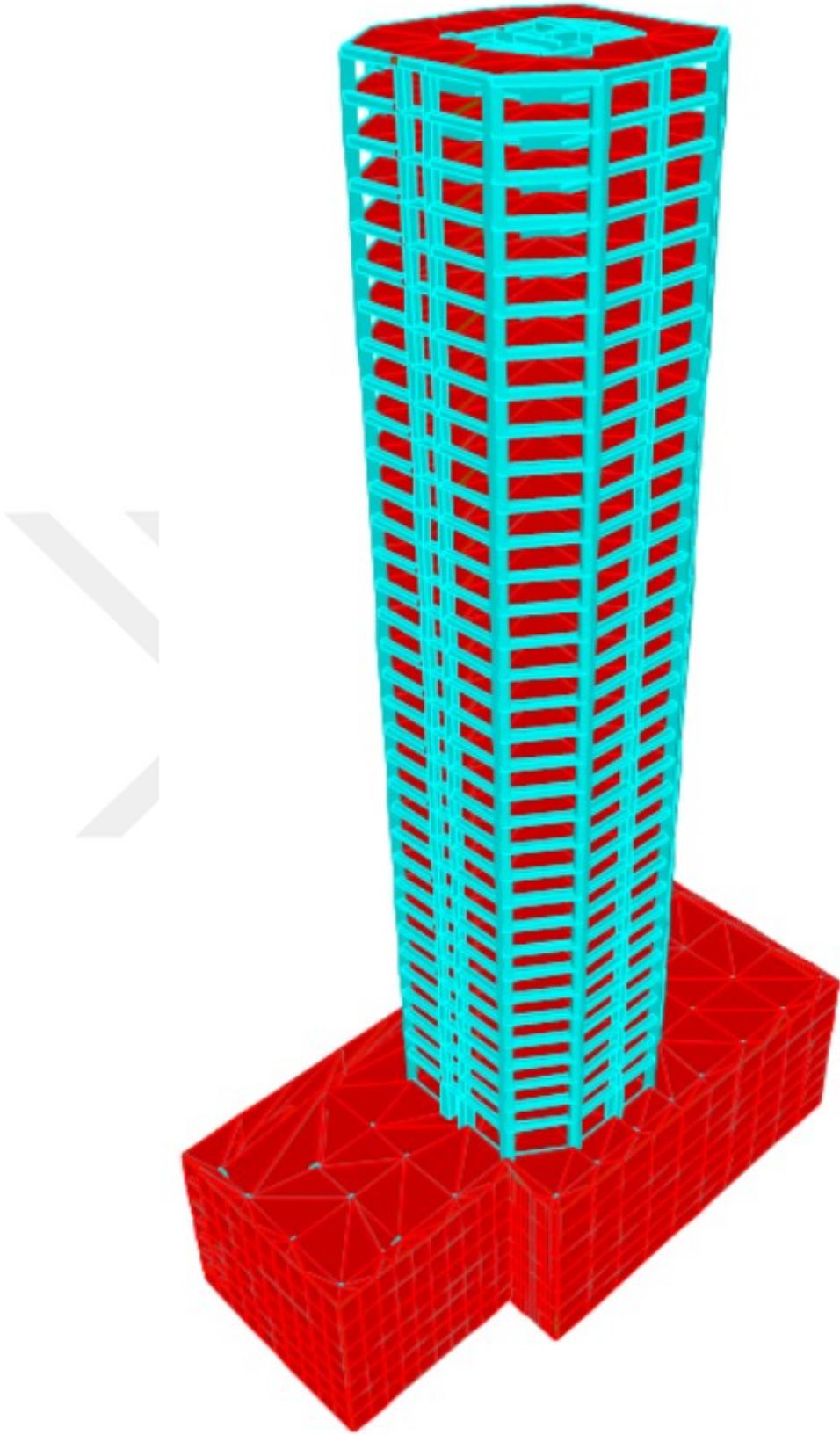
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli(boşluklu) betonarme perde elemanlarla karşılandığı binalar için,

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (**R**) = 7,

Dayanım Fazlalığı Katsayısı (**D**) = 2,5 olarak alınmıştır.

5. BETONARME YÜKSEK YAPI MODELİNİN OLUŞTURULMASI

Zaman tanım alanında lineer olmayan analizde kullanılan taşıyıcı sistem modeli için, ilk olarak taşıyıcı sistem oluşturulmuş, sırasıyla yapının modellenmesinde kullanılan malzeme tanımları, bina önem sınıfı ve bina yükseklik sınıfı belirlenmiştir. Sargılı ve sargısız beton davranışı için SAP2000 yapısal analiz programında ayrı ayrı tanım yapılmıştır (C40 Sargılı- C40 Sargısız). Yapı modeli oluşturulurken, sırasıyla, kolon, kiriş ve perde kesitleri SAP2000 yapısal analiz programında section designer menüsünde oluşturulmuş, beton ve donatı özelliklerinin girişi yapılmıştır. Yapı kesitlerinin oluşturulmasının ardından betonarme döşemeler oluşturulmuş, her katta rijit diyafram tanımı yapılmıştır. Oluşturulan yapı kesitleri için, lineer olmayan analizler için, plastik mafsalları yapılmıştır (kolon ve kirişler için yığılı plastik, perdeler için yayılı plastik davranışa göre oluşturulmuştur). Yapı çekirdek bölgesindeki perde kesitleri, orta kolon modeline göre oluşturulmuştur. Çekirdek bölgesinde perde kesitleri arasındaki bağ kirişlerinin yanı sıra, orta kolon modeline göre oluşturulan perdelerin arasında (bağ kirişlerinin olmadığı kısım), yapı davranışının bir bütün oluşturulması adına rijit eleman tanımı yapılmıştır. Plastik mafsalları yapılan yapı kesitlerinin etkin kesit rijitlik çarpanları 'Set modifiers' sekmesinden veri olarak girilmiştir. Yapı kesitleri için I. Aşama deprem hesabında girilen etkin kesit rijitlik çarpanları, Çizelge 3.5'de verilmiştir. III. aşama deprem hesabında yapısal analiz programına girilen rijitlik çarpanları Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13'de ayrıntılı şekilde verilmiştir. Betonarme yüksek yapı, kalıp planına uygun olacak şekilde, SAP2000 V20.2 yapısal analiz programında üç boyutlu olarak modellenmiştir. Yapının üç boyutlu SAP2000 modeli Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Analizi yapılan yüksek yapının üç boyutlu görünüşü (SAP2000 Modeli).

5.1. TAŞIYICI SİSTEM MATEMATİK MODELİ MODELLEME İLKELERİ

Hesaplarda ve modelleme de yapılan kabuller aşağıda verilmiştir:

- Kiriş kolon birleşim noktaları sonsuz rijit olarak kabul edilmiştir.
- İlgili yapının SAP2000 modelinde radye temel sistemine bağlanan tüm düşey taşıyıcı elemanları, ankastre bağlantılı kabul edilmiştir.
- Betonarme yapıda, her kat döşemesi için, rijit diyafram kabulü yapılmıştır.
- Yapı üzerindeki sabit ve hareketli yayılı yükler, shell eleman olarak modellenmiş döşemelere, SAP2000 'de 'uniform to frame' sekmesinden etkiltilmiş, döşeme yükü kirişlere SAP2000 tarafından aktarılmıştır.
- Betonarme perdelerin davranışının beraber olması adına, perdeler rijit eleman olarak modellenen elemanlar ile birbirlerine bağlanmış, bu elemanların özellikleri deneme yoluyla elde edilmiştir.
- İlgili yapıyı oluşturan betonarme taşıyıcı elemanların tanımında, sargılı beton etkisi dikkate alınarak, sargılı ve sargısız beton tanımları ayrı ayrı SAP2000'e tanıtılmıştır.
- Zaman tanım alanı analizinde, analiz süresini kısaltmak adına, P-D etkileri ihmal edilmiştir.
- Betonarme perdeler, orta kolon modeline göre modellenmiştir.
- Yığılı ve yayılı mafsalları, model üzerinde ayrı ayrı tanımlanarak, yapı performansı incelemesi yapılmıştır.

5.2. MODELLEME AŞAMALARI

5.2.1. Matematik Model Modelleme İlkeleri

- Taşıyıcı sistem modellemesi TBDY-18 4.5'e göre yapılmıştır.
- Sönüm %5 alınmıştır.
- Birbirine dik X-X, Y-Y iki yatay doğrultudaki deprem etkisi göz önüne alınarak hesaplama yapılmıştır.
- $(G + 0,2SDSG) + 0,2S + Ed(H)$, $(0,9G - 0,2SDSG) + H + Ed(H)$
- Kiriş ve kolonlar çubuk sonlu elemanları olarak modellenmiştir.
- Doğrusal hesapta, elemanların etkin kesit rijitlikleri, Çizelge 3.5'e göre belirlenmiştir (TBDY18 4.5.8. Tablo 4.2).
- Döşemeler rijit diyafram olarak modellenmiştir.

- Betonarme bağ kiriş elemanlarının, yüksek kesme kuvveti mukavemetine sahip olması amacıyla, çapraz donatı çeliğiyle düzenlenebilmesi için net açıklık/yükseklik oranının 2'yi geçmeyecek şekilde boyutlandırılmıştır. Bu şartın sağlanıyor olmasıyla beraber, betonarme perdeler çubuk eleman olarak tasarlanmıştır.
- A2 ve A3 türü düzensizlik olmayan ve düzlem içi önemli şekil değiştirmelerin beklenmediği, planı düzgün binalarda, betonarme döşemeler rijit diyafram olarak modellenenmektedir (TBDY18). Bu çalışmada kullanılan analizlerde yarı rijit diyafram modeli dikkate alınmış, ek dışmerkezdik etkisinin göz önüne alınması için kat kütle merkezine (ana düğüm noktası) etkiyen yatay deprem yükleri, dikkate alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve -%5'i kadar kaydırılarak deprem hesabı yapılmıştır .
- Bodrum perdeleri, kabuk sonlu eleman olarak modellenmiştir.

5.2.2. Doğrusal olmayan hesap için modelleme kabulleri

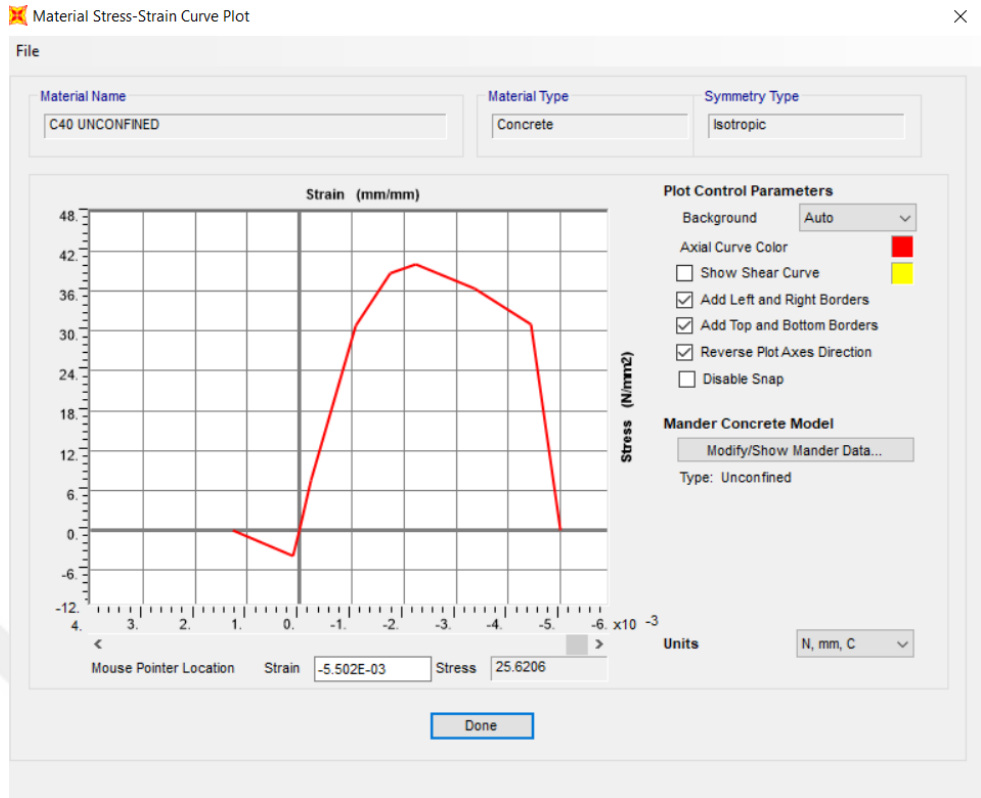
- Yapı taşıyıcı sistemi üç boyutlu olarak modellenmiştir.
- Birbirine dik X-X, Y-Y iki yatay zaman tanım alanındaki deprem etkisi, taşıyıcı sisteme eş zamanlı olarak etki ettirilmiştir.
- Sönüm oranı %2,5 alınmıştır.
- 2.mertebe etkileri dikkate alınmıştır.
- Kolon-kiriş ve kiriş-perde birleşimleri sonsuz rijit kabul edilmiştir.
- Kolon ve kiriş çerçeve(çubuk) sonlu elemanları olarak kabul edilmiş ve doğrusal olmayan davranış için, ilgili kesitlerin uç bölgelerinde tanımlanan şekil değiştirme bölgelerinde yayılı plastik davranış modeline göre yapılmıştır.
- Betonarme perdeler, orta kolon modeline göre modellenmiştir (Merkez aksında çubuk eleman olarak tanımlanmış, perde eğilme ekseninde rijit kirişler oluşturulmuştur).
- Plastik mafsallar, her kat seviyesinde perde elemanın alt ucuna konulmuştur. Plastik mafsalları tanımları arasında kalan uzunluk boyunca perde elemanlar doğrusal elemanlar olarak modellenmiştir. Fakat TBDY18 Bölüm 13 kapsamındaki yüksek yapılar için kesit hücresi lif modelinin kullanılması zorunlu olduğundan, çalışmada bu modelleme kullanılmıştır.

5.4. BETON VE DONATI ÇELİĞİ İÇİN MALZEME MODELLERİ

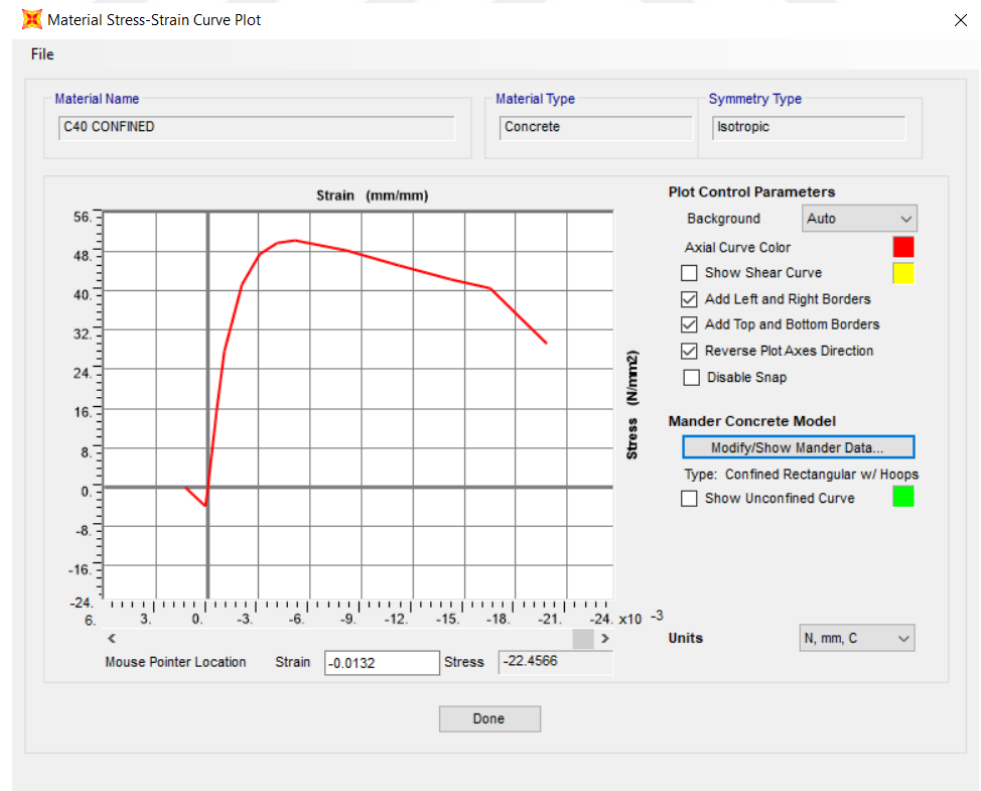
Betonarme yüksek yapının lineer olmayan analizlerinde, malzeme sınıfları, beton için C40, donatı çeliği için B420C'dir. Donatı çeliği ve beton için TBDY Tablo 5.1'de tanımlanan beklenen(ortalama) dayanımları esas alınmıştır (Çizelge 5.1). Sargılı beton özelliği (beton basınç dayanımına sargı donatısının katkısı) dikkate alınmıştır. SAP2000 bilgisayar programında yapılan sargılı ve sargısız beton modeli tanımları Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de verilmiştir. Donatı çeliği tanımı Şekil 5.6'da ifade edilmiştir.

Çizelge 5.1. Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları (TBDY18 Tablo 5.1).

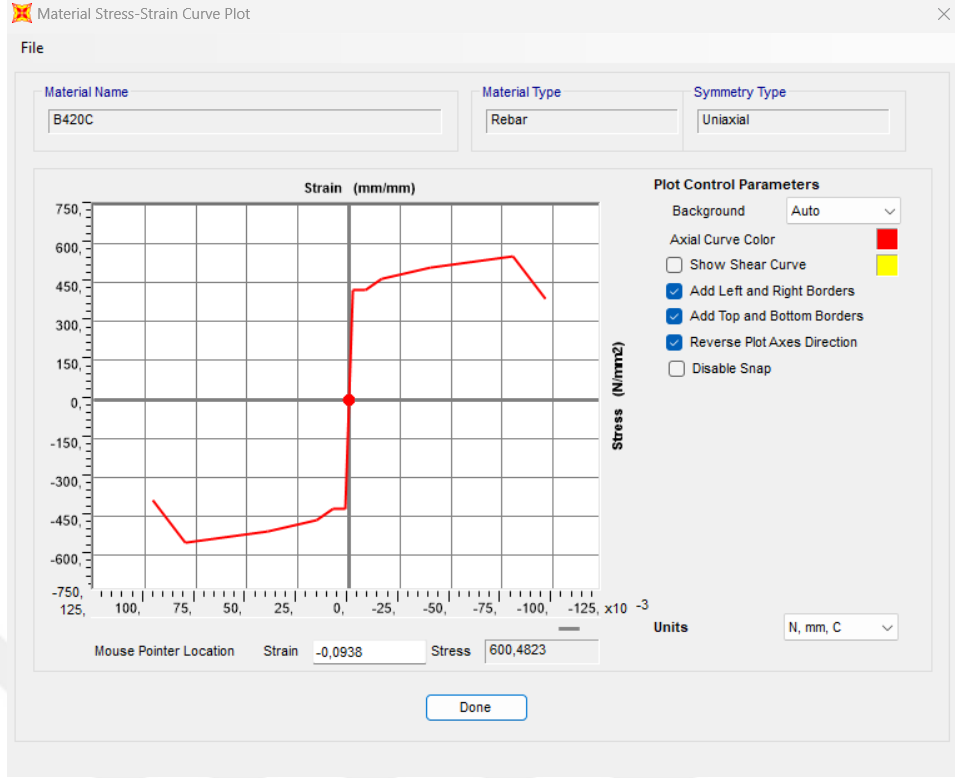
Beton	$f_{ce} = 1,3 f_{ck}$
Donatı çeliği	$f_{ye} = 1,2 f_{yk}$
Yapı çeliği (S235)	$f_{ye} = 1,5 f_{yk}$
Yapı çeliği (S275)	$f_{ye} = 1,3 f_{yk}$
Yapı çeliği (S355)	$f_{ye} = 1,1 f_{yk}$
Yapı çeliği (S460)	$f_{ye} = 1,1 f_{yk}$



Şekil 5.4. Sargısız beton gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.



Şekil 5.5. Sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme grafiği.



Şekil 5.6. Donatı çeliği gerilme-birim şekil değiştirme eğrisi.

5.5. HESAPTA KULLANILAN YÜK ETKİLERİ

Ölü yükler:

20 cm betonarme döşeme için : 5 kN/m²

30 cm betonarme döşeme için: 7,5 kN/m²

Kaplama yükü: 2 kN/m²

Dış duvarlar : 4 kN/m²

İç duvarlar: 2,5 kN/m²

Hareketli yükler:

Çatı katı: 2 kN/m²

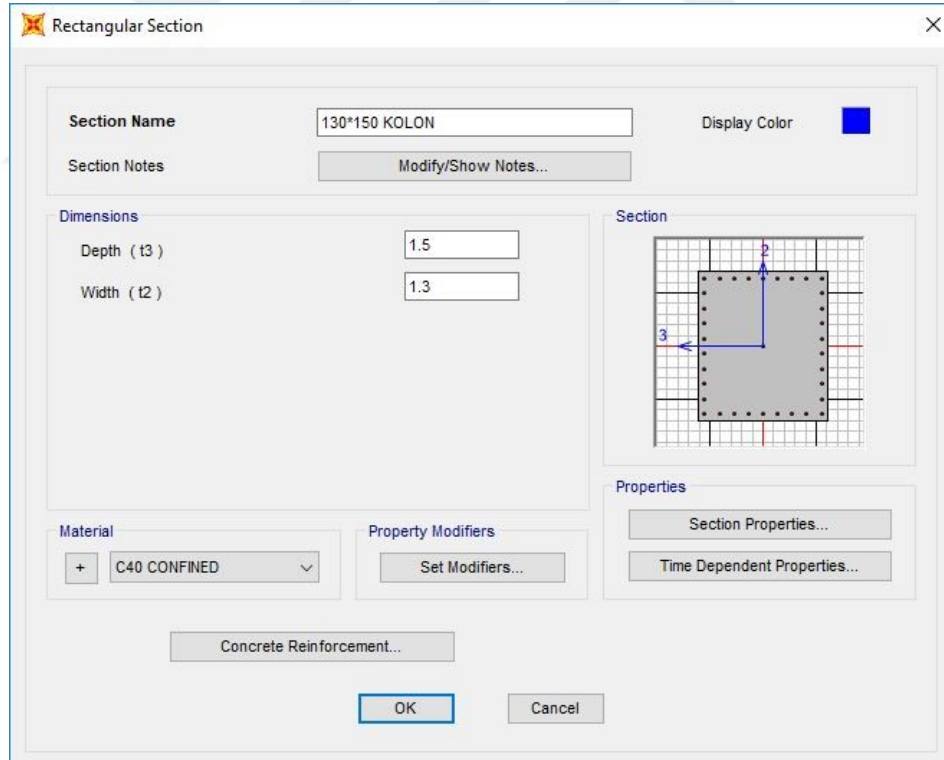
Normal katlar: 3,5 kN/m²

Merdivenler: 5 kN/m²

5.6. KOLON VE KİRİŞLERİN MODELLENMESİ

Kolon ve kiriş kesitleri, çerçeve(çubuk) sonlu elemanlar olarak modellenmiştir. Farklı kesit boyutlarına sahip betonarme kolonların modelleme örnekleri Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de verilmiştir. Kolon ve kiriş kesitleri, SAP2000 V.20.2 yapısal analiz programında, frame ve fiber eleman olarak iki şekilde modellenmiştir. İlk model tipinde, frame eleman olarak modellenen yapı kesitleri üzerine mafsalları tanımlanmıştır. İkinci modelleme tipinde ise, ‘section designer’den tanımlanan yapı kesitinin, program yardımıyla moment-eğrilik eğrisi elde edilir ve mafsalları özellikleri SAP2000 mafsalları tanımlama menüsünde oluşturulur.

TBDY18 Madde 5.3.1’ göre, doğrusal olmayan davranışta, kolon ve kirişlerin uç bölgelerinde tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgeleri, yığılı plastik davranış modeli ile modellenmiştir. Kolon ve kirişler, uç bölgelerine tanımlanan plastik mafsalların arasında kalan uzunluk boyunca doğrusal eleman olarak modellenmiştir. Elemanların etkin kesit rijitlikleri TBDY18 Bölüm 4.5.8 Tablo 4.2’den alınmıştır.



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars: + S420

Confinement Bars (Ties): + S420

Design Type

☒ Column (P-M2-M3 Design)

☐ Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

☒ Rectangular

☐ Circular

Confinement Bars

☒ Ties

☐ Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars: 0.04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 9

Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 10

Longitudinal Bar Size: + 26d

Confinement Bars

Confinement Bar Size: + 10d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0.08

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

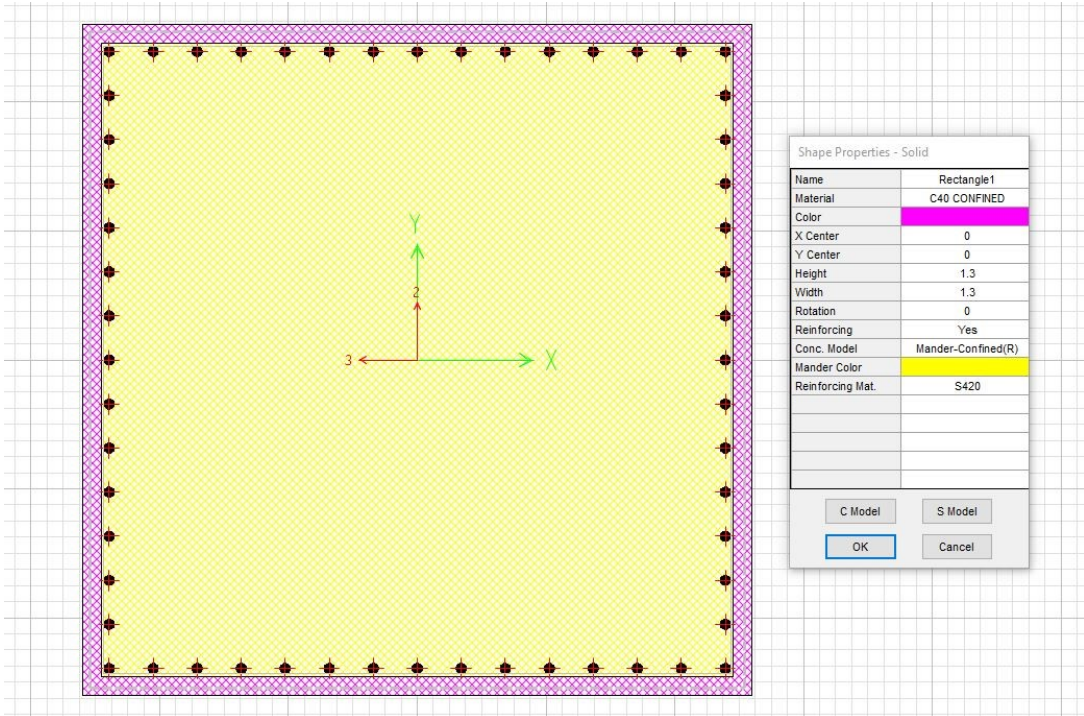
Check/Design

☐ Reinforcement to be Checked

☒ Reinforcement to be Designed

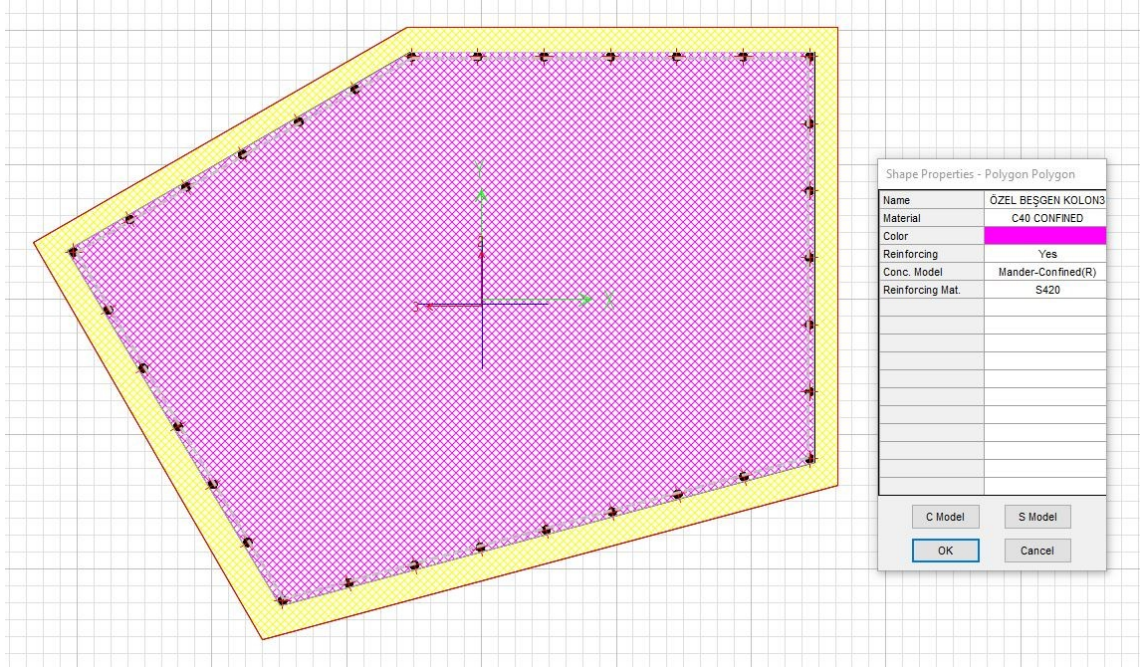
OK Cancel

Şekil 5.7. Betonarme kolon modelleme örneği.

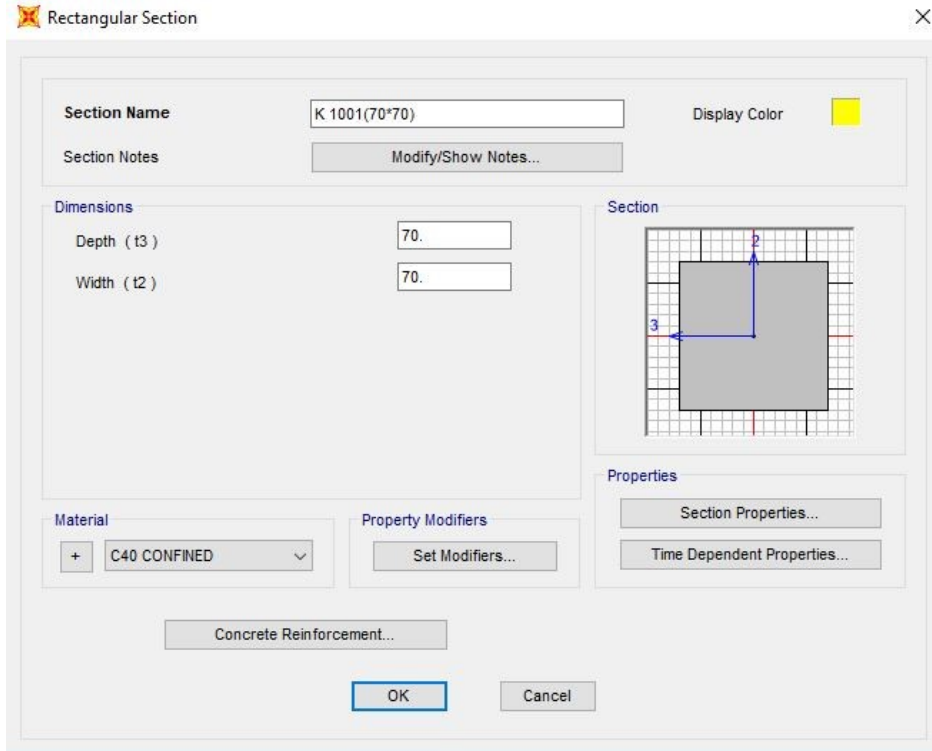


Şekil 5.8. Betonarme kolon modelleme örneği' Section Designer'.

Poligon kolonlar için yine SAP2000 Section Designer sekmesinde özel modelleme yapılır. Modeldeki dörtgen ve beşgen kolonların, kirişlerin modelleme örneği Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Poligon kolon modelleme örneği 'Section Designer'.



Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars	+	S420	▼
Confinement Bars (Ties)	+	S420	▼

Design Type

☐ Column (P-M2-M3 Design)

☒ Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

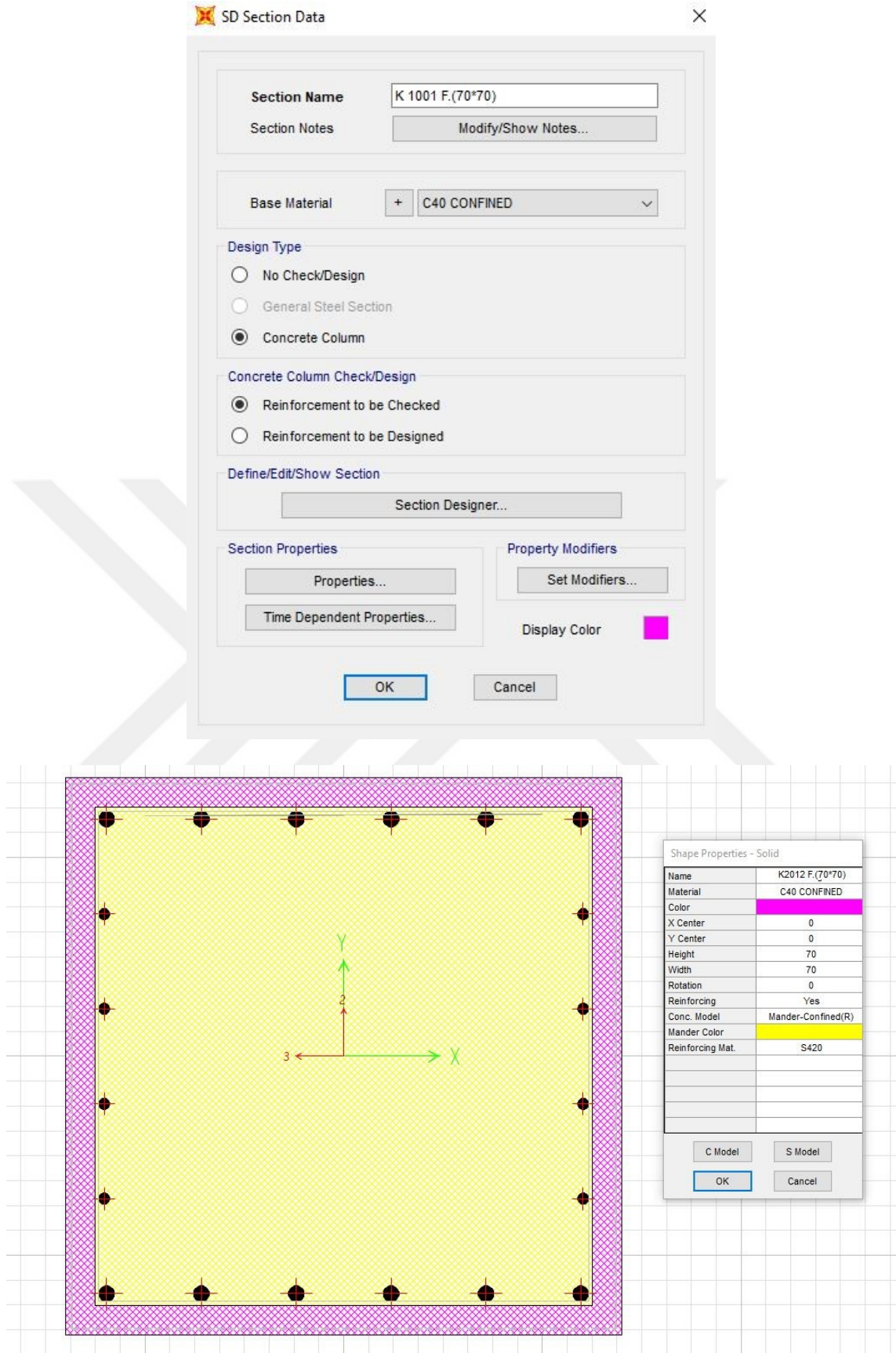
Top	5.
Bottom	5.

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

	Left	Right
Top	18.22	18.22
Bottom	18.84	18.84

OK Cancel

Şekil 5.10. Betonarme kiriş modelleme örneği.

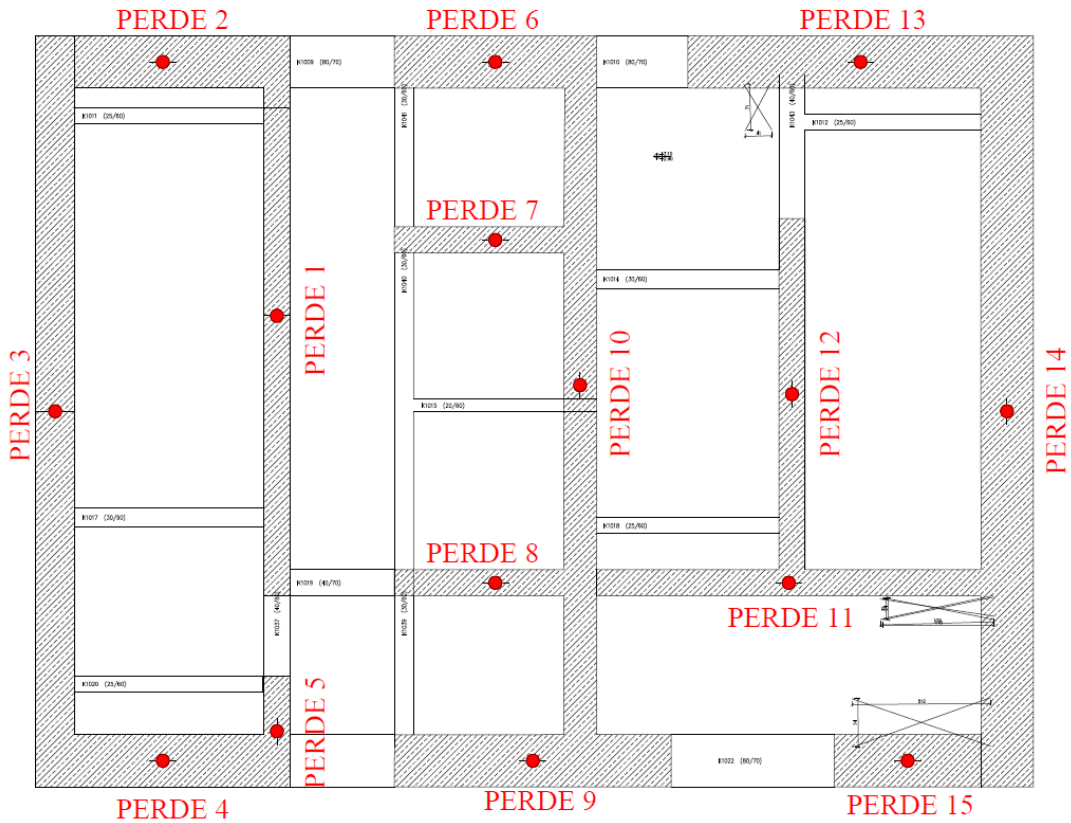


Şekil 5.11. Betonarme kiriş modelleme örneği 'Section Designer'.

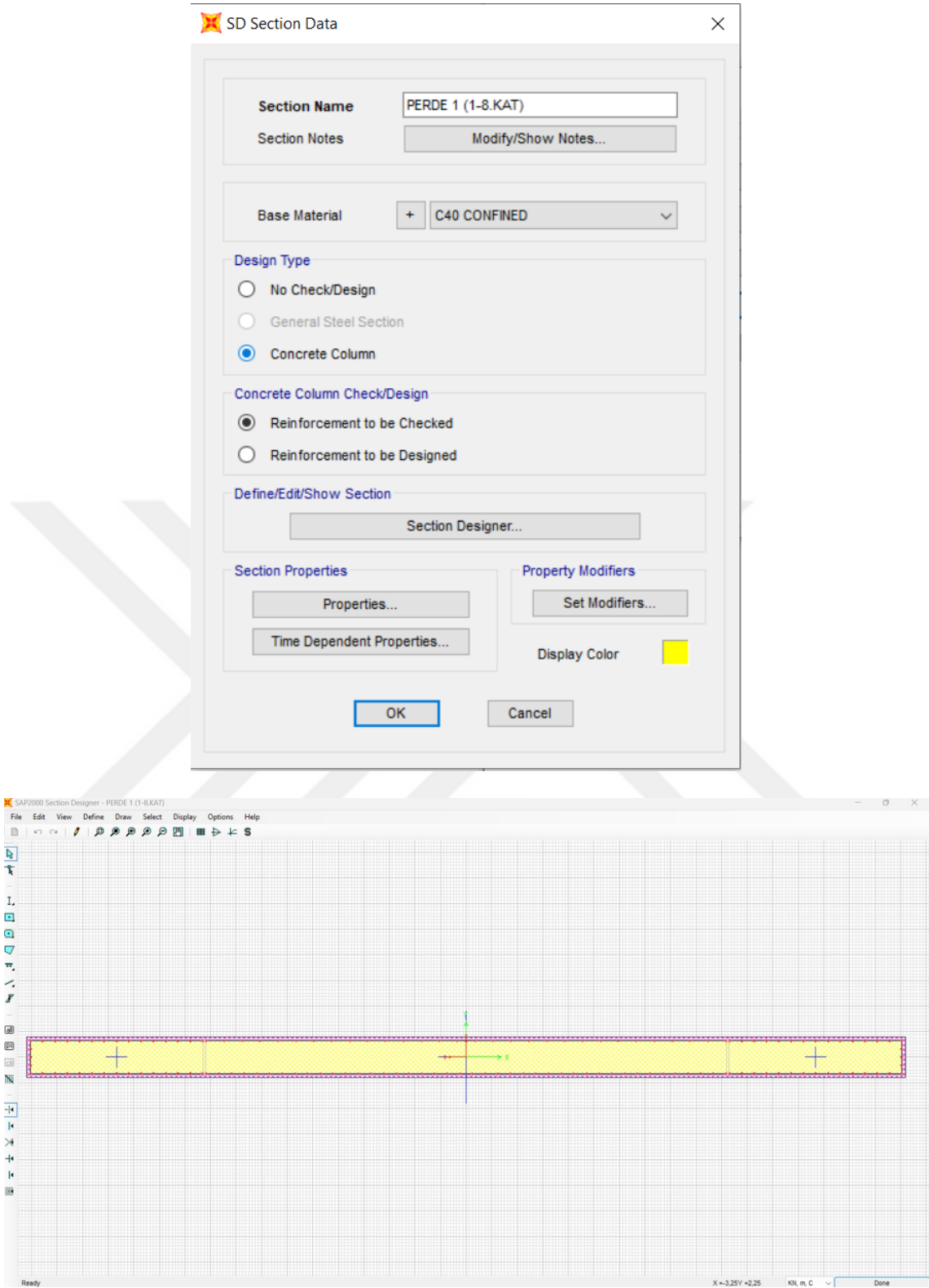
5.7. PERDELERİN MODELLENMESİ

Betonarme yüksek yapı için, çekirdek perdeleri, TBDY18 Madde 5.4.3.2; deprem analizinin, zaman tanım alanında lineer olmayan analize göre yapılması durumuna göre, Bölüm 13 kapsamında boşluksuz ve bağ kirişli (boşluklu) perdeler için plastik mafsallı modeli kullanılmamıştır. İlgili yüksek yapıda tanımlanan betonarme perdeler, kesit hücresi (lif) modeli ile oluşturulmuştur.

Betonarme perdeler, yayılı plastik davranış modeline göre tasarlanmış, kabuk eleman olarak değil, orta kolon tipindedir. Çekirdek bölgesinde betonarme perdelerin her bir kolu farklı numaralandırılmış, bu perdelerin merkez aksları ve numaraları Şekil 5.12’de verilmiştir. Merkez aksları belirtilen her bir perde kolu, merkez akslarında çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. Şekil 5.13’de SAP2000 section designer bölümünden örnek perde tanım ekranı belirtilmiştir.



Şekil 5.12. Betonarme çekirdek perdelerinin numaralandırması.



Şekil 5.13. SAP2000 ‘Section Designer’-Betonarme Perde Tanımı.

Her bir perde kolu için, birleşim bölgelerinde bulunan donatı ve beton alanı, Fiber Hinge tanımında, ortak olacak şekilde paylaştırılmıştır. Böylece toplamdaki donatı ve beton alanı, kesişim bölgelerinde ortak olacak şekilde her iki perde elemanına dağıtılmıştır.

Yine çekirdek bölgesinde bulunan ve orta kolon tipinde modellenen perdelerin, sistemde beraber hareketinin sağlanması adına (bağ kirişleri ile bağlantısı yapılamayan perdeler için) rijitliği yüksek özel elemanlar tanımlanmış ve perde elemanlar bağlanmıştır. Bu özel elemanların rijitlik değerleri, yapı davranışı incelenerek, deneme yoluyla bulunmuştur. Şekil 5.14’de rijit elemanlar için tanım ekranı verilmiştir.

Section Name		RİJİT ELEMAN	
Properties			
Cross-section (axial) area	250000.	Section modulus about 3 axis	0.
Moment of Inertia about 3 axis	1.000E+18	Section modulus about 2 axis	0.
Moment of Inertia about 2 axis	1.000E+12	Plastic modulus about 3 axis	0.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	0.
Shear area in 2 direction	0.	Radius of Gyration about 3 axis	0.
Shear area in 3 direction	1000000.	Radius of Gyration about 2 axis	0.
Torsional constant	1.000E+12	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

OK Cancel

Şekil 5.14. Rijit eleman özellikleri.

5.8. PLASTİK MAFSAL ÖZELLİKLERİNİN TANIMLANMASI

Betonarme yüksek yapıda, kolon, kiriş ve perde elemanları için farklı mafsal tipleri ve özellikleri tanımlanmıştır. Yapıyı oluşturan elemanların şekil değiştirmelerinin uç bölgelerde yoğunlaştığı kabulü yapılmış, bu bölgelerde plastik mafsal tanımı yapılmıştır. Betonarme kolonlar için, eksenel yük altında olduklarından (P-M2-M3), betonarme kirişlerde eksenel kuvvet söz konusu olmadığından M3 tanımı yapılmıştır. Betonarme perdeler için, eksenel kuvvet altında olduğu kabulü ile Fiber Hinge(P-M2-M3) ve V2 mafsalı tanımları yapılmıştır. SAP2000 yapısal analiz programı arayüzünde, çubuk elemanlara atanacak plastik mafsalların tanımlanmasında, ATC-40 ve FEMA-356 şartlarına göre hazırlanan plastik mafsal davranış yaklaşıklarını otomatik olarak kesitlere atayabilmektedir. Ancak bu çalışmada, ilgili plastik mafsalların davranış özellikleri, otomatik

olarak değil, kesitlerin moment-eğrilik ilişkilerinden hareketle programa veri girişi yapılarak oluşturulmuştur. Her bir mafsalsal tanımı için aşamalar aşağıda detaylı şekilde ifade edilmiştir.

5.8.1. Kirişler için plastik mafsalsal tanımı

Betonarme yüksek yapı kesitlerinin oluşturulması, kolon, kiriş ve perdelerin akma davranışının tanımlanmasında, hasar bölgelerinin ve beton, donatı çeliği şekil değiştirmelerine bağlı moment-eğrilik ($M-\Phi$) grafiklerinin elde edilmesi için, SAP2000 V20.2.0 yapısal analiz programının ‘Section Designer’ ara yüzü kullanılmıştır (Şekil 5.15).

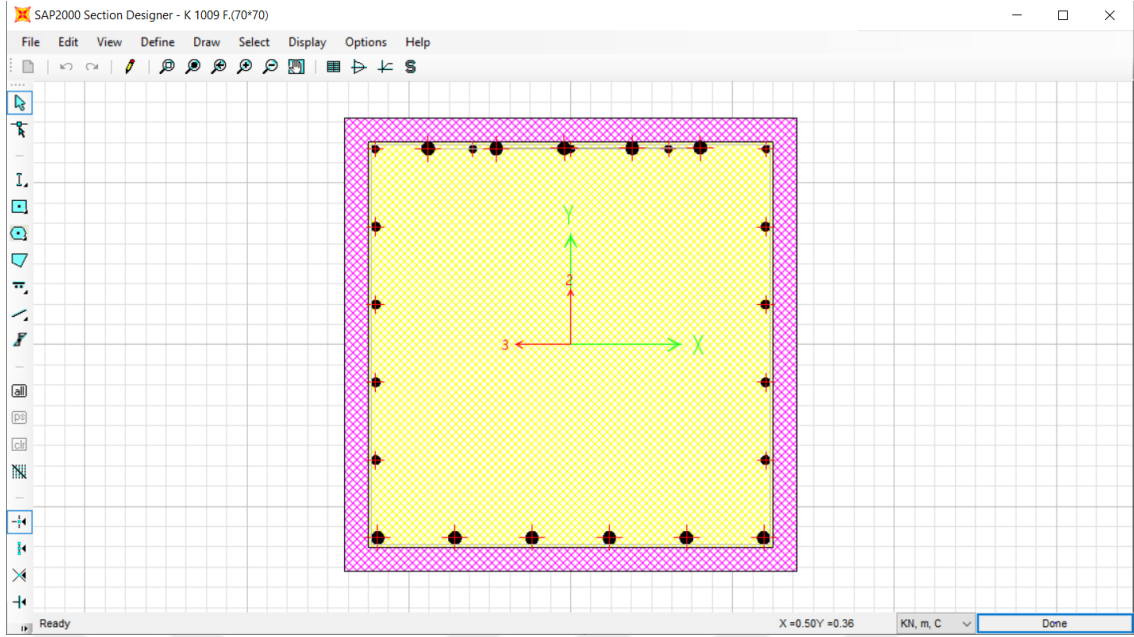
Section Designer’da, ilgili yapı kesitlerinin modellenmesi yapılmış, kirişlerin donatı çeliği, sargılı ve sargısız beton tanımları yapılmıştır. Moment-eğrilik bağıntıları yine aynı ara yüzden elde edilerek, ilgili kiriş elemanlarının mafsalsal tanım ekranında kullanılacak değerler belirlenmiştir.

‘Section Designer’ da kiriş elemanları modellenmesinden sonra, ‘‘Show Moment-Curvature Curve’’ kısmından, ilgili kirişe ait moment ve eğrilik değerleri belirlenir (Şekil 5.16, Şekil 5.17). Plastik mafsalsal davranış özelliklerinin SAP2000’de tanımında, plastik mafsalsal dönmeleri, moment-eğrilik eğrisinden alınan değerlerin (kiriş kesitlerinin eğrilik değerleri), eğilme doğrultusundaki plastik mafsalsal boyu ile çarpılmasıyla elde edilir. SAP2000 yapısal analiz programına, $M-\Phi$ değerleri, akma momenti ve akma momentine denk gelen eğrilik değerleri ile orantılanarak tanıtılır. İlgili kesit üzerine gelen pozitif ve negatif momentler için ayrı ayrı moment eğrilik grafikleri incelenir (Şekil 5.17, Şekil 5.18). ‘‘Hinge Properties’’ sekmesinden, bu moment ve eğrilik değerleri için katsayı değerlerinin programa tanıtılması yapılmaktadır. Akma momenti ve akma momentine karşılık gelen eğrilik değerleri, moment ve eğrilik değerleri ile orantılı şekilde ‘‘Moment/SF’’ ve ‘‘Rotation /SF’’ katsayıları olarak hesaplanır ve programa girişi yapılır. Bu katsayılar, ‘‘Modify/Show Hinge Property’’ sekmesine girildikten sonra o kiriş kesitine ait mafsalsal davranışı SAP2000 yapısal analiz programına tanıtılmış olur.

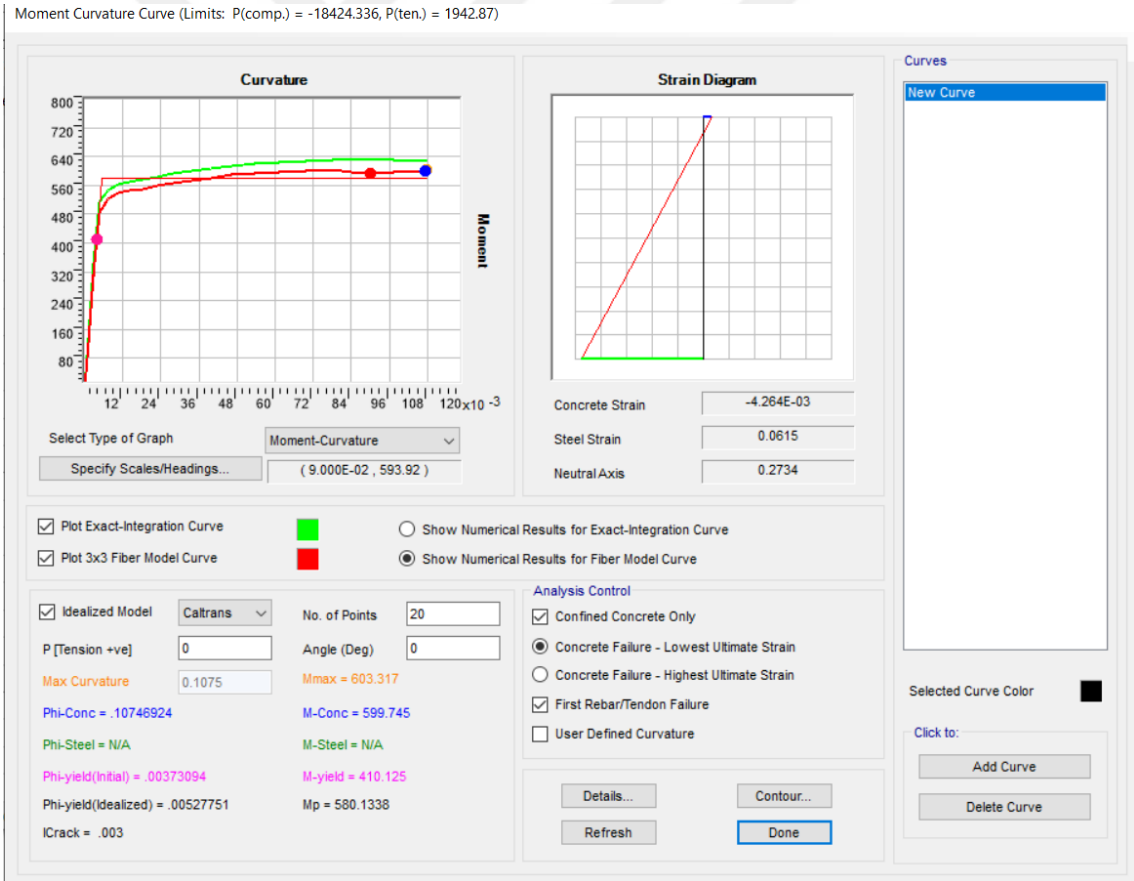
Kiriş donatıları ve açıklık özelliklerine göre, mafsalsal tanımları için sınıflandırmaya gidilmiştir. Bunun nedeni, benzer donatı ve açıklığa sahip betonarme kirişlerde, akma moment (yield moment) ve maksimum moment (ultimate moment) değerlerinin yakın değerler almasıdır. Betonarme kiriş elemanlar için mafsalsal tanımları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Kiriş mafsalları için ‘M3 mafsalı’ gruplandırması.

ELEMAN ADI	ELEMAN TİPİ	MAFSAL TİPİ	MAFSAL ADI
K1001	KİRİŞ	M3	KMFSL 1
K1009			
K1011			
K1013			
K1002	KİRİŞ	M3	KMFSL 2
K1005			
K1008			
K1003	KİRİŞ	M3	KMFSL 3
K1007			
K1010			
K1014			
K1004	KİRİŞ	M3	KMFSL 4
K1006			
K1012	KİRİŞ	M3	KMFSL 5
K1015	KİRİŞ	M3	KMFSL 6
K1016			
K1017			
K1018	KİRİŞ	M3	KMFSL 7
K1019	KİRİŞ	M3	KMFSL 8
K1020	KİRİŞ	M3	KMFSL 9
K1021	KİRİŞ	M3	KMFSL 10

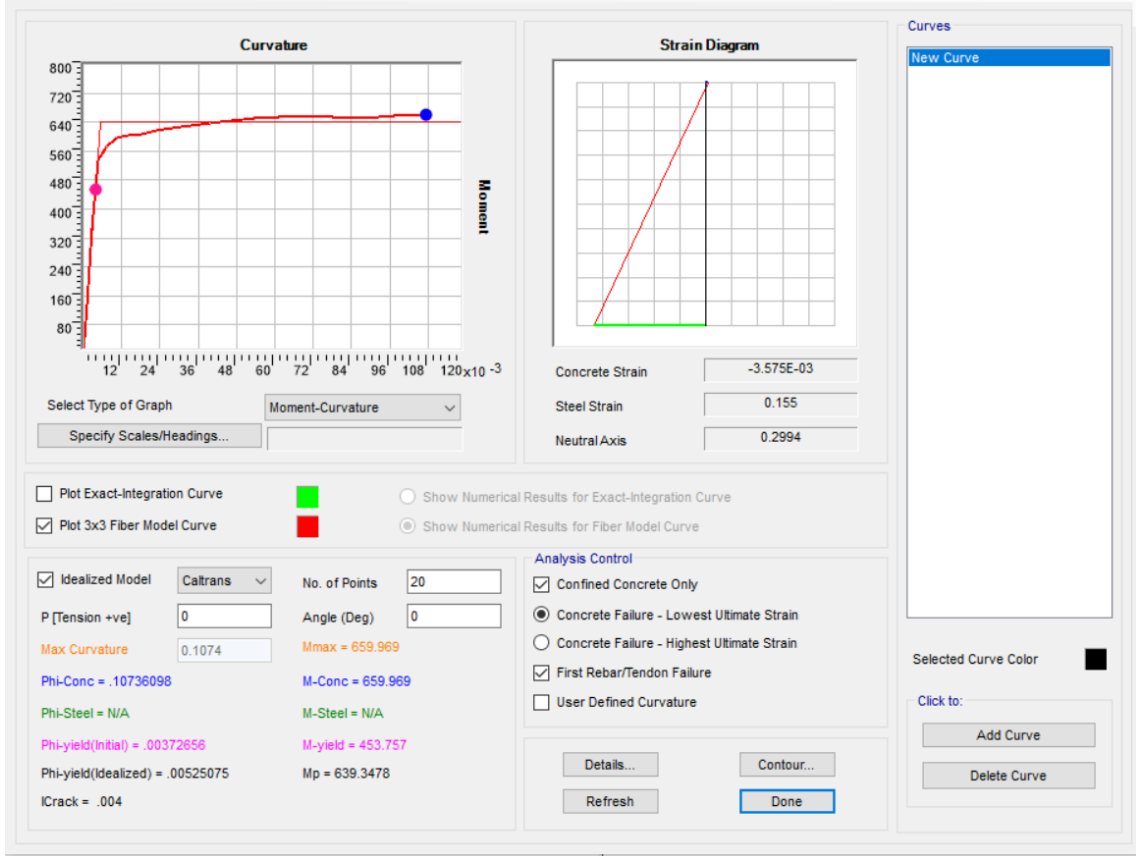


Şekil 5.15. SAP2000 'Section Designer'da kiriş kesitinin modellenmesi.

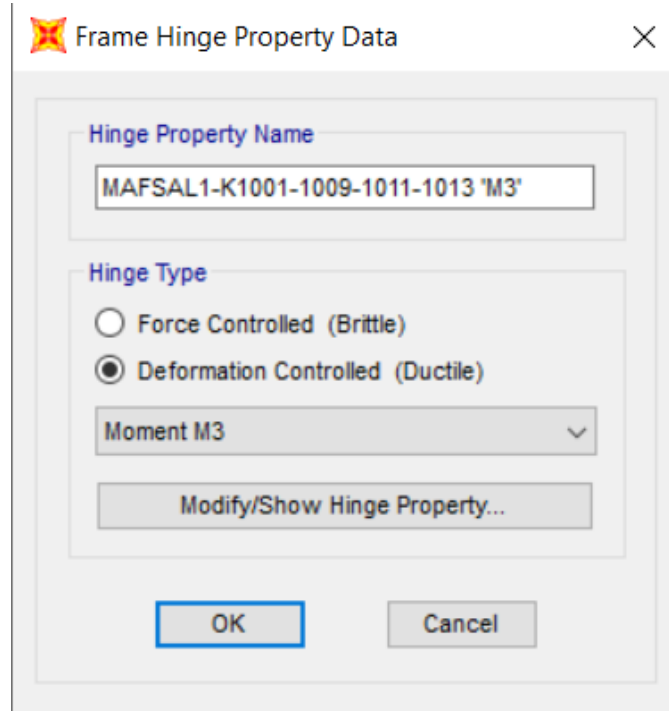


Şekil 5.16. SAP2000 'Section Designer'da kiriş elemanı için moment-eğrilik grafiğinin pozitif moment altında elde edilmesi.

Moment Curvature Curve (Limits: P(comp.) = -18424.336, P(ten.) = 1942.87)



Şekil 5.17. SAP2000 'Section Designer'da kiriş elemanı için moment-eğrilik grafiğinin negatif moment altında elde edilmesi.



Şekil 5.18. SAP2000 'Kirişler için plastik mafsalları tanımlama' .

Frame Hinge Property Data for MAFSAL1- K1001-1009-1011-1013 'M3' - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0,2	-12,43
D-	-0,2	-8,28
C-	-1,1	-8,28
B-	-1,	0,
A	0,	0,
B	1,	0,
C	1,1	8,34
D	0,2	8,34
E	0,2	12,52

☐ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation

☐ Use Yield Moment Moment SF Positive: 410,34 Negative: 453,77
☐ Use Yield Rotation Rotation SF Positive: 4,350E-03 Negative: 4,378E-03
(Steel Objects Only)

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☒ Immediate Occupancy Positive: 1,66 Negative: -1,65
☐ Life Safety Positive: 5, Negative: -4,96
☐ Collapse Prevention Positive: 7,5 Negative: -7,45
☒ Show Acceptance Criteria on Plot

Type

☒ Moment - Rotation
☐ Moment - Curvature
Hinge Length:
☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters

Hysteresis Type: Isotropic
No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 5.19. SAP2000 M3 mafsalı için veri girişi 'MAFSAL 1'.

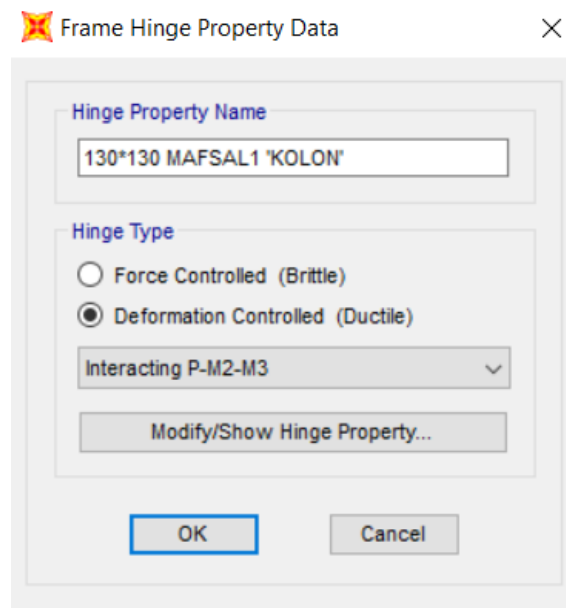
Burada, kiriş mafsal tanımı yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kiriş donatılarının simetrik olmadığıdır. Donatı çeliği simetrik olmadığından, ilgili kesite gelen pozitif ve negatif momentler altındaki davranışlarının, ayrı ayrı mafsal tanım ekranına girilmesi gerekmektedir. Pozitif moment altında ilgili kesite gelen aksa momenti ve maksimum moment belirlenmiş, buradan etkili kesit yüksekliğinin yarısı ve kesit boyu kullanılarak, sistem Moment SF ve Rotation SF haline getirilmiştir. Yine aynı şekilde negatif moment altında aynı aşamalar devam ettirilmiştir, MomentSF, RotationSF değerleri bulunmuştur. Aynı tanım ekranında ilgili değerlerin tanımı yapılmıştır (Şekil 5.19).

5.8.2. Kolonlar için plastik mafsal tanımı

SAP2000 yapısal analiz programında, akma seviyeleri ve moment-eğrilik ilişkisi belirlenmiş yapısal kesitlerin, plastik mafsal özellikleri tanımlanırken, programın veri giriş metotlarına uyulmuştur. Yapısal elemanların şekil değiştirmelerinin uç bölgelerde yoğunlaştığı kabul edilmiş, bu bölgelerde plastik mafsallar tanımlanmıştır. Perde duvarlar ve kolonlar eksenel kuvvet etkisinde olduğundan, bu elemanlara P-M2-M3 mafsalı olarak, kirişlerde ise eksenel kuvvet ihmal edilecek kadar az değerler aldığından, M3 mafsalı olarak tanımlanmıştır. FEMA-356 ve ATC-40 tarafından hazırlanan plastik mafsal yaklaşımlarını, SAP2000, çubuk eleman olarak modellenmiş kesitler için, plastik mafsal tanımlamalarında otomatik olarak kesitlere tanıtılabilmektedir. Ancak, betonarme kesitlerin şekil değiştirme kapasitelerinin, gerçekte ki davranış değerlerinden yüksek çıkabilme olasılığı olduğu için plastik mafsalların moment-eğrilik ilişkileri analiz programına kullanıcı tanımlı olarak yapılmıştır.

Kiriş mafsal tanım ekranında olduğu gibi, moment ve moment değerlerine karşılık gelen eğrilik değerleri, “Moment/Yield Moment” ve “Rotation/SF” katsayı bulunur. SAP2000’de “Modify/Show Hinge Property” sekmesine bu katsayı değerleri girilir.

Betonarme kolonlar, eksenel yük etkisinde olduklarından, her beş katta bir, kolonlar üzerine gelen ortalama eksenel yük belirlenmiş, mafsal tanım ekranında 8 adet eksenel yük değerinin girişi yapılmıştır. 130*130 cm ölçülerinde tanımlı kolon modeli için mafsal tanım ekranı Şekil 5.21’de verilmiştir.



Şekil 5.20. SAP2000 Betonarme kolonlar için mafsal tanım örneği.

Moment Rotation Data for KOLON MFSL130*130 - Interacting P-M2-M3

Edit

Select Curve
 Axial Force: -19500, Angle: 0, Curve #1

Units
 KN, m, C

Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0,	0,
B	1,	0,
C	1,155	0,0274
D	0,255	0,0274
E	0,255	0,0411

Copy Curve Data Paste Curve Data

Acceptance Criteria (Plastic Deformation / SF)

Immediate Occupancy: 1,000E-03
 Life Safety: 0,016
 Collapse Prevention: 0,0213

☒ Show Acceptance Points on Current Curve

3D View
 Plan: 315, Elevation: 35, Aperture: 0
 Axial Force: -19500

☐ Hide Backbone Lines
☐ Show Acceptance Criteria
☐ Show Thickened Lines
☒ Highlight Current Curve

Moment Rotation Information

Symmetry Condition: Double
 Number of Axial Force Values: 7
 Number of Angles: 2
 Total Number of Curves: 14

Angle Is Moment About

0 degrees = About Positive M2 Axis
 90 degrees = About Positive M3 Axis
 180 degrees = About Negative M2 Axis
 270 degrees = About Negative M3 Axis

OK Cancel

Şekil 5.21. Eğilme etkisindeki kolon için mafsalsal verilerinin girilmesi.

Kiriş mafsalsal tanım ekranında olduğu gibi, moment ve moment değerlerine karşılık gelen eğrilik değerleri, “Moment/Yield Moment” ve “Rotation/SF” hesaplanarak mafsalsal tanım ekranına girişi yapılmıştır. Rotation SF değeri, Şekil 5.22’de belirtilen mafsalsal verilerinin tanıtıldığı ekranda, User SF sekmesinde tanıtılmıştır.

Hinge Specification Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☒ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

☐ SF is Yield Rotation per ASCE 41-13 Eqn. 9-2 (Steel Objects Only)

☒ User SF

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition

☐ Moment Rotation Dependence is Circular

☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

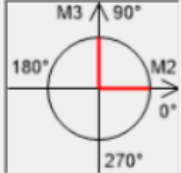
- 1 Specify curves at angles of 0° and 90°.
- 2 If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces

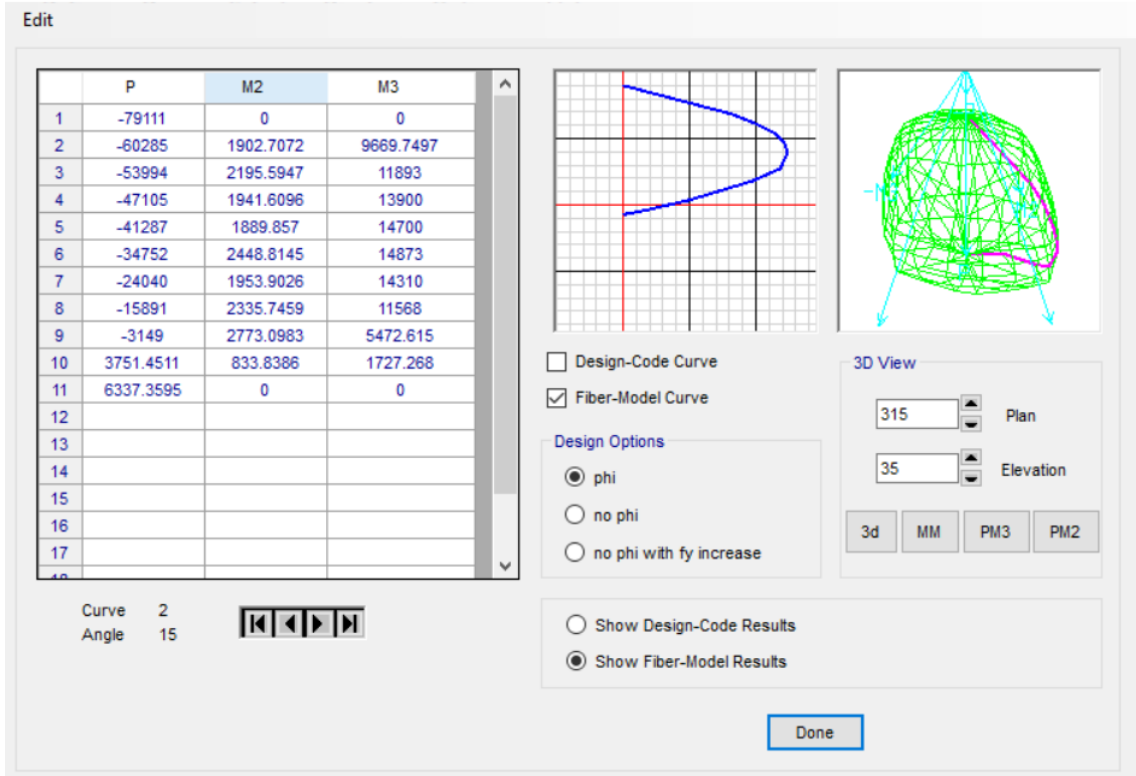
Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles



Şekil 5.22. SAP2000 Interacting P-M2-M3 mafsalsal tanım verilerinin girilmesi.

Betonarme kolonların mafsalsal tanım verilerinin girilmesinde, ilgili kolonun SAP2000 Section Designer sekmesinde oluşturulan modelindeki verilerden yararlanılır. Section designer sekmesinde modellenen kolonun 'Interacting Surface' sekmesinden, fiber model sonuçları elde edilir. P-M2-M3 diyagramının belirtildiği bu bölümdeki veriler, kolonlar için tanımlanan mafsalsal tanım ekranına girilir. SAP2000 Interacting Surface sekmesi Şekil 5.23'de verilmiştir.



Şekil 5.23. SAP2000 Section designer Interacting surface sekmesinden P-M2-M3 diyagramının elde edilmesi.

P-M2-M3 değerlerinin veri girişinde, User definition ve Axial Load sekmesindeki Elastic-Perfectly Perfectly seçeneği işaretlenmiştir. Şekil 5.24’de seçilen bölümler belirtilmiştir. Betonarme kolon mafsallı tanım ekranında, Modify Interacting P-M3-M3 Surface Data sekmesinden, Section Designer tanım modelinden elde edilen verilerin girişi yapılır (Şekil 5.25). İlgili kolon için belirlenen 6 ortalama eksenel yük değeri, Modify/Show Axial Force sekmesinden programa tanıtılır. 130*130 cm kolon için tanımlanan eksenel yük değerleri Şekil 5.26’da belirtilmiştir.

Interaction Surface Options

☐ Default from Material Property of Associated Line Object
☐ Steel, AISC-LRFD Equations H1-1a and H1-1b with $\phi = 1$
☐ Steel, ASCE 41-13 Equation 9-4
☐ Concrete, ACI 318-02 with $\phi = 1$
☒ User Definition

Define/Show User Interaction Surface...

Axial Load - Displacement Relationship

☐ Proportional to Moment - Rotation
☒ Elastic - Perfectly Plastic

OK Cancel

Şekil 5.24. SAP2000 User definition, Elastic-Perfectly Plastic seçeneklerinin işaretlenmesi.

Edit

User Interaction Surface Options

☐ Circular Symmetry
☒ Doubly Symmetric about M2 and M3
☐ No Symmetry

Number of Curves: 3

Number of Points on Each Curve: 11

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1. M2: 1. M3: 1.

☐ Include Scale Factors in Plots KN, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-79111.	0	0
11	6337.	0	0

Interaction Surface Requirements - Doubly Symmetric

- A minimum of 3 P-M2-M3 curves are specified.
- P (tension positive) increases monotonically.
- $M2 = M3 = 0$ at the first and last points.
- First curve has all $M3 = 0$ and all $M2 \geq 0$.
- Then one or more curves has all $M2 > 0$ and all $M3 > 0$.
- Last curve has all $M2 = 0$ and all $M3 > 0$.
- As the curve number increases, a specific point number should have an increasing $M3$ and a decreasing $M2$.
- Each curve must be convex and the interaction surface as a whole must be convex (no dimples in surface).

Interaction Curve Data

Current Curve: 2

Point	P	M2	M3
1	-79111.	0.	0.
2	-58427.	1902.	4834.87
3	-51992.	2195.	5946.5
4	-46542.	1941.	6950.
5	-41503.	1889.	7350.
6	-35148.	2448.	7436.5
7	-24484.5	1953.	7155.
8	-19081.	2335.	5784.
9	-8331.5	2773.	2736.305
10	2377.405	833.	863.63
11	6337.	0.	0.

Insert Curve Delete Curve Check Surface

3D Plot

Plan: 315 Elevation: 25 Aperture: 0

☒ Show All Lines
☐ Hide P Direction Lines
☐ Hide M2-M3 Lines
☒ Highlight Current Curve

3D MM PM3 PM2

OK Cancel

Şekil 5.25. SAP2000 Kolon mafsalı P-M2-M3 veri giriş ekranı.

Edit

This Number of Axial Force Values Is Specified

Number of Axial Forces

Axial Force Data

	Axial Force
1	-15813.
2	-13810.
3	-13107.
4	-12369.
5	-11611.
6	-10813.

KN, m, C

Order Rows

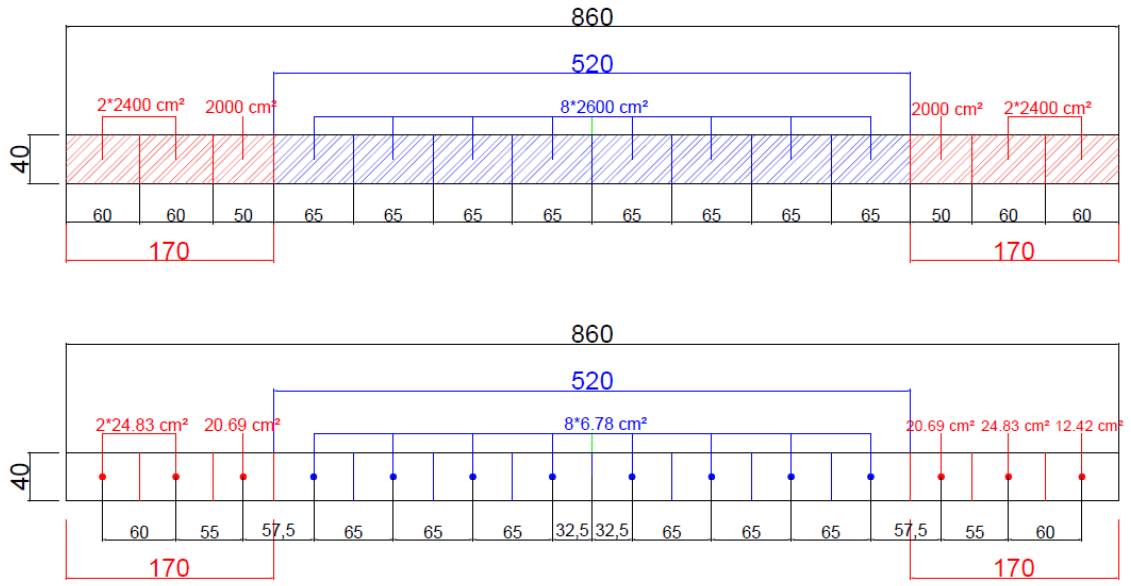
OK

Cancel

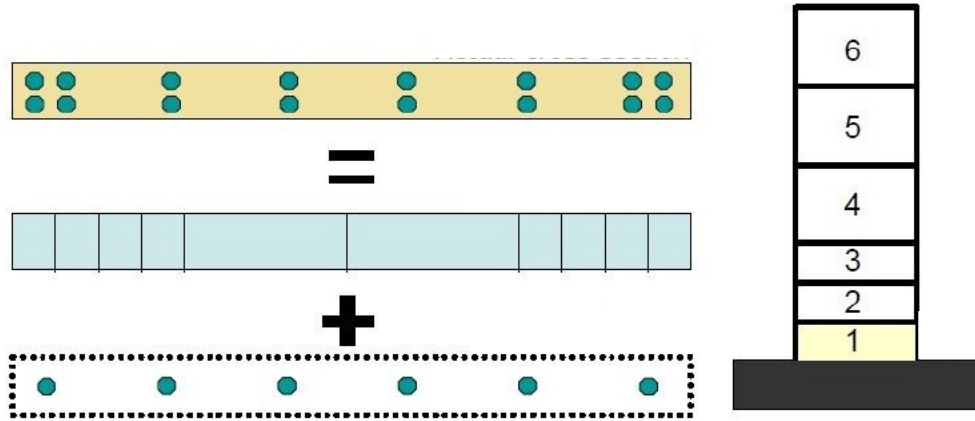
Şekil 5.26. SAP2000 Kolon mafsali için eksenel yük değerlerinin girilmesi.

5.8.3. Perde duvarlar için plastik mafsali tanımlama

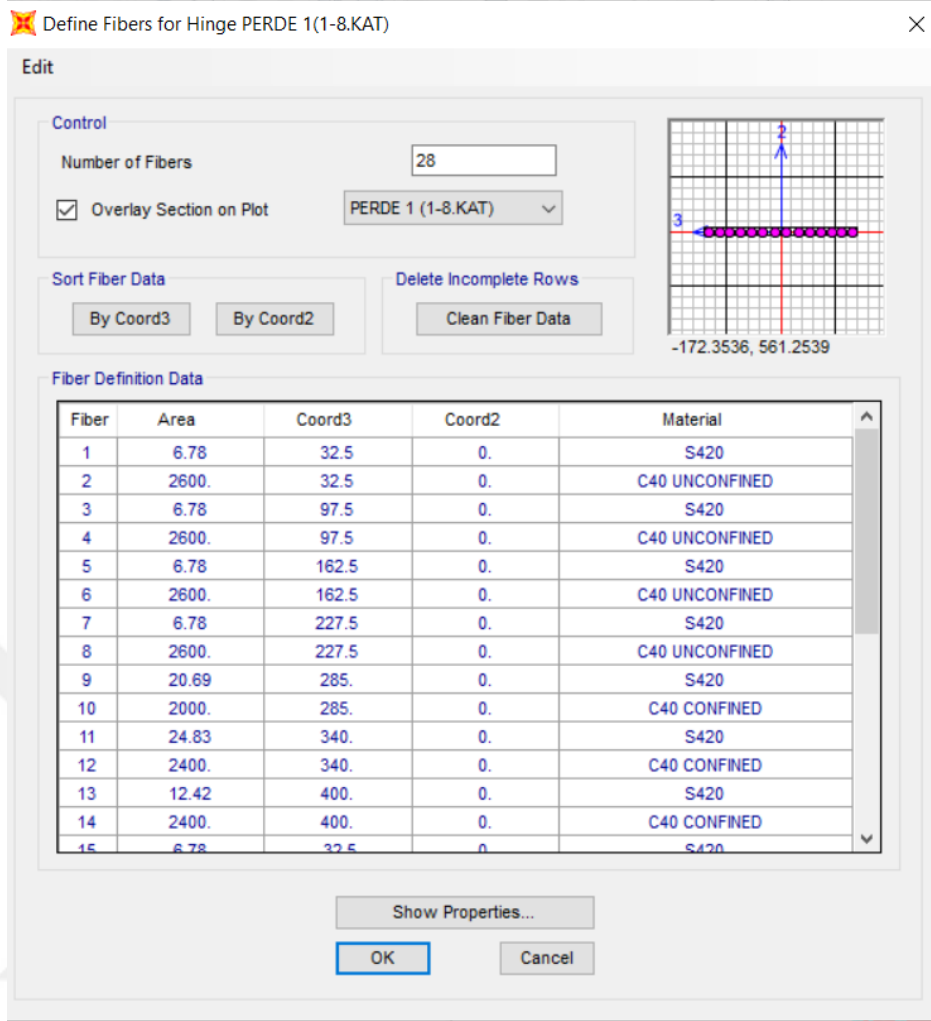
SAP2000’de Section Designer bölümünden ilgili perdenin kalınlık ve genişlik ölçüleri tanımlanır (Şekil 5.13). Ayrı bir bölümde (Hinge Properties) tanımlı yapılan (Fiber Hinge P-M2-M3) mafsali özellikleri girilmiştir. Perde elemanı bölgelere ayrılmış, her bir bölgenin koordinat, beton alanı ve donatı çeliği alanı tanımlanmıştır (Şekil 5.27). Tanımlı yapılan mafsali orta kolon olarak oluşturulan perde üzerine tanımlanmıştır. Yapılan modelleme kabulleri Şekil 5.29’da belirtilmiştir.



Şekil 5.27. Perde 1 için Fiber Hinge özellikleri-Beton ve Çelik Donatı Alanı ‘cm’.



Şekil 5.28. Fiber Hinge mafsals tanım örnek anlatım şeması.

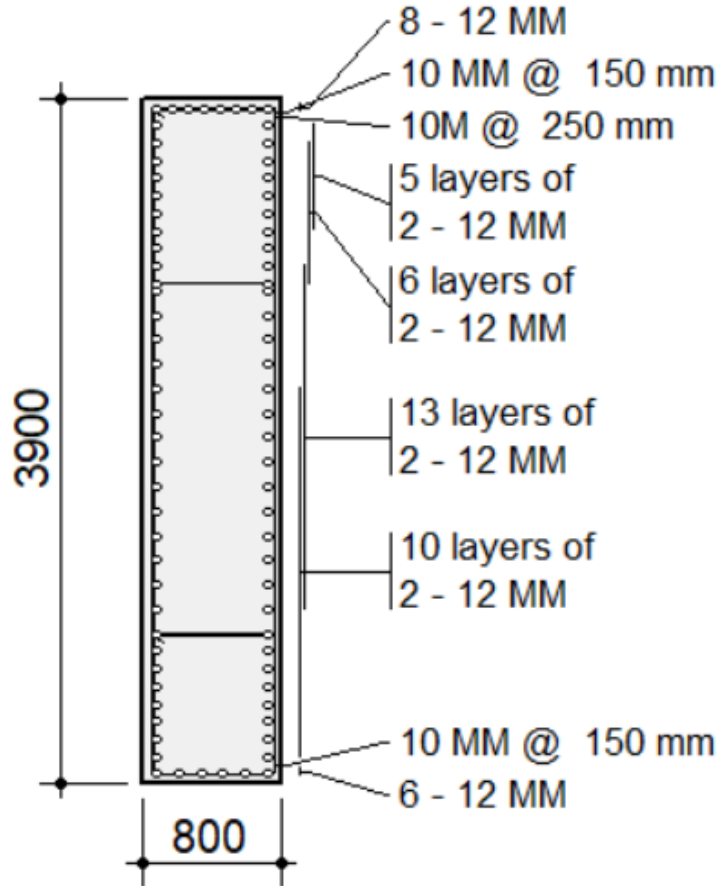


Şekil 5.29. Perde 1-Fiber Hinge (P-M2-M3) özelliklerinin SAP2000’de tanımlanması.

Betonarme perdeler için, ilgili yapısal analiz programında, eksenel yük ve eğime yüküne maruz kaldığı varsayılarak Fiber (P-M2-M3) mafsal tanımı yapılmıştır. Bu tanıma ek olarak, ilgili perde kesitinin kesme kuvveti etkisinin kritik olduğu göz önünde bulundurularak, V2 mafsalı tanımı yapılmıştır. Bu tanım için, RESPONCE2000’den yararlanılmıştır.

5.9.BETONARME PERDELERİN RESPONCE2000 ANALİZ PROGRAMINDA TANIMLANMASI

Betonarme taşıyıcı perde elemanları için, RESPONCE2000 analiz programında ayrıca modelleme yapılmıştır. Bu modellemeler için, SAP2000’de yapılan tanımda olduğu gibi, pas payı, beton ve donatı özellikleri belirlenmiştir. Özellikle betonarme perde elemanların, eksenel yük ve iki eksenli eğilme etkisi ile beraber, kesme etkisinde de olduğu varsayıldığında, SAP2000’de yapılacak V2 mafsalları için, RESPONCE2000’den ilgili betonarme perde kesitlerinin kesme kuvveti ve moment etkisi altındaki davranışının incelenmesi bir ihtiyaç olarak görülmüş, bu bağlamda modelleme yapılmıştır. SAP2000’de ilgili yapının modellenmesinin ardından, sabit ve hareketli yüklerin tanımlandığı model üzerinde, her bir kombinasyon altında perde elemanlara gelen maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri belirlenmiştir. Bu değerler RESPONCE2000 ‘de ilgili M/V değer sekmesine girilerek, yapı kesitinin bu etkiler altında, ‘stress-strain’ diyagramları gözlemlenmiştir. İlgili betonarme perde elemanlar için RESPONCE2000 modelleme örneği Şekil 5.30’da belirtilmiştir.



Şekil 5.30. Perde 2- RESPONCE2000’de beton, düşey ve yatay donatı çeliği tanımı.

SAP2000’de oluşturulan yapı modelinde tanımlı her bir kombinasyon altında, her bir perde elemana gelen maksimum momente karşılık eksenel yük ve kesme kuvveti belirlendikten sonra, P ve V/M değerleri belirlenerek RESPONSE2000 Sectional load sekmesine girilir (Şekil 5.31).

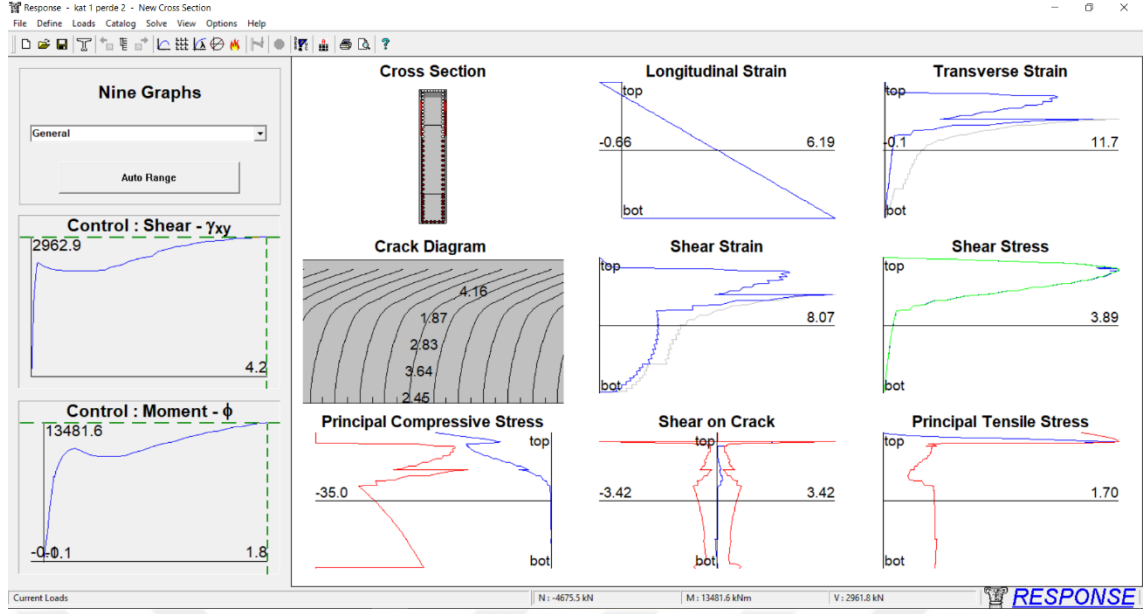
Define Loading

	Constant	+	Increment	
Axial Load	-4667.00	+	0.00	kN
Moment	0.00	+	1.00	kNm
Shear	0.00	+	0.22	kN

For a "One Load" analysis, only use the left side

Şekil 5.31. Perde 2- RESPONSE2000 Sectional load sekmesinden V/M oranı girilmesi.

Sectional load sekmesinde moment ‘M’ ve kesme kuvveti ‘V’ değer oranlarının girilmesinin ardından, ilgili perde elemanın analizi gerçekleştirilir. Analiz sonucunda, eksenel yük, moment ve kesme kuvveti etkileri altında, ilgili perde kesitinin davranış eğrileri RESPONSE2000 Sectional response sekmesinden elde edilir. Şekil 5.32’de Perde-2 için örnek sonuç ekranı gösterilmiştir.



Şekil 5.32. Perde 2- RESPONSE2000 Sectional response sekmesinden perde kesiti için davranış eğrilerinin elde edilmesi.

Betonarme yapı modelinde sabit ve hareketli yükler altında betonarme perde elemanlara gelen maksimum moment değerine karşılık gelen P ‘Eksenel yük’ ve V ‘Kesme kuvveti’ değerleri, Çizelge 5.3 Çizelge 5.4’de verilmiştir. Değerler SAP2000’de oluşturulan yapı modelinden elde edilmiştir. Bu değerler üzerinden hesaplanan, P- V/M ikili değerleri Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.3. Betonarme yapı modelinde perde elemanlara gelen ‘maksimum momente karşılık’ P, M, V değerleri (1-4. katlar).

	KAT1			KAT2			KAT3			KAT4		
YAPI KESİTİ	<i>P</i>	<i>M_{max}</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>M_{max}</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>M_{max}</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>M_{max}</i>	<i>V</i>
<i>PERDE-1</i>	22.46	3611.6	622.63	22.28	1743.2	843.75	-23.03	-1503	-365.7	22.57	618.71	194.32
<i>PERDE-2</i>	-3735	-646.7	-148	-3077	400.39	156.88	-3051	407.5	128.11	-3318	-88.45	-22.45
<i>PERDE-3</i>	-9826	-6098	-1550	-9418	4186.6	1519.5	-9460	-2032	-1098	-9263	-3376	-1085
<i>PERDE-4</i>	-3780	-655	-147.2	-3089	400.05	157	-3063	408.87	129.03	-3322	-90.25	-20.56
<i>PERDE-5</i>	23.198	91.11	23.06	-22.27	-71.98	-29.76	-22.3	-70.93	-26.12	23.29	12.58	3.03
<i>PERDE-6</i>	-2693	-379.9	-93.86	-2331	267.22	91.02	-2262	246.58	77.96	-2198	50.26	-8.8
<i>PERDE-7</i>	-773	-250	-57.74	-695.7	160.94	53.74	-686.5	160.93	50.98	-6690	43.81	-26.68
<i>PERDE-8</i>	-93.63	-251.4	-57.73	-62.11	161.41	54.08	-61.07	161.42	51.02	-90.61	-23.14	-3.54
<i>PERDE-9</i>	-3255	-790.3	-174.3	-2801	484.53	174.97	-2738	465.88	132.76	-2673	84.47	22.59
<i>PERDE-10</i>	-3700	4109.9	432.06	-3671	2827.2	411	-3588	1729.7	373.4	-3454	1732.8	330.62
<i>PERDE-11</i>	-2998	-1315	-177.9	-2267	711.6	235.89	-2262	397.97	194.1	-2647	-437	-52.14
<i>PERDE-12</i>	-1998	850.18	351.23	-1980	663.71	343.55	-2046	-509.6	-279.5	-1998	-622.7	-268
<i>PERDE-13</i>	-3468	-964.5	-347.6	-3315	-876.6	-463.8	-3208	-572.7	-244.5	-3193	-648.4	-210.5
<i>PERDE-14</i>	-5785	6357.6	1567.9	-5872	4279.3	1452.8	-5809	1857.2	1031.4	-5633	3252	1039.2
<i>PERDE-15</i>	-1971	-340	-160.9	-1842	-362.1	-213	-1445	244.41	147.9	-1761	-208.8	-64.7

Çizelge 5.4. Betonarme yapı modelinde perde elemanlara gelen ‘maksimum momente karşılık’ P, M, V değerleri (5-8. katlar).

	KAT5			KAT6			KAT7			KAT8		
YAPI KESİTİ	<i>P</i>	<i>Mmax</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Mmax</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Mmax</i>	<i>V</i>	<i>P</i>	<i>Mmax</i>	<i>V</i>
<i>PERDE-1</i>	22.83	1022.3	133.7	-23.71	-1482	-99	-23.82	-1886	-97.54	-23.8	-2401	-286.1
<i>PERDE-2</i>	-3318	-95.98	-18.02	-3370	-146	-21.34	-2373	223.14	30.82	-3756	-624	-77.84
<i>PERDE-3</i>	-9059	-5027	-1065	-8854	-7024	-1109	-8650	-9015	-1301	-8456	-12702	-1619
<i>PERDE-4</i>	-3337	-95.5	-16.32	-3392	-141.9	-19.08	-2422	224.39	28.5	-3764	-681.2	-88.19
<i>PERDE-5</i>	23.53	9.46	1.72	-23.06	-12.31	-0.78	-23.2	-19.69	-1.24	-23.18	-22.72	-4.55
<i>PERDE-6</i>	-2139	60.52	-10.02	-2086	92.6	-10.67	-2041	147.53	-13.38	-2003	204.34	28.31
<i>PERDE-7</i>	-6511	55.27	-29.66	-6304	65.08	-31.08	-6082	80.96	-39.15	-628.5	-173	-18.39
<i>PERDE-8</i>	-88.8	-25.27	-5.64	-86.57	-43.44	-5.27	-51.25	80.55	6.93	-80.41	-184.9	-20.4
<i>PERDE-9</i>	-2608	116.76	9.58	-2541	195.82	12.163	-2473	309.03	17.33	-2833	-761.5	-103.7
<i>PERDE-10</i>	-3271	2600.9	286.05	-3038	3548	238.82	-2761	4315	190.08	-2420	5073.9	146.63
<i>PERDE-11</i>	-2638	-662.2	-48.33	-2637	-1052	-62.27	-2649	-1597	-92.96	-2821	-3161	-139.5
<i>PERDE-12</i>	-1957	-821.4	-262.3	-1916	-1056	-264.9	-1872	-1230	-286	-1828	-1668	-318.2
<i>PERDE-13</i>	-3244	-834.9	-200.1	-3322	-1275	-254.5	-3387	-2000	-390	-3407	-4120	-592
<i>PERDE-14</i>	-5442	4815.2	1030	-5238	6651.4	1069.9	-5023	8596.2	1198.8	-4839	12386	1397
<i>PERDE-15</i>	-1813	-231.3	-52.08	-1890	-344.3	-69.04	-1975	-567.3	-121.7	-2079	-1151	-181.8

Çizelge 5.5. RESPONCE2000 Betonarme perde analizlerinde kullanılan P' Eksenel yük' ve V/M değerleri (1-4.kat).

	KAT1		KAT2		KAT3		KAT4	
YAPI KESİTİ	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>
<i>PERDE-1</i>	22.46	0.172396798	22.28	0.484023635	-23.03	0.243296651	22.57	0.314072829
<i>PERDE-2</i>	-3735	0.228871878	-3077	0.391817977	-3051	0.314380368	-3318	0.253815715
<i>PERDE-3</i>	-9826	0.25412171	-9418	0.362934778	-9460	0.540434158	-9263	0.321435554
<i>PERDE-4</i>	-3780	0.224765249	-3089	0.392450944	-3063	0.315577078	-3322	0.227811634
<i>PERDE-5</i>	23.198	0.253100648	-22.27	0.41344818	-22.3	0.368250388	23.29	0.240858506
<i>PERDE-6</i>	-2693	0.247071521	-2331	0.340618217	-2262	0.316165139	-2198	-0.175089534
<i>PERDE-7</i>	-773	0.23096	-695.7	0.33391326	-686.5	0.316783695	-6690	-0.608993381
<i>PERDE-8</i>	-93.63	0.229661455	-62.11	0.335047395	-61.07	0.31606988	-90.61	0.15298185
<i>PERDE-9</i>	-3255	0.220501335	-2801	0.361112831	-2738	0.284966086	-2673	0.267432224
<i>PERDE-10</i>	-3700	0.105125878	-3671	0.145376085	-3588	0.215876833	-3454	0.19080542
<i>PERDE-11</i>	-2998	0.135320735	-2267	0.331492411	-2262	0.487725205	-2647	0.119305311
<i>PERDE-12</i>	-1998	0.41312428	-1980	0.517620648	-2046	0.548519398	-1998	0.43036999
<i>PERDE-13</i>	-3468	0.360386513	-3315	0.529090992	-3208	0.42692254	-3193	0.324599417
<i>PERDE-14</i>	-5785	0.246615851	-5872	0.339485473	-5809	0.555339576	-5633	0.31954182
<i>PERDE-15</i>	-1971	0.473264706	-1842	0.588178428	-1445	0.605130723	-1761	0.309925273

Çizelge 5.6. RESPONCE2000 Betonarme perde analizlerinde kullanılan P' Eksenel yük' ve V/M değerleri (5-8.kat).

	KAT5		KAT6		KAT7		KAT8	
YAPI KESİTİ	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>	<i>P</i>	<i>V/M</i>
<i>PERDE-1</i>	22.83	0.130788645	-23.71	0.066784495	-23.82	0.051717922	-23.8	0.11918974
<i>PERDE-2</i>	-3318	0.187747447	-3370	0.146164384	-2373	0.138119566	-3756	0.12474359
<i>PERDE-3</i>	-9059	0.211826913	-8854	0.15792838	-8650	0.144319033	-8456	0.127445284
<i>PERDE-4</i>	-3337	0.170890052	-3392	0.134489321	-2422	0.127011008	-3764	0.129458047
<i>PERDE-5</i>	23.53	0.181818182	-23.06	0.063363119	-23.2	0.06297613	-23.18	0.200264085
<i>PERDE-6</i>	-2139	-0.165565102	-2086	-0.115226782	-2041	-0.090693418	-2003	0.138543604
<i>PERDE-7</i>	-6511	-0.536638321	-6304	-0.477566073	-6082	-0.483572134	-628.5	0.10628829
<i>PERDE-8</i>	-88.8	0.223189553	-86.57	0.121316759	-51.25	0.08603352	-80.41	0.110306045
<i>PERDE-9</i>	-2608	0.082048647	-2541	0.062113165	-2473	0.056078698	-2833	0.136139199
<i>PERDE-10</i>	-3271	0.109980738	-3038	0.067311161	-2761	0.044050781	-2420	0.028898761
<i>PERDE-11</i>	-2638	0.072979584	-2637	0.059169517	-2649	0.058227372	-2821	0.044134393
<i>PERDE-12</i>	-1957	0.319260314	-1916	0.250795153	-1872	0.2325884	-1828	0.190809712
<i>PERDE-13</i>	-3244	0.239699612	-3322	0.199706568	-3387	0.195010102	-3407	0.143699478
<i>PERDE-14</i>	-5442	0.213907297	-5238	0.16085757	-5023	0.139455806	-4839	0.112788632
<i>PERDE-15</i>	-1813	0.225152393	-1890	0.200546099	-1975	0.214509818	-2079	0.157897936

5.10. BETONARME PERDELER İÇİN KESME MAFSALI TANIMI

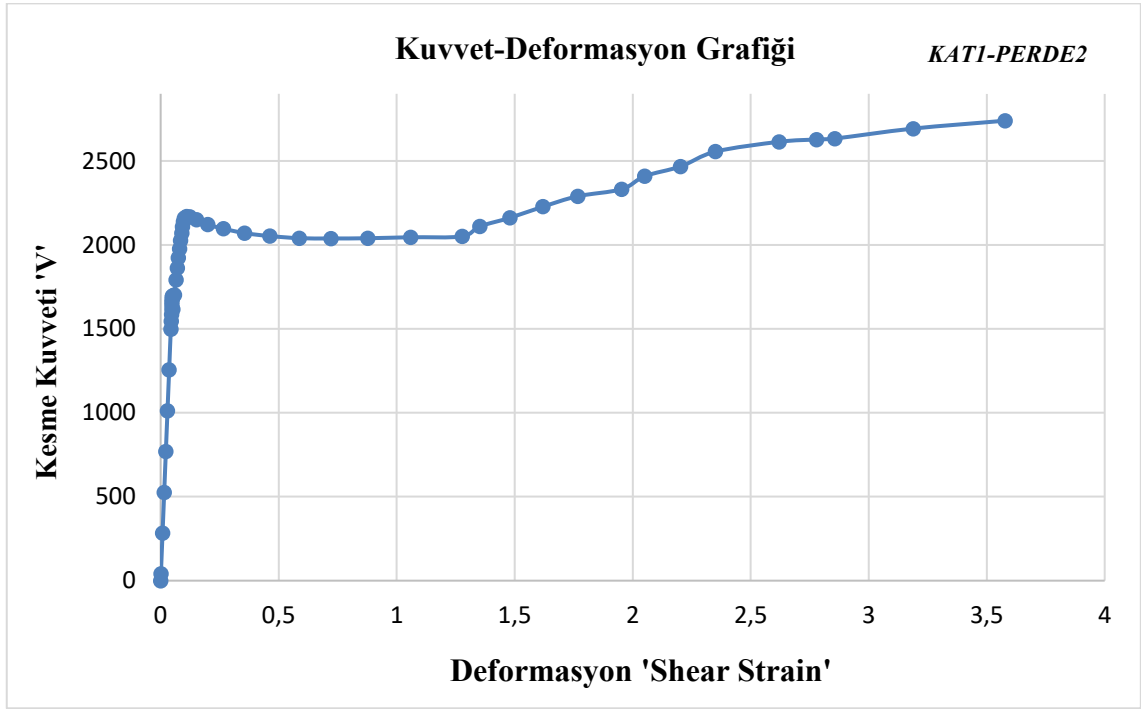
Betonarme yapı modeli için, ilk sekiz katta bulunan 15 adet perde elemanının P, M ve V değerleri elde edilmiş, bu değerler P-V/M şekline getirilerek, ilk sekiz katta bulunan toplam 120 adet perde için RESPONSE2000 analizinde veri olarak kullanılmıştır. Bu veriler, Şekil 5.31’de verilen veri giriş ekranına girilmesinin ardından, davranış eğrileri elde edilir (Şekil 5.32).

RESPONSE2000 sonuç ekranından, her bir perde eleman için kuvvet-deformasyon shear strain (mm/m)-shear (KN) değerleri elde edilir. Elde edilen değerler excel formatında, kesme gerilmesi- kesme deformasyon formatına dönüştürülür (shear strain-shear stress). 1. katta bulunan Perde2 elemanı için RESPONSE2000 verilerinin elde edilmesi ve veri dönüşümü Çizelge 5.7’de belirtilmiştir.

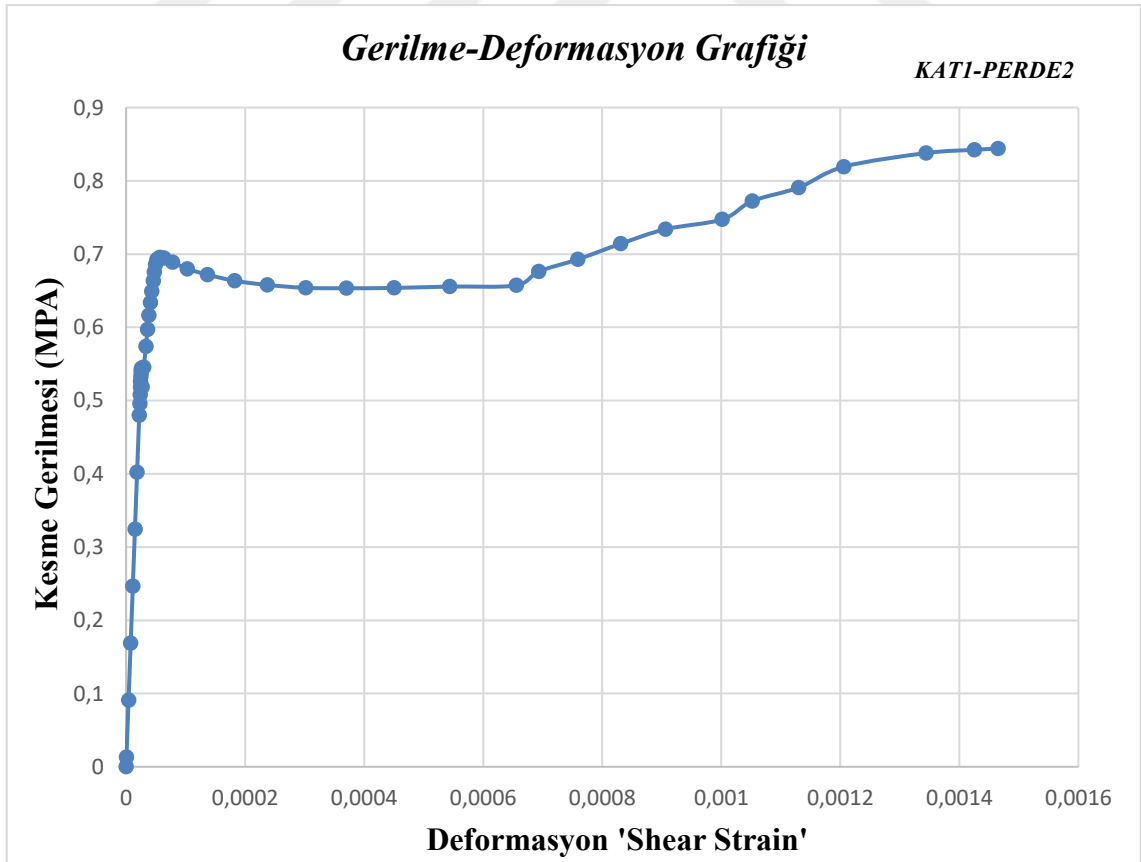
Perde-2 elemanı için elde edilen veriler için kesme kuvveti- deformasyon grafiği Şekil 5.33’te verilmiş, buradaki verilerden elde edilen kesme gerilmesi-deformasyon grafiği de Şekil 5.34’de ayrıca belirtilmiştir.

Çizelge 5.7. RESPONSE2000 verilerinin elde edilmesi ve veri dönüşümü
(Kat1-Perde2).

KAT1-PERDE2		Mafsıl boyu 'mm': 1950	
Perde boyutları (mm):	b: 800 h: 3900		
Deformasyon Shear Strain (mm/m)	Kesme Kuvveti 'V' Shear (kN)	Deformasyon Shear Strain	Kesme Gerilmesi Shear stress (MPa)
0	0	0	0
0,001	40,492	0,0000005	0,0129782
0,008	283,44	0,0000041	0,0908462
0,015	526,381	0,0000077	0,1687119
0,022	769,305	0,0000113	0,2465721
0,029	1012,206	0,0000149	0,3244250
0,036	1255,083	0,0000185	0,4022702
0,043	1497,928	0,0000221	0,4801051
0,045	1546,49	0,0000231	0,4956699
0,046	1585,34	0,0000236	0,5081218
0,047	1616,42	0,0000241	0,5180833
0,047	1641,283	0,0000241	0,5260522
0,048	1661,173	0,0000246	0,5324272
0,049	1677,085	0,0000251	0,5375272
0,049	1689,814	0,0000251	0,5416071
0,05	1697,39	0,0000256	0,5440353
0,052	1617,136	0,0000267	0,5183128
0,058	1702,64	0,0000297	0,5457179
0,065	1791,093	0,0000333	0,5740683
0,07	1862,943	0,0000359	0,5970971
0,075	1922,857	0,0000385	0,6163003
0,08	1977,291	0,0000410	0,6337471
0,084	2025,559	0,0000431	0,6492176
0,089	2069,754	0,0000456	0,6633827
0,092	2107,51	0,0000472	0,6754840
0,096	2139,312	0,0000492	0,6856769
0,101	2159,865	0,0000518	0,6922644
0,11	2169,549	0,0000564	0,6953683
0,124	2167,508	0,0000636	0,6947141
0,152	2149,386	0,0000779	0,6889058
0,2	2121,265	0,0001026	0,6798926
0,266	2096,372	0,0001364	0,6719141
0,356	2070,056	0,0001826	0,6634795
0,462	2052,562	0,0002369	0,6578724
0,588	2040,028	0,0003015	0,6538551
0,722	2038,34	0,0003703	0,6533141
0,878	2039,674	0,0004503	0,6537417
1,06	2045,533	0,0005436	0,6556196
1,278	2050,447	0,0006554	0,6571946
1,352	2109,713	0,0006933	0,6761901
1,48	2161,382	0,0007590	0,6927506
1,62	2227,684	0,0008308	0,7140013
1,767	2289,826	0,0009062	0,7339186
1,953	2331,527	0,0010015	0,7472843
2,051	2409,334	0,0010518	0,7722224
2,203	2467,036	0,0011297	0,7907167
2,351	2555,697	0,0012056	0,8191337
2,621	2614,141	0,0013441	0,8378657
2,779	2627,843	0,0014251	0,8422574
2,857	2633,463	0,0014651	0,8440587
3,188	2692,784	0,0016349	0,8630718
3,578	2739,814	0,0018349	0,8781455



Şekil 5.33. RESPONCE2000 verilerine göre Kesme kuvveti-Deformasyon grafiği.



Şekil 5.34. RESPONCE2000 verilerine göre Kesme gerilmesi-Deformasyon grafiği.

Çizelge 5.8. Kesme mafsalı için verilerin elde edilmesi.

<i>Deformasyon SF</i>	<i>Kesme Gerilmesi SF</i>
0	0
0,0000297	0,6865484
33,6724138	1,3693599
45,1896552	1,5353457
46	0,25

RESPONCE2000 verilerinden elde edilen verilerin dönüştürülmesi sonrası, Vakma, Vplastik ve Vmaksimum değerleri ve onlara karşılık gelen deformasyon değerleri bulunmuş, ve bu değerlerin akma gerilmesi ve akma deformasyonuna oranları elde edilmiştir. Çizelge 5.8’de ilgili mafsalları detaylı şekilde ifade edilmiştir.

Betonarme perdeler için kesme mafsalı tanımında, perde elemanların eğilme elemanı olduğu öncelikle göz önüne alınarak, kombinasyonlar altındaki, maksimum moment değeri elde edilmiş, bu moment değerine karşılık gelen eksenel yük ve kesme kuvveti değerleri elde edilmiştir. Kesme mafsalları tanımında, SAP2000 yapısal analiz programında mafsalları veri girişi ekranında bulunan ‘deformasyon kontrol’ ve ‘Shear V2’ sekmeleri işaretlenmiştir (Şekil 5.35).

Şekil 5.35. Kesme mafsalları tanımı için girişi ekranı.

Kesme mafsalları ‘Shear V2’ mafsalları veri girişi ekranında, stress-strain sekmesi işaretlenir. SAP2000 yapısal analiz programında, ilgili perde için mafsalları boyu ‘hinge length’ veri

giriş bölümüne, betonarme perdelerin eğilme doğrultusu uzunluğunun yarısı ($L/2$), uzunluk değeri olarak girilir. Perde-2 için eğilme doğrultusu uzunluğu 3,9 m olduğundan, mafsalsal boyu 1,95 m olarak girilmiştir (Şekil 5.36).

Point	Stress/SF	Strain/SF
D-	-1,535	-45,19
C-	-1,369	-33,67
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1,369	33,67
D	1,535	45,19
E	0,25	46

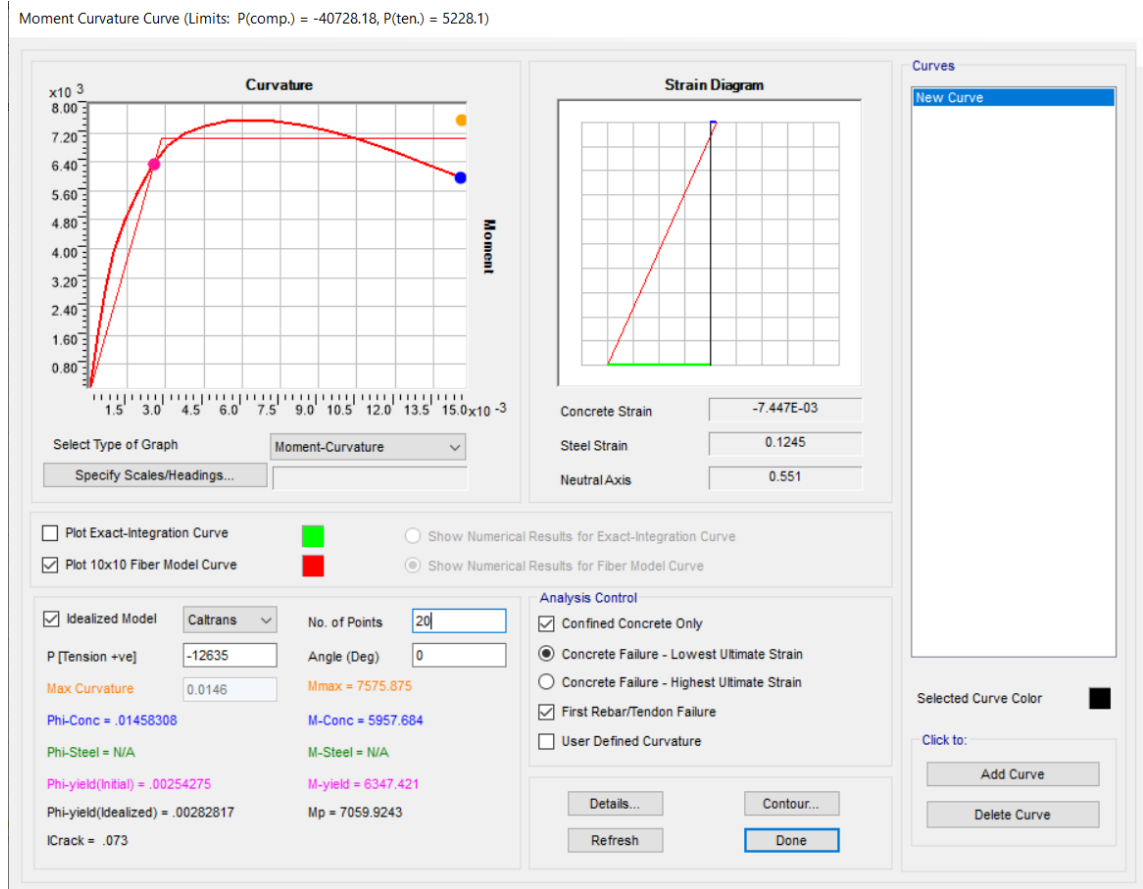
Şekil 5.36. Kesme mafsalsal 'Shear V2' veri giriş ekranı.

Çizelge 5.8'de verilen, gerilme ve deformasyon 'scale factor' katsayıları, mafsalsal veri giriş ekranında, ilgili bölüme girilir (Şekil 5.36).

Betonarme perde elemanlar için tanımlanan kesme mafsalsal tanımlarında, hemen kullanım 'immediate occupancy', can güvenliği 'life safety' ve göçme öncesi 'collapse prevention' hasar durumları için sınır katsayıları ASCE 41-17 Tablo 10.20'den alınmıştır.

5.11. ETKİN KESİT RİJİTLİĞİ ÇARPANLARININ TANIMLANMASI

Betonarme yapıda modellenen kolon, kiriş ve perde elemanların etkin kesit rijitlik çarpanlarının hesaplanması için, öncelikle, moment-eğrilik davranışının incelenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, SAP2000 Section Designer’da modellenen yapı kesitinin, üzerine gelen maksimum eksenel yük altında Moment-Curvature eğrisi incelenir. Bu ekrandan okunan Myield ve Mmax, “Phi-yield (Initial)” ve “Phi-max” değerleri etkin kesit rijitliği formülünde yerine yerleştirilerek, 2 v 3 yönü için ayrı ayrı çarpanlar elde edilir. İlgili yapı kesitleri için, P bölümüne girilen her bir değer için, Myield ve Mmax değerleri değişkenlik göstermektedir.



Şekil 5.37. Eksenel yük altında, Myield, Mmax, “Phi-yield (Initial)” ve “Phi-max” değerlerinin okunması.

TBDY18 Bölüm5’te verilen denklem yardımıyla, her bir kolon, kiriş ve perde elemanının 2 ve 3 yönündeki etkin kesit rijitliği çarpanları elde edilmiştir. Farklı çalışma yönlerindeki değerleri rijitlik çarpanlarını elde edebilmek için, Angle(Deg) kısmına, 0 ve 180 değerleri girilir (Şekil 5.37). Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon ve kiriş elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları, Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’de verilmiştir. Her bir eleman

için etkin kesit rijitliği hesabının detayı, farklı eksenel yük durumlarında değişim, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de ayrıca belirtilmiştir. Eksenel yüke maruz kalan kolon elemanlarında, farklı eksenel yük değerlerinde $M_{y_{ield}}$ ve M_{max} değerlerinin değişimi ile ilgili örnek Şekil 5.38’de görülebilir. Betonarme taşıyıcı elemanlar, ilk 8 katta(bodrum katlar dahil ilk 16 kat) nonlinear, 17-41. kat arası lineer tanımlı olacak şekilde oluşturulmuştur. Modelde, III. aşama deprem hesabında, 1-16. katlar arası tüm taşıyıcı elemanların etkin kesit rijitlikleri Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’e göre alınmıştır.

Çizelge 5.9. Özel dörtgen kolon-1 için, $P = -12635$ Angle:0 için etkin kesit rijitlik değeri.

1/m	m		m	mm	Mpa	Mpa	kNm		θ_y radyan	EI_{eff} kNm2
Φ_y	L_s	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	M_y			
0.002542	1.55	1	1.54	20	504	52	6347		0.00549	596991
KİRİŞ-KOLON BOYUTLARI										$M_y * L_s / 3 * \theta_y$
b mm	850			I_{3-3} m ⁴	0.25870					596991
h mm	1540			I_{2-2} m ⁴	0.07881					
fck N/mm2	40			EI_{3-3} kNm ²	8795869					
f _{yk} N/mm2	420			EI_{2-2} kNm ²	2679632					
E N/mm2 (Beton)	34000			$EI_{eff}/EI_{elastic}$	0.06787					

Çizelge 5.10. 130*130 Kolon için , $P = -15813$ Angle:0/90 için etkin kesit rijitlik değeri.

1/m	m		m	mm	Mpa	Mpa	kNm		θ_y radyan	EI_{eff} kNm2
Φ_y	L_s	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	M_y			
0.002849	1.55	1	1.3	20	504	52	9497		0.00536	915977
KİRİŞ-KOLON BOYUTLARI										$M_y * L_s / 3 * \theta_y$
b mm	1300			I_{3-3} m ⁴	0.23801					915977
h mm	1300			I_{2-2} m ⁴	0.23801					
fck N/mm2	40			EI_{3-3} kNm ²	8092283					
f _{yk} N/mm2	420			EI_{2-2} kNm ²	8092283					
E N/mm2 (Beton)	34000			$EI_{eff}/EI_{elastic}$	0.11319					

Çizelge 5.11. K1004 Kirişi için etkin kesit rijitlik değeri.

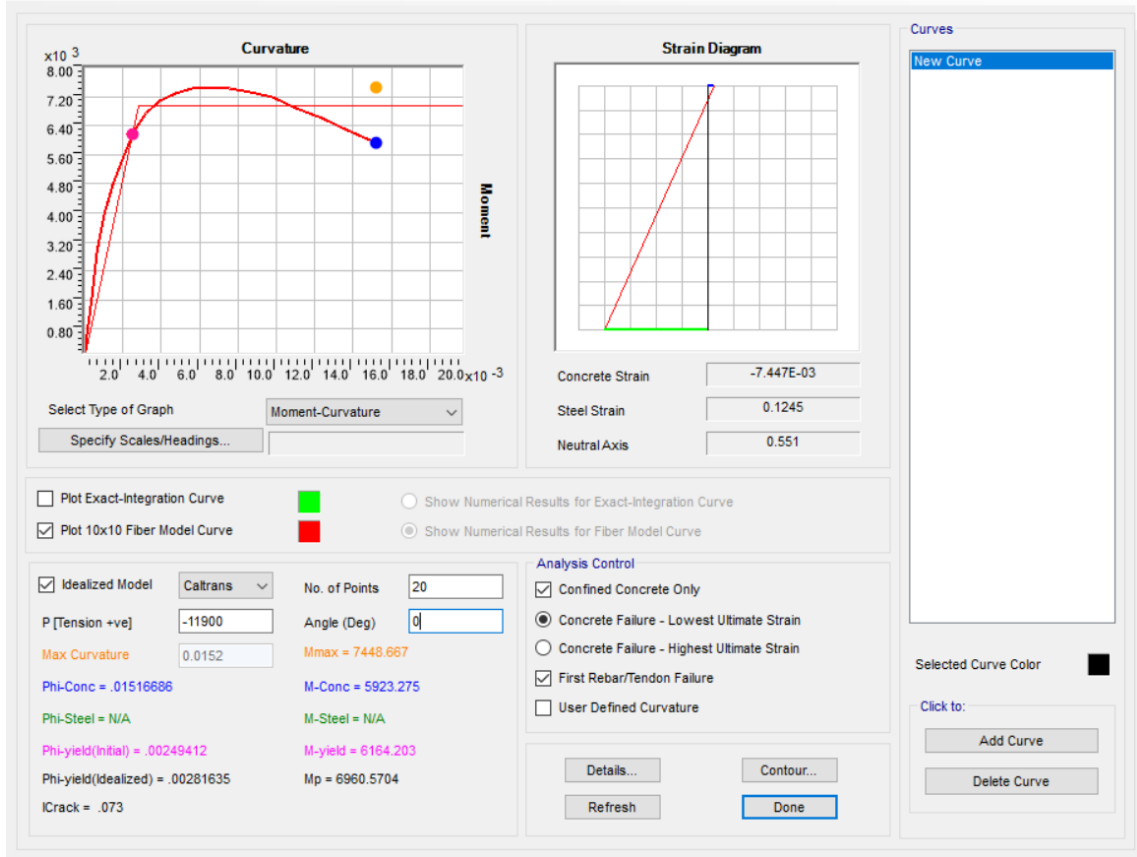
1/m	m		m	mm	Mpa	Mpa	kNm	θ_y radyan	EI_{eff} kNm2
Φ_y	L_s	η	h	d_b	f_{ye}	f_{ce}	M_y	0.00606	63173
0.003724	2.735	1	0.7	18	504	52	419.68		

$M_y * L_s / 3 * \theta_y$
63173

KİRİŞ-KOLON BOYUTLARI	
b mm	700
h mm	700
f _{ck} N/mm2	40
f _{yk} N/mm2	420
E N/mm2 (Beton)	34000

I_{3-3} m ⁴	0.02001
I_{2-2} m ⁴	0.02001
EI_{3-3} kNm ²	680283
EI_{2-2} kNm ²	680283
$EI_{eff}/EI_{elastic}$	0.09286

Moment Curvature Curve (Limits: P(comp.) = -40728.18, P(ten.) = 5228.1)



Şekil 5.38. Farklı P değerlerine göre, Mmax ve Myield değerlerinin değişimi

Çizelge 5.12. Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolonların etkin kesit rijitliklerinin elde edilmesi.

$(EI)_e = \frac{M_y L_s}{\theta_y} \cdot \frac{1}{3}$$\theta_y = \frac{\phi_y L_s}{3} + 0.0015 \eta \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\phi_y d_b f_{ye}}{8 \sqrt{f_{ce}}}$														M2	M3
EĞİLME RİJİTLİĞİ AZALTMA KATSAYISI															
EĞİLME RİJİTLİĞİ AZALTMA KATSAYISI															
ELEMAN KESİTİ	TİP		b(m)	h(m)	ETRİYE	BOYUNA DONATI	KAT	NET AÇIKLIK(m)	Ls	φy	θy	My	(EI)e		
100*80	KOLON	X-X					9-41.	TBDY18 Tablo4.2						0.7	0.7
		Y-Y					9-41.								
100*100	KOLON	X-X					9-41.								
		Y-Y					9-41.								
110*110	KOLON	X-X	1.1	1.1	Φ10/10	48Φ18	1	3.1	1.55	0.0033	0.00538	5367	515418.2	0.124	0.124
		Y-Y													
130*130	KOLON	X-X	1.3	1.3	Φ10/10	56Φ20	1	3.1	1.55	0.002849	0.00536	9497	915444.7	0.11319	0.1132
		Y-Y													
130*150	KOLON	X-X	1.3	1.5	Φ10/8	52Φ22	1	3.1	1.55	0.002807	0.00538	10509.3	1009257	0.10805	0.0898
		Y-Y								1.55	0.002408	0.00555	11995	1116652	
ÖZEL DÖRTGEN-1	KOLON	X-X	0.85	1.54	Φ12/8	46Φ20	1	3.1	1.55	0.003028	0.00583	7491	663867.9	0.076	0.161
		Y-Y								1.55	0.005512	0.00654	5469	432056.6	
ÖZEL DÖRTGEN-2	KOLON	X-X	0.85	1.54	Φ12/8	46Φ20	1	3.1	1.55	0.002542	0.00549	6347	597319.4	0.067	0.148
		Y-Y								1.55	0.00459	0.00591	4517	394887.2	
ÖZEL DÖRTGEN-3	KOLON	X-X	0.85	1.54	Φ12/8	46Φ20	1	3.1	1.55	0.003028	0.00583	7491	663867.9	0.076	0.161
		Y-Y								1.55	0.005512	0.00654	5469	432056.6	
ÖZEL DÖRTGEN-4	KOLON	X-X	0.85	1.54	Φ12/8	46Φ20	1	3.1	1.55	0.002542	0.00549	6347	597319.4	0.067	0.148
		Y-Y								1.55	0.00459	0.00591	4517	394887.2	
ÖZEL BEŞGEN-1	KOLON	X-X	0.58	0.8	Φ12/10	27Φ16	1	3.1	1.55	0.004162	0.00554	5149	480201.6	0.57	0.68
		Y-Y								1.55	0.003196	0.00449	6845	787657.8	
ÖZEL BEŞGEN-2	KOLON	X-X	0.58	0.8	Φ12/10	27Φ16	1	3.1	1.55	0.004162	0.00554	5149	480201.6	0.57	0.68
		Y-Y								1.55	0.003196	0.00449	6845	787657.8	
ÖZEL BEŞGEN-3	KOLON	X-X	0.58	0.8	Φ12/10	27Φ16	1	3.1	1.55	0.004162	0.00554	5149	480201.6	0.57	0.68
		Y-Y								1.55	0.003196	0.00449	6845	787657.8	
ÖZEL BEŞGEN-4	KOLON	X-X	0.58	0.8	Φ12/10	27Φ16	1	3.1	1.55	0.004162	0.00554	5149	480201.6	0.57	0.68
		Y-Y								1.55	0.003196	0.00449	6845	787657.8	

Çizelge 5.13. Yığılı plastik davranışa göre modellenen kirişlerin etkin

kesit rijitliklerinin elde edilmesi.

ELEMEN KESİTİ	TİP	ELEMEN BOYUTLARI		db	(I)	(EI)	KAT	NET AÇIKLIK(m)	Ls	$\varphi_y(0)$	$\varphi_y(180)$	$\varphi_y(ort)$	θ_y	My(0)	My(180)	My(ort)	(EI)e	M 3
		b(m)	h(m)															Eğilme rijitliği azaltma katsayısı
K1	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ16	0,020008	680283,3	1-16.	7,05	3,525	0,003728	0,003736	0,003732	0,00662	407,2	470,31	438,755	77875,7	0,17
K2	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ16	0,020008	680283,3	1-16.	6,65	3,325	0,003728	0,003736	0,003732	0,0064	407,2	470,31	438,755	75982,31	0,155
K3	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	8,25	4,125	0,003715	0,00383	0,003773	0,00742	409,61	612,97	511,29	94747,14	0,111
K4	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	5,47	2,735	0,003747	0,0037	0,003724	0,00606	422,63	416,73	419,68	63136,68	0,13
K5	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	6,25	3,125	0,003746	0,0037	0,003723	0,00623	422,63	416,73	419,68	70171,21	0,155
K6	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	5,44	2,72	0,003746	0,0037	0,003723	0,00623	422,63	416,73	419,68	61077,03	0,13
K7	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	8,25	4,125	0,00372	0,003759	0,00374	0,00742	408,46	504,44	456,45	84584,74	0,111
K8	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	6,65	3,325	0,003746	0,0037	0,003723	0,00645	422,63	416,73	419,68	72115,56	0,155
K9	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	7,05	3,525	0,003728	0,003736	0,003732	0,0067	407,2	470,31	438,755	76945,84	0,17
K10	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	8,25	4,125	0,00375	0,003675	0,003713	0,00738	421,83	377,14	399,485	74429,79	0,111
K11	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ18	0,020008	680283,3	1-16.	7	3,5	0,00375	0,003675	0,003713	0,00664	421,83	377,14	399,485	70190,64	0,17
K12	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ20	0,020008	680283,3	1-16.	3,15	1,575	0,003753	0,003753	0,003753	0,00463	421,57	421,57	421,57	47802,21	0,11
K13	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ20	0,020008	680283,3	1-16.	7	3,5	0,0036	0,0036	0,0036	0,00655	439,8	439,8	439,8	78335,88	0,17
K14	KİRİŞ	0,7	0,7	Φ16	0,020008	680283,3	1-16.	8,25	4,125	0,003608	0,003554	0,003581	0,00712	437,14	410,8	423,97	81876,23	0,111
K15	KİRİŞ	0,8	0,7	Φ20	0,022867	777466,7	1-16.	5,1	2,55	0,003696	0,003602	0,003649	0,00555	568,11	495	531,555	81409,32	0,136
K16	KİRİŞ	0,8	0,7	Φ20	0,022867	777466,7	1-16.	5,6	2,8	0,003696	0,003602	0,003649	0,00582	568,41	495	531,705	85267,7	0,136
K17	KİRİŞ	0,8	0,7	Φ20	0,022867	777466,7	1-16.	5,67	2,835	0,003696	0,003602	0,003649	0,00586	568,41	495	531,705	85744,24	0,136
K18	KİRİŞ	0,8	0,7	Φ20	0,022867	777466,7	1-16.	6,15	3,075	0,003696	0,003602	0,003649	0,00613	568,41	495	531,705	88906,63	0,158
K19	KİRİŞ	0,3	0,6	Φ16	0,0054	183600	1-16.	2,8	1,4	0,004326	0,004521	0,004424	0,00467	134,04	179,1	156,57	15645,82	0,105
K20	KİRİŞ	0,3	0,6	Φ16	0,0054	183600	1-16.	5,26	2,63	0,004326	0,004521	0,004424	0,00625	134,04	179,1	156,57	21961,55	0,12
K21	KİRİŞ	0,4	0,6	Φ16	0,0072	244800	1-16.	6,35	3,175	0,004567	0,004284	0,004426	0,00702	250,38	170,67	210,525	31738,69	0,13

6. ANALİZ AŞAMALARI

6.1. 'LİNEER ANALİZ TASARIM AŞAMASI'

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde, yüksek binaların analizi, tasarım aşaması olarak üçe ayrılmıştır. 1.tasarım aşamasında, tasarım tipi dayanıma göre tasarım, deprem düzeyi DD-2 düzeyine göre lineer elastik hesap yapılmıştır.

6.2. KAT KÜTLELERİ VE KAT AĞIRLIKLARI

Betonarme yapının kullanım amacı konuttur. Konutlar için hareketli yük katılım katsayısı $n=0,3$ alınmıştır. Yapı modeli için kat kütleleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

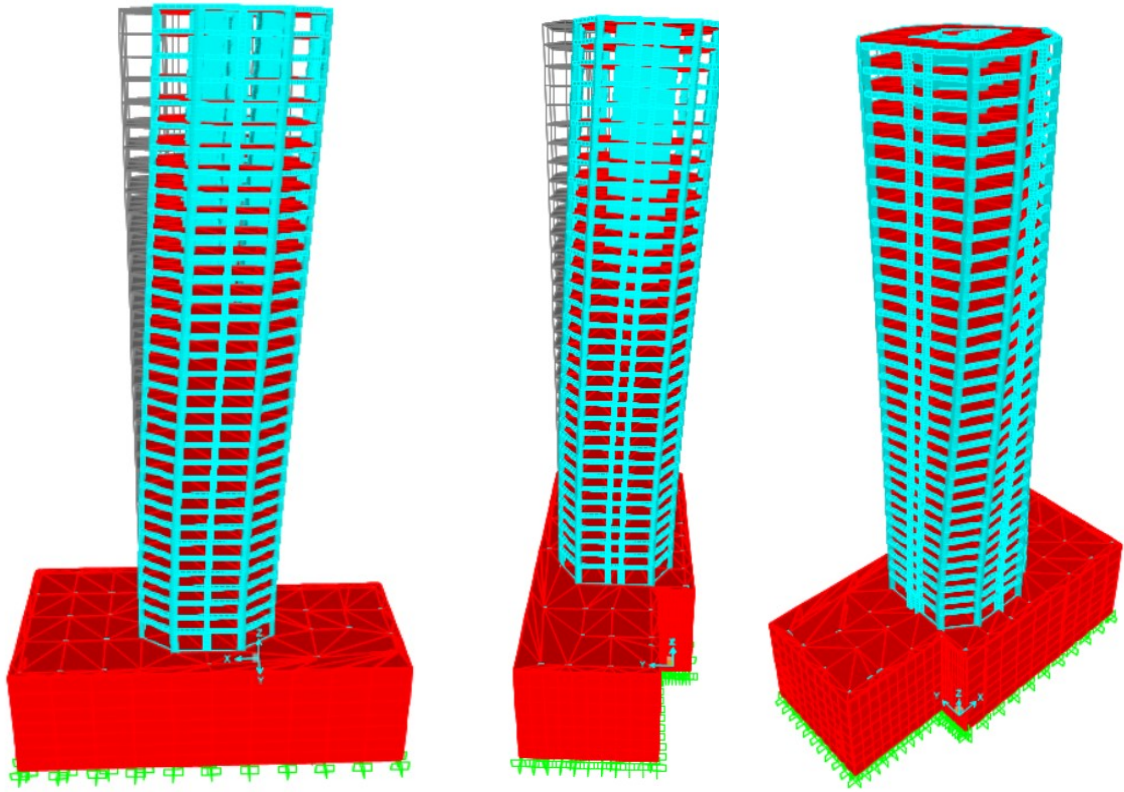
Çizelge 6.1. Betonarme yüksek yapı kat kütleleri (KN, ton)

KAT	KAT AĞIRLIĞI 'KN'	KAT AĞIRLIĞI 'ton'	KAT	KAT AĞIRLIĞI 'KN'	KAT AĞIRLIĞI 'ton'
41	11469,7	1169,18	20	11469,7	1169,18
40	11469,7	1169,18	19	11469,7	1169,18
39	11469,7	1169,18	18	11469,7	1169,18
38	11469,7	1169,18	17	11469,7	1169,18
37	11469,7	1169,18	16	11469,7	1169,18
36	11469,7	1169,18	15	11469,7	1169,18
35	11469,7	1169,18	14	11469,7	1169,18
34	11469,7	1169,18	13	11469,7	1169,18
33	11469,7	1169,18	12	11469,7	1169,18
32	11469,7	1169,18	11	11469,7	1169,18
31	11469,7	1169,18	10	11469,7	1169,18
30	11469,7	1169,18	9	11469,7	1169,18
29	11469,7	1169,18	8	15432,7	1573,16
28	11469,7	1169,18	7	31393,9	3200,19
27	11469,7	1169,18	6	30521,3	3111,24
26	11469,7	1169,18	5	30045,1	3062,7
25	11469,7	1169,18	4	28507,5	2905,96
24	11469,7	1169,18	3	29564,9	3013,75
23	11469,7	1169,18	2	29814,3	3039,17
22	11469,7	1169,18	1	30429,4	3101,88
21	11469,7	1169,18	TOPLAM	604209,2	61591,15

6.3. BETONARME YAPI MODAL ANALİZ SONUÇLARI

Betonarme tüm yapılar için, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 1.tasarım aşamasında mod birleştirme yönteminin uygulanmasına imkân vermektedir. SAP2000 Yapısal analiz programında modellenen yapı için, ilk üç mod davranış şekli, Şekil 6.1’de verilmiştir. Ayrıca ilk 41 mod davranışı, kütle katılım oranları ve periyod değerleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

1. tasarım aşamasında, yapı analizi yapılırken, her kat için iki ötelenme, bir burulma modu olmak üzere 3 mod davranışı incelenmiştir. İncelenen betonarme yüksek yapının, y yönü için kütle katılım oranı, %90’ın üzerine 29. mod itibariyle, her iki yönde ise 38. mod itibariyle çıkmıştır. Betonarme yüksek yapıların analizinde, hakîm mod olarak 1. mod kabulü yapılamayıp, yüksek modların davranışa katılımının göz önüne alınması gerekliliğine buradan da varılabilir.



Şekil 6.1. Betonarme yapı modeli için ilk üç mod şekli

Çizelge 6.2. SAP2000 Lineer modele ait periyot ve kütle katılım oranları

Mod	Period	UX	UY	ΣUX	ΣUY
1	3.031703	0.391350	0.000580	0.391350	0.000580
2	2.244238	0.000610	0.382840	0.391970	0.383420
3	1.492122	0.000100	0.000035	0.392070	0.383460
4	0.729441	0.086770	0.000070	0.478840	0.383530
5	0.484438	0.000046	0.104050	0.478890	0.487570
6	0.447371	0.000140	0.002360	0.479020	0.489930
7	0.331038	0.028980	0.000016	0.508010	0.489950
8	0.233668	0.000110	0.000790	0.508120	0.490740
9	0.206318	0.000042	0.055040	0.508160	0.545780
10	0.200878	0.016520	0.000053	0.524680	0.545830
11	0.192503	0.000130	0.000000	0.524810	0.545830
12	0.176548	0.000200	0.000046	0.525010	0.545880
13	0.17347	0.000000	0.000001	0.525010	0.545880
14	0.170107	0.000008	0.002780	0.525020	0.548660
15	0.159212	0.000000	0.000001	0.525020	0.548660
16	0.157508	0.000000	0.000014	0.525020	0.548670
17	0.152799	0.000023	0.000000	0.525040	0.548670
18	0.152297	0.000007	0.000001	0.525050	0.548670
19	0.14962	0.000098	0.000410	0.525150	0.549080
20	0.143865	0.000009	0.000024	0.525160	0.549100
21	0.138895	0.005850	0.000160	0.531010	0.549270
22	0.138097	0.006580	0.000560	0.537580	0.549820
23	0.135361	0.001470	0.000110	0.539050	0.549940
24	0.13427	0.000033	0.000190	0.539080	0.550130
25	0.130869	0.000004	0.007590	0.539090	0.557720
26	0.129405	0.000580	0.255200	0.539670	0.812920
27	0.128034	0.000027	0.000400	0.539690	0.813320
28	0.123719	0.000006	0.000200	0.539700	0.813530
29	0.11464	0.001960	0.110600	0.541660	0.924130
30	0.112973	0.000016	0.000400	0.541680	0.924530
31	0.108893	0.000140	0.000130	0.541820	0.924660
32	0.108497	0.000003	0.000009	0.541820	0.924660
33	0.106555	0.000006	0.000000	0.541830	0.924660
34	0.103828	0.032850	0.000160	0.574680	0.924830
35	0.096652	0.000002	0.000000	0.574690	0.924830
36	0.094183	0.000840	0.000005	0.575530	0.924830
37	0.093247	0.275520	0.001590	0.851050	0.926420
38	0.093122	0.074000	0.000480	0.925050	0.926910
39	0.091214	0.000061	0.000001	0.925110	0.926910
40	0.090708	0.000000	0.000002	0.925110	0.926910
41	0.090313	0.000000	0.000002	0.925110	0.926910

6.4. GÖRELİ KAT ÖTELEMELERİ

Görelî kat ötelemesi, ardışık iki kat seviyesindeki yanal ötelenme değerlerinin farkı olarak tanımlanır. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4’de x ve y yönleri için görelî kat ötelenme değerleri verilmiştir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (6.1)$$

Ardışık iki kat seviyesi ötelenme değerleri ile hesabı yapılan görelî kat ötelemesi değeri, aşağıdaki formül de, deprem yükü azaltma katsayısı de bina önem katsayısı kullanılarak etkin görelî kat ötelenme değerleri bulunur.

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (6.2)$$

R: Deprem yükü azaltma katsayısı, **I:** Bina önem katsayısı

Kolon ve perdeler için her bir kat seviyesinde hesaplanan değerlerin en büyüğü tespit edilerek TBDY18’de belirtilen sınır değerlerle karşılaştırma yapılacaktır. Sınır değerler perde duvarların taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantısında esnek derz kullanılıp kullanılmama durumuna göre ikiye ayrılır.

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0,008\kappa \quad (\text{Esnek derz uygulanmamış}) \quad (6.3)$$

$$\lambda \frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0,016\kappa \quad (\text{Esnek derz uygulanmış}) \quad (6.4)$$

λ katsayısı, DD-3 deprem yer hareketi düzeyi için belirlenen elastik tasarım spektral ivme değerinin, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için belirlenen elastik tasarım spektral ivme değerine oranıdır. Yapı da 1 ve 2 yönünde hakîm titreşim periyodu T_B ile T_L arasında olduğu için λ katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanacaktır. κ katsayısı betonarme yapılar için 1 alınır.

$$\lambda = \frac{SD1(DD-3)}{SD1(DD-2)} = \frac{0.075}{0.185} = 0.4054 \quad \text{Yapı için R:7, I:1'dir.} \quad (6.5)$$

Denkleme göre yapıda bulunan duvar elamanların, yapı taşıyıcı kesitlerine esnek derzsiz bağlandığı dikkate alındığında, görelî kat öteleme sınır değeri,

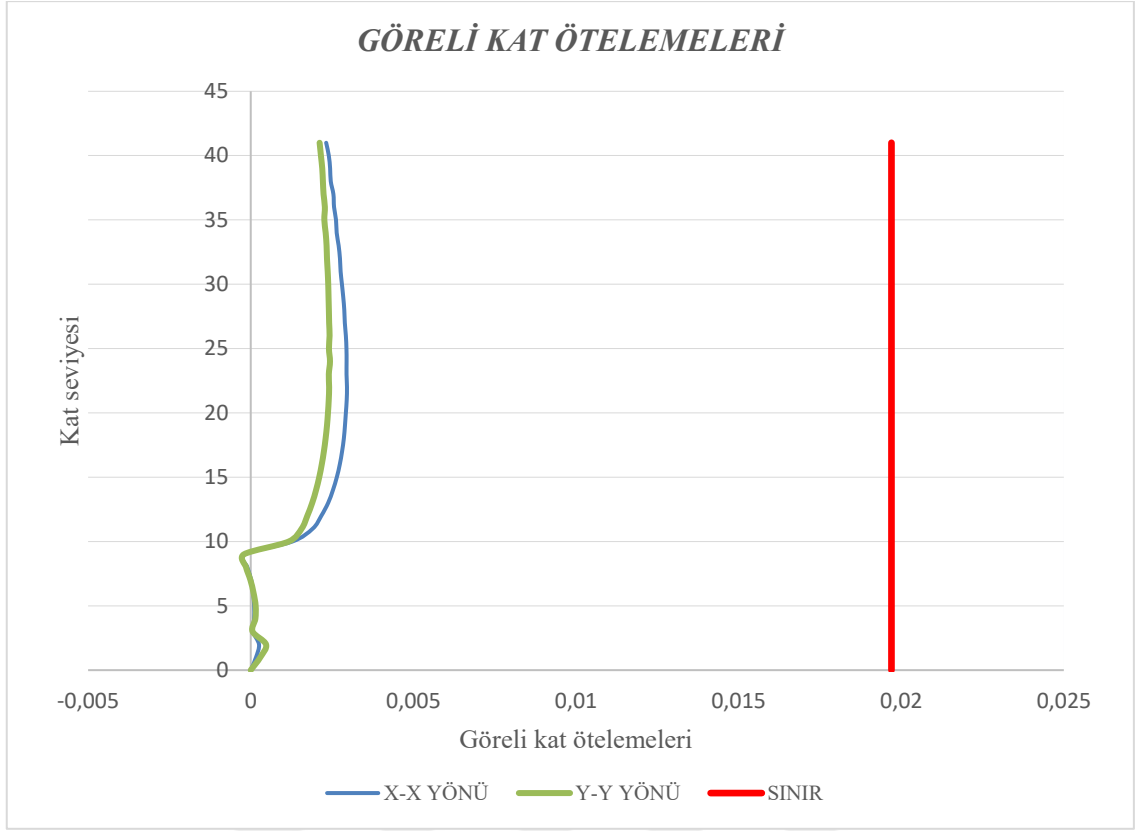
$$\frac{\delta_{i,max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.0197 \text{ olur.} \quad (6.6)$$

Çizelge 6.3. Göreli kat ötelenme değerleri (X-X yönü)

KAT	$H (mm)$	$\Delta i_{max} (mm)$	δ_{imax}	δ_{imax} / h
41	3470	42.04	1.150000	0.002320
40	3470	40.89	1.190000	0.002401
39	3470	39.7	1.210000	0.002441
38	3470	38.49	1.220000	0.002461
37	3470	37.27	1.260000	0.002542
36	3470	36.01	1.270000	0.002562
35	3470	34.74	1.300000	0.002622
34	3470	33.44	1.310000	0.002643
33	3470	32.13	1.340000	0.002703
32	3470	30.79	1.360000	0.002744
31	3470	29.43	1.370000	0.002764
30	3470	28.06	1.390000	0.002804
29	3470	26.67	1.410000	0.002844
28	3470	25.26	1.426000	0.002877
27	3470	23.834	1.434000	0.002893
26	3470	22.4	1.450000	0.002925
25	3470	20.95	1.459000	0.002943
24	3470	19.491	1.461000	0.002947
23	3470	18.03	1.460000	0.002945
22	3470	16.57	1.467100	0.002960
21	3470	15.1029	1.462900	0.002951
20	3470	13.64	1.450000	0.002925
19	3470	12.19	1.436000	0.002897
18	3470	10.754	1.419000	0.002863
17	3470	9.335	1.392200	0.002808
16	3470	7.9428	1.357700	0.002739
15	3470	6.5851	1.312200	0.002647
14	3470	5.2729	1.253100	0.002528
13	3470	4.0198	1.179800	0.002380
12	3470	2.84	1.075800	0.002170
11	3470	1.7642	0.944500	0.001905
10	3470	0.8197	0.634700	0.001280
9	3470	0.185	-0.100700	-0.000203
8	5500	0.2857	-0.082000	-0.000104
7	4000	0.3677	0.009300	0.000016
6	4000	0.3584	0.042200	0.000074
5	3500	0.3162	0.052000	0.000104
4	3100	0.2642	0.046200	0.000104
3	3200	0.218	0.033000	0.000072
2	3100	0.185	0.112700	0.000254
1	3100	0.0723	0.072300	0.000163
0		0		0

Çizelge 6.4. Göreli kat ötelenme değerleri (Y-Y yönü)

KAT	$H (mm)$	$\Delta_{i\ max} (mm)$	δ_{imax}	δ_{imax} / h
41	3470	35.44	1.050000	0.002118
40	3470	34.39	1.070000	0.002159
39	3470	33.32	1.090000	0.002199
38	3470	32.23	1.100000	0.002219
37	3470	31.13	1.110000	0.002239
36	3470	30.02	1.130000	0.002280
35	3470	28.89	1.122000	0.002263
34	3470	27.768	1.142000	0.002304
33	3470	26.626	1.156000	0.002332
32	3470	25.47	1.162000	0.002344
31	3470	24.308	1.173000	0.002366
30	3470	23.135	1.181000	0.002382
29	3470	21.954	1.186000	0.002393
28	3470	20.768	1.191000	0.002403
27	3470	19.577	1.195200	0.002411
26	3470	18.3818	1.201800	0.002424
25	3470	17.18	1.192000	0.002405
24	3470	15.988	1.208000	0.002437
23	3470	14.78	1.190000	0.002401
22	3470	13.59	1.194900	0.002410
21	3470	12.3951	1.189100	0.002399
20	3470	11.206	1.177000	0.002374
19	3470	10.029	1.162000	0.002344
18	3470	8.867	1.141000	0.002302
17	3470	7.726	1.115000	0.002249
16	3470	6.611	1.083000	0.002185
15	3470	5.528	1.044000	0.002106
14	3470	4.484	0.996000	0.002009
13	3470	3.488	0.937000	0.001890
12	3470	2.551	0.863000	0.001741
11	3470	1.688	0.776000	0.001565
10	3470	0.912	0.579900	0.001170
9	3470	0.3321	-0.103900	-0.000210
8	5500	0.436	-0.113000	-0.000144
7	4000	0.549	-0.004900	-0.000009
6	4000	0.5539	0.049900	0.000087
5	3500	0.504	0.075800	0.000152
4	3100	0.4282	0.063200	0.000143
3	3200	0.365	0.026000	0.000057
2	3100	0.339	0.208600	0.000471
1	3100	0.1304	0.130400	0.000294
0		0		0



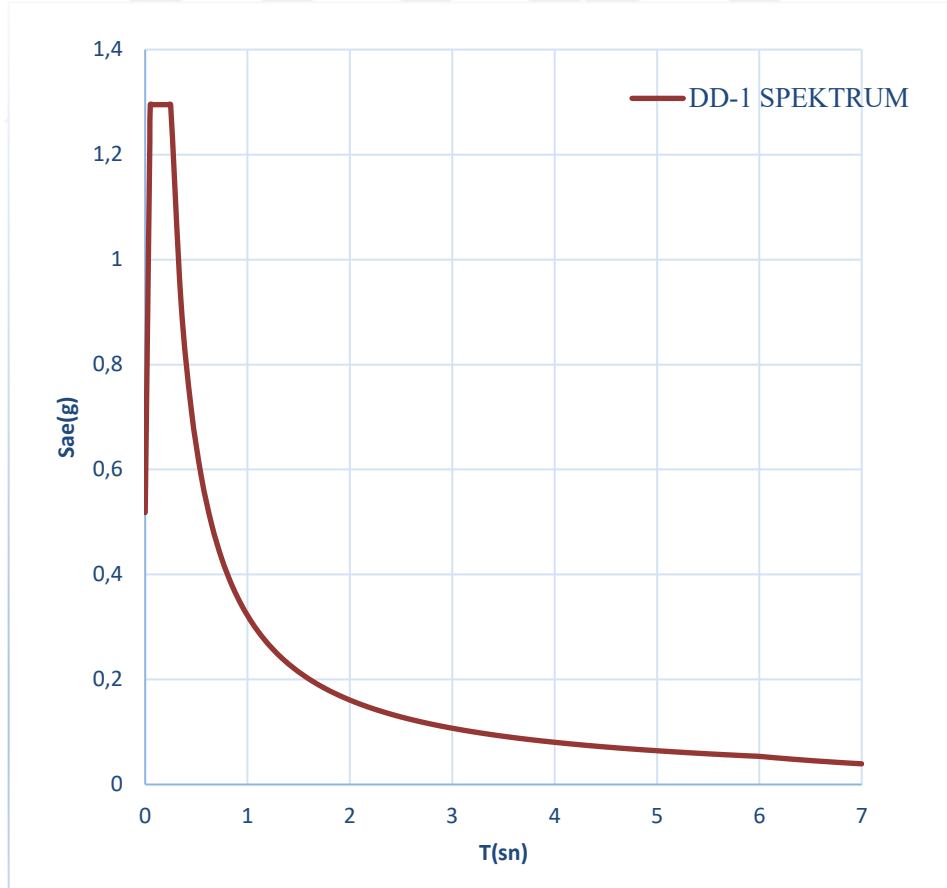
Şekil 6.2. Görelî kat ötelemeleri

6.5. TBDY18'E GÖRE ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Son tasarım aşaması olan tasarım aşaması III' de, ön tasarımı yapılan betonarme yapı sistemi, TBDY 18'de deprem yer hareketlerinin en büyüğü olarak belirtilen DD-1 yer hareketi düzeyine göre ŞDGT yaklaşımıyla analiz edilecektir. Bu tasarım aşamasında, 11 deprem ivme kaydı ayrı ayrı analiz edilmiş, aynı deprem kayıtları doksan derece döndürülerek analiz verisi olarak girilmiştir. 11 deprem takımı toplamda 22 adet deprem kaydı olarak analiz edilmiştir. Çizelge 6.5'de seçilen 11 deprem kaydının listesi belirtilmiştir. Seçilen ivme kayıtları DD-1 deprem yer hareketi düzeyine göre oluşturulan spektrum baz alınarak, basit ölçeklendirme mantığıyla ölçeklendirilmiştir. Burada basit ölçeklendirmeden kasıt, seçilen deprem ivme kayıtlarının $0.2T_p-1.5T_p$ aralığındaki ivme genliklerinin, tanımı yapılan DD-1 spektrum eğrisinin, aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması şartına göre ölçeklendirmektir.

6.5.1. Seçilen Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi

Yapı analizi için seçilen 11 deprem ivme kaydı, Çizelge 6.5’de detaylı şekilde verilmiştir. Kayıtların 8 adeti ZD yerel zemin sınıfında, seçilen bina lokasyonu da dikkate alınarak, 3 adeti de ZB yerel zemin sınıfındandır. Ayrıca her bir kayıt için (‘Puls like-Non Puls like) özellikleri, üst otuz metredeki ortalama kayma dalgası hızları (V_s)₃₀ detaylı olarak belirtilmiştir. Tüm kayıtlar yanal atımlı fay mekanizma tipine göre seçilmiştir. Kayıtların ölçeklendirmesinde, TBDY18 Bölüm2.5.2’ye uygun olacak şekilde, basit ölçeklendirme mantığı uygulanmıştır. İvme kayıtları PEER Ground Motion Database (BERKELEY)’den alınmıştır [18]. Orijinal ivme kayıtları, SEISMO MATCH programında, 0.2Tp ve 1.5Tp değer aralıkları, tolerans ve minimum periyot değerleri girilerek ölçeklendirilmiştir. Şekil 6.4 ve Şekil 6.6’da H1 ve H2 doğrultusu için ölçeklenmemiş kayıt grafikleri ve DD-1 spektrum eğrisi gösterilmiştir. Ölçeklenmiş kayıtların H1 ve H2 doğrultusu için grafikleri ve DD-1 spektrum eğrisi de Şekil 6.5 ve Şekil 6.7’de belirtilmiştir. SEISMO MATCH programına tanımı yapılan DD-1 deprem tasarım spektrum eğrisi de Şekil 6.3’de verilmiştir.

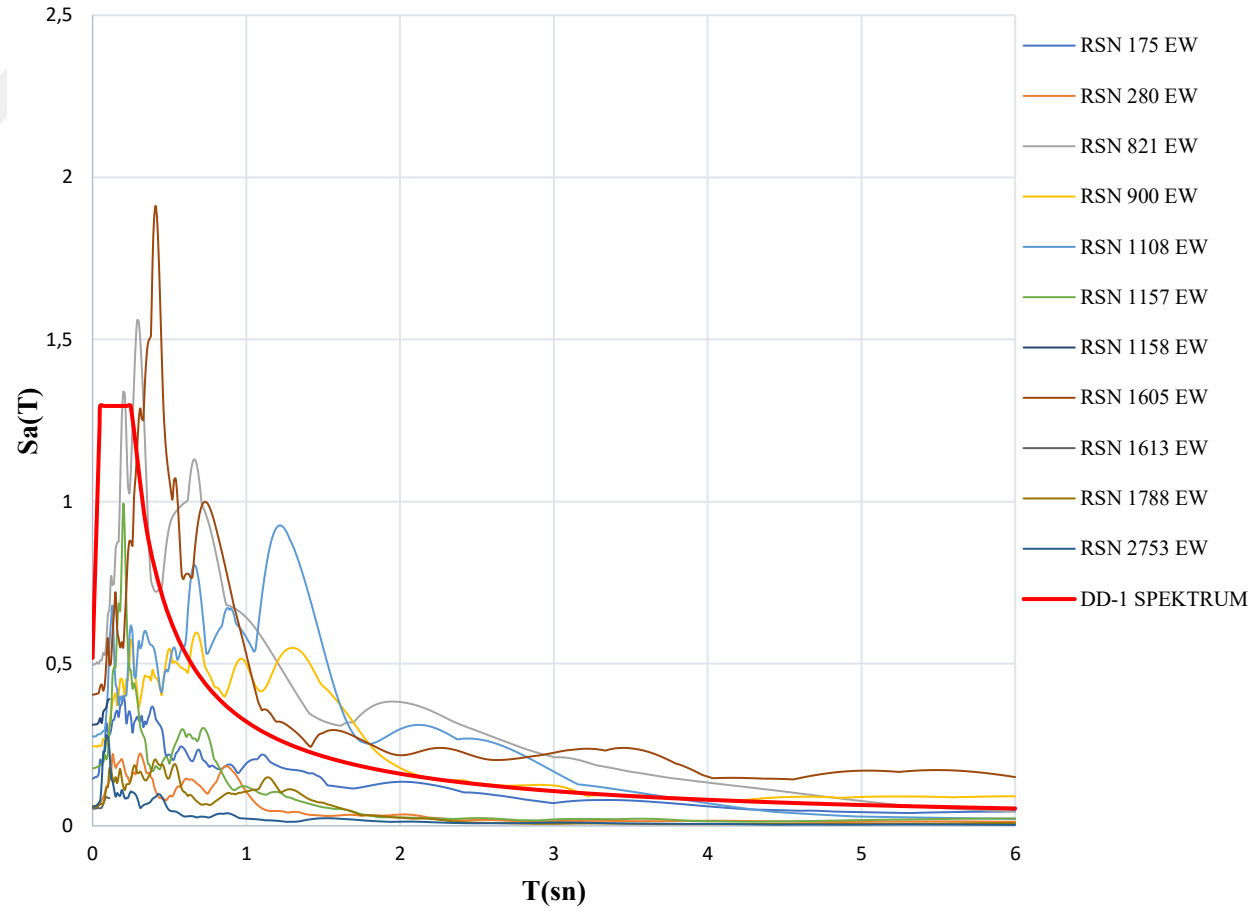


Şekil 6.3. DD-1 deprem yer hareketi düzeyi yatay tasarım ivme spektrumu

Çizelge 6.5. Seçilen deprem kayıtları

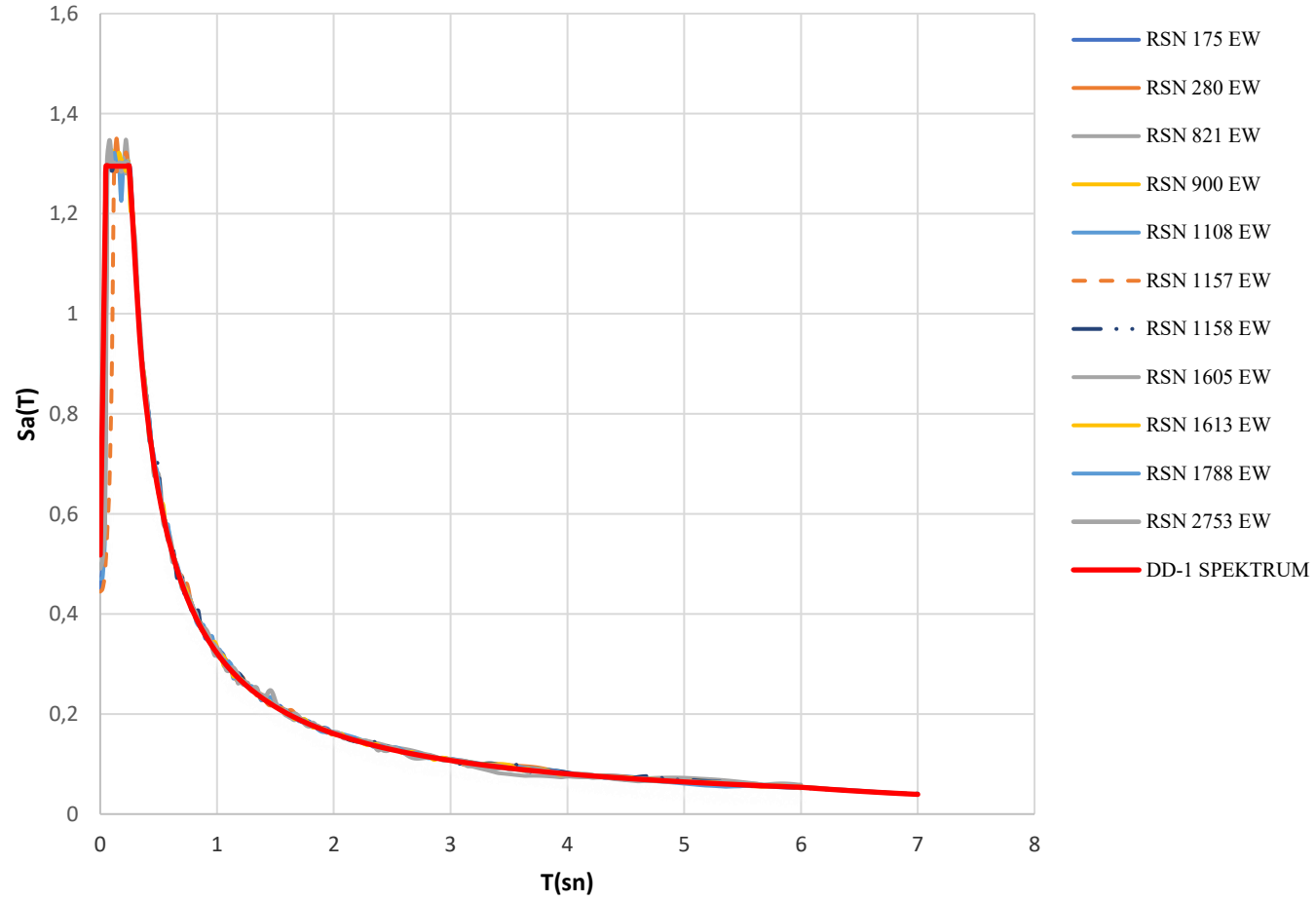
<i>No</i>	<i>Deprem Adı</i>	<i>Tarih</i>	<i>Bölgesel sismograf ağı (Reigonal seismograph networks) 'RSN' No</i>	<i>Deprem büyüklüğü</i>	<i>(V_s)₃₀ m/s</i>	<i>Fay Mekanizma Tipi</i>	<i>Merkez Uzaklığı 'km'</i>	<i>İstasyon</i>	<i>Zemin Türü</i>	<i>L Directivity Pulse</i>
1	Imperial Valley	1979	175	6,53	196,88	Yanal atımlı	17,94	El Centro	ZD	Non Puls-Like
2	Trinidad	1980	280	7,2	311,75	Yanal atımlı	76,26	Rio Dell	ZD	Non Puls-Like
3	Erzincan	1992	821	6,69	352,05	Yanal atımlı	4,38	Erzincan	ZD	Non Puls-Like
4	Kocaeli	1999	1157	7,51	346	Yanal atımlı	66,69	Çekmece	ZD	Non Puls-Like
5	Kocaeli	1999	1158	7,51	281,86	Yanal atımlı	15,37	Düzce	ZD	Non Puls-Like
6	Hector Mine	1999	1788	7,13	328,09	Yanal atımlı	104,55	Hemet Fire Station	ZD	Non Puls-Like
7	Düzce	1999	1605	7,14	281,86	Yanal atımlı	6,58	Düzce	ZD	Non Puls-Like
8	Chi-chi	1999	2753	6,2	804,36	Yanal atımlı	39,32	Tayvan	ZB	Non Puls-Like
9	Landers	1992	900	7,28	353,63	Yanal atımlı	23,62	Yermo Fire Station	ZD	Puls-Like
10	Kobe/Japonya	1995	1108	6,9	1043	Yanal atımlı	25,4	Kobe University	ZB	Non Puls-Like
11	Düzce	1999	1613	7,14	782	Yanal atımlı	25,88	Lamont 1060	ZB	Non Puls-Like

11 DEPREM TAKIMI İÇİN ORJİNAL KAYITLAR-H1

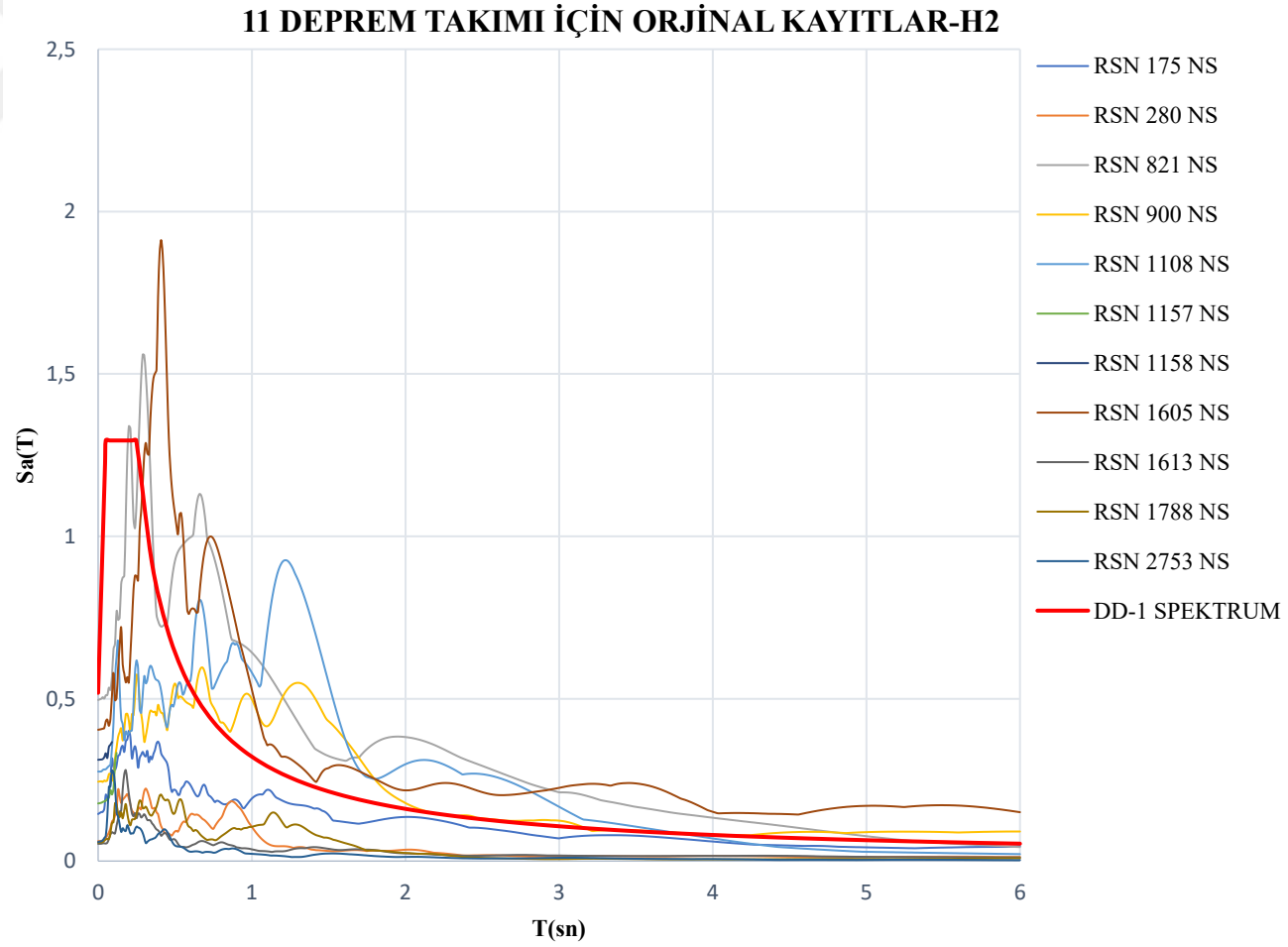


Şekil 6.4. 11 deprem takımı için ölçeklenmemiş ivme kayıtları-H1 doğrultusu

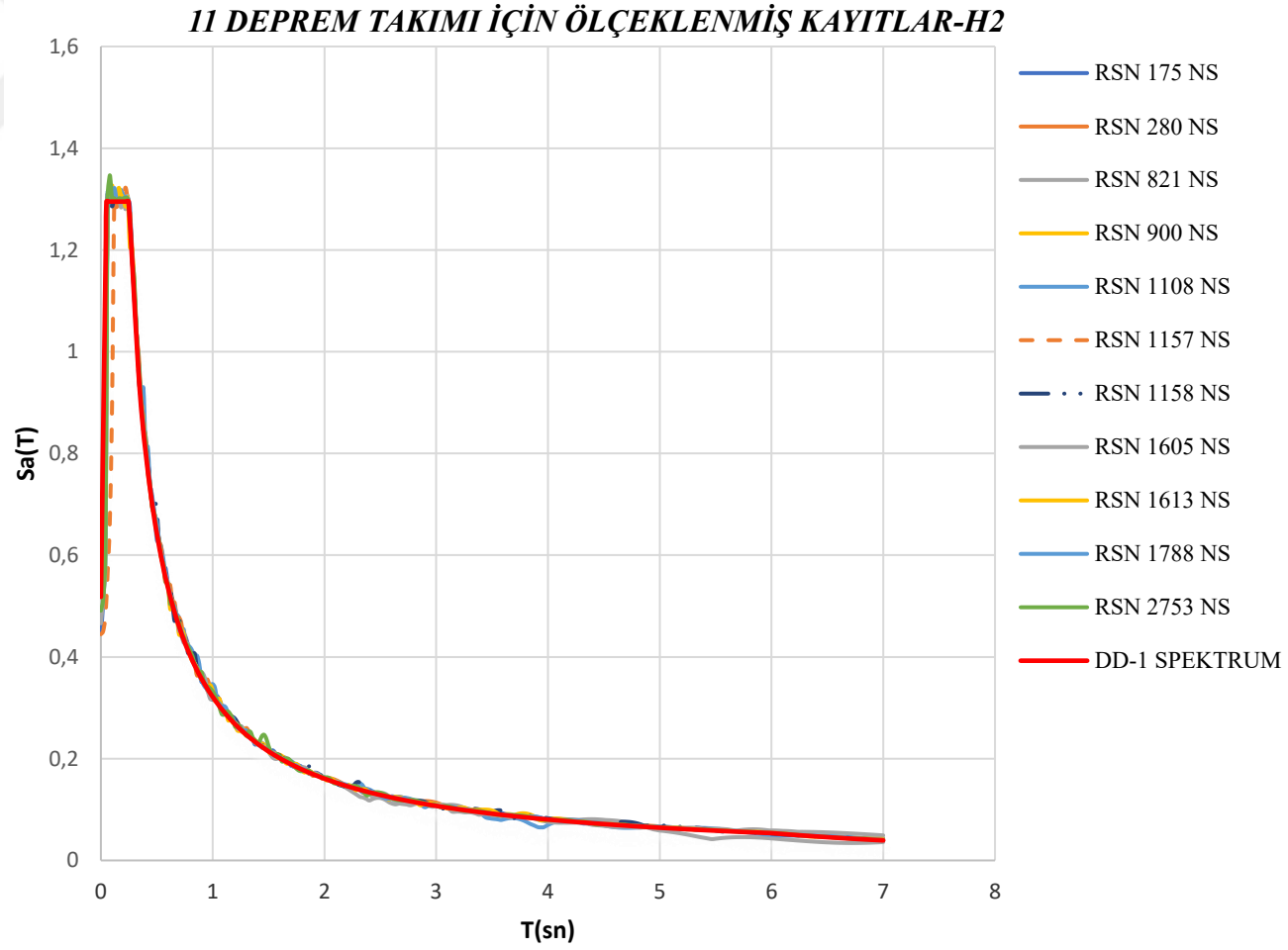
11 DEPREM TAKIMI İÇİN ÖLÇEKLENMİŞ KAYITLAR-H1



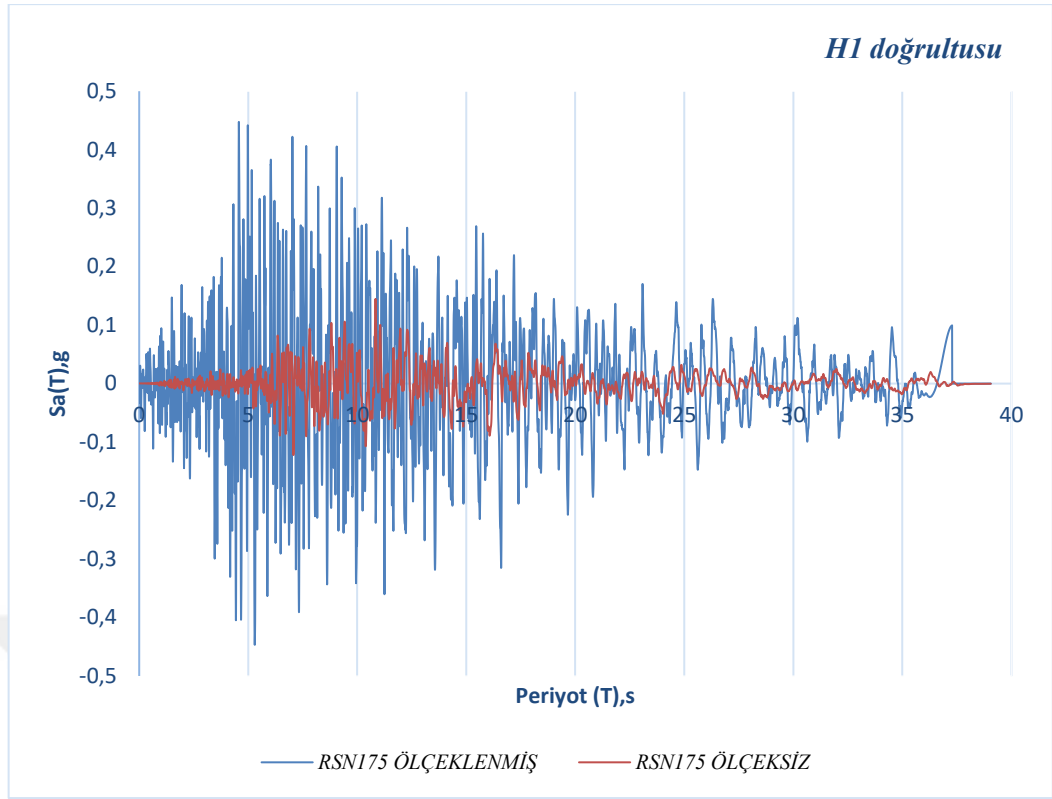
Şekil 6.5. 11 deprem takımı için ölçeklenmiş ivme kayıtları-H1 doğrultusu



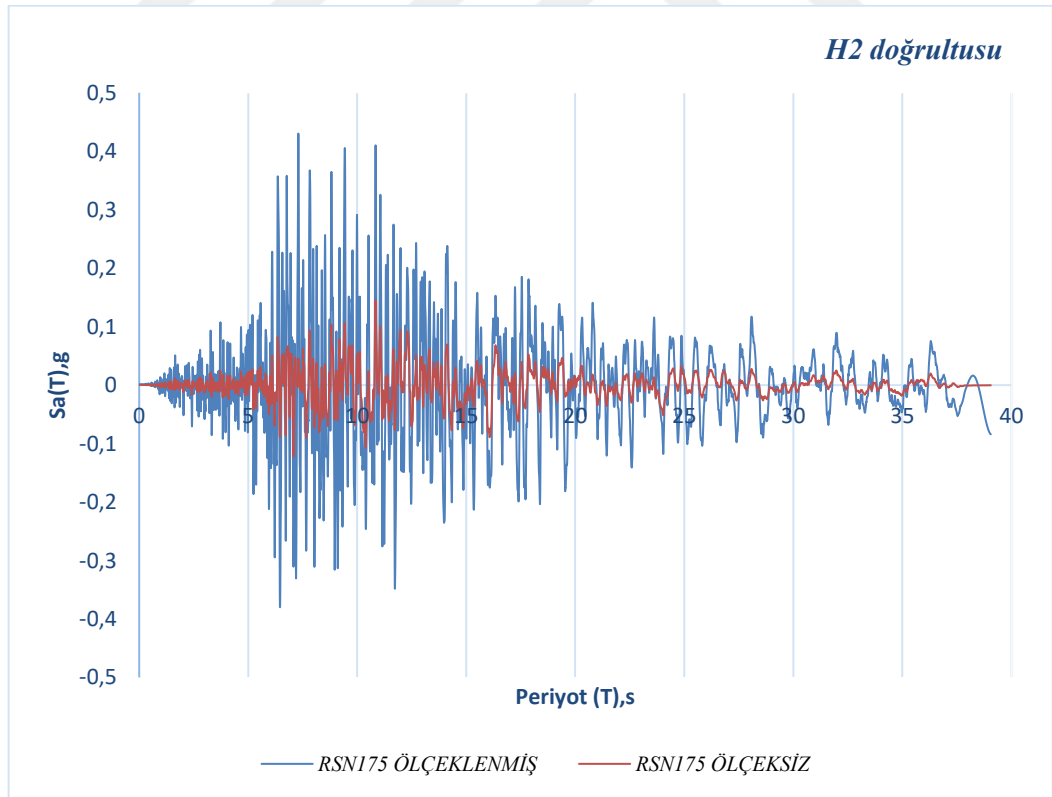
Şekil 6.6. 11 deprem takımı için ölçeklenmemiş ivme kayıtları-H2 doğrultusu



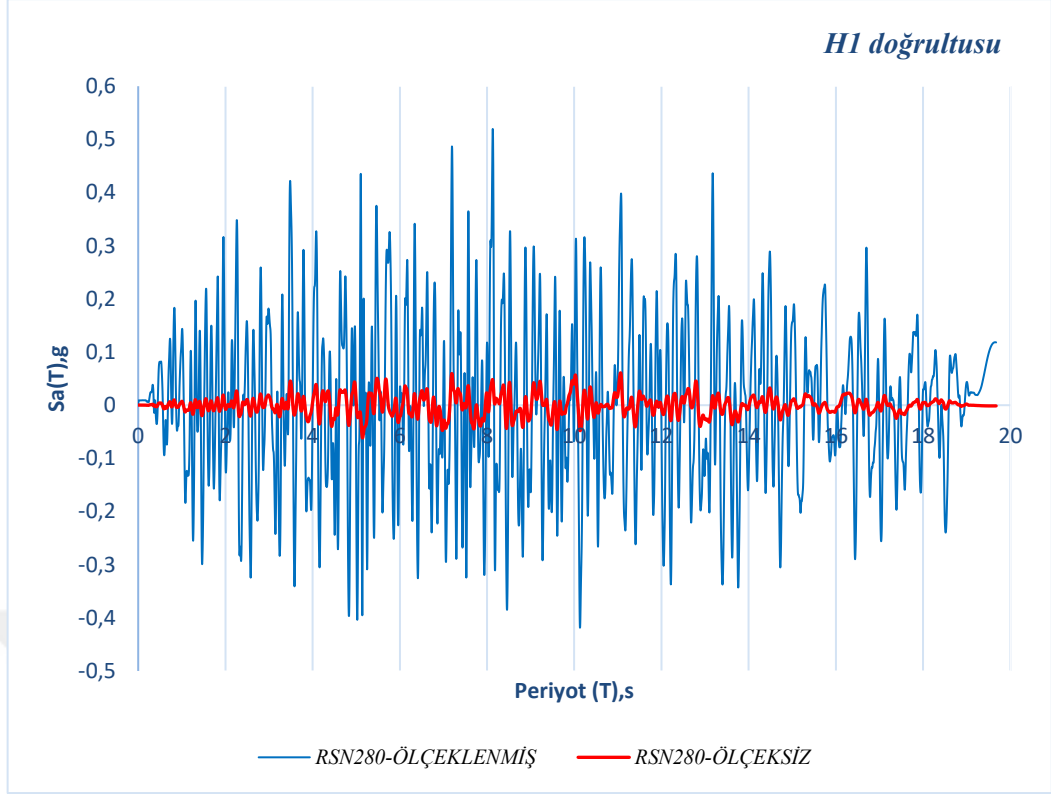
Şekil 6.7. 11 deprem takımı için ölçeklenmiş ivme kayıtları-H2 doğrultusu



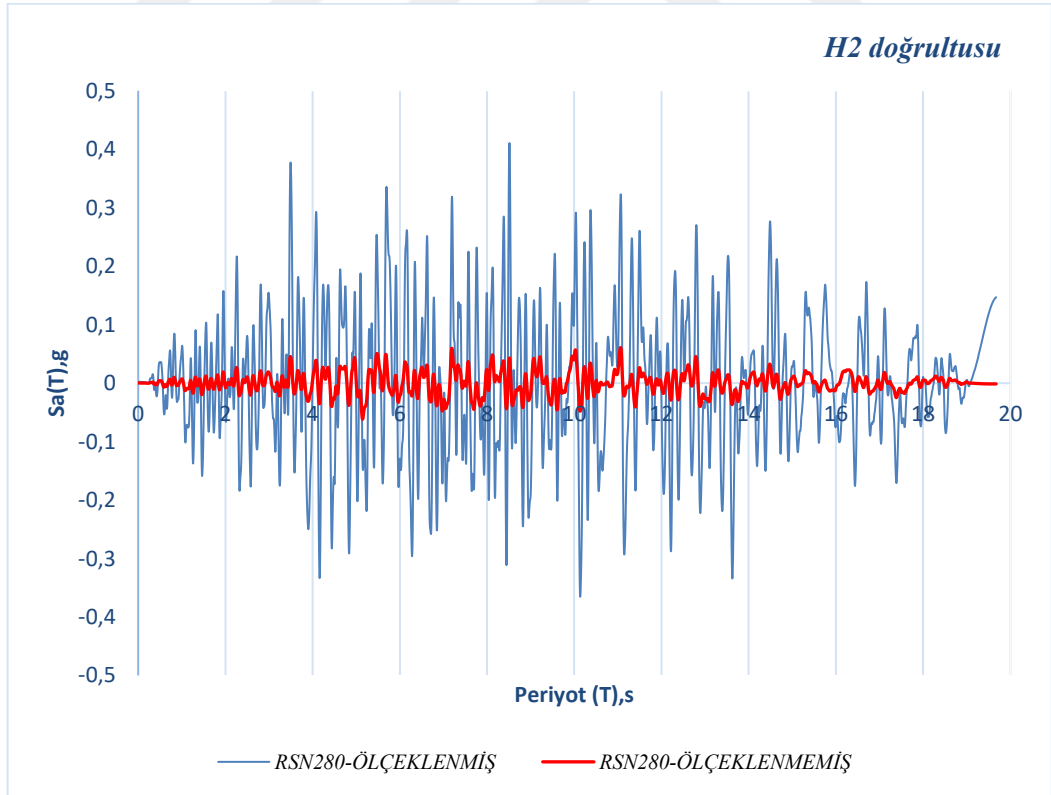
Şekil 6.8. Imperial Valley depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’



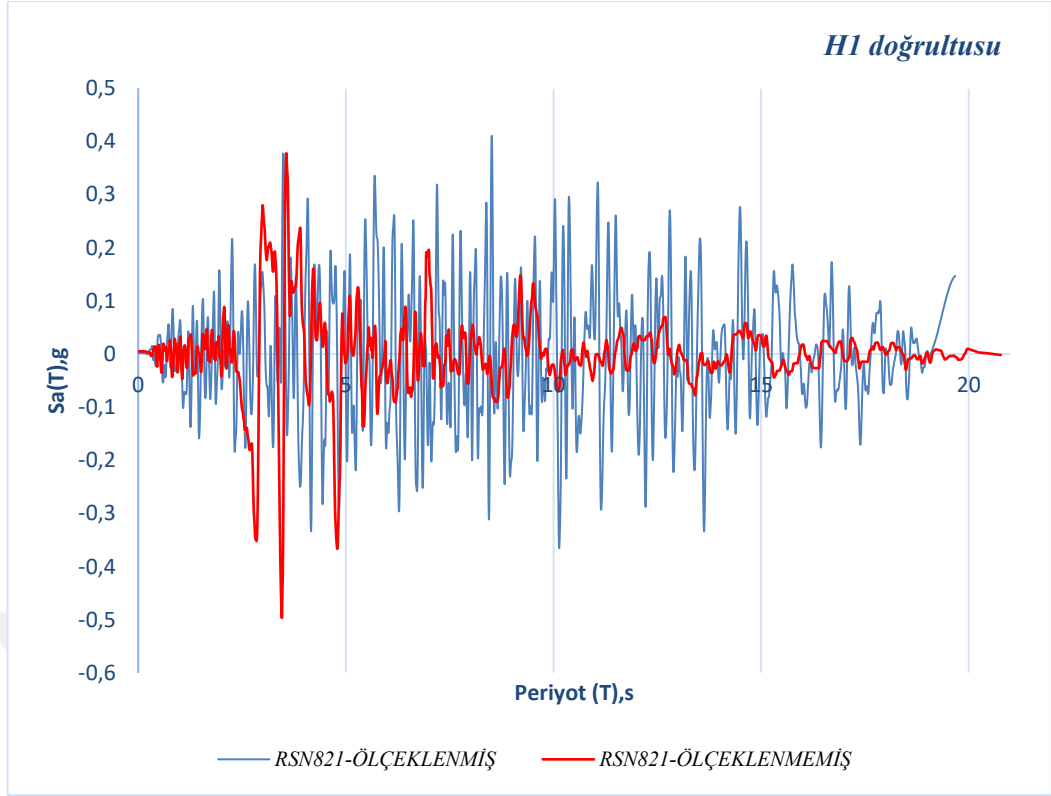
Şekil 6.9. Imperial Valley depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’



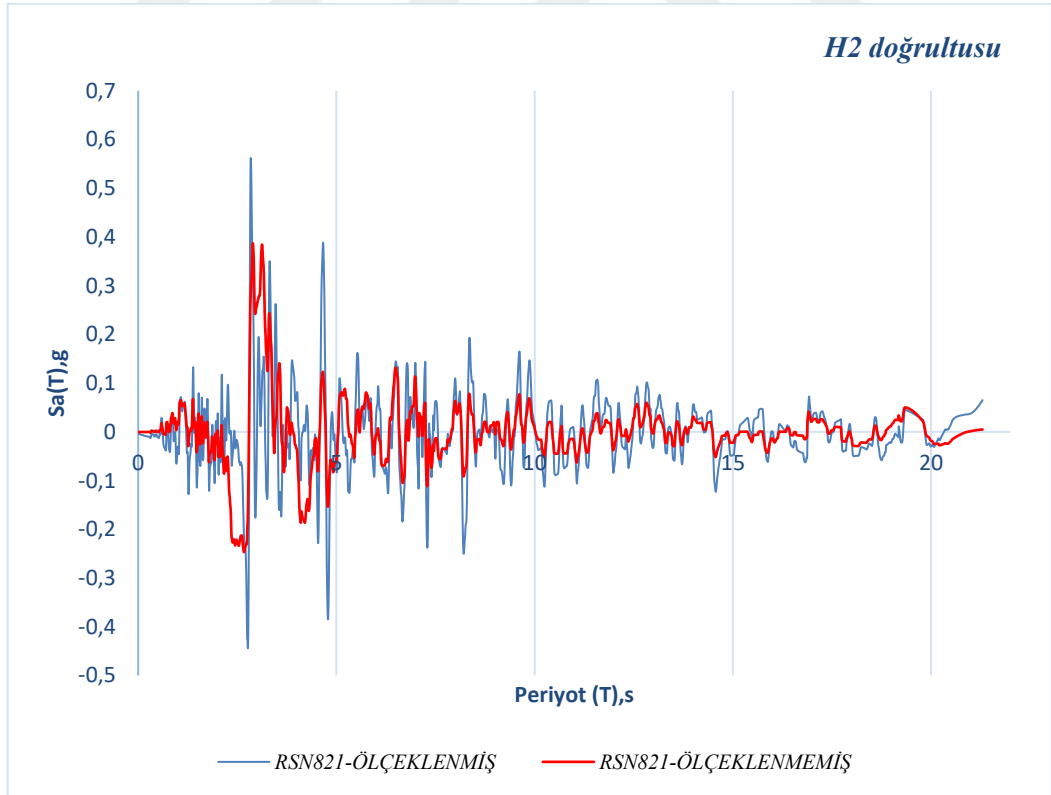
Şekil 6.10. Trinidad depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’



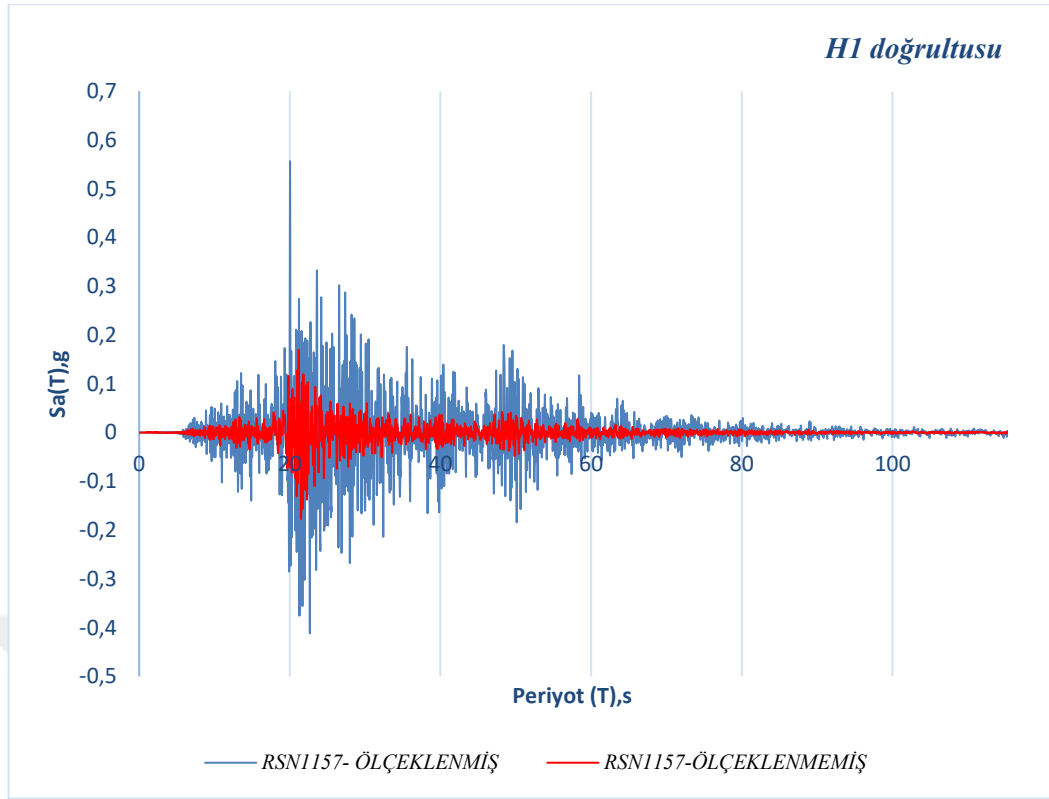
Şekil 6.11. Trinidad depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’



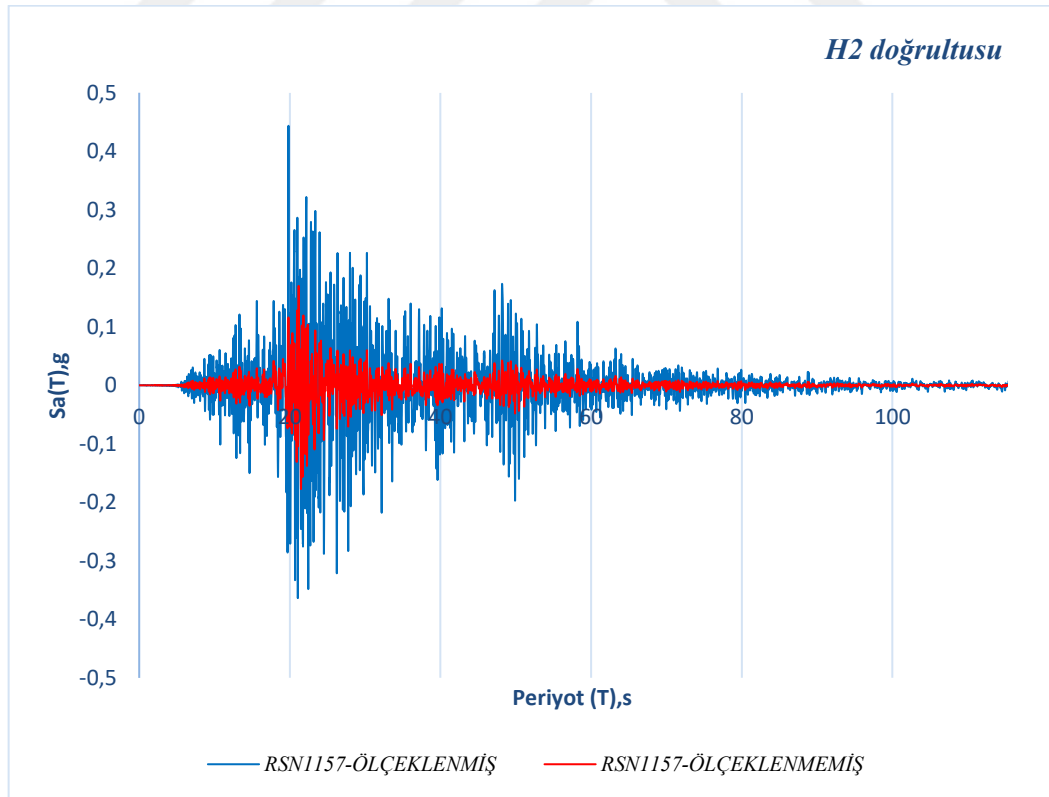
Şekil 6.12. Erzincan depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’



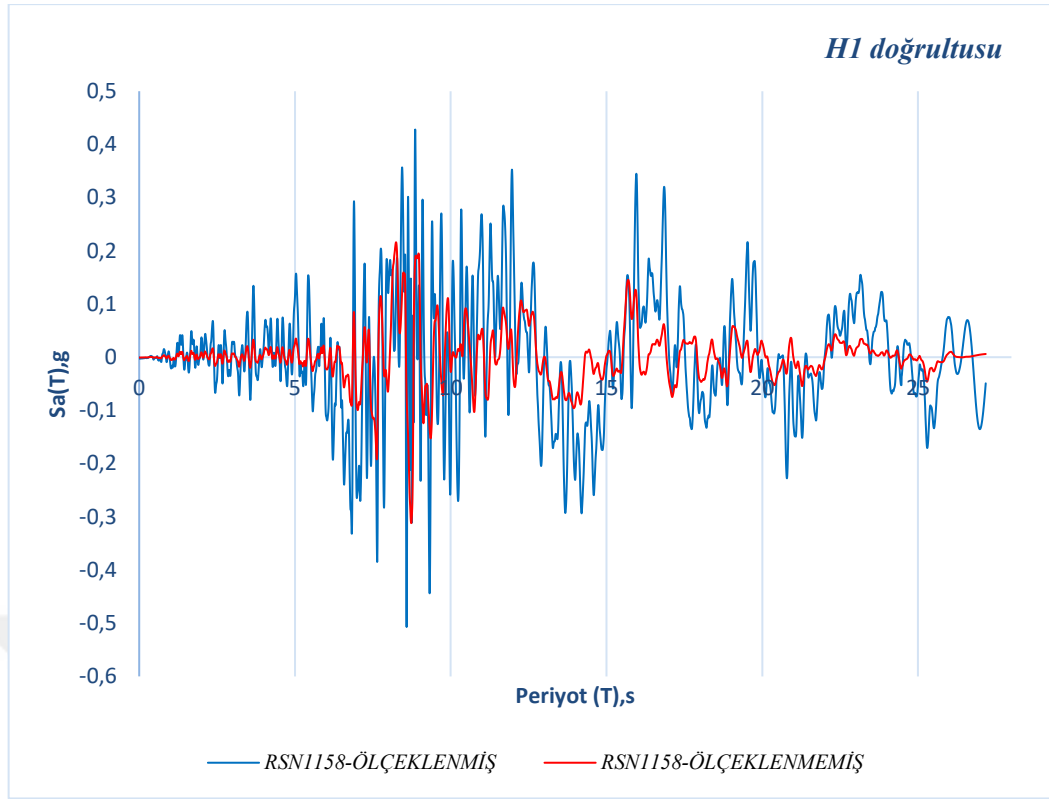
Şekil 6.13. Erzincan depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’



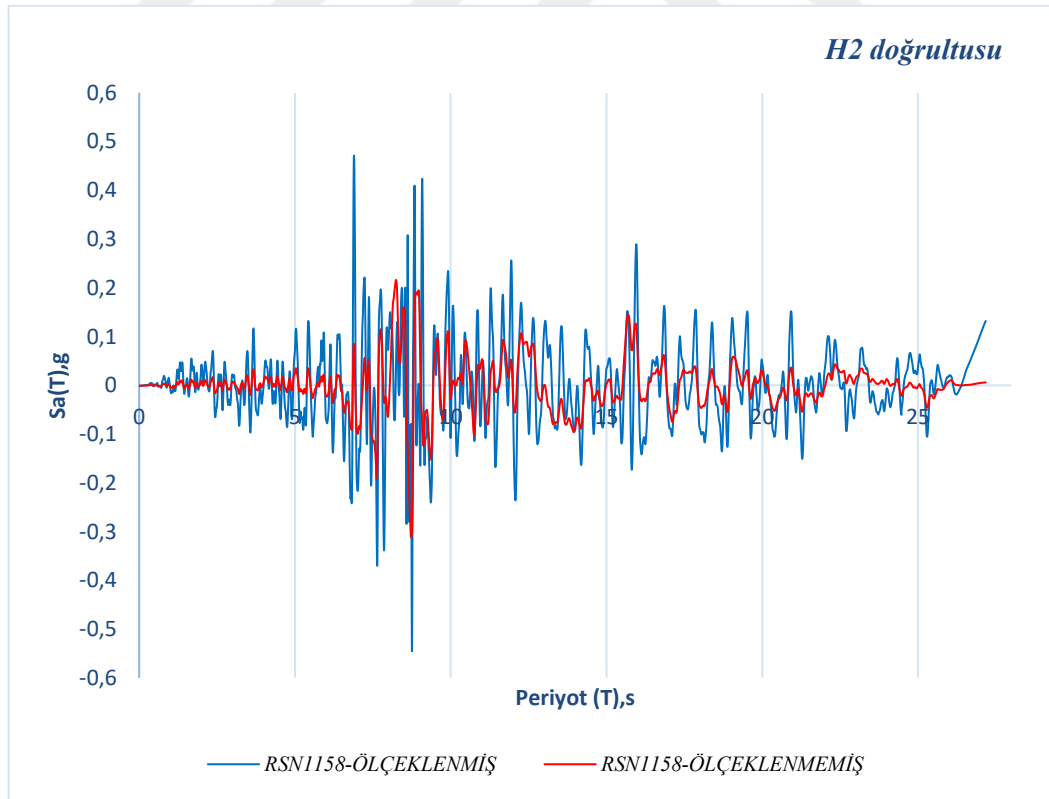
Şekil 6.14. Kocaeli'Çekmece'depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H1 doğrultusu'



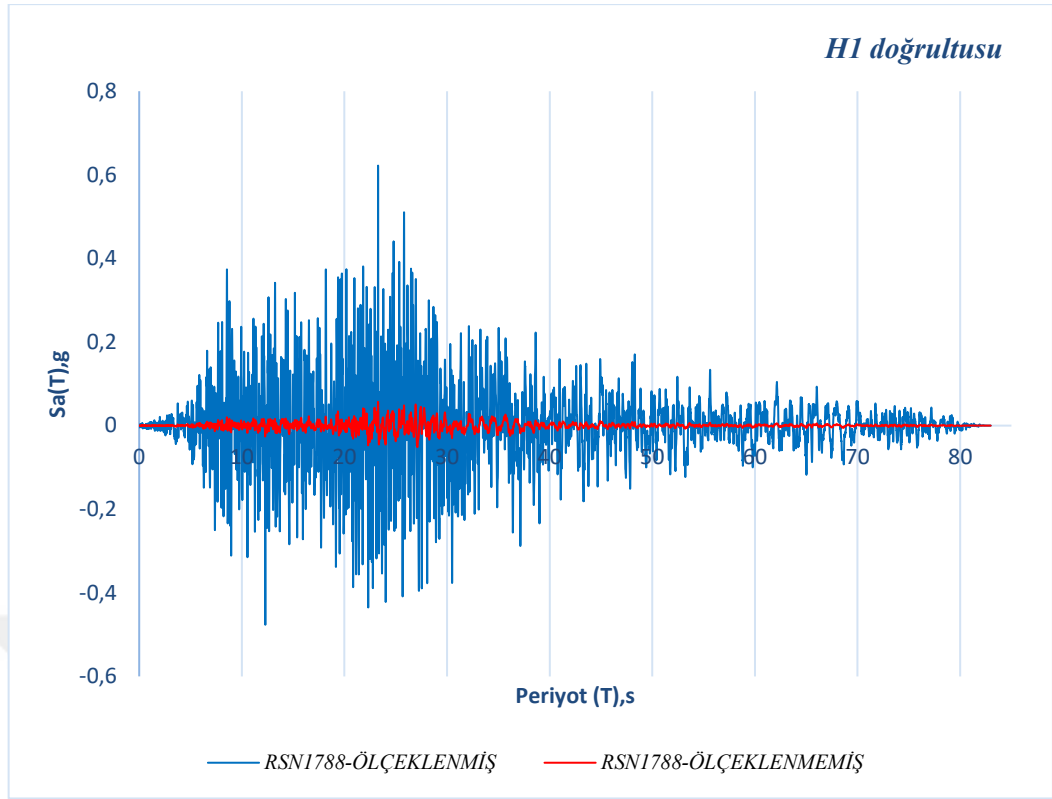
Şekil 6.15. Kocaeli'Çekmece'depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H2 doğrultusu'



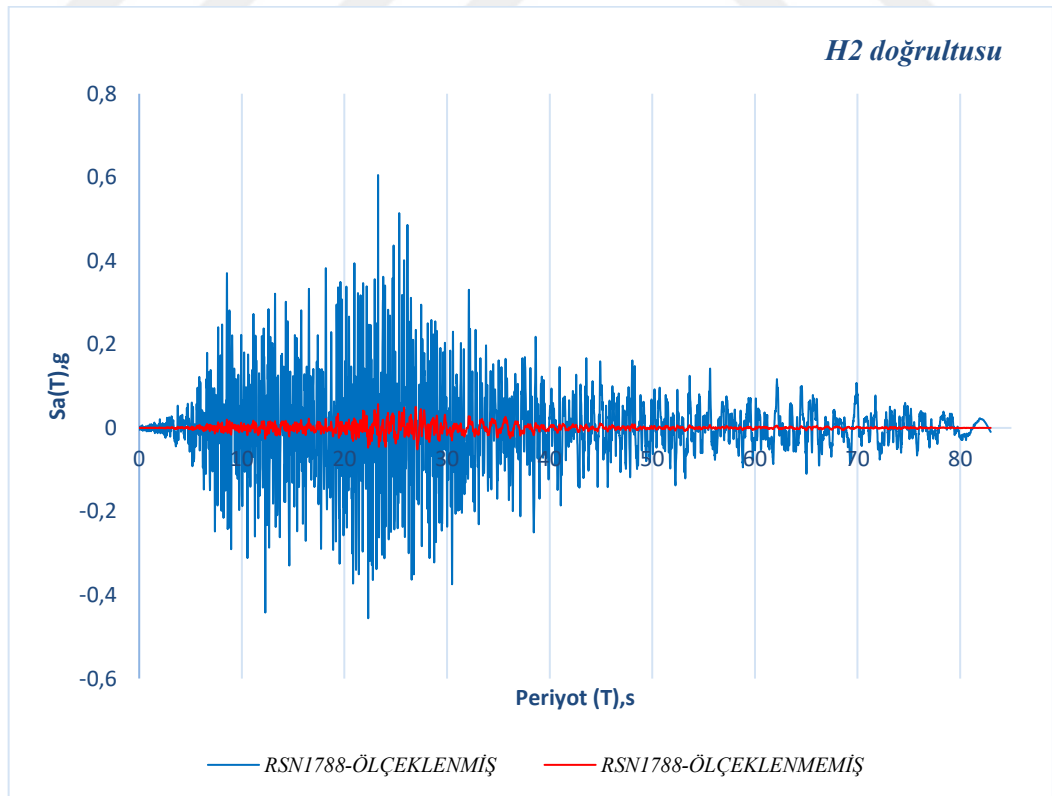
Şekil 6.16. Kocaeli'Düzce' depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H1 doğrultusu'



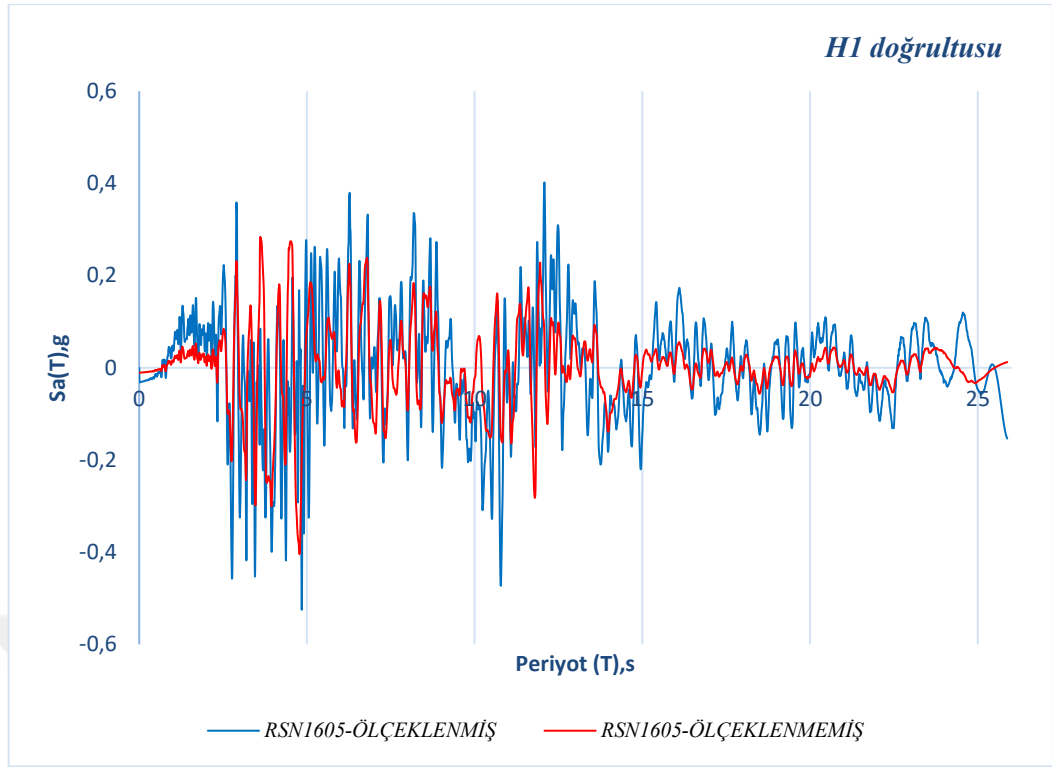
Şekil 6.17. Kocaeli'Düzce' depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H2 doğrultusu'



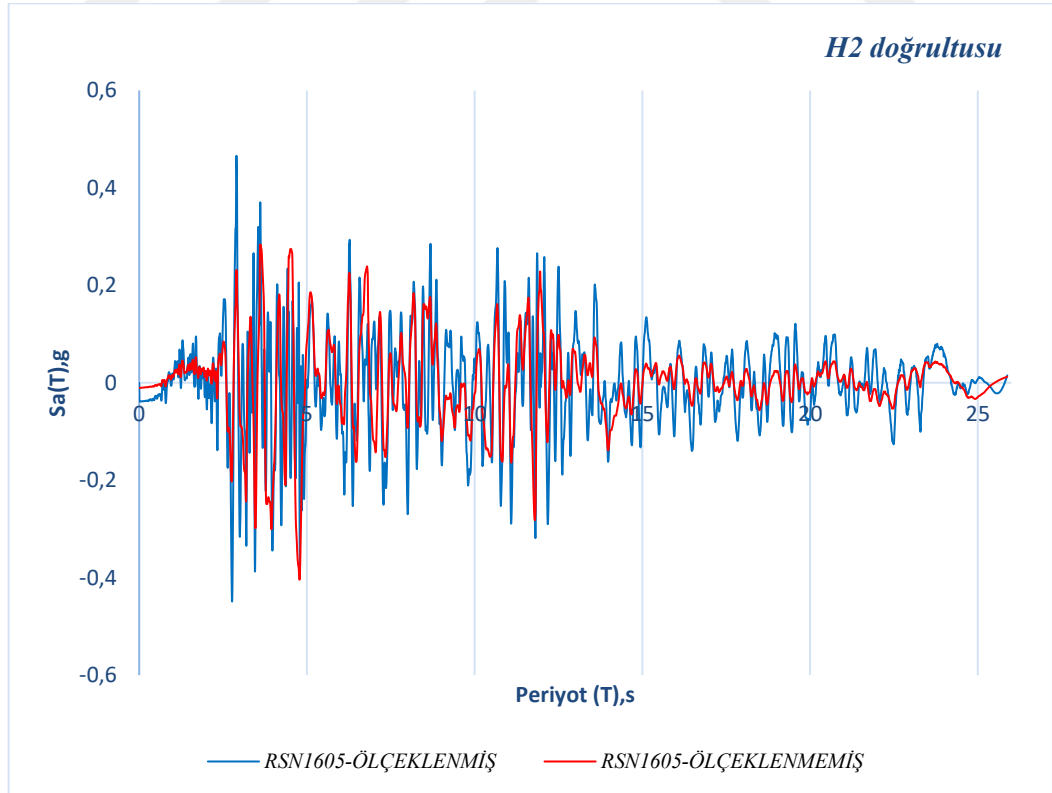
Şekil 6.18. Hector Mine depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H1 doğrultusu'



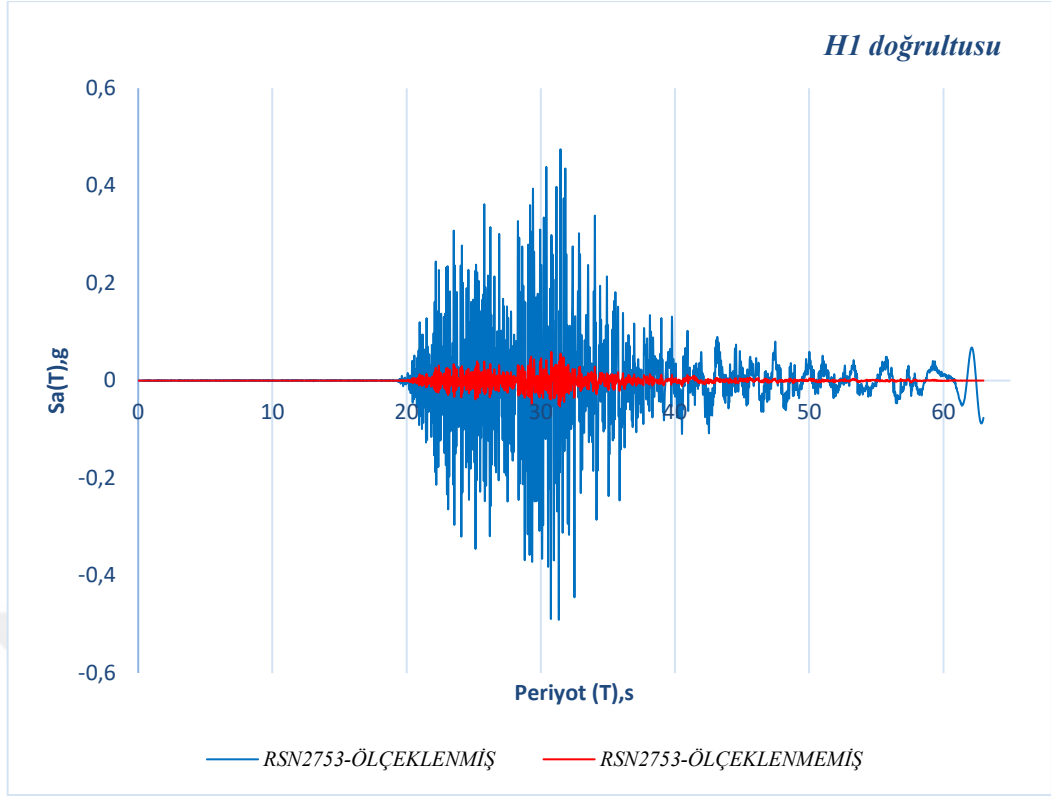
Şekil 6.19. Hector Mine depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H2 doğrultusu'



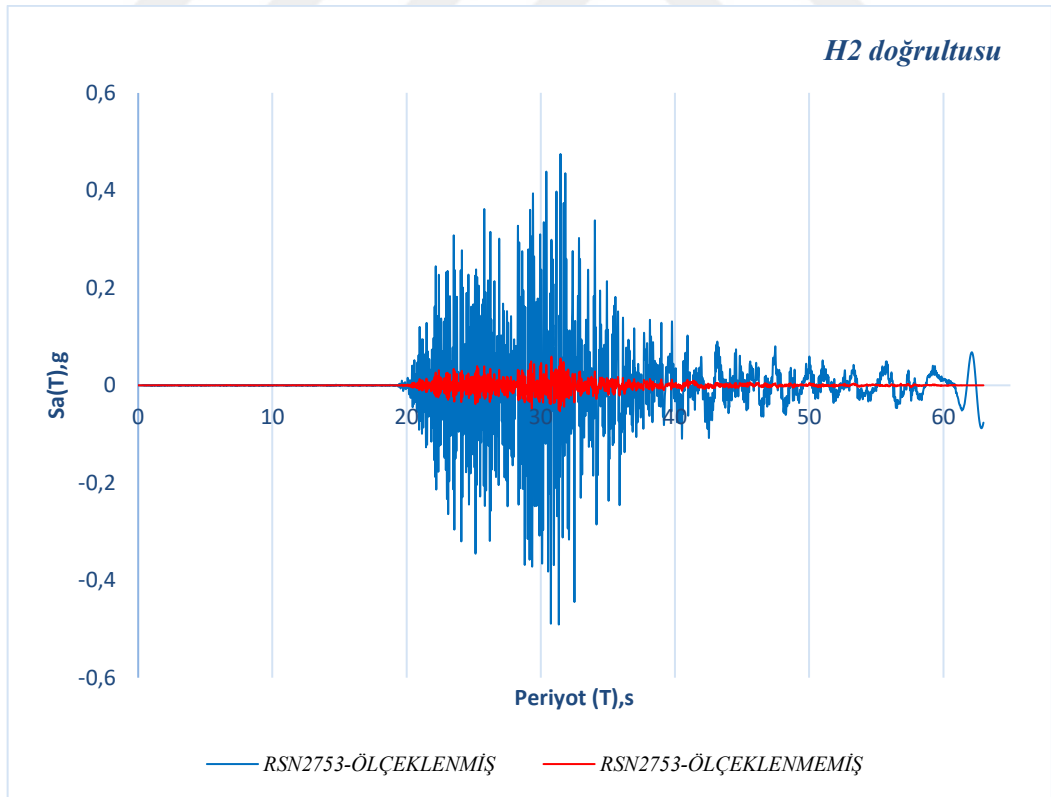
Şekil 6.20. Düzce 1999 depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H1 doğrultusu'



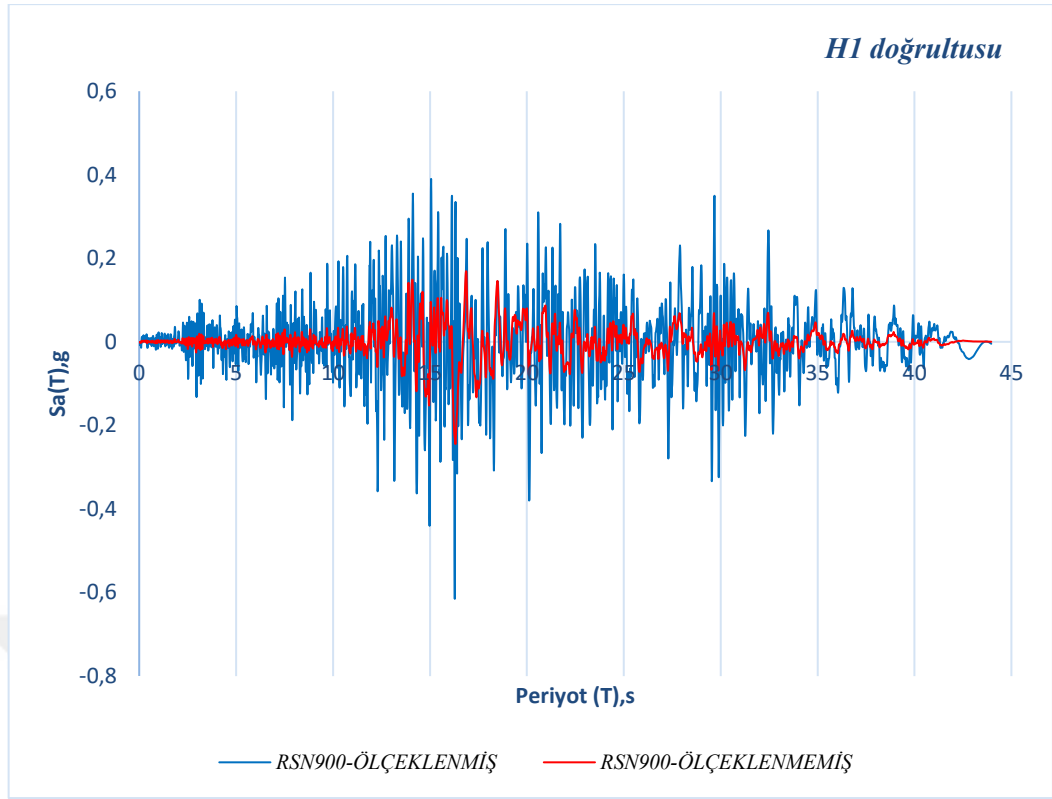
Şekil 6.21. Düzce 1999 depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H2 doğrultusu'



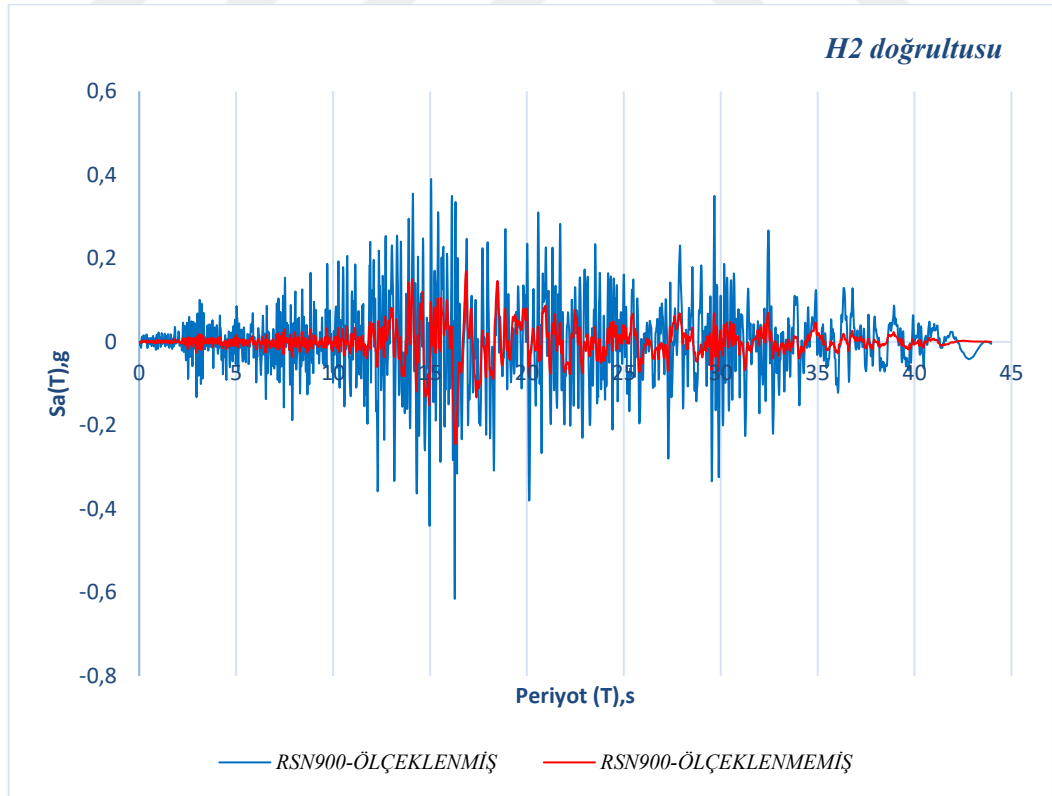
Şekil 6.22. Chi-chi depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H1 doğrultusu'



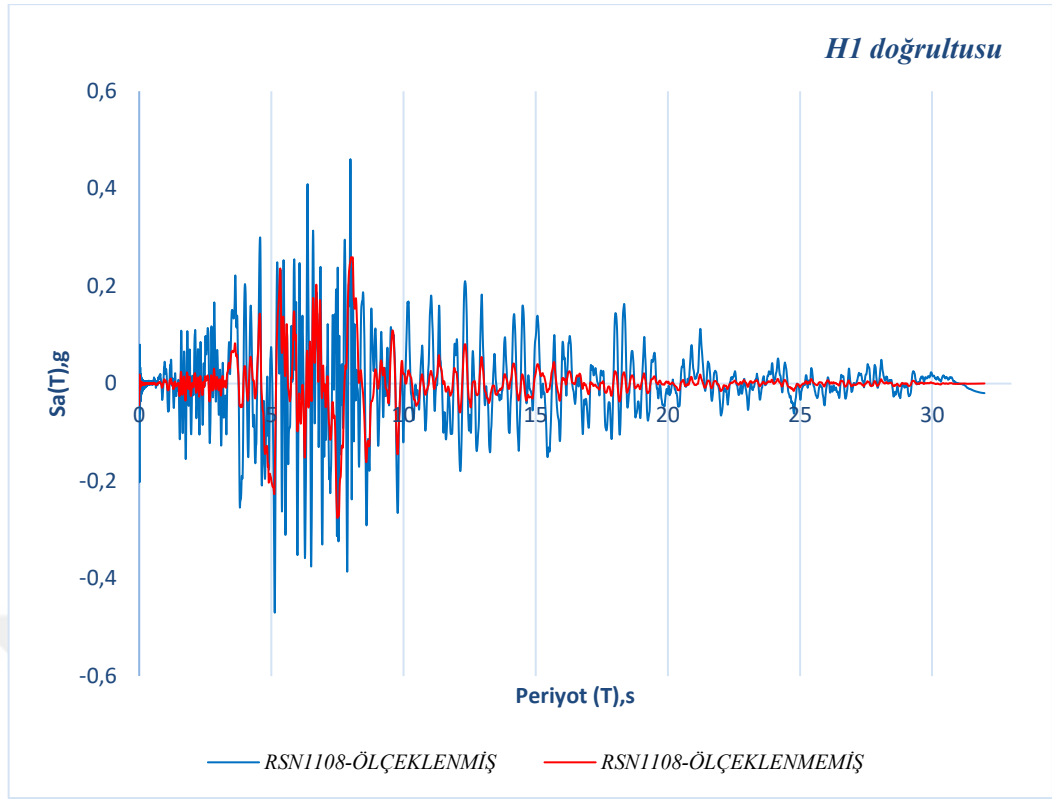
Şekil 6.23. Chi-chi depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları 'H2 doğrultusu'



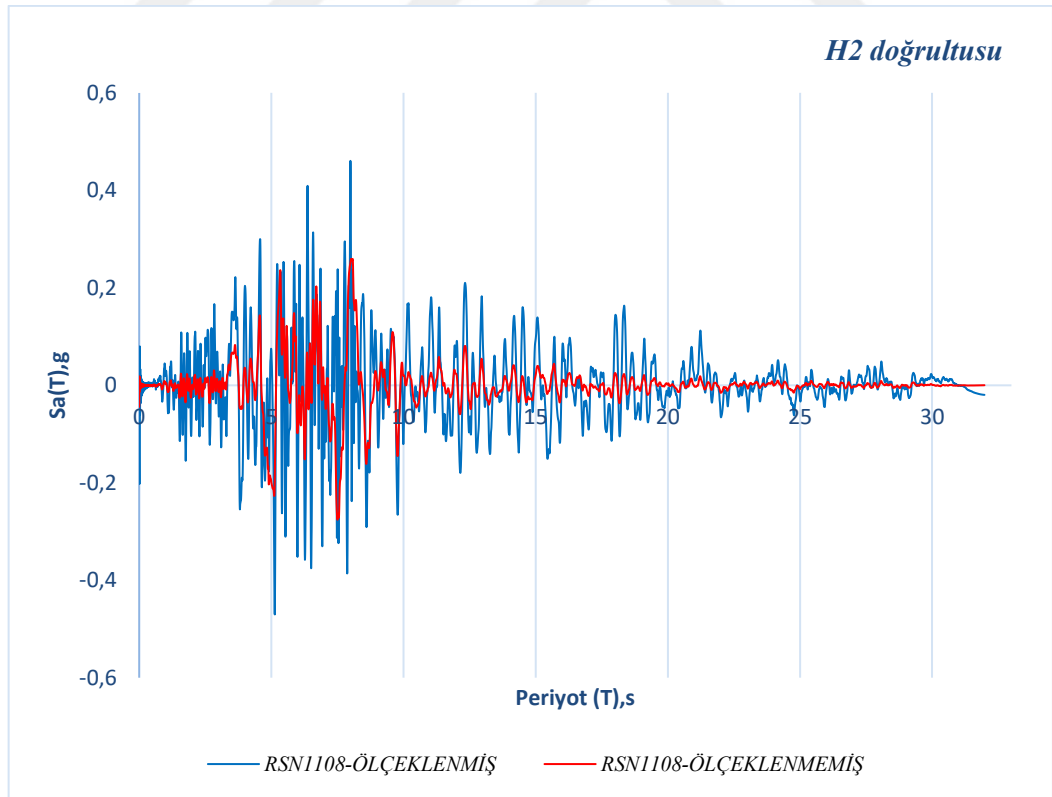
Şekil 6.24. Landers-Yermo Fire Station depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H1 doğrultusu’



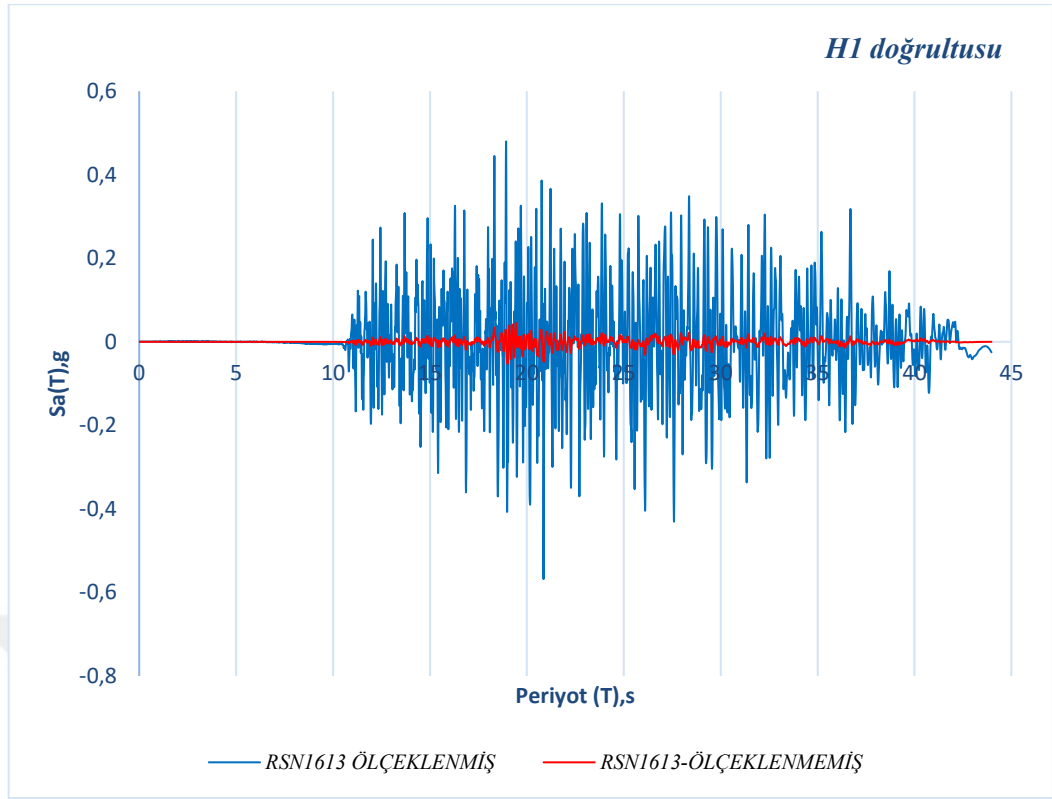
Şekil 6.25. Landers-Yermo Fire Station depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları ‘H2 doğrultusu’



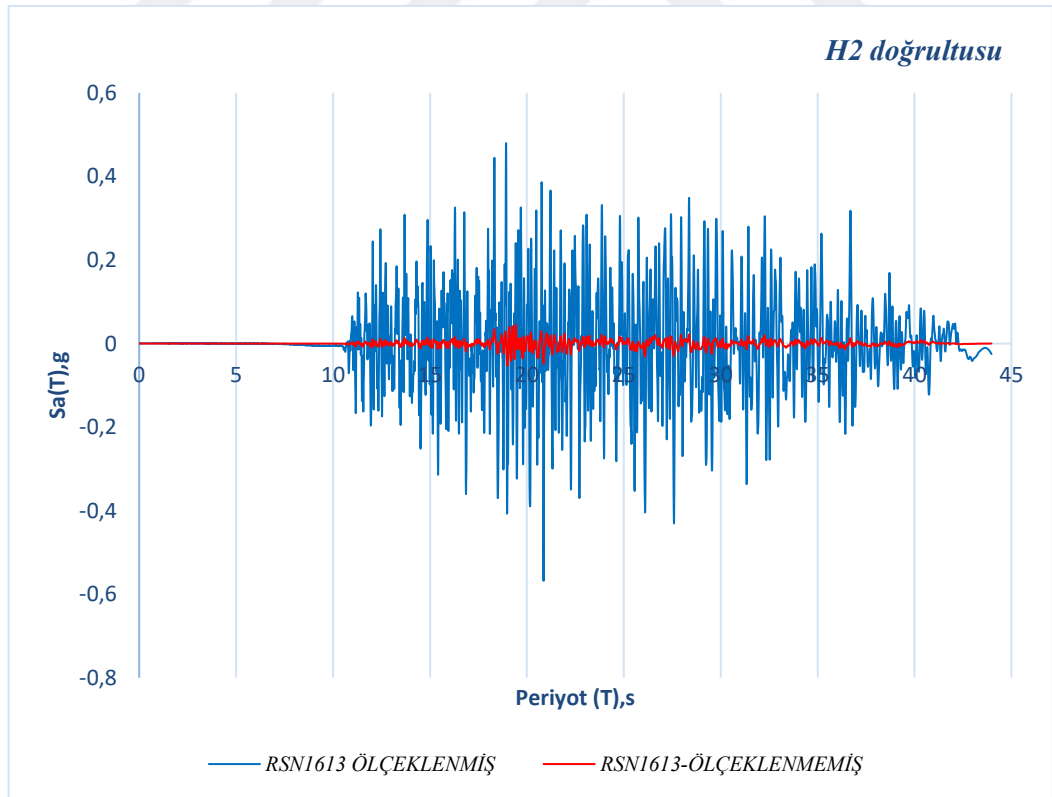
Şekil 6.26. Kobe-Japonya depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları‘H1 doğrultusu’



Şekil 6.27. Kobe-Japonya depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları‘H2 doğrultusu’



Şekil 6.28. Düzce'Lamont' depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları'H1 doğrultusu'



Şekil 6.29. Düzce'Lamont' depremi ölçeksiz ve ölçeklenmiş kayıtları'H2 doğrultusu'

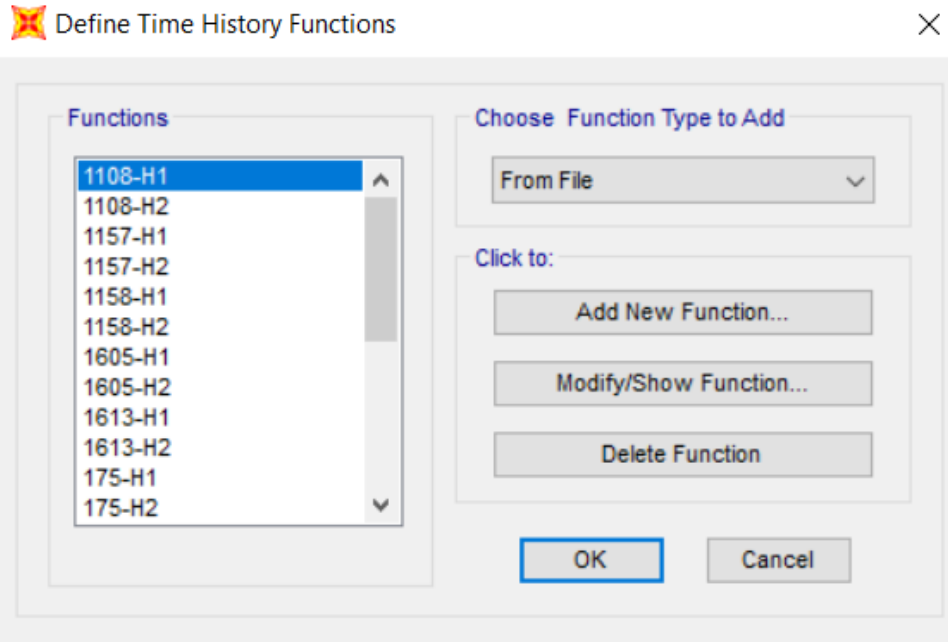
6.5.2. Zaman tanım alanı (Time History) Analizi İçin Seçilen Kayıtların Yapısal Analiz Programına Tanıtılması

Betonarme yapıların lineer olmayan analiz aşamalarında, yapı üzerine düşey yüklerin etki ettirilir. Nonlinear düşey yük analizinin sonucu, zaman tanım alanında analizin başlangıcı kabul edilir. Sabit ve hareketli yükler, katsayılarıyla beraber tanıtılmıştır. Yüklemede analiz tipi olarak ‘nonlinear’, yük tipi ‘statik’ sekmeleri seçilmiş ve P-D etkileri dikkate alınmamıştır. Şekil 6.30’da lineer olmayan düşey yük (PUSH-G) tanım ekranı gösterilmiştir.

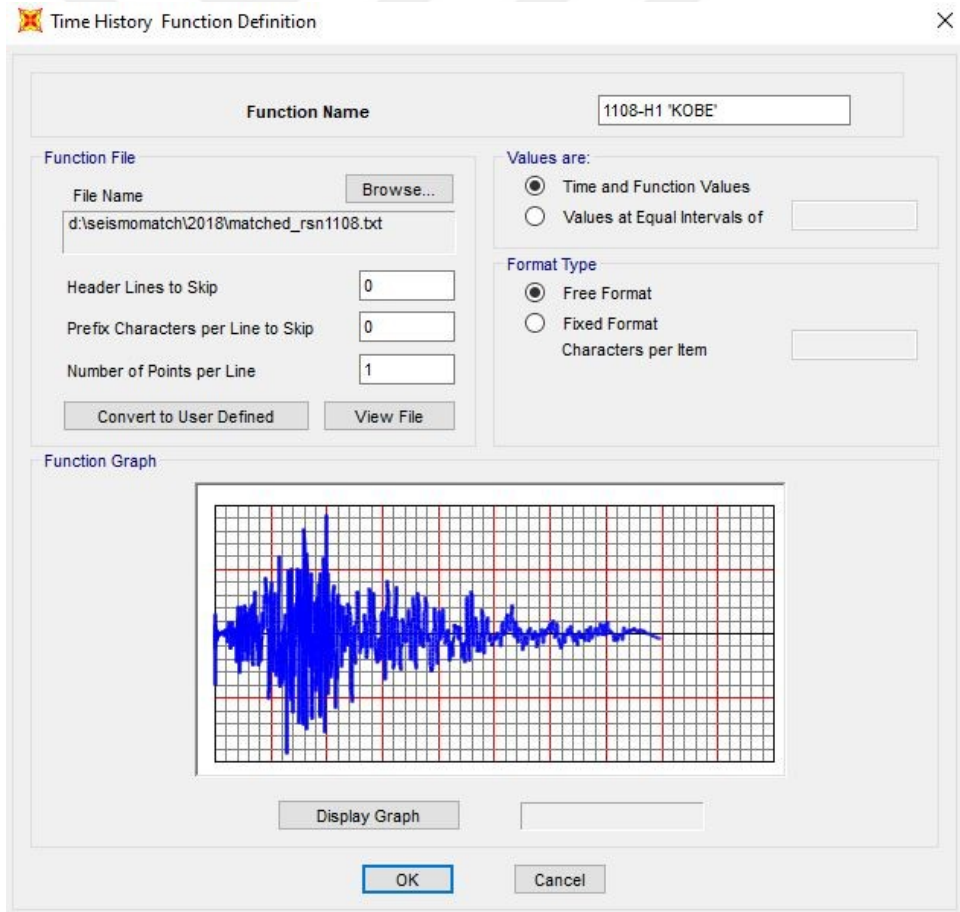
Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G	1.
Load Pattern	G	1.
Load Pattern	Q	0.3

Şekil 6.30. Lineer olmayan düşey yük tanım ekranı.

Şekil 6.5 ve Şekil 6.7’de belirtilmiş basit ölçeklendirme metodu ile ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtlarının tanımları, SAP2000 yapısal analiz programında, Define/ Functions / Time History ekranında, from file seçenekleri işaretlenerek yapılır. Açılan tanım ekranında, ‘time-fuction values’ seçeneği seçilerek, ‘txt’ formatında oluşturulmuş ölçeklendirilmiş ivme kayıtları SAP2000’e getirilir. Şekil 6.31’de zaman-ivme ikilisi tipinde oluşturulmuş kayıt dosyalarının tanım ekranı verilmiştir. Şekil 6.32’de , tanımı yapılmış 1108-H1 ‘KOBE’ deprem ivme kaydının oluşturulması gösterilmiştir.



Şekil 6.31. Ölçeklendirilen deprem ivme kayıtları için veri girişi.



Şekil 6.32. Ölçekli deprem kayıtlarının 'ivme-zaman' tanım örneği '1108-H1 'KOBÉ'

Zaman tanım alanında lineer olmayan analiz için, tanım ekranı Şekil 6.33’de verilmiştir. Tanım ekranında, analiz başlangıcı olarak ‘PUSH-G’ işaretlenmiş, doğrusal olmayan düşey yük analiz sonucu, zaman tanım alanında analizin başlangıcı kabul edilmiştir. ‘Load Case Type’ olarak Time History, analiz ve hesap metodu olarak ‘Nonlinear’ ‘Direct Integration’ seçilmiştir. Analiz süresinin uzun olacağı öngörülmüş, ‘Geometric Nonlinearity’ ‘None’ olarak işaretlenmiş, P-Delta etkileri dikkate alınmamıştır.

Tanımı yapılan deprem ivme kaydının, birbirine dik yatay iki doğrultudaki(H1-H2) deprem etkileri X ve Y yönlerinde ayrı ayrı etki ettirilmiştir (Şekil 6.33). Daha sonra, yatay doğrultudaki aynı deprem etkileri 90° döndürülerek, yeni bir analiz tanımı yapılmıştır (Şekil 6.34). Deprem kayıtlarının büyütme faktörü olarak, yer çekimi ivmesi m biriminden (9,81) girilmiştir. Analiz için, zaman tanım aralığı, ilgili deprem kaydına göre girilmiş, toplam adım sayısı ise, toplam kayıt süresinin aralık değerine bölünmesi ile elde edilmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: TH-10 [Set Def Name] [Modify/Show...]

Initial Conditions:
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [PUSH]
 Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:
 Use Modes from Case [MODAL]

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	1108-H1	9,81
Accel	U2	1108-H2	9,81

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:
 Number of Output Time Steps: 3200
 Output Time Step Size: 0,01

Other Parameters:
 Damping: Proportional [Modify/Show...]
 Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]
 Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Load Case Type: Time History [Design...]

Analysis Type:
☐ Linear
☒ Nonlinear

Solution Type:
☐ Modal
☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters:
☒ None
☐ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type:
☒ Transient
☐ Periodic
☐ Consider Collapse

Mass Source: G+nQ

[OK] [Cancel]

Şekil 6.33. H1 doğrultusu için lineer olmayan analiz tanım ekranı.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: TH-10.2 [Set Def Name] [Modify/Show...]

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case [PUSH]

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case

Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	1108-H2	9,81
Accel	U2	1108-H1	9,81

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data

Number of Output Time Steps: 3200

Output Time Step Size: 0,01

Other Parameters

Damping: Proportional [Modify/Show...]

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor [Modify/Show...]

Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

Load Case Type: Time History [Design...]

Analysis Type: ☒ Linear ☐ Nonlinear

Solution Type: ☐ Modal ☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters

☒ None ☐ P-Delta ☐ P-Delta plus Large Displacements

History Type

☒ Transient ☐ Periodic ☐ Consider Collapse

Mass Source: G+nQ

[OK] [Cancel]

Şekil 6.34. H2 doğrultusu için lineer olmayan analiz tanım ekranı.

Tanım ekranında bulunan, diğer parametreler bölümündeki damping(sönüm) sekmesinden, ilk periyot değeri olarak, binanın 1.mod periyodu, ikinci periyot değeri olarak x ve y yönü için harekete katılan kütesinin %90' ı geçtiği periyot değerleri girilmiş, sönüm değeri olarak da %2,5 girilmiştir (TBDY18 Bölüm 13.6.2.4). SAP2000 Yapısal analiz programı, girişi yapılan periyot değerleri için hesaplamayı otomatik olarak yapmakta ve ekranda göstermektedir. Analiz ekranında, 'Time İntegration' çözümü olarak 'Hilber-Hughes-Taylor' entegrasyon yöntemi seçilmiştir. Periyot ve sönüm tanım ekranı Şekil 6.35'de verilmiştir.

Direct Integration Damping

Viscous Proportional Damping

☐ Direct Specification
 ☐ Specify Damping by Period
 ☐ Specify Damping by Frequency

Mass Proportional Coefficient: 1/sec
 Stiffness Proportional Coefficient: sec

	Period	Frequency	Damping
First	3,03 sec	cyc/sec	0,025
Second	0,11 sec	cyc/sec	0,025

Recalculate Coefficients

Additional Modal Damping

☐ Include Additional Modal Damping

Modal Load Case:

☐ Maximum Considered Modal Frequency:

Modify/Show Modal Damping Parameters...

OK Cancel

Şekil 6.35. Tanımı yapılan deprem ivme kaydı içi periyot ve sönüm veri girişi.

6.6. YAPI ANALİZ SONUÇLARI VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

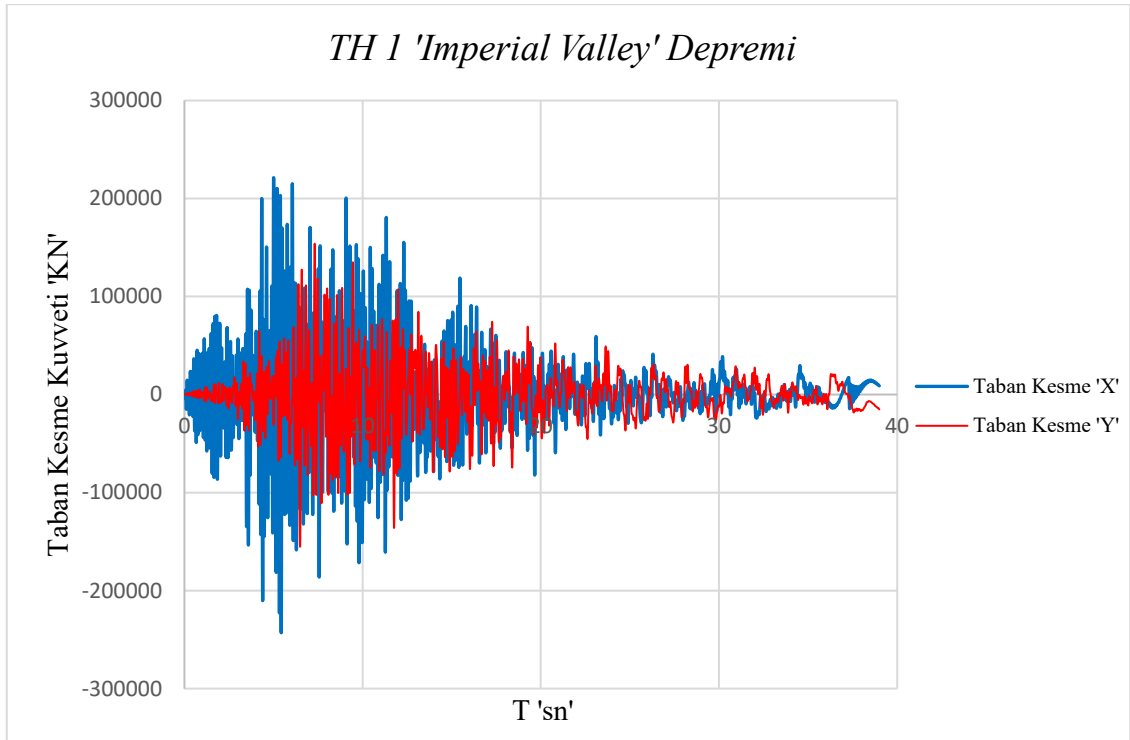
6.6.1. Taban Kesme Kuvvetleri

Betonarme yüksek yapı modelinde, 11 deprem takımı için, analizler sonucunda, x, y (1 ve 2) yönleri için maksimum taban kesme kuvveti ve çatı katı deplasmanları Çizelge 6.6'da verilmiştir. Deprem kayıtları için, taban kesme kuvveti-zaman ve tepe deplasmanı-zaman grafikleri Şekil 6.36'dan Şekil 6.58'e kadar verilmiştir.

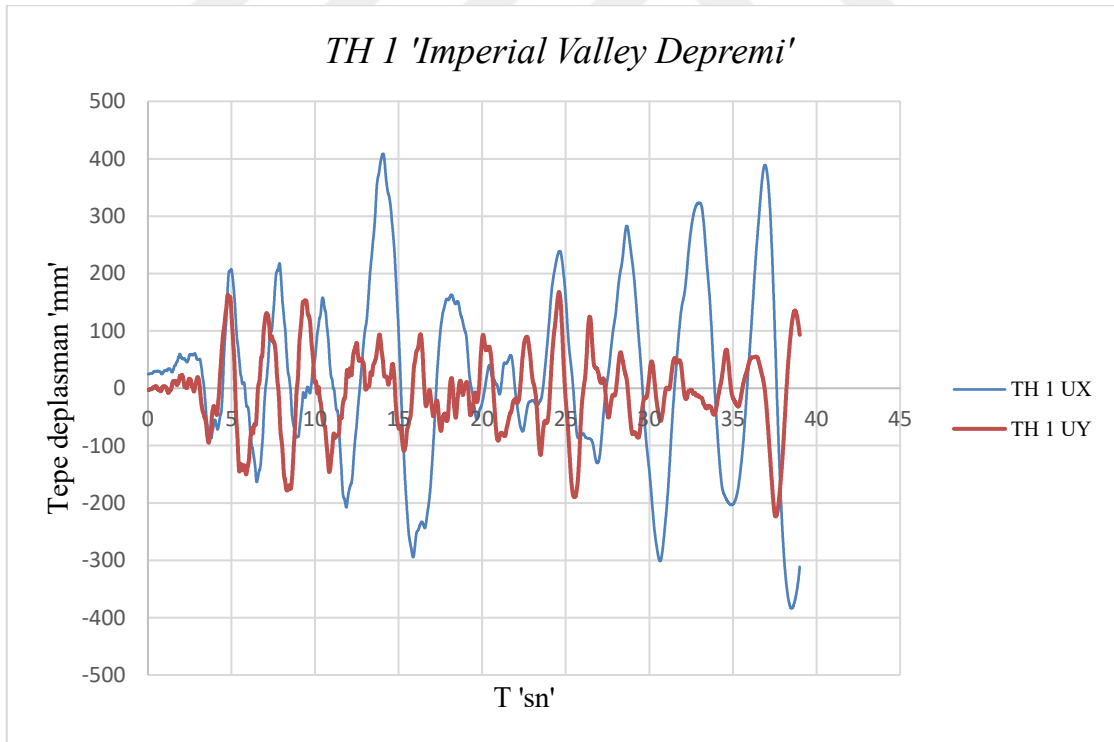
Çizelge 6.6. Deprem kayıtları için, maksimum çatı ötelenmesi ve taban kesme kuvveti değerleri.

			<i>Maksimum Çatı Ötelenmesi 'mm'</i>		<i>Taban kesme kuvveti Base shear 'X'</i>		<i>Taban kesme kuvveti Base shear 'Y'</i>	
<i>Analiz</i>	<i>Deprem</i>	<i>RSN</i>	<i>U_x</i>	<i>U_y</i>	<i>(-) Maks.</i>	<i>(+)Maks.</i>	<i>(-) Maks.</i>	<i>(+)Maks.</i>
TH 1	Imperial Valley	175	408	164	-242966	221196	-155215	153891
TH 1-2	Imperial Valley	175	402	223	-214793	192401	-168073	138293
TH 2	Trinidad	280	356	242	-131485	144230	-109373	153533
TH 2-2	Trinidad	280	386	217	-115374	155024	-102581	122368
TH 3	Erzincan 1992	821	368	238	-192633	221920	-120873	161330
TH 3-2	Erzincan 1992	821	329	221	-128119	174944	-114435	148072
TH 4	Kocaeli 1999	1157	358	272	-168796	132430	-127950	137439
TH 4-2	Kocaeli 1999	1157	305	184	-171403	120019	-135416	155437
TH 5	Kocaeli 'Düzce'	1158	336	207	-163293	231633	-121913	159322
TH 5-2	Kocaeli 'Düzce'	1158	335	210	161059	230262	-120010	158920
TH 6	Hector Mine	1788	646	163	-225579	203205	-147899	139451
TH 6-2	Hector Mine	1788	390	444	-226167	222679	-149012	150703
TH 7	Düzce 1999	1605	456	358	-99878	112753	-90463	75811
TH 7-2	Düzce 1999	1605	467	404	-95550	115152	-104230	99556
TH 8	Chi-chi 1999	2753	393	272	-227506	238964	-119383	145693
TH 8-2	Chi-chi 1999	2753	244	208	-226145	237852	-118520	145302
TH 9	Landers 1992	900	349	228	-99008	92783	-108259	98455
TH 9-2	Landers 1992	900	381	215	-202326	192247	-139776	120321
TH 10	Kobe/Japonya	1108	411	183	-191004	197389	-148282	159822
TH 10-2	Kobe/Japonya	1108	411	185	-191150	196989	-148102	160200
TH 11	Düzce 'Lamont'	1613	265	228	-203122	183590	-159463	158970
TH 11-2	Düzce 'Lamont'	1613	264	228	-202995	183420	-159398	158122

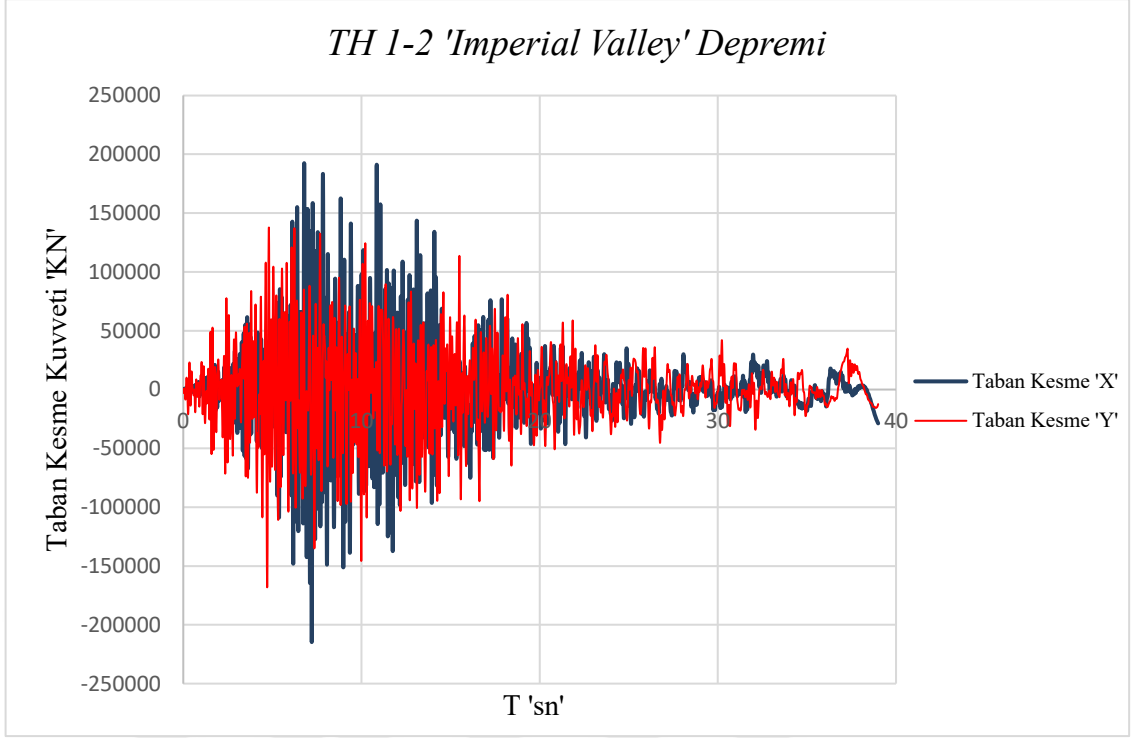
	Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıt takımının etki ettirilmesi (0°)
	Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıt takımının 90° döndürülmüş hali



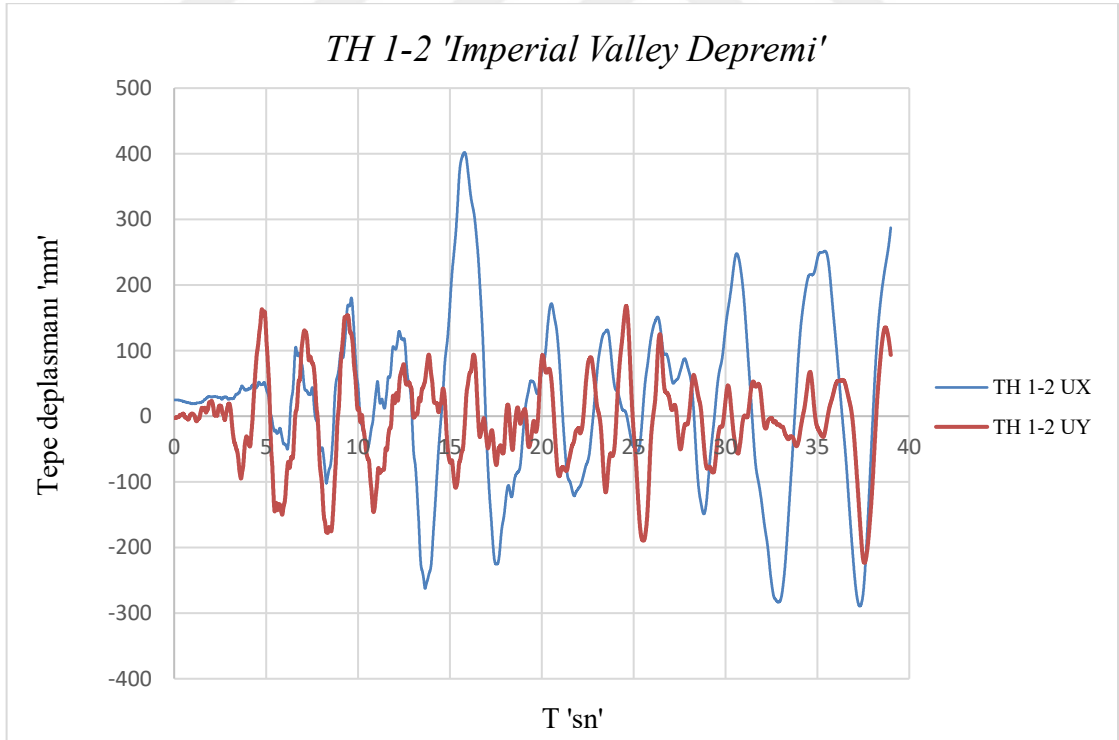
Şekil 6.36. Imperial Valley deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



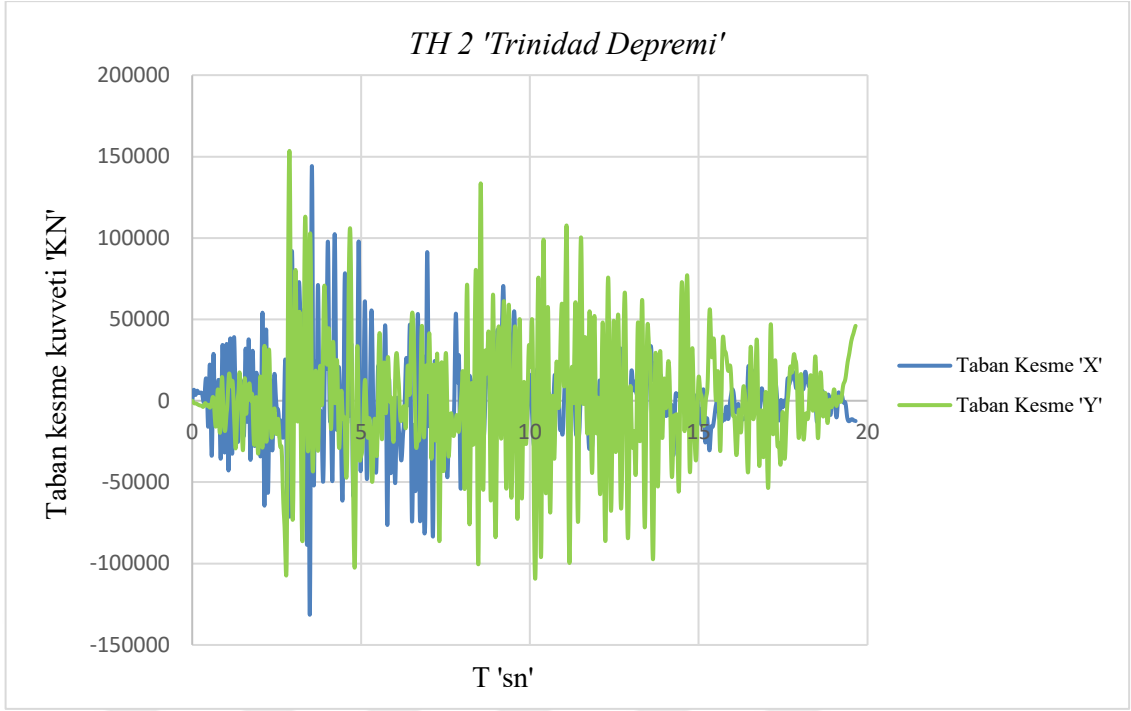
Şekil 6.37. Imperial Valley deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



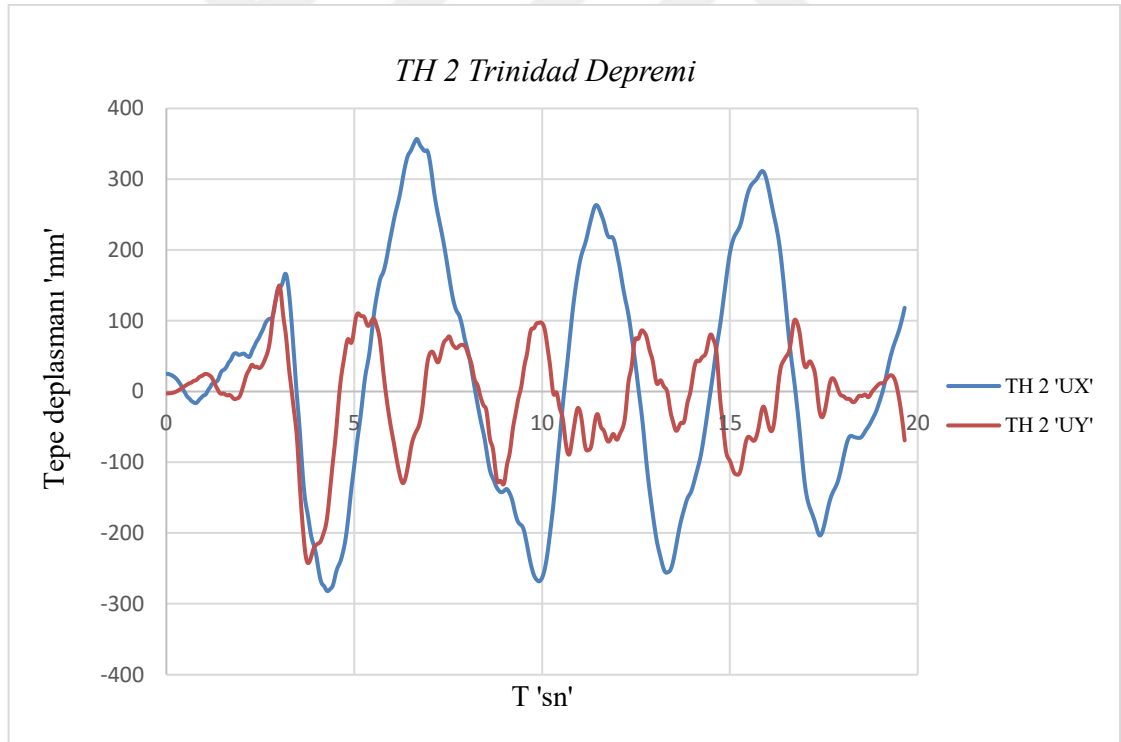
Şekil 6.38. Imperial Valley deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



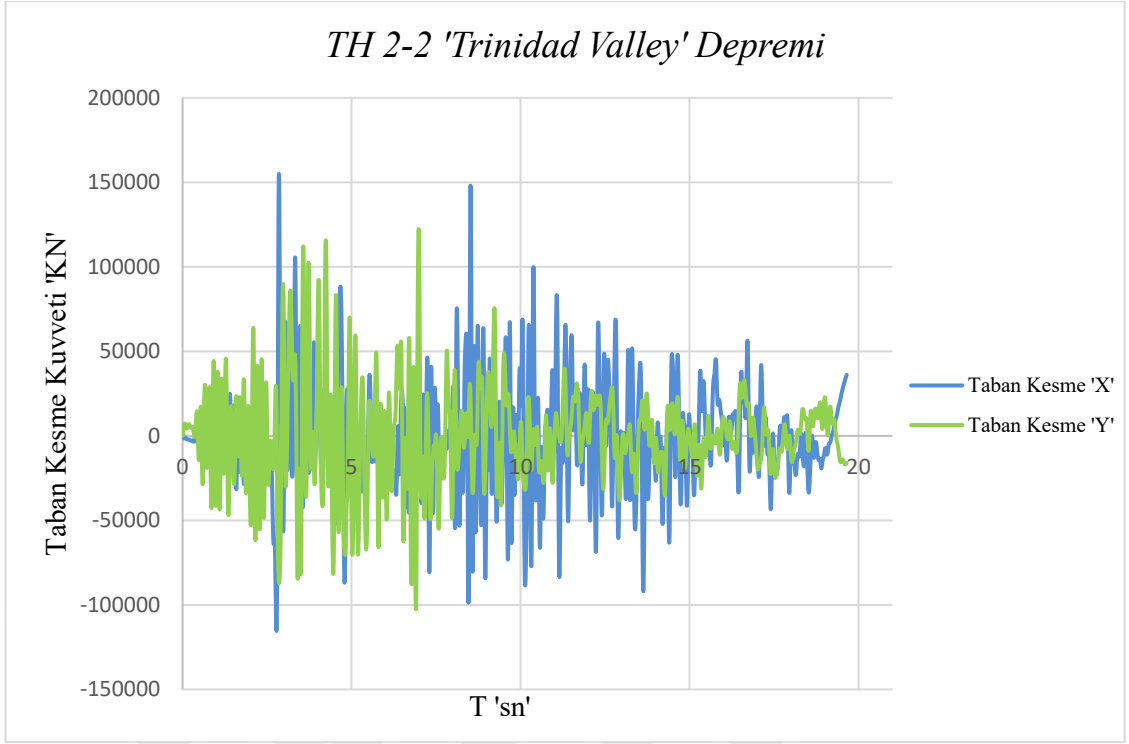
Şekil 6.39. Imperial Valley deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



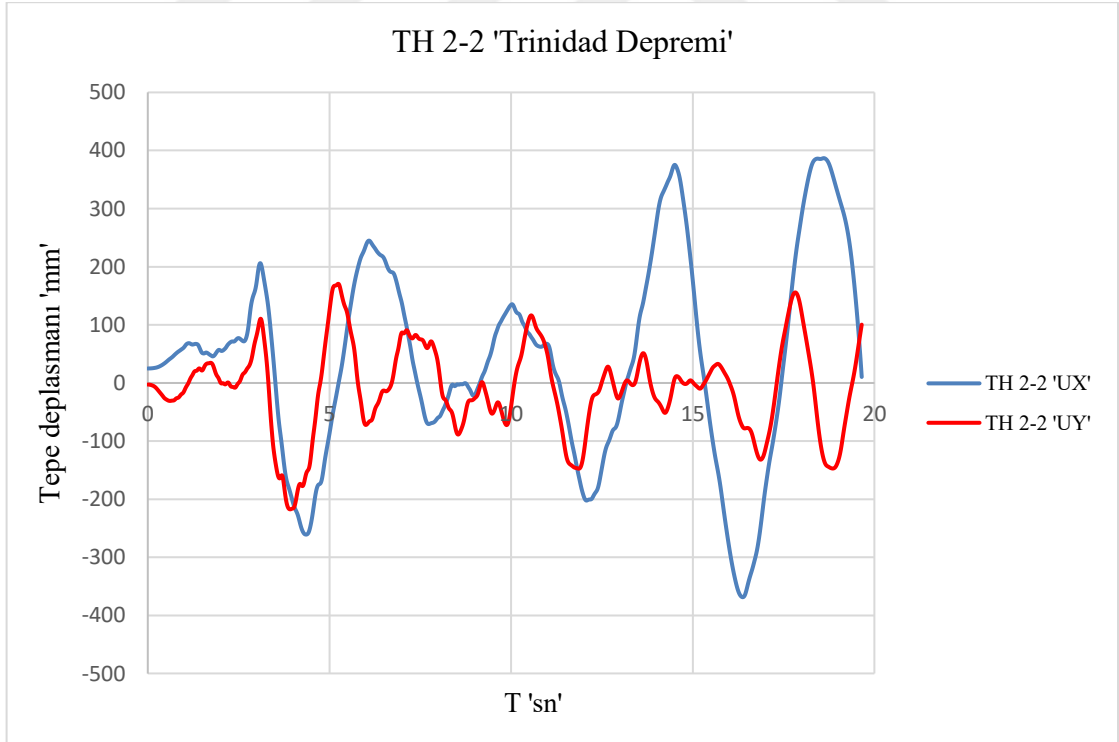
Şekil 6.40. Trinidad deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



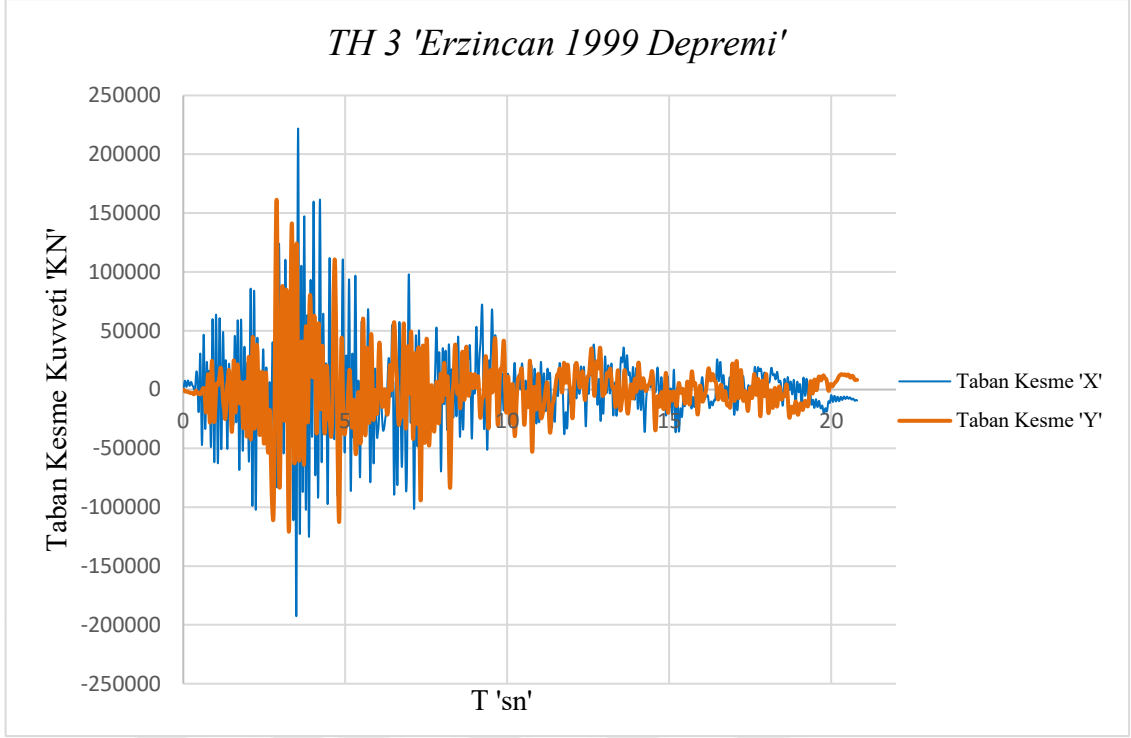
Şekil 6.41. Trinidad deprem kaydı, X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



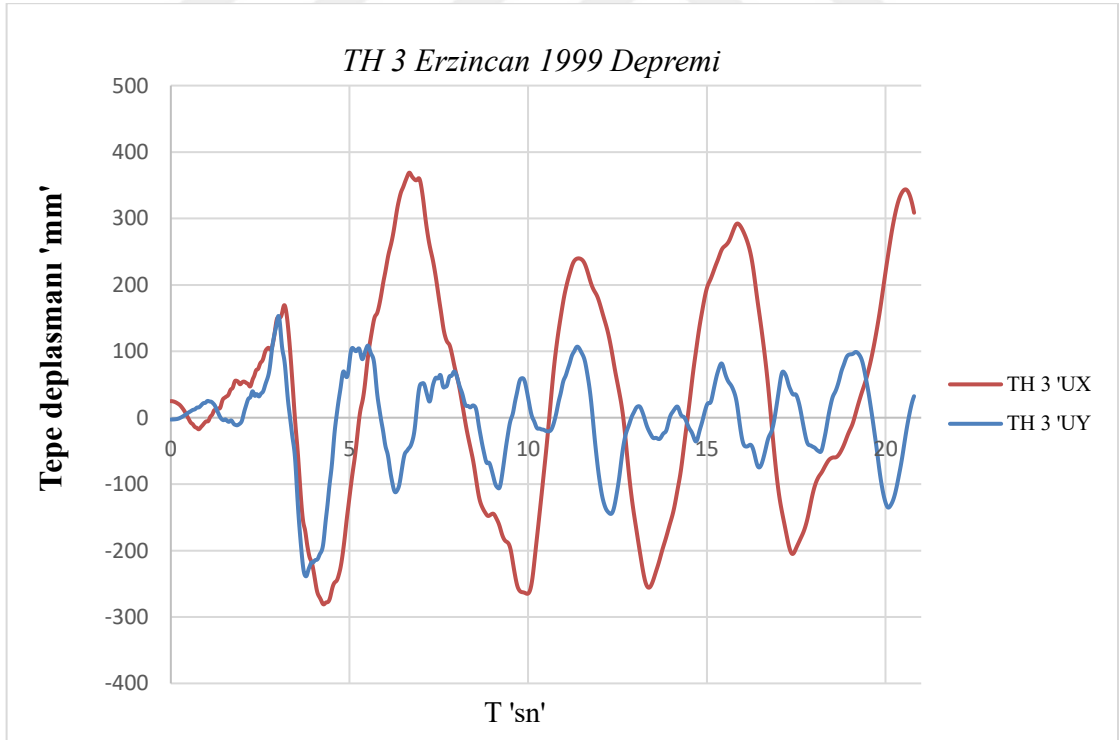
Şekil 6.42. Trinidad deprem kaydı(90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



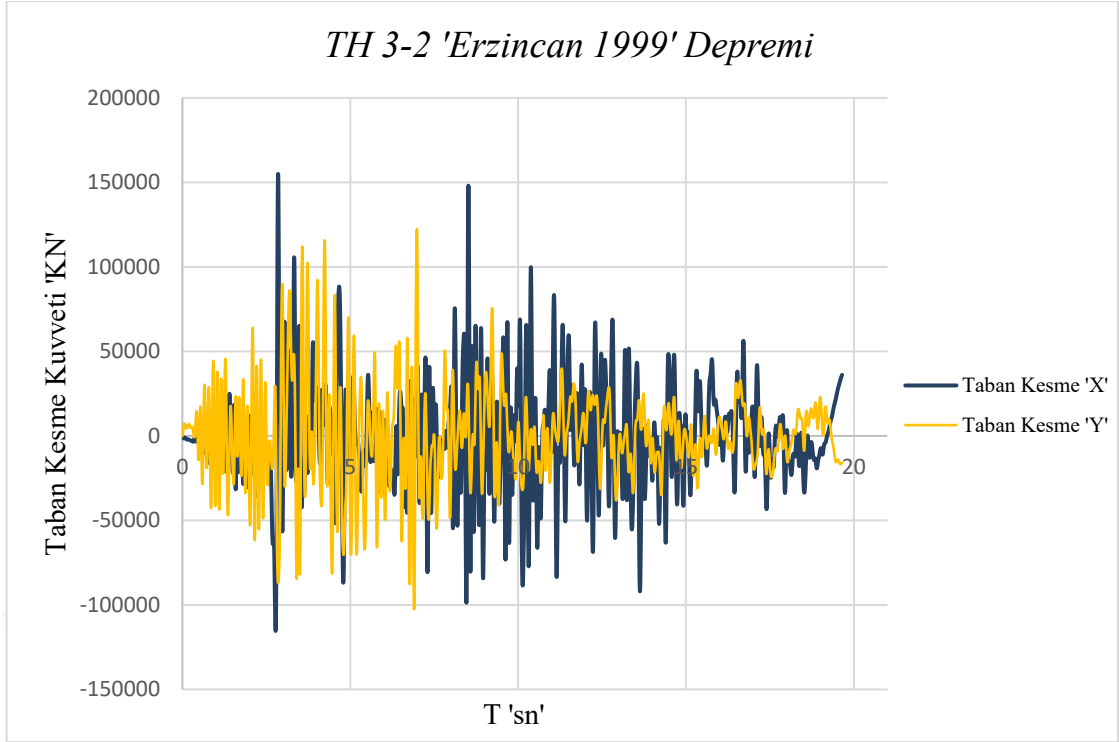
Şekil 6.43. Trinidad deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



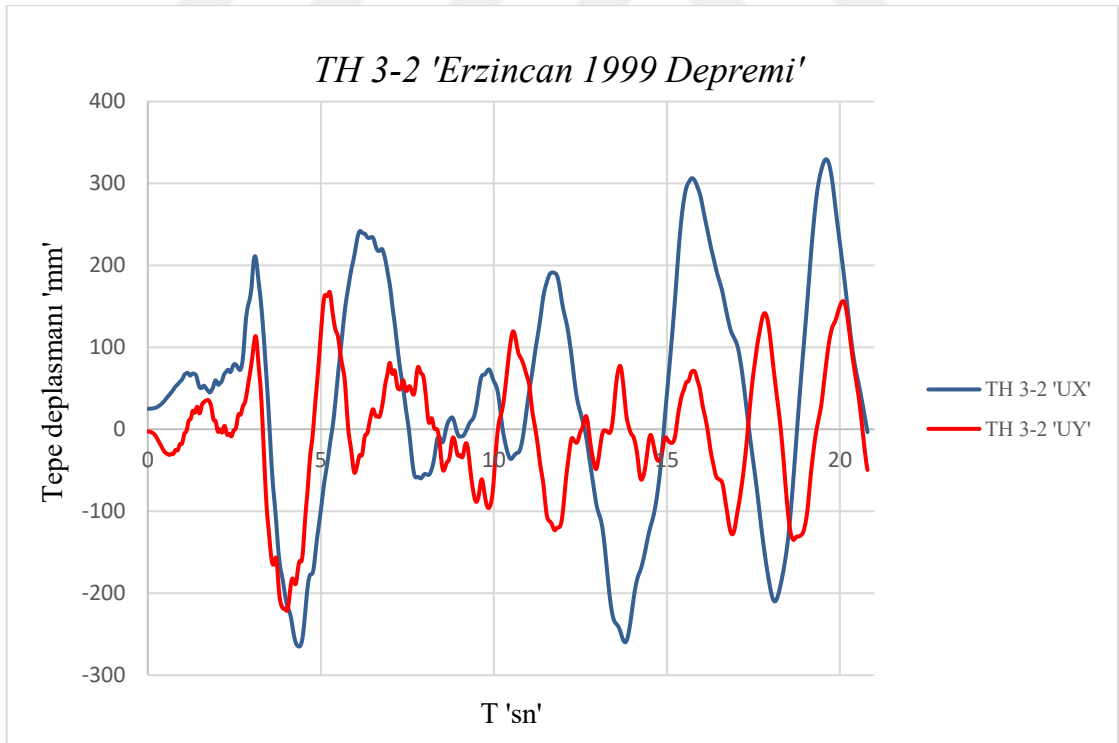
Şekil 6.44. Erzincan 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



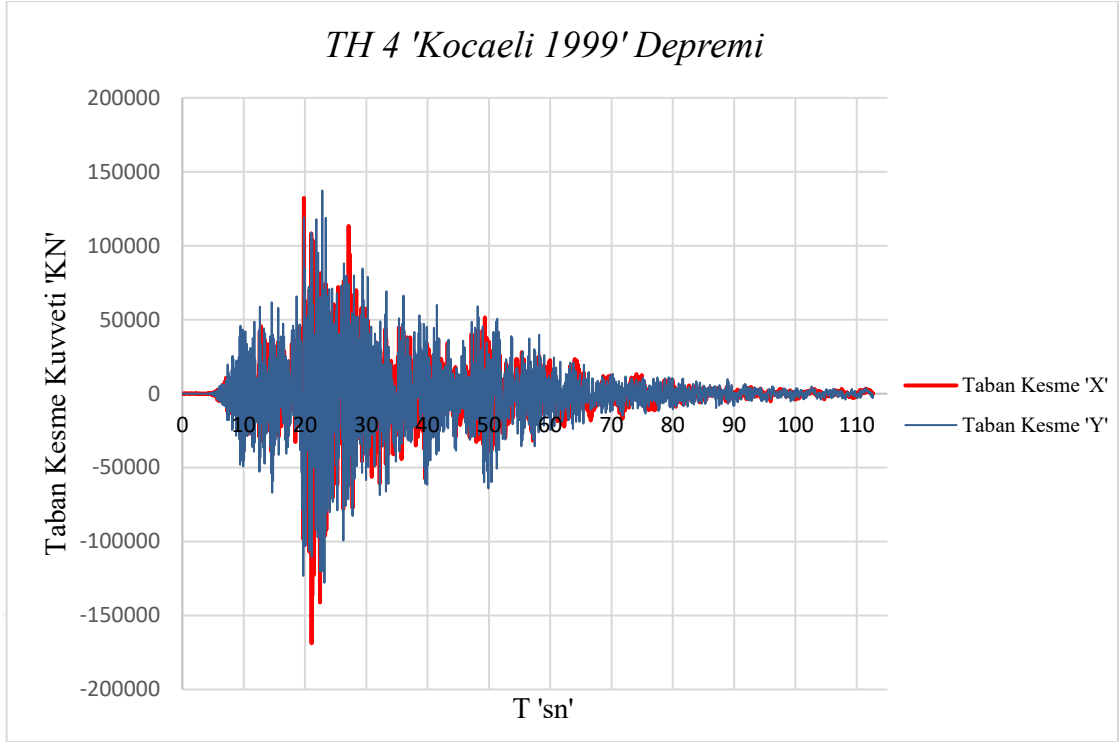
Şekil 6.45. Erzincan 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



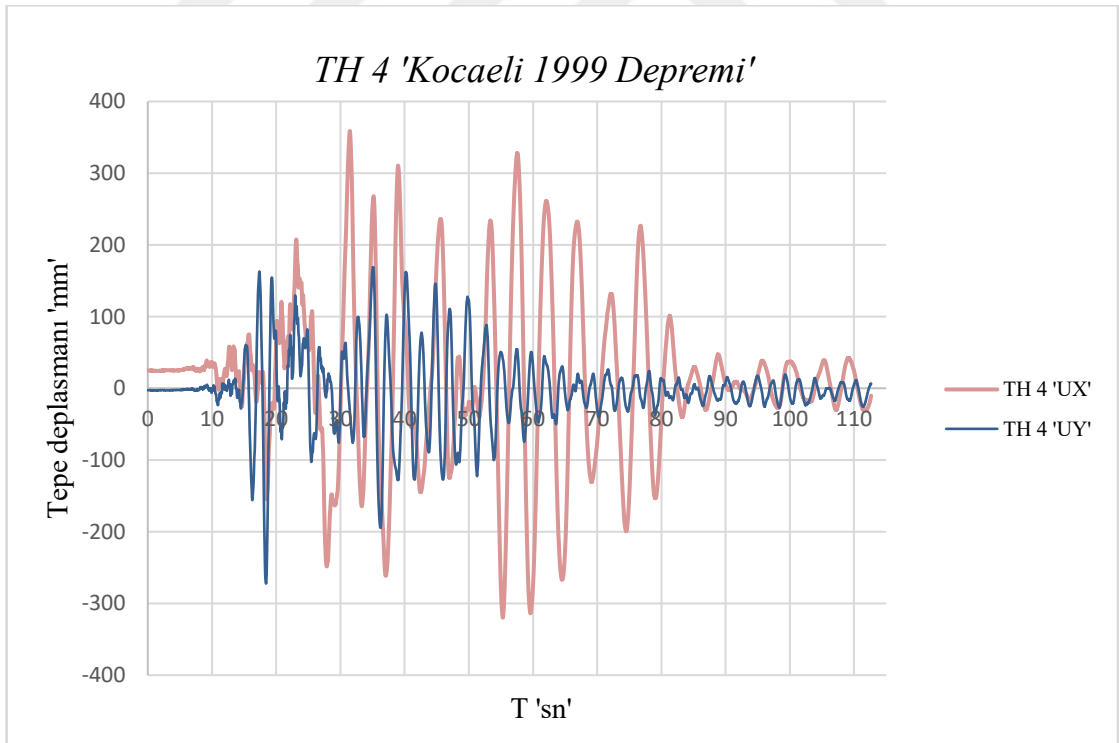
Şekil 6.46. Erzincan 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



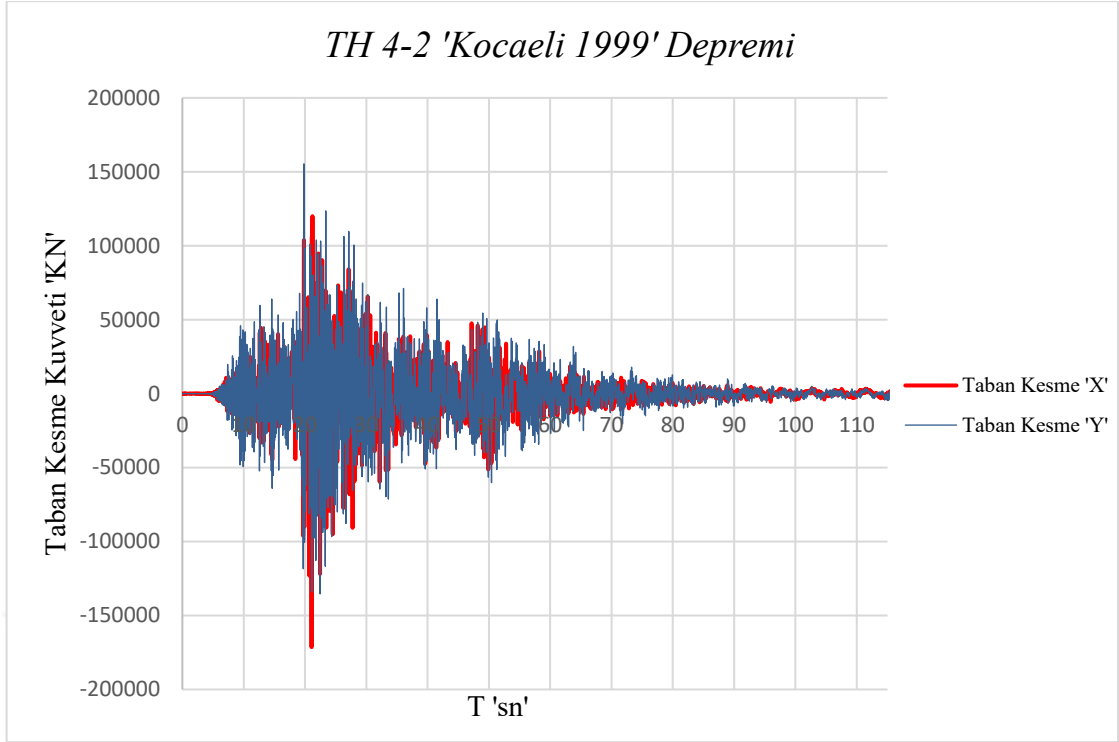
Şekil 6.47. Erzincan 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



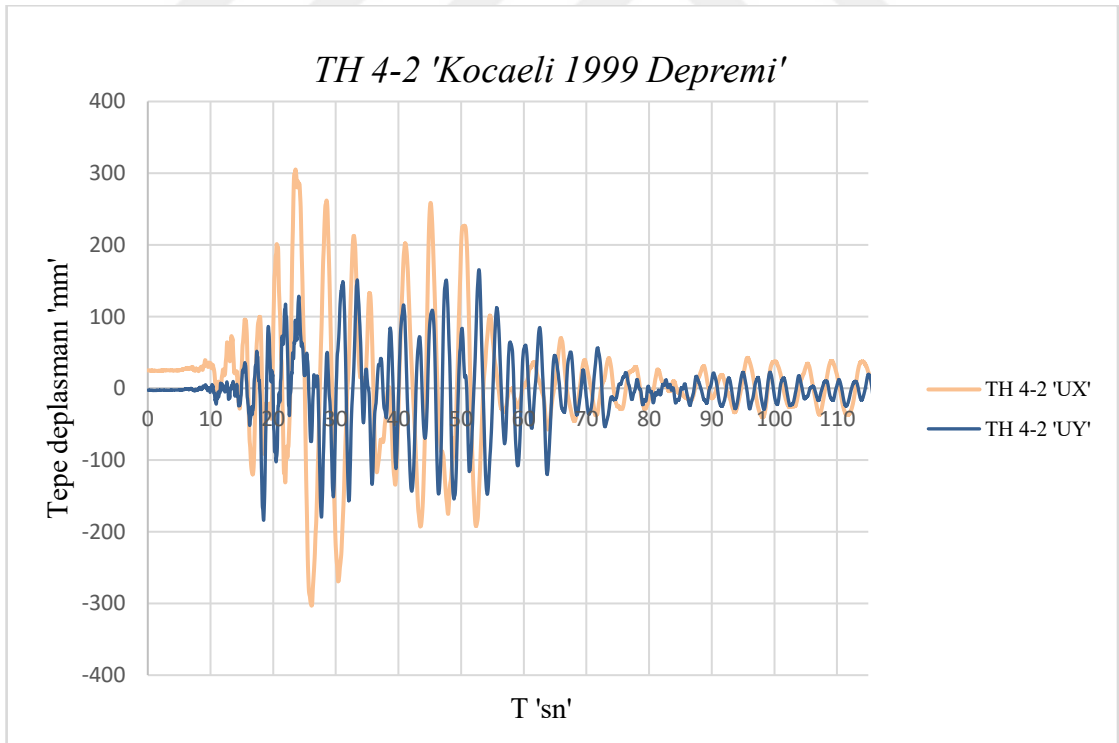
Şekil 6.48. Kocaeli 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



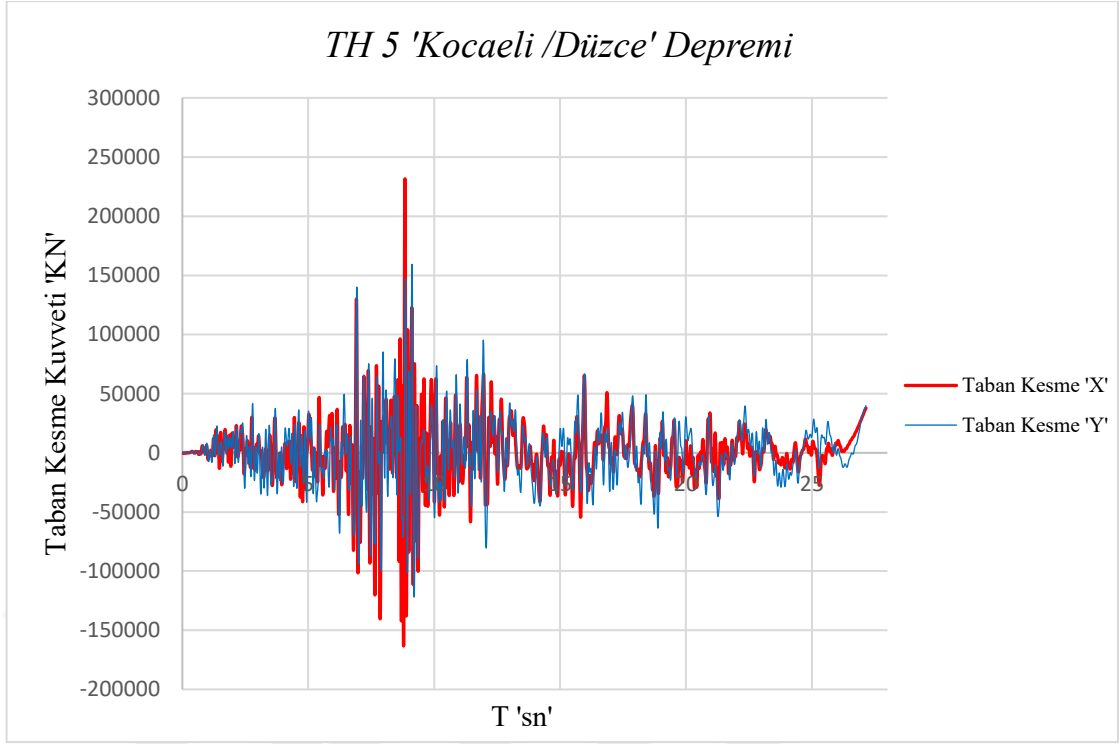
Şekil 6.49. Kocaeli 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



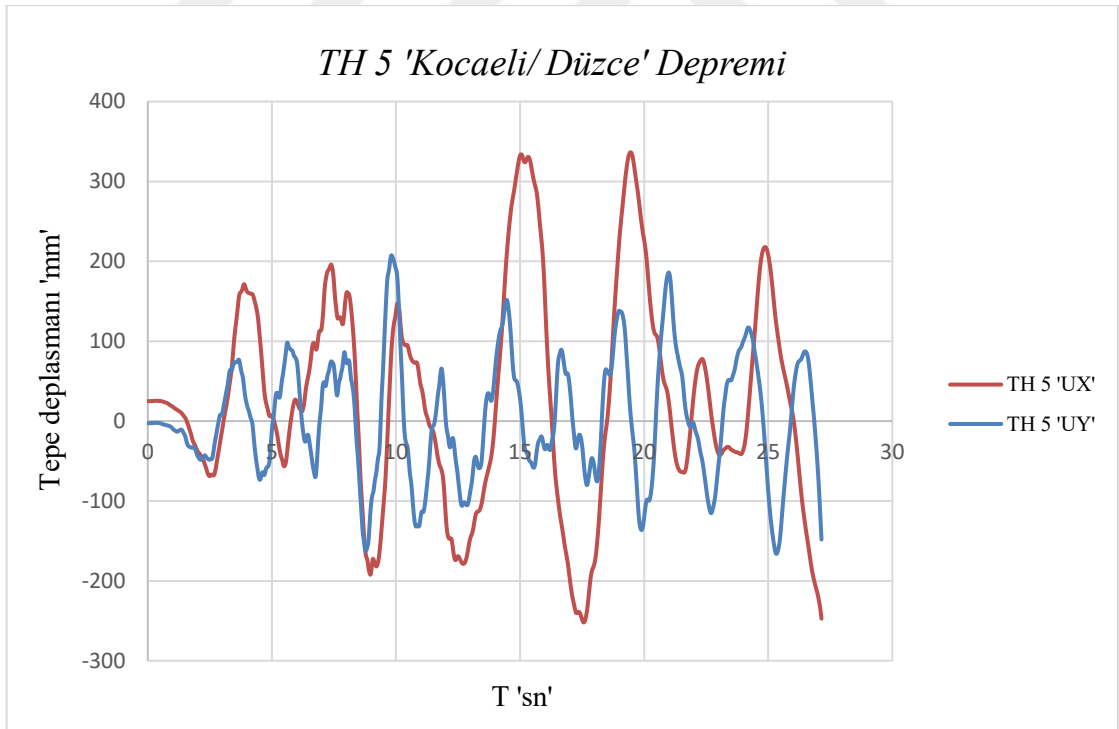
Şekil 6.50. Kocaeli 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



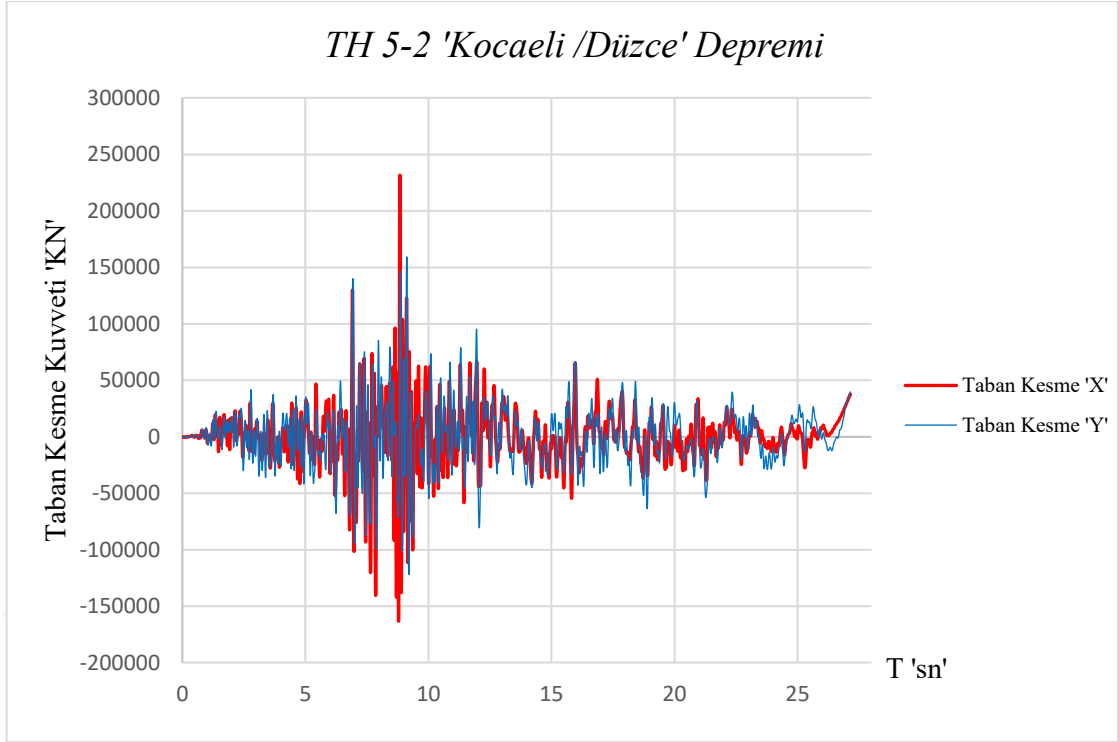
Şekil 6.51. Kocaeli 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zaman bağlı tepe deplasmanları.



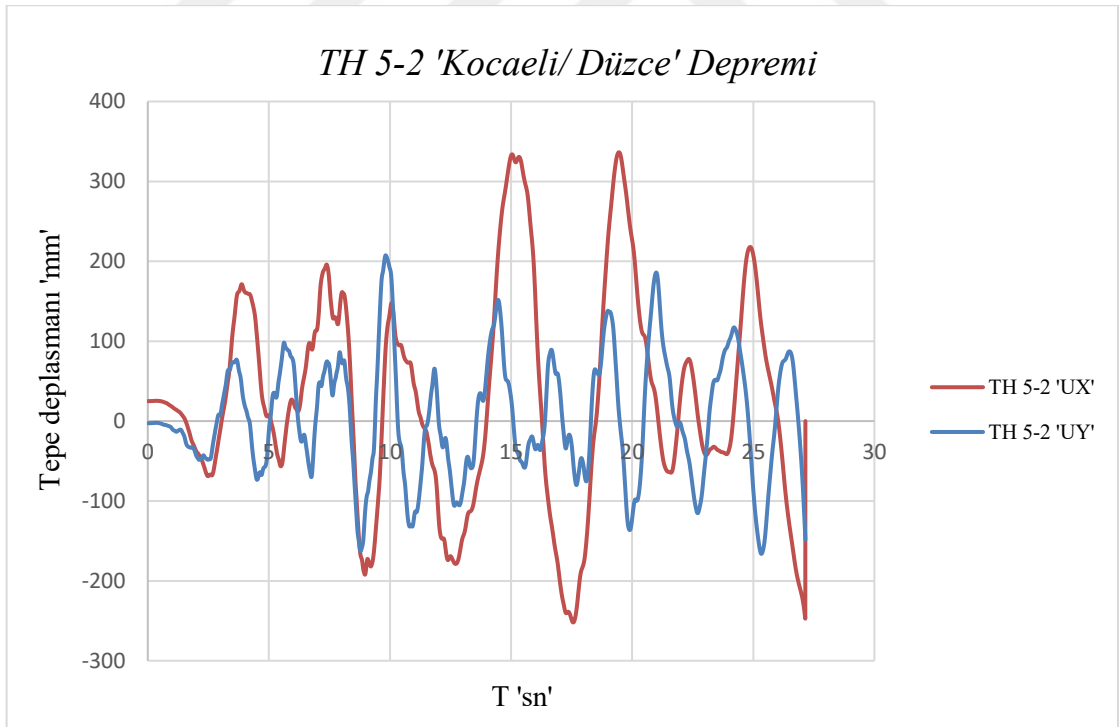
Şekil 6.52. Kocaeli ‘Düzce’ deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



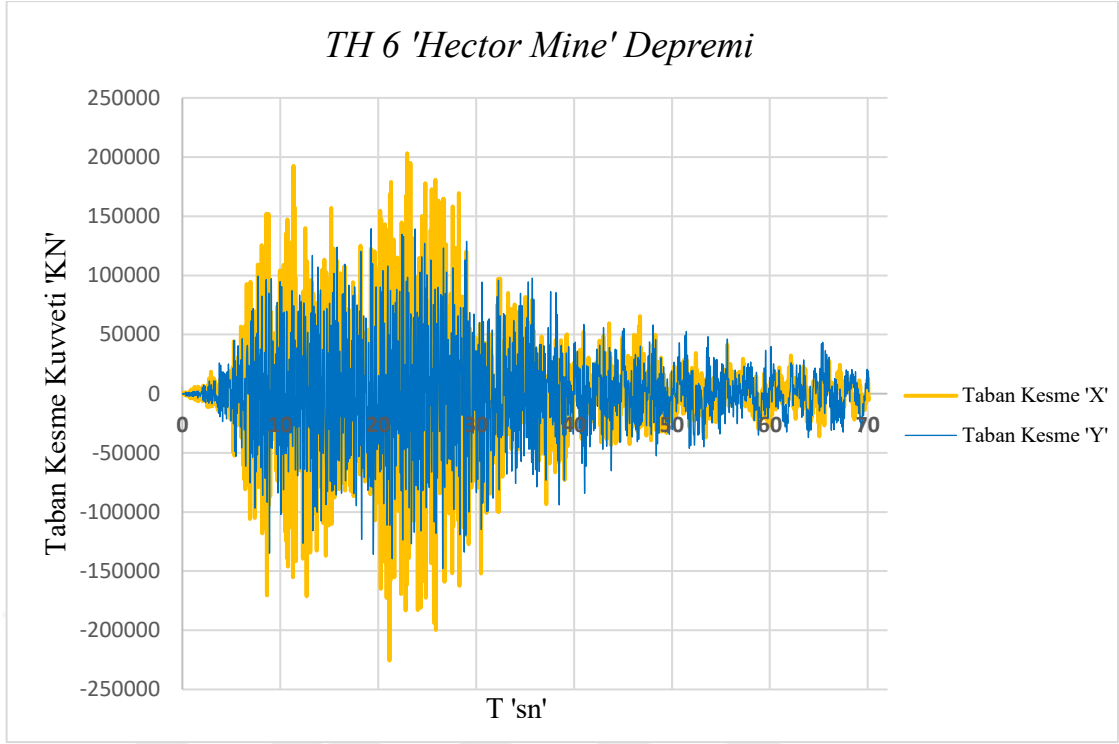
Şekil 6.53. Kocaeli ‘Düzce’ deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



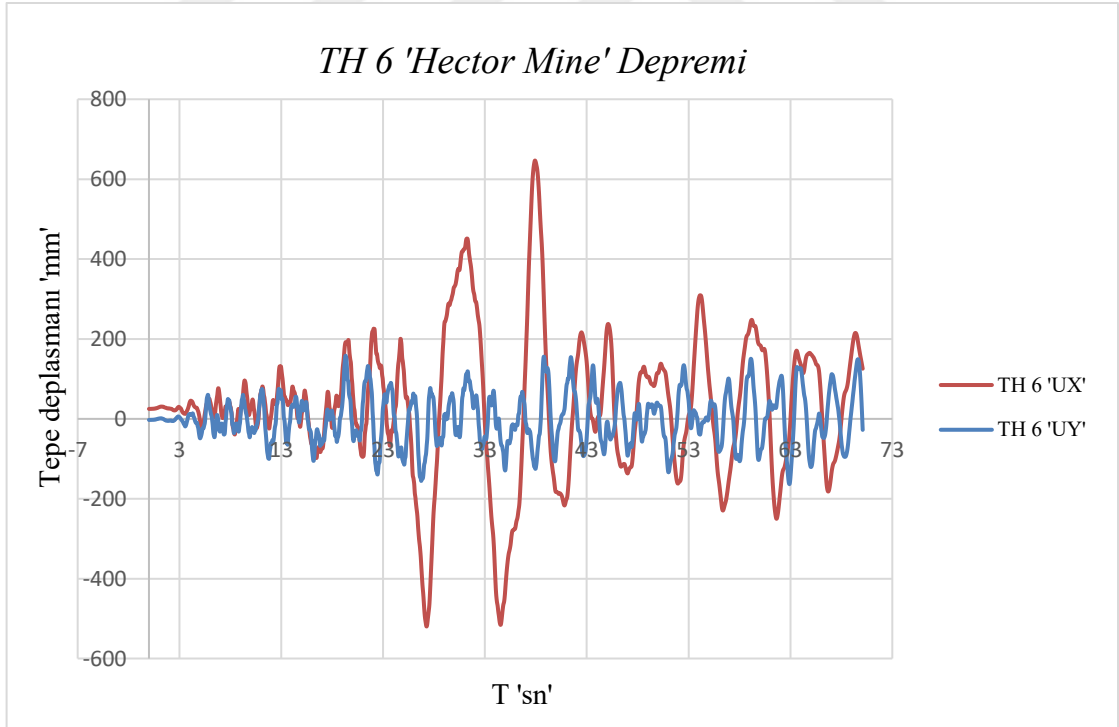
Şekil 6.54. Kocaeli ‘Düzce’ deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



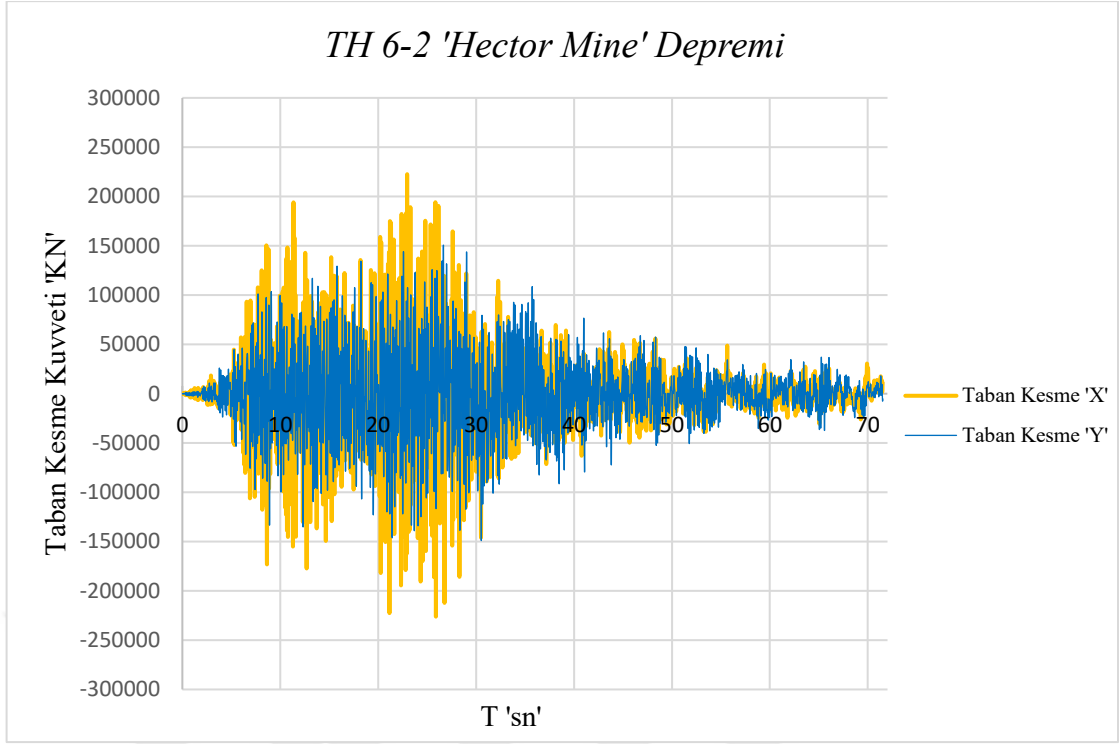
Şekil 6.55. Kocaeli ‘Düzce’ deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



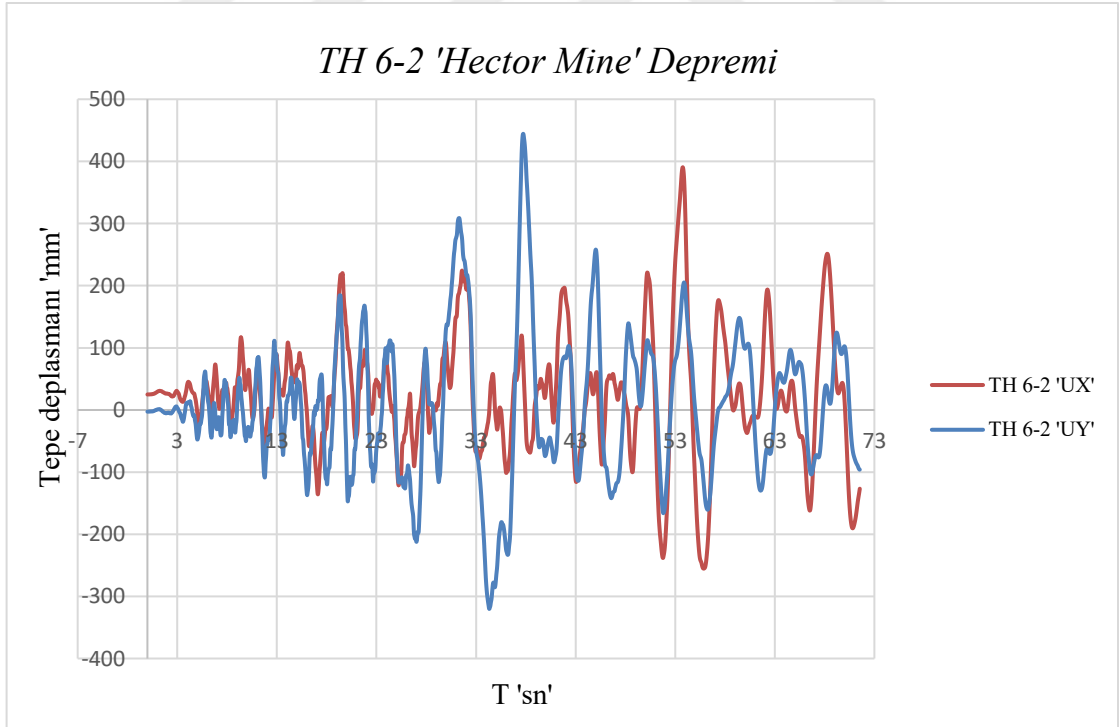
Şekil 6.56. Hector Mine deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



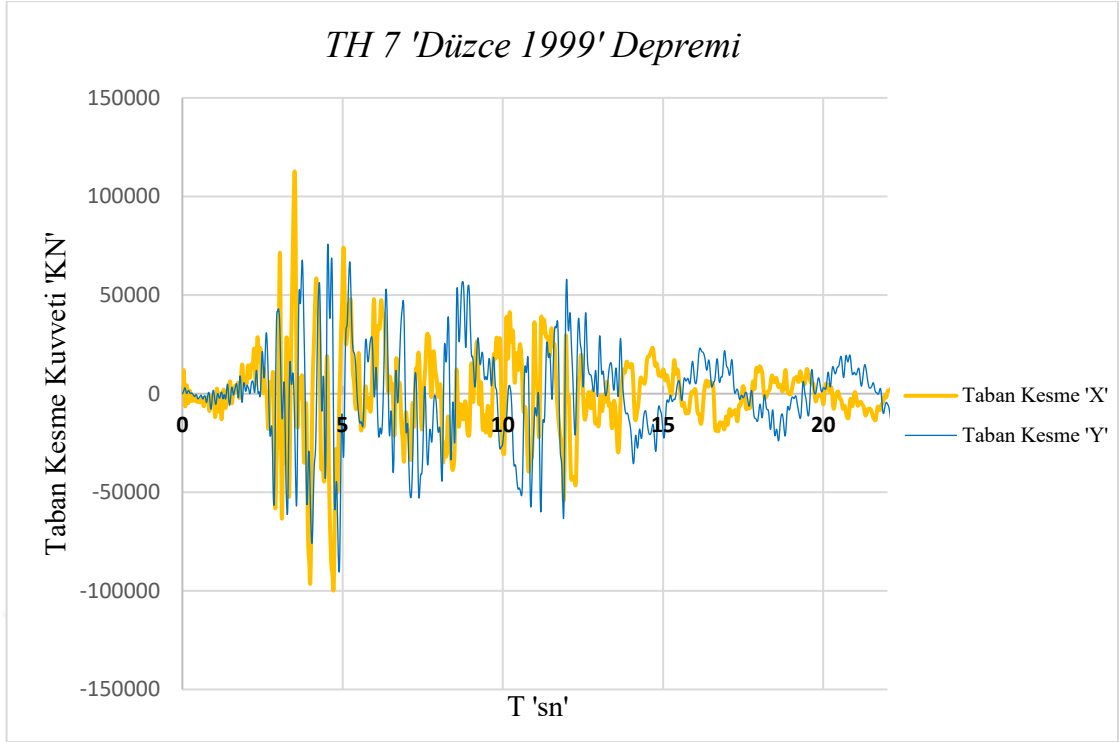
Şekil 6.57. Hector Mine deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



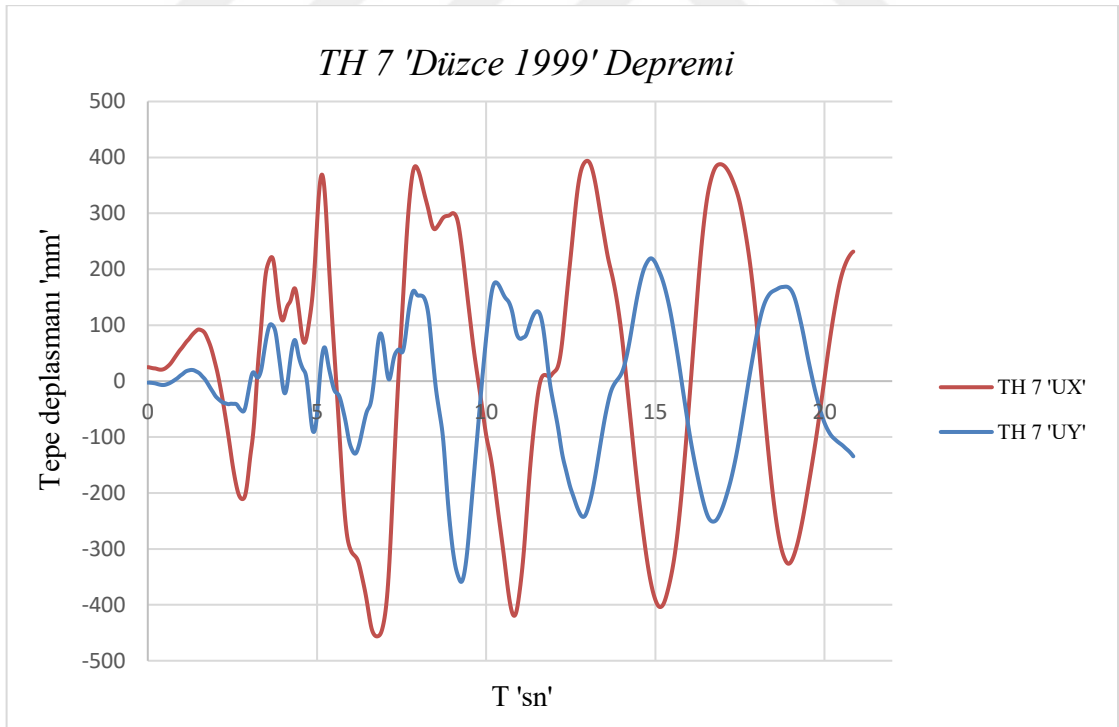
Şekil 6.58. Hector Mine deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



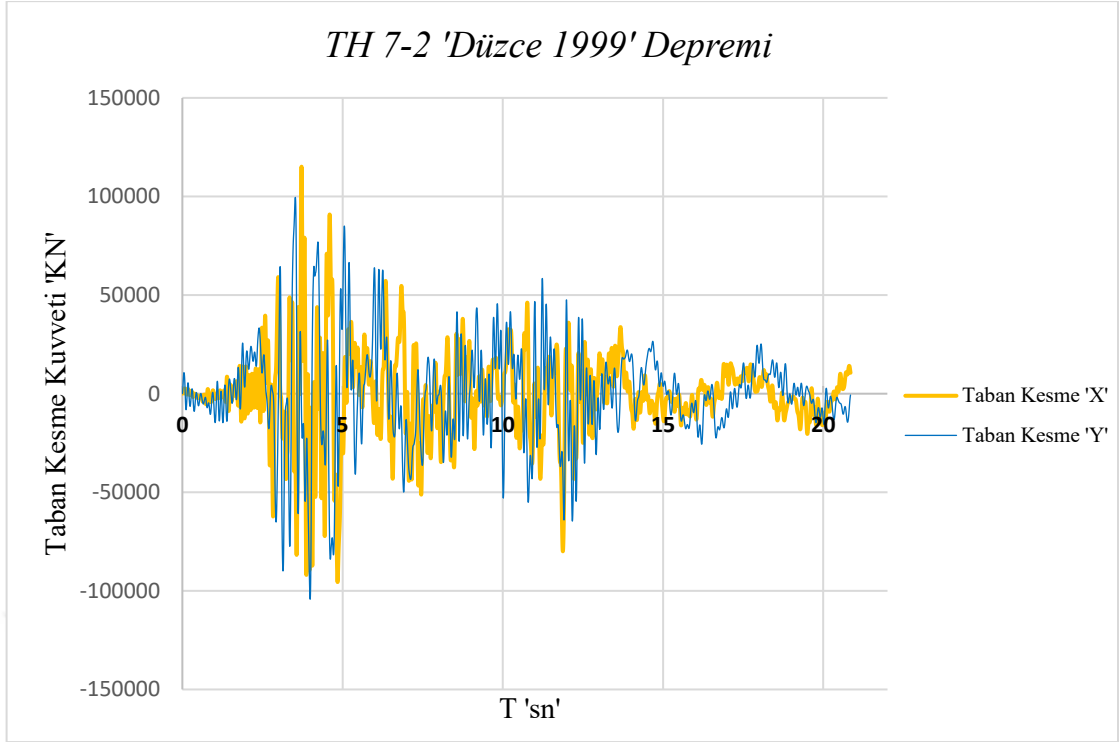
Şekil 6.59. Hector Mine deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



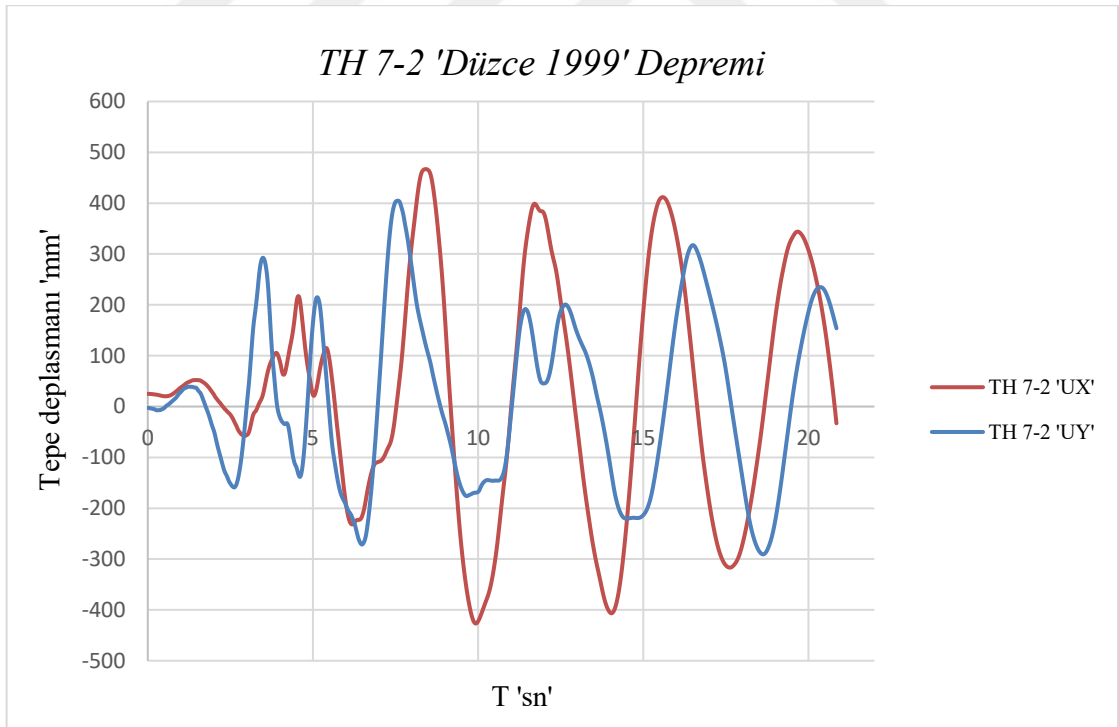
Şekil 6.60. Düzce 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



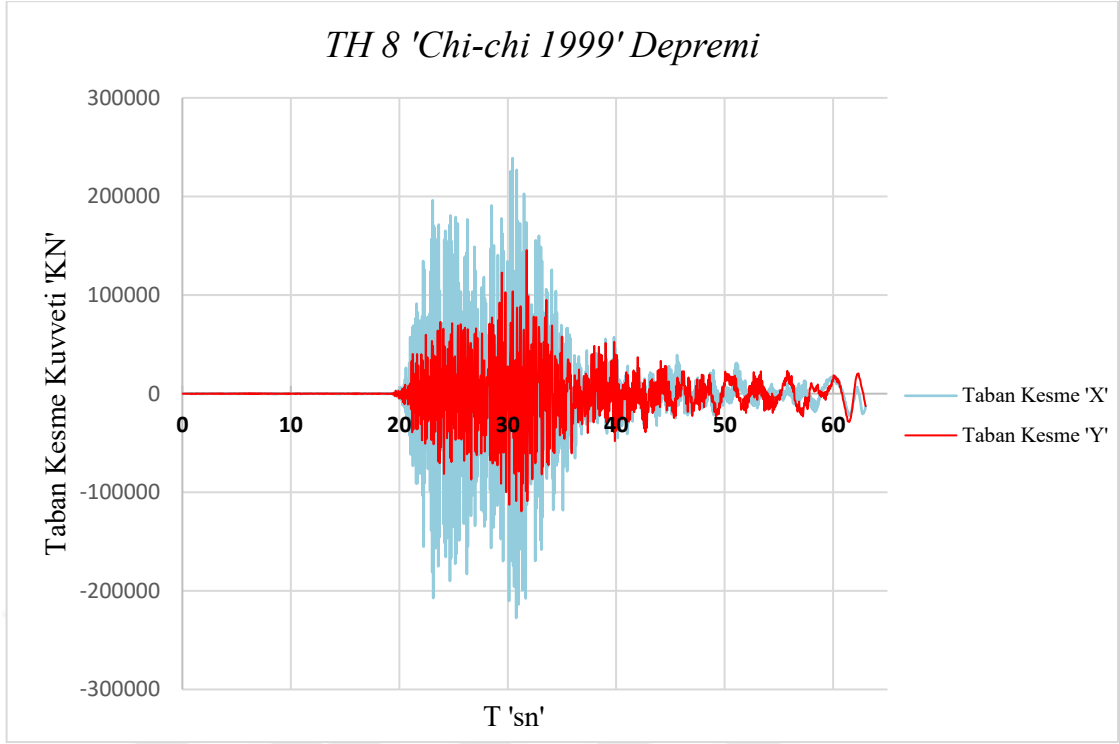
Şekil 6.61. Düzce 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



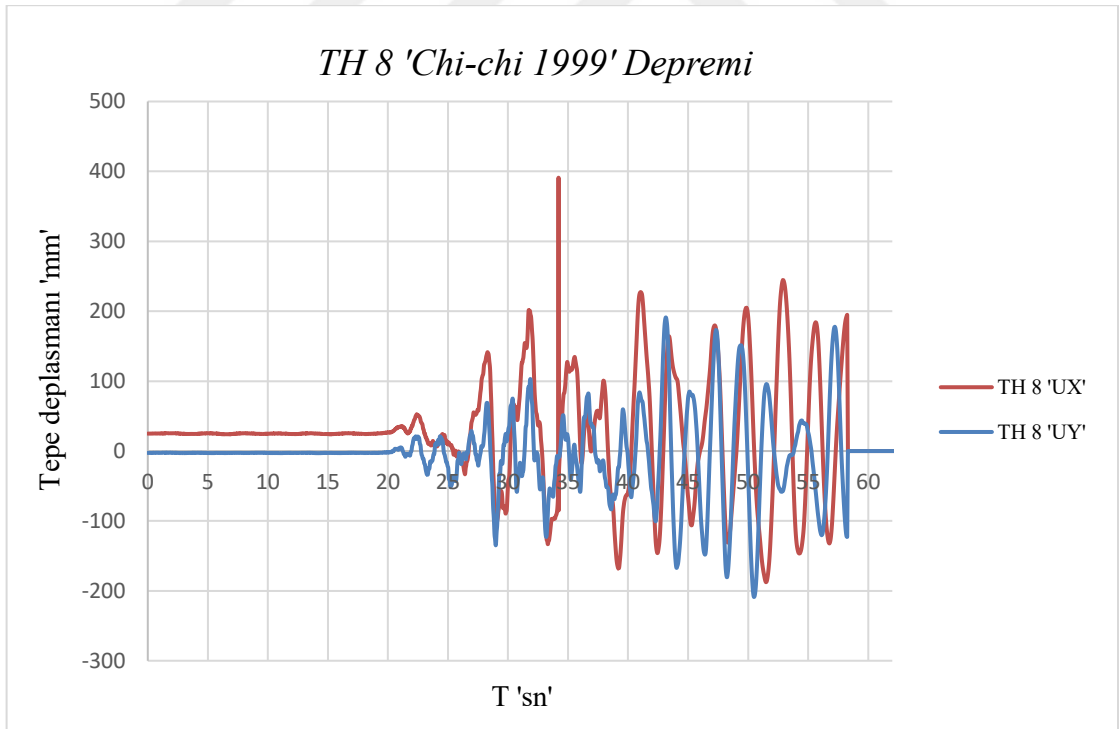
Şekil 6.62. Düzce 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



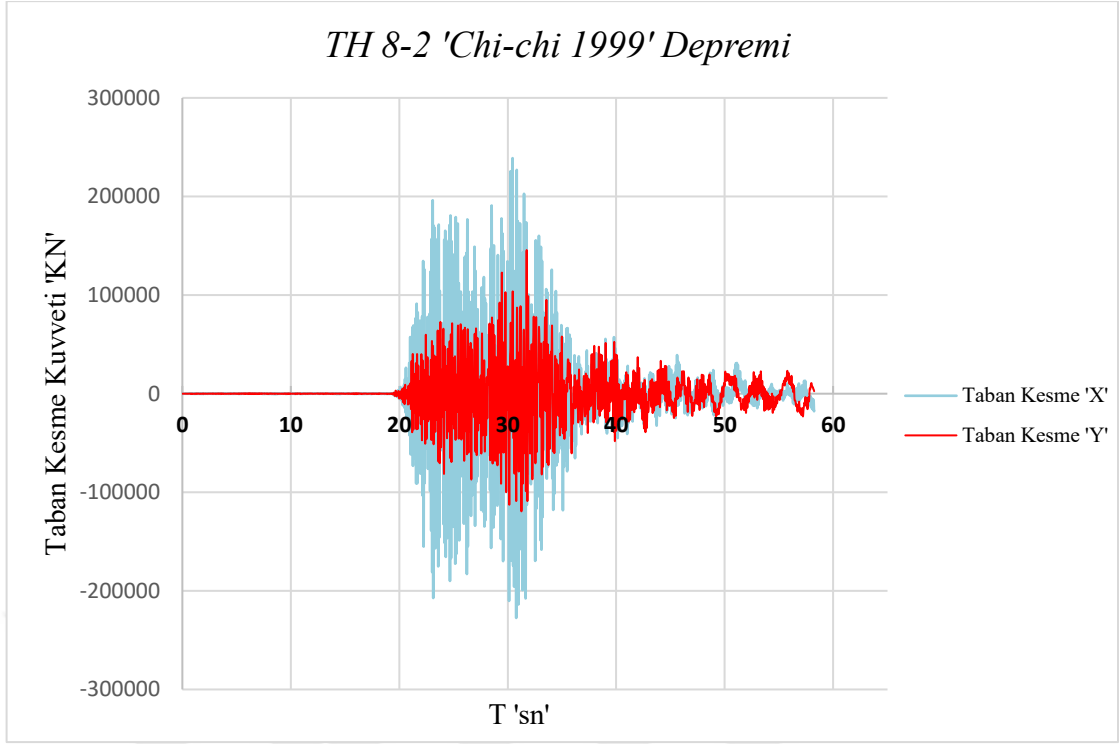
Şekil 6.63. Düzce 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



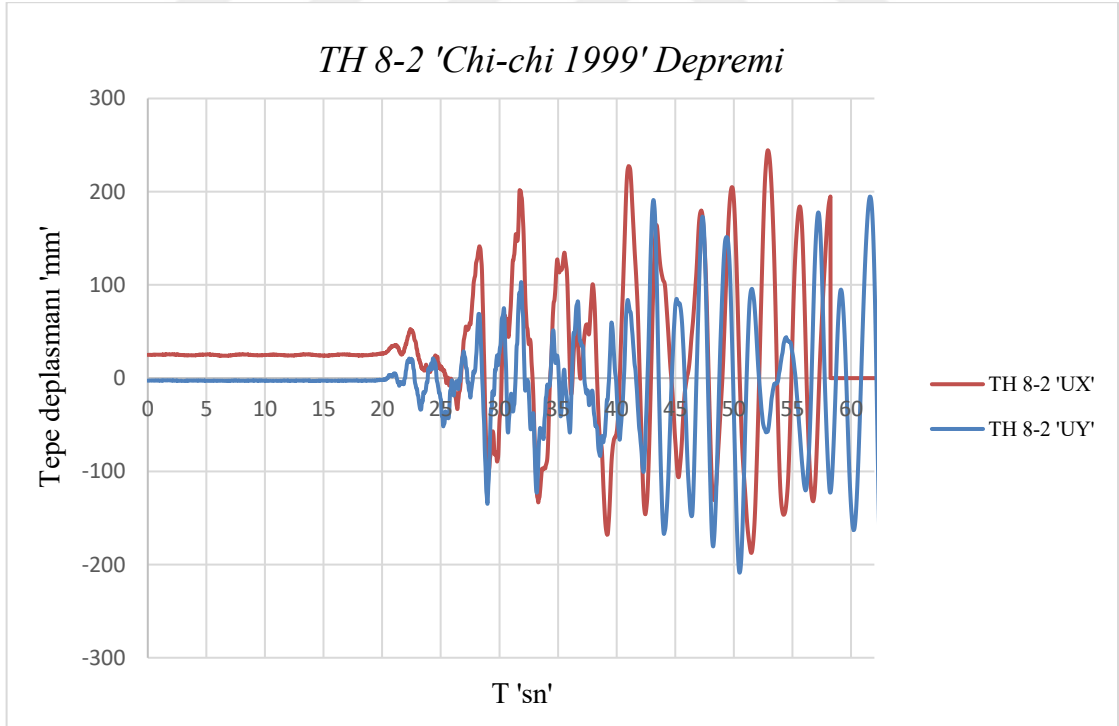
Şekil 6.64. Chi-chi 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



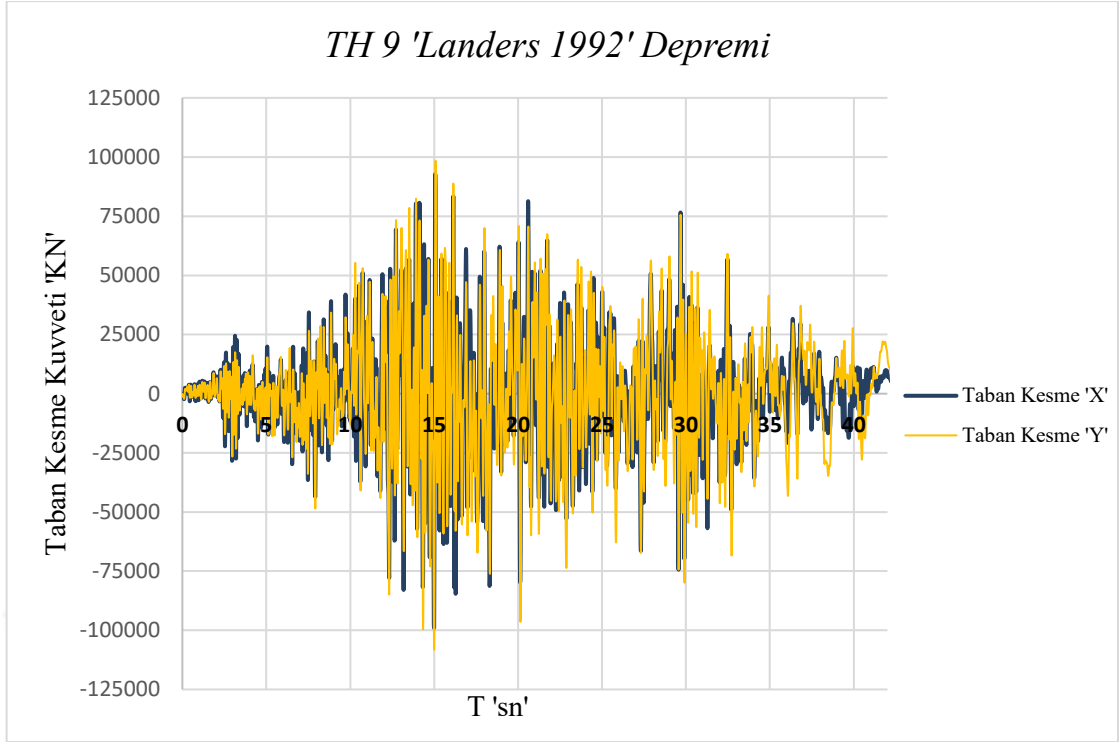
Şekil 6.65. Chi-chi 1999 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



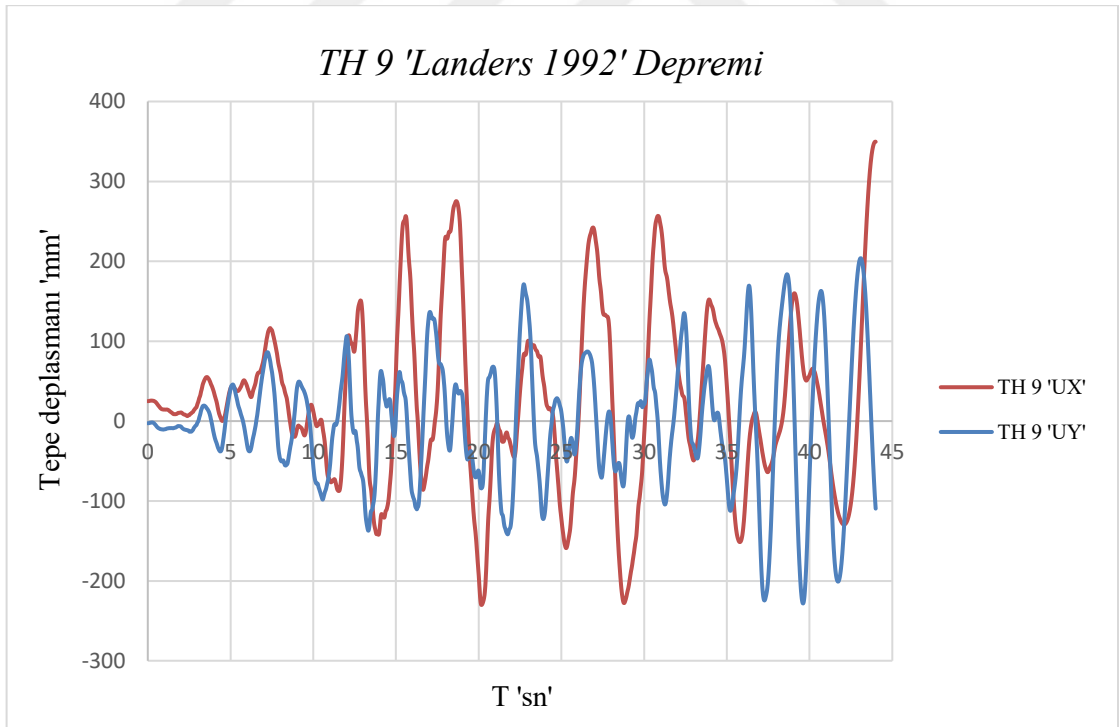
Şekil 6.66. Chi-chi 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



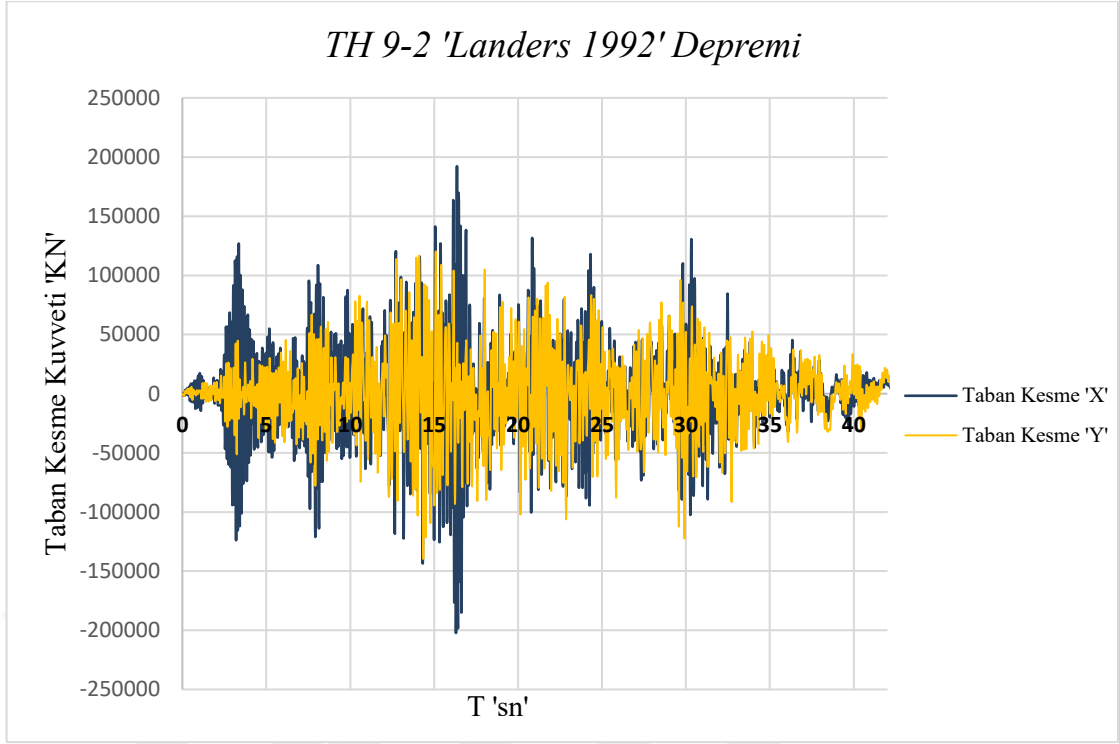
Şekil 6.67. Chi-chi 1999 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



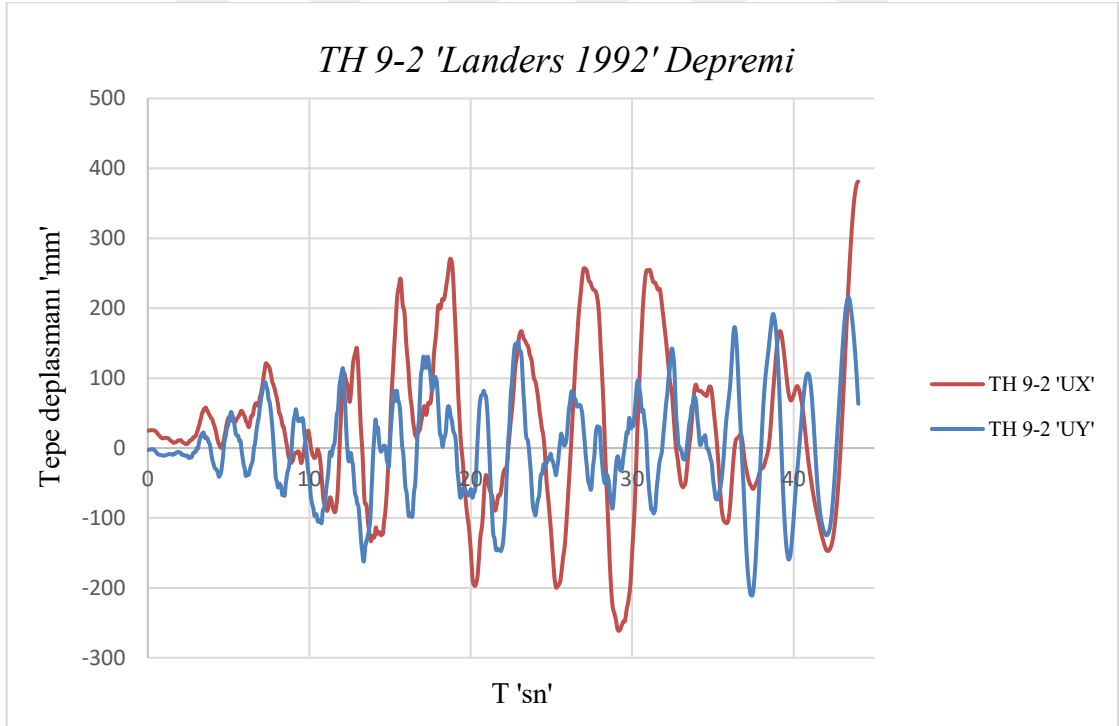
Şekil 6.68. Landers 1992 deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



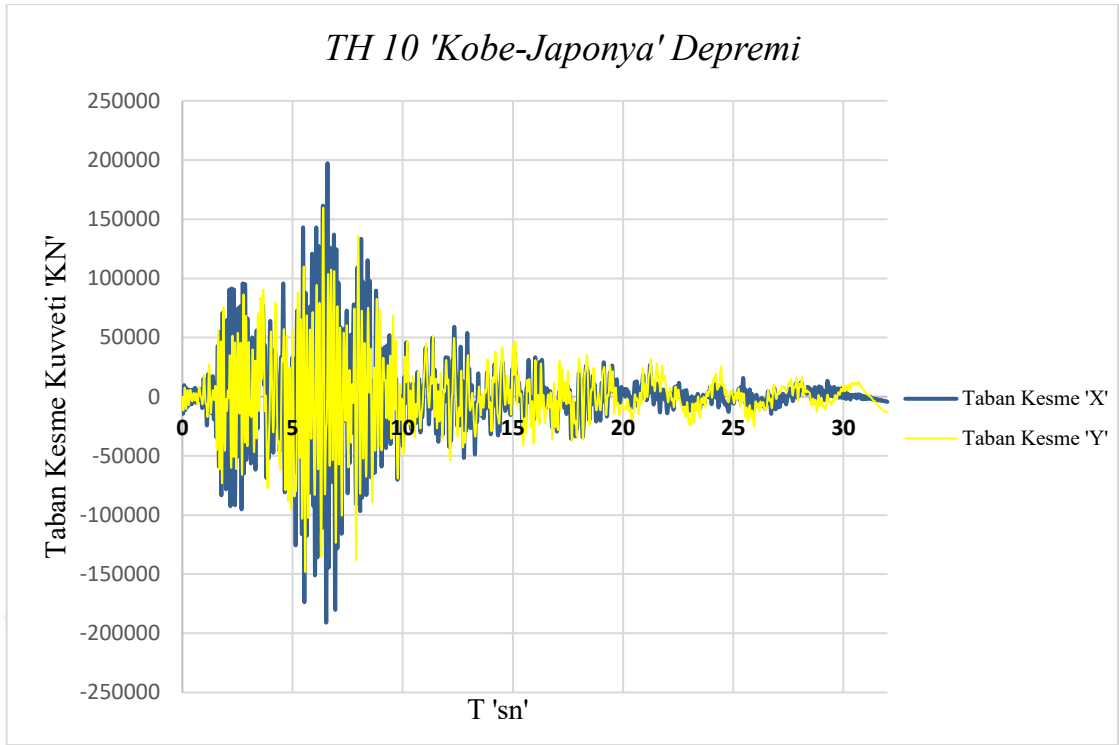
Şekil 6.69. Landers 1992 deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



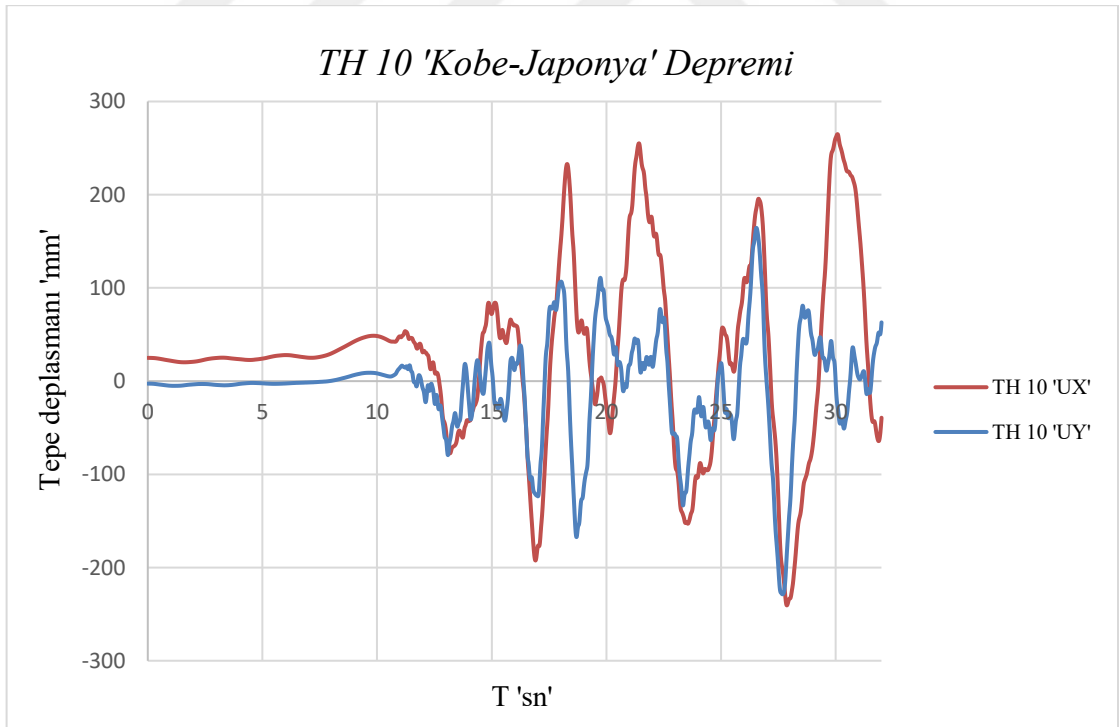
Şekil 6.70. Landers 1992 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



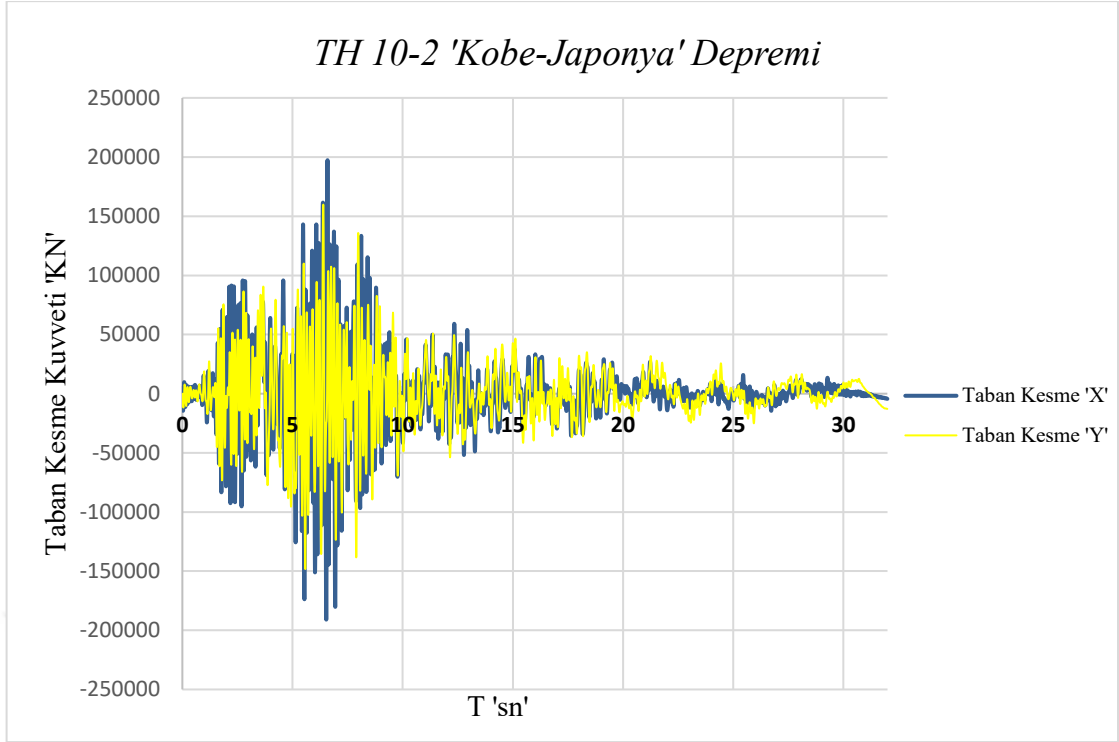
Şekil 6.71. Landers 1992 deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



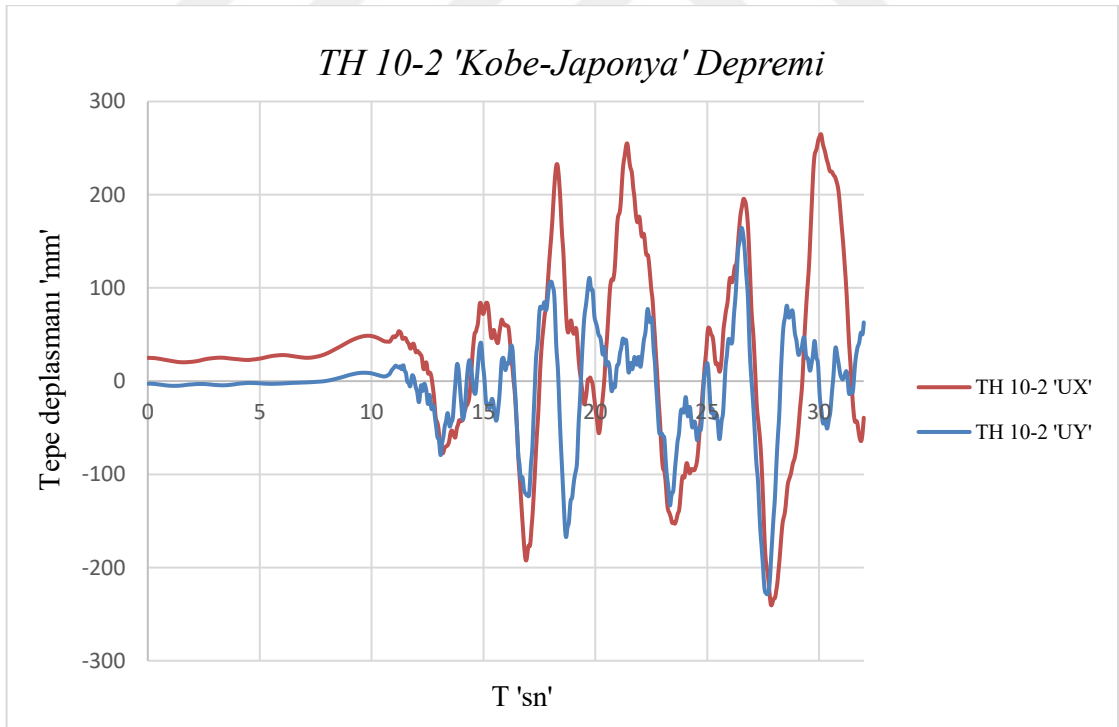
Şekil 6.72. Kobe-Japonya deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



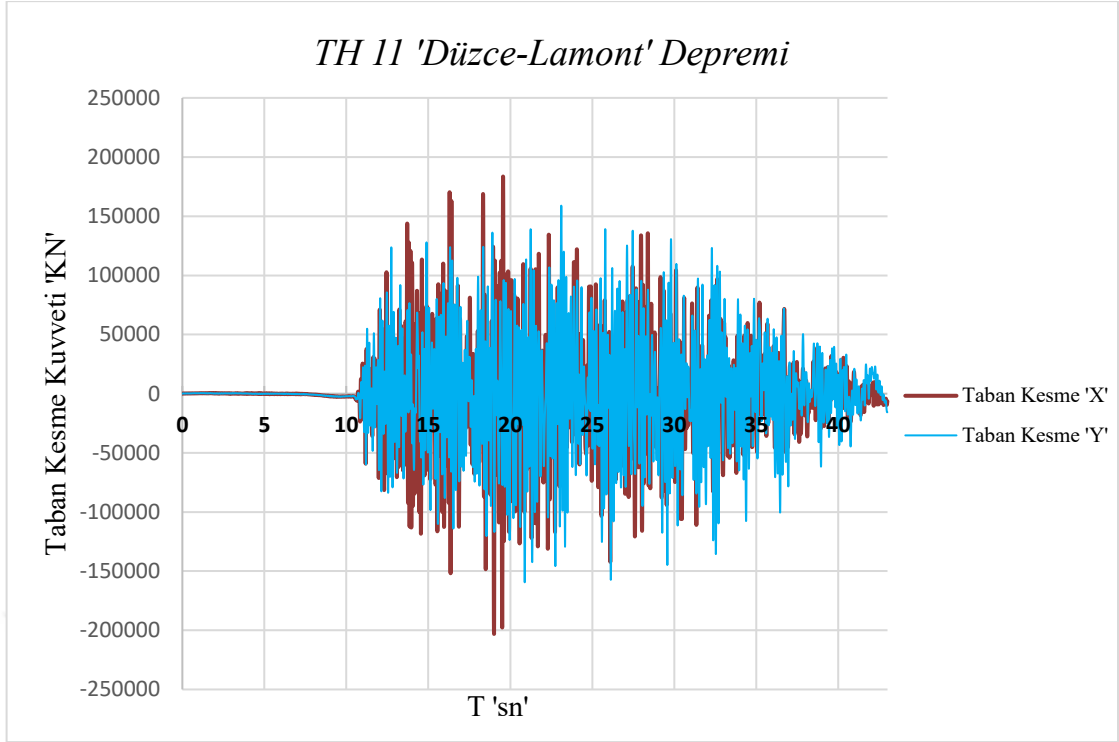
Şekil 6.73. Kobe-Japonya deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



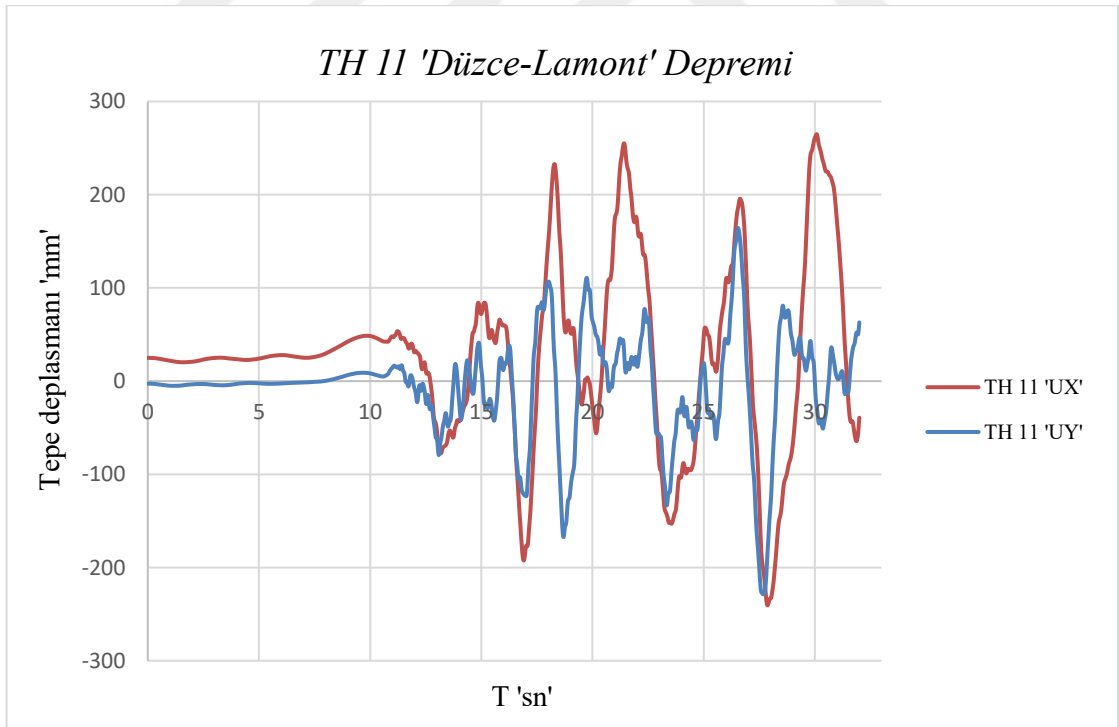
Şekil 6.74. Kobe-Japonya deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



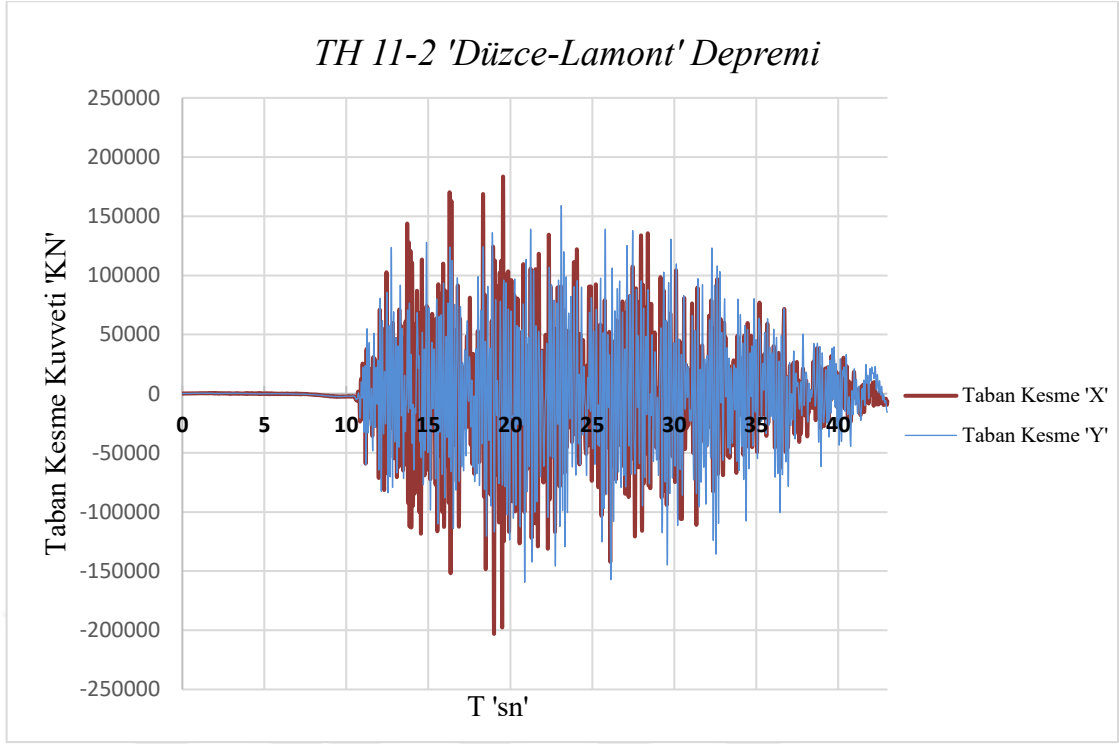
Şekil 6.75. Kobe-Japonya deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



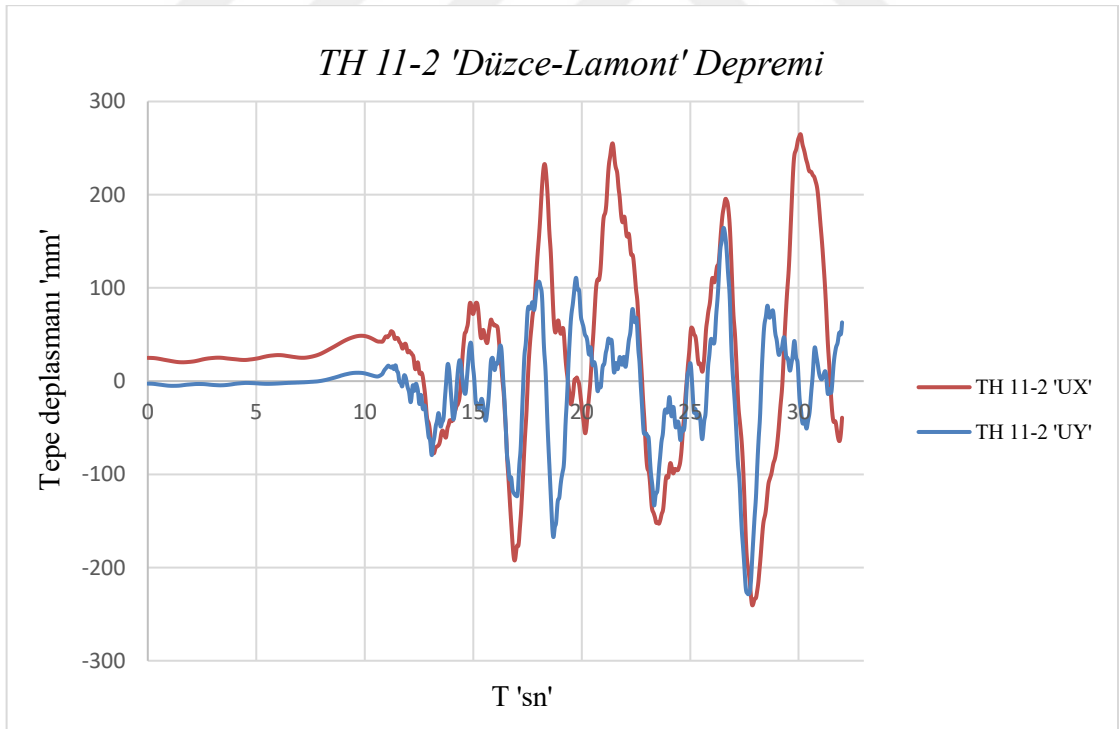
Şekil 6.76. Düzce-Lamont deprem kaydı, X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.



Şekil 6.77. Düzce-Lamont deprem kaydı, X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.



Şekil 6.78. Düzce-Lamont deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri taban kesme kuvveti-zaman grafiği.

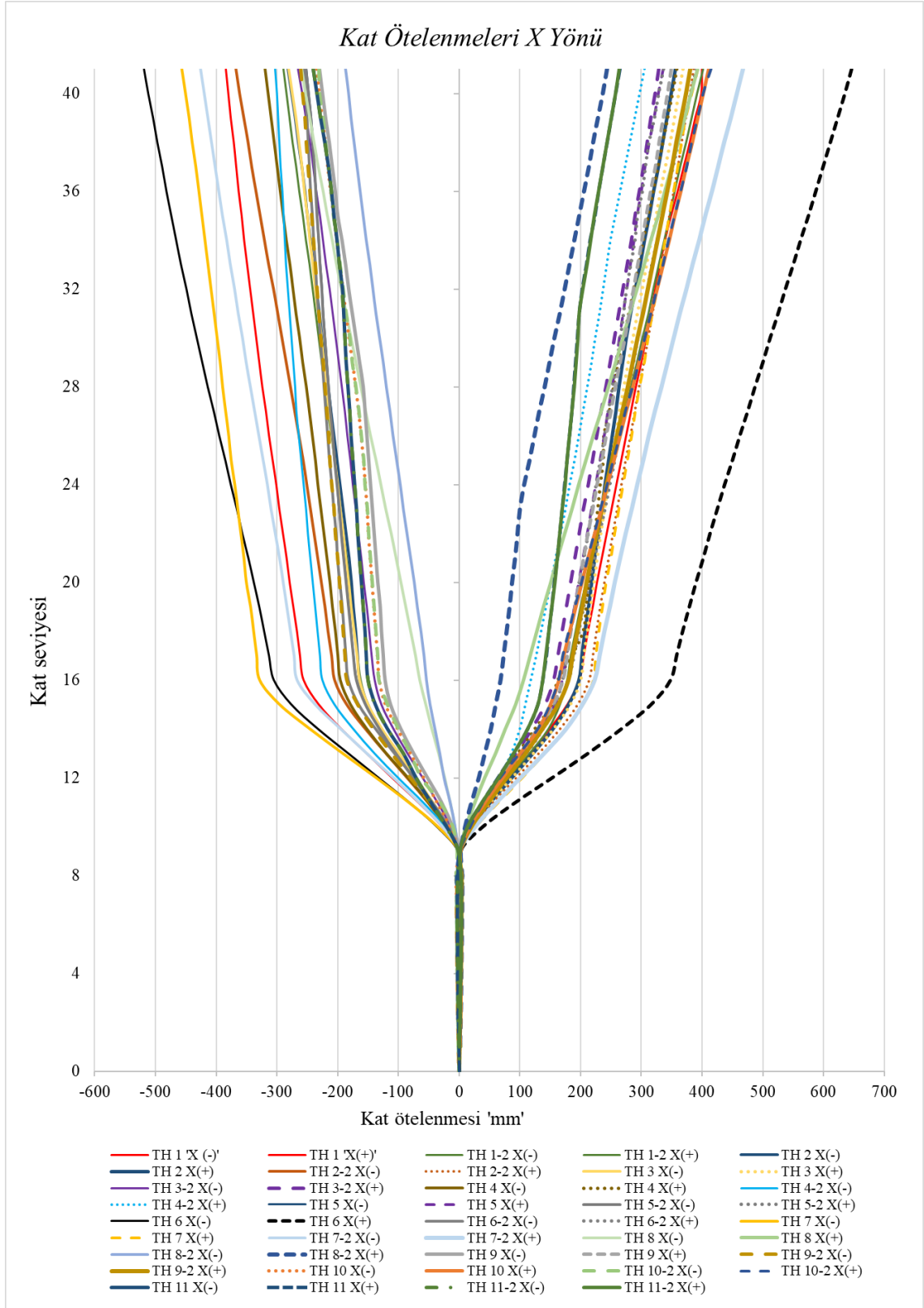


Şekil 6.79. Düzce-Lamont deprem kaydı (90°), X ve Y yönleri için zamana bağlı tepe deplasmanları.

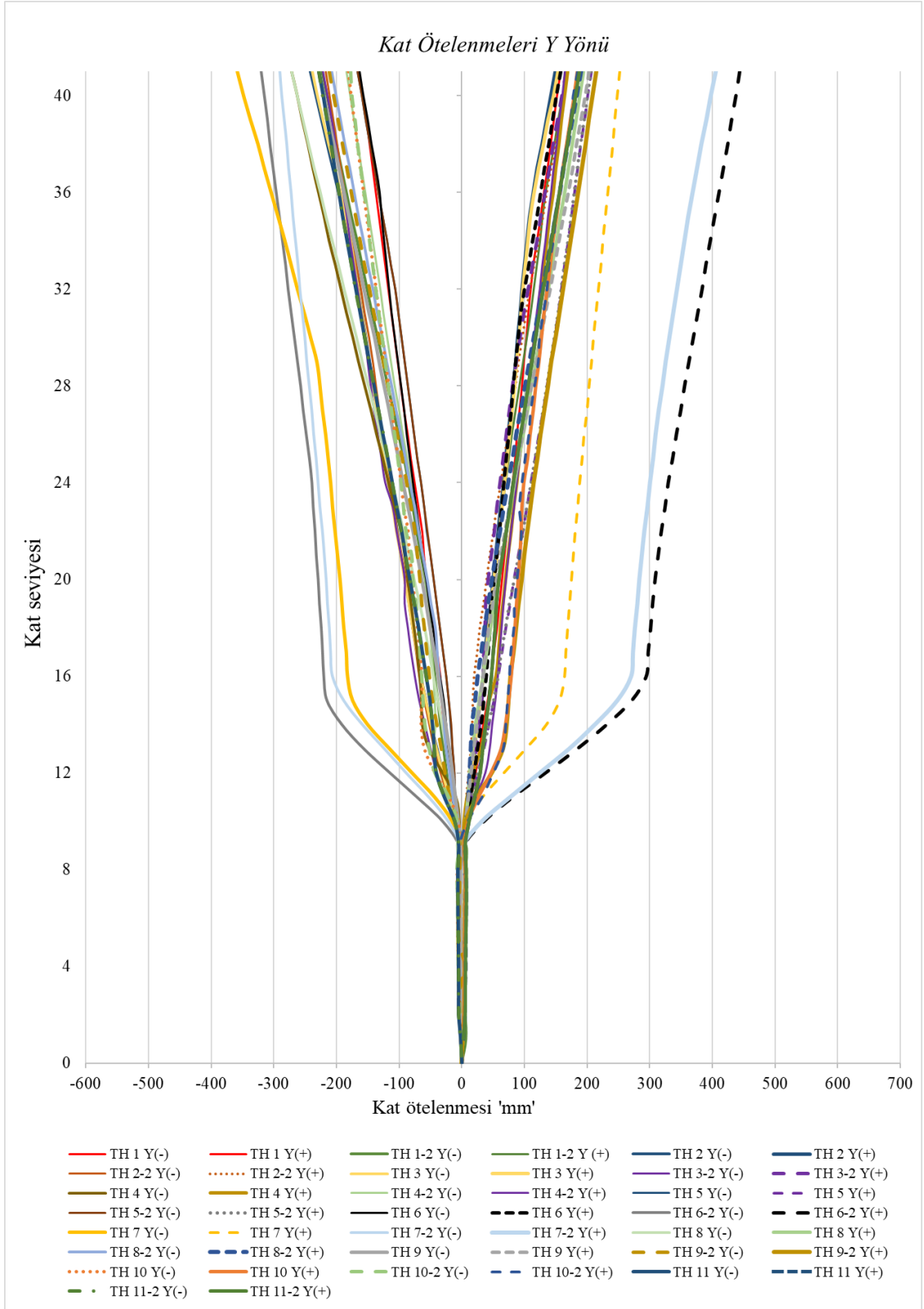
6.6.2. Göreli Kat Ötelenmeleri

Betonarme yapı modeli için, 11 deprem takımı analizleri altında, x ve y yönleri için (+) ve (-) maksimum kat ötelenmeleri Şekil 6.80 ve Şekil 6.81’de verilmiştir. Şekil 6.80 ve Şekil 6.81’de görüldüğü üzere, kat ötelenmeleri, bodrum katlarda önemsenecek kadar küçük, zemin kat ve üzerinde artış gösterir durumdadır. Yapı için x yönü ötelenme değerleri, y yönü ötelenme değerlerinden büyüktür. Yapı, özellikle x yönünde daha fazla ötelenme davranışı göstermiş, bu davranış göreli kat ötelenmeleri grafiklerine de yansımıştır. X ve y yönü için göreli kat ötelenmeleri, Şekil 6.82 ve Şekil 6.83’de verilmiştir.

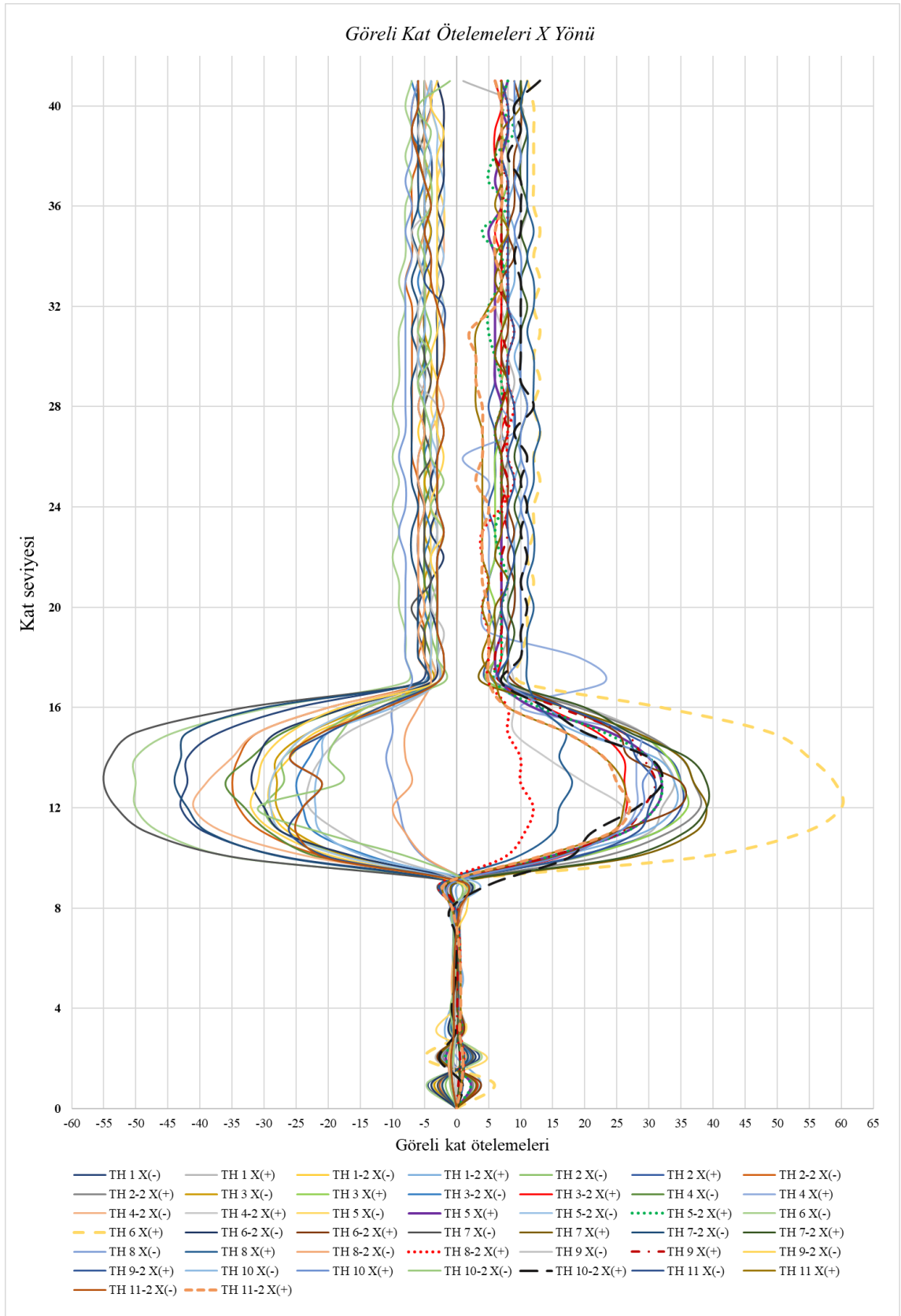
Göreli kat ötelenmeleri oranları için, x ve y yönü grafikleri Şekil 6.84 ve Şekil 6.85’de verilmiştir. Elde edilen oranlar, TBDY18 13.6.5.2’de belirtilen, ortalama ve en büyük göreli kat öteleme oranı sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. X ve y yönleri için en büyük göreli kat öteleme oranı sınır değeri (0.045) ile karşılaştırma yapılmış grafikler Şekil 6.84 ve Şekil 6.85’de verilmiştir. Her bir kat için x ve y yönleri için ayrı olmak üzere, göreli kat öteleme oranı ortalamaları, yine yönetmelikte belirtilen sınır değeri (0.03) ile karşılaştırılarak kontrolü yapılmıştır. Şekil 6.86 ve Şekil 6.87’de x ve y yönleri için, kat seviyelerindeki göreli kat öteleme oranları ortalama değerleri ifade edilmiştir. TBDY18’de belirtilen, III. aşamada doğrusal olmayan hesap sonucunda sınır değerler aşılmamıştır.



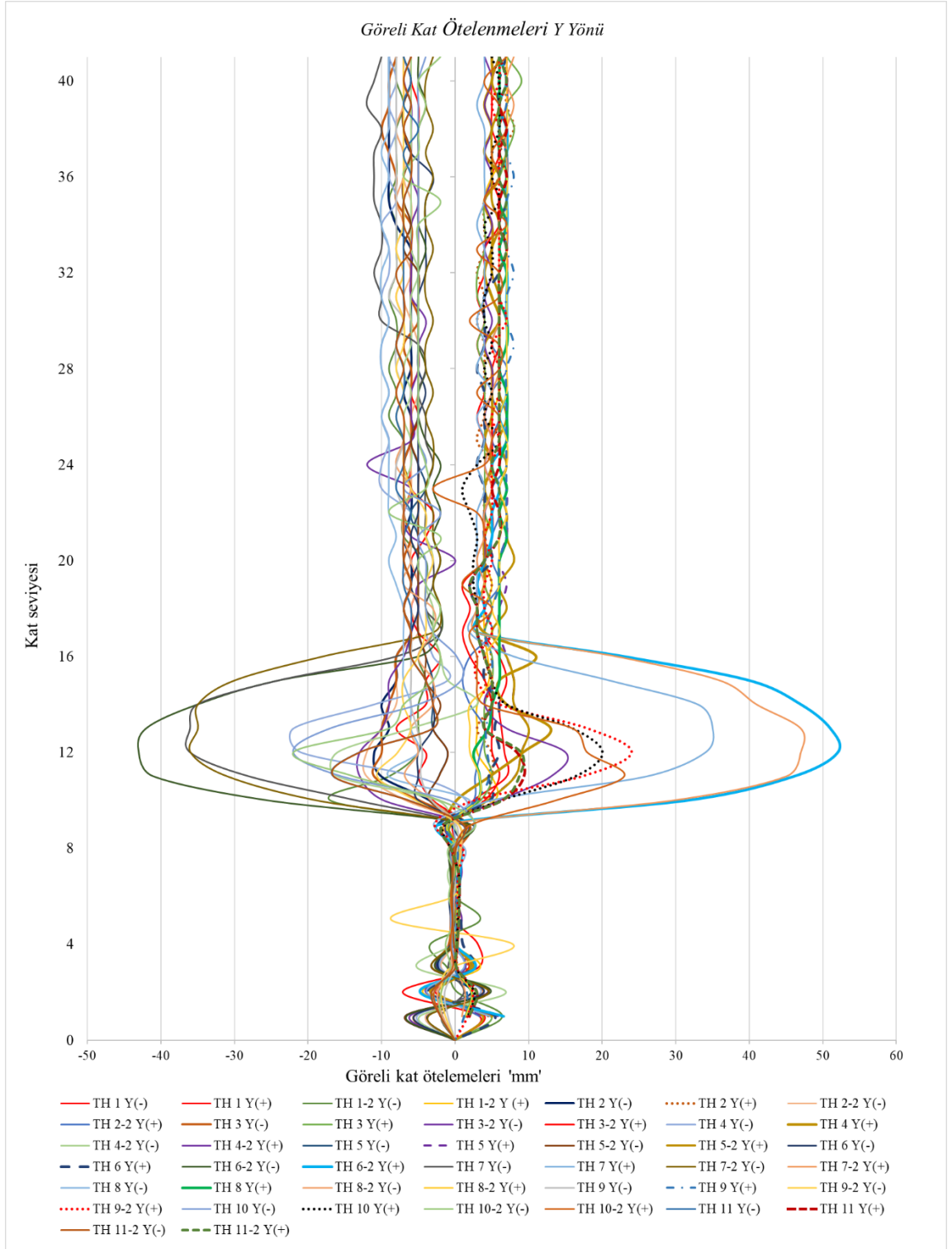
Şekil 6.80. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum kat ötelenmeleri 'X yönü'



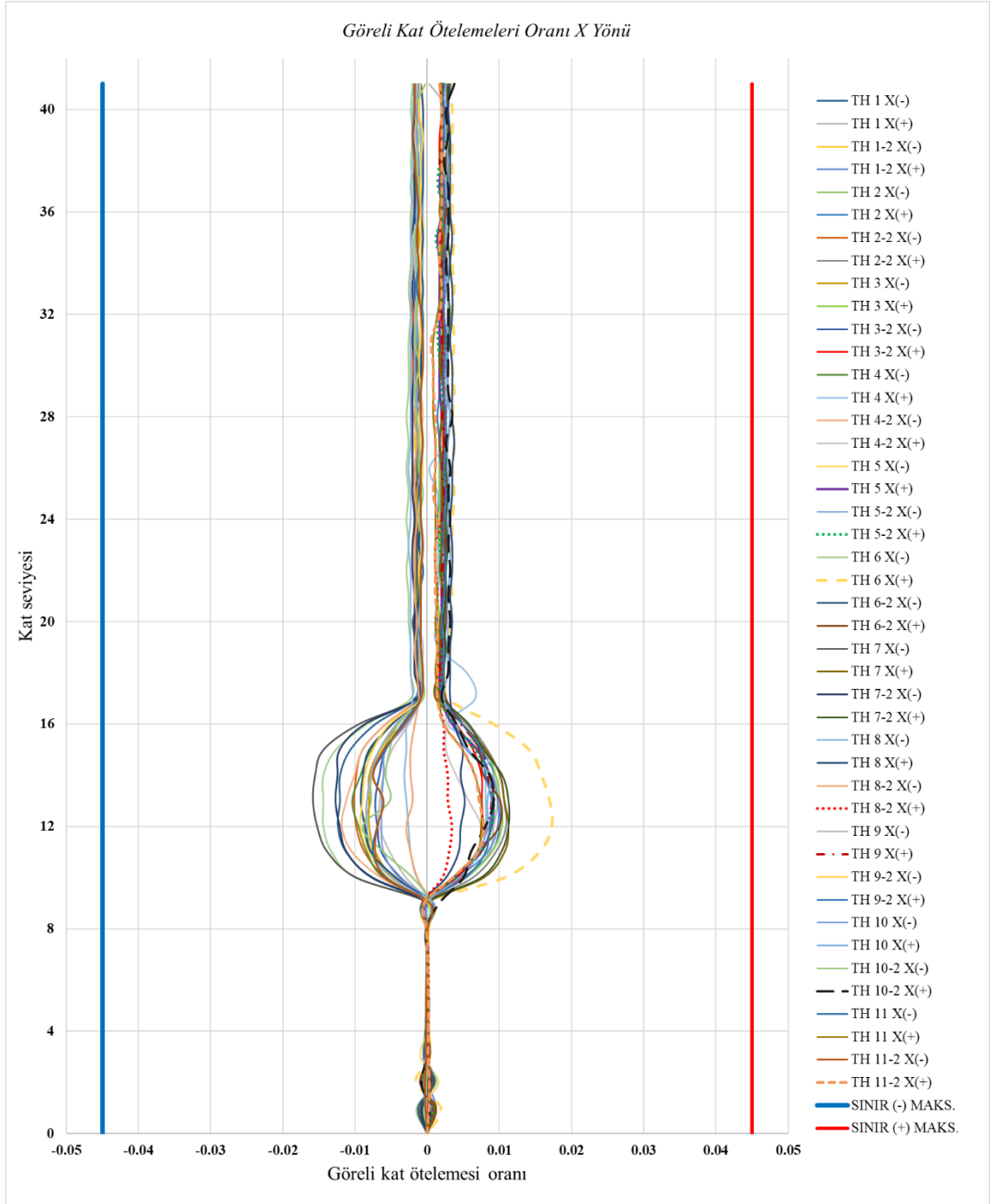
Şekil 6.81. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum kat ötelenmeleri 'Y yönü'



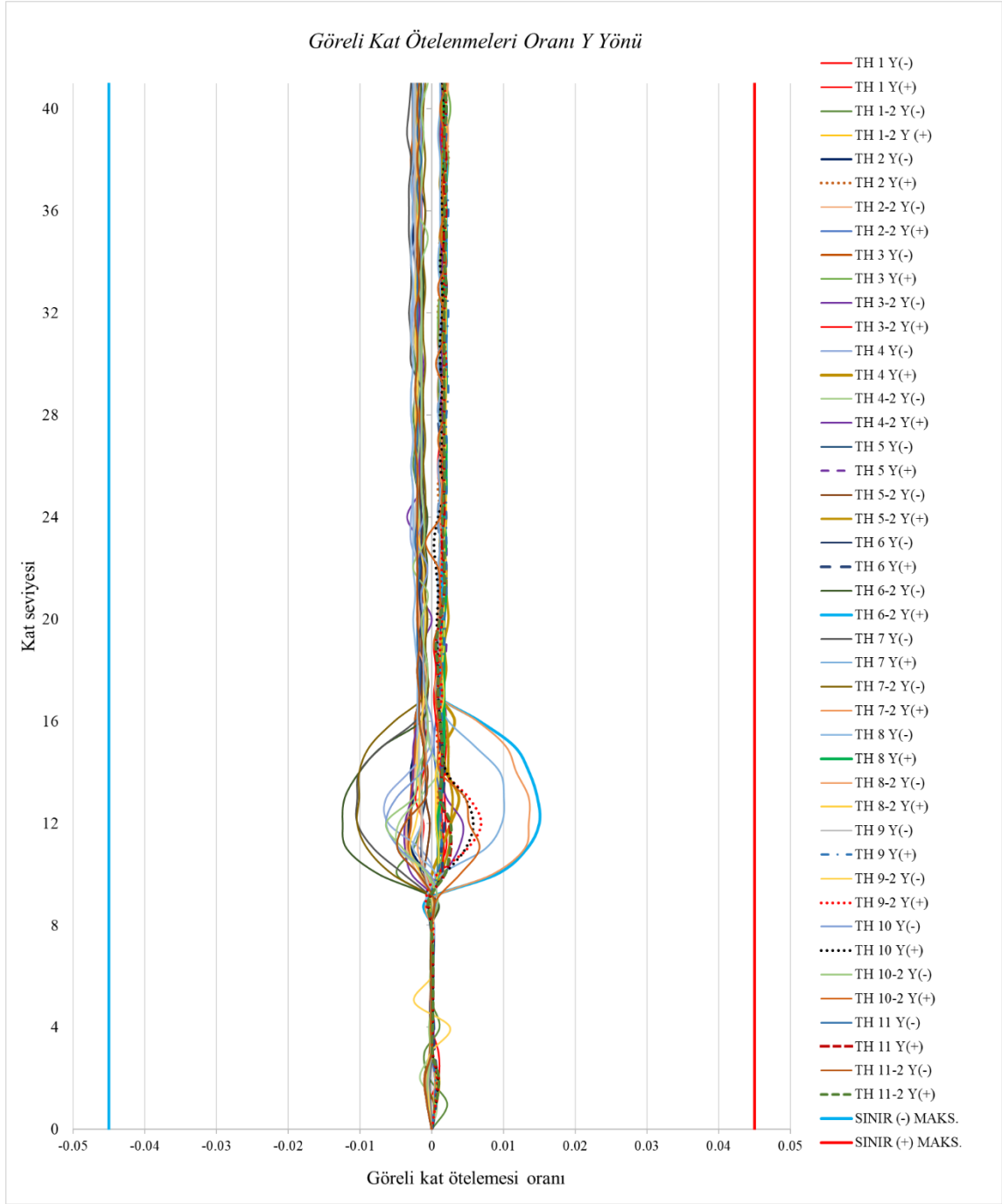
Şekil 6.82. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum görelî kat ötelenmeleri 'X yönü'



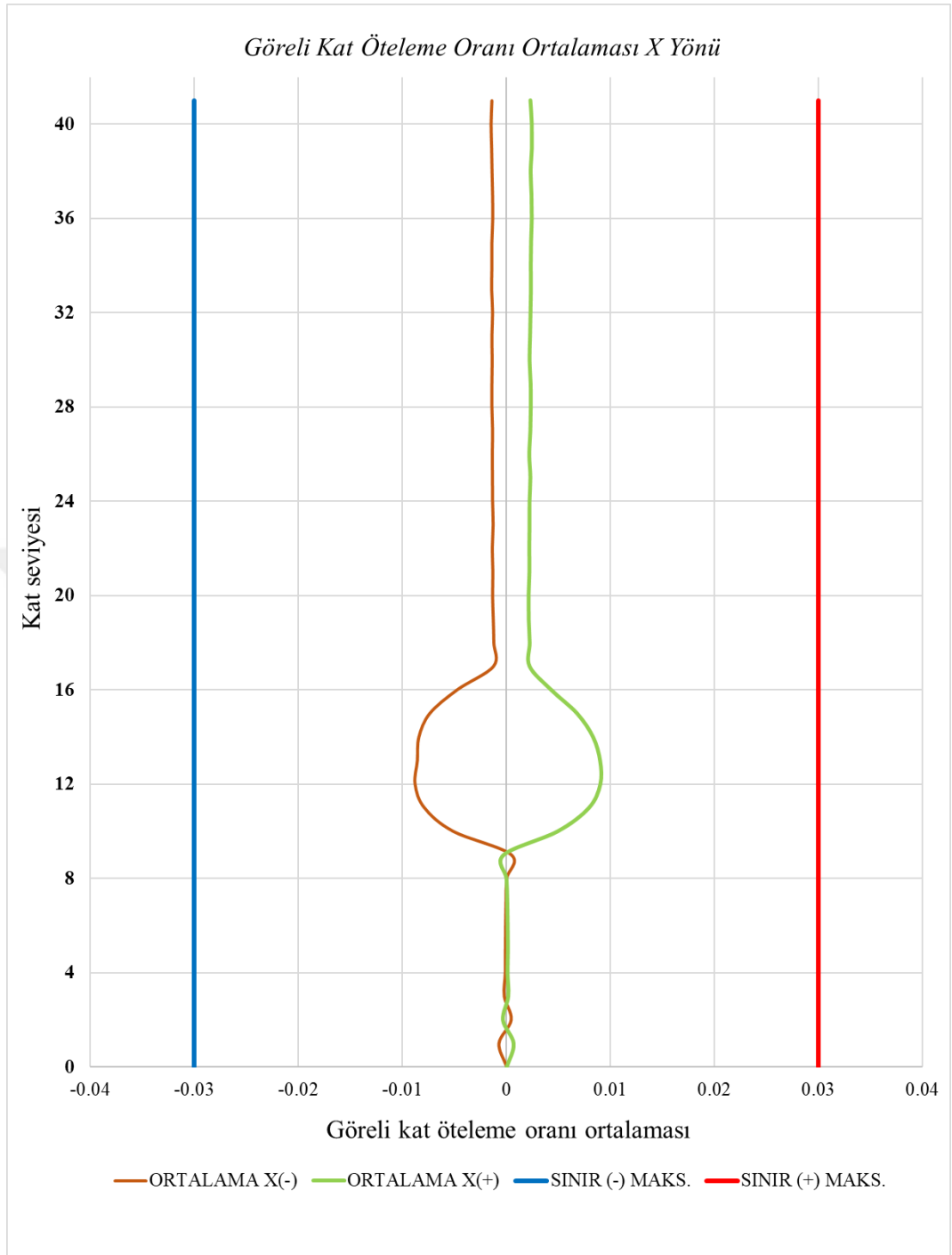
Şekil 6.83. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum görelî kat ötelenmeleri 'Y yönü'



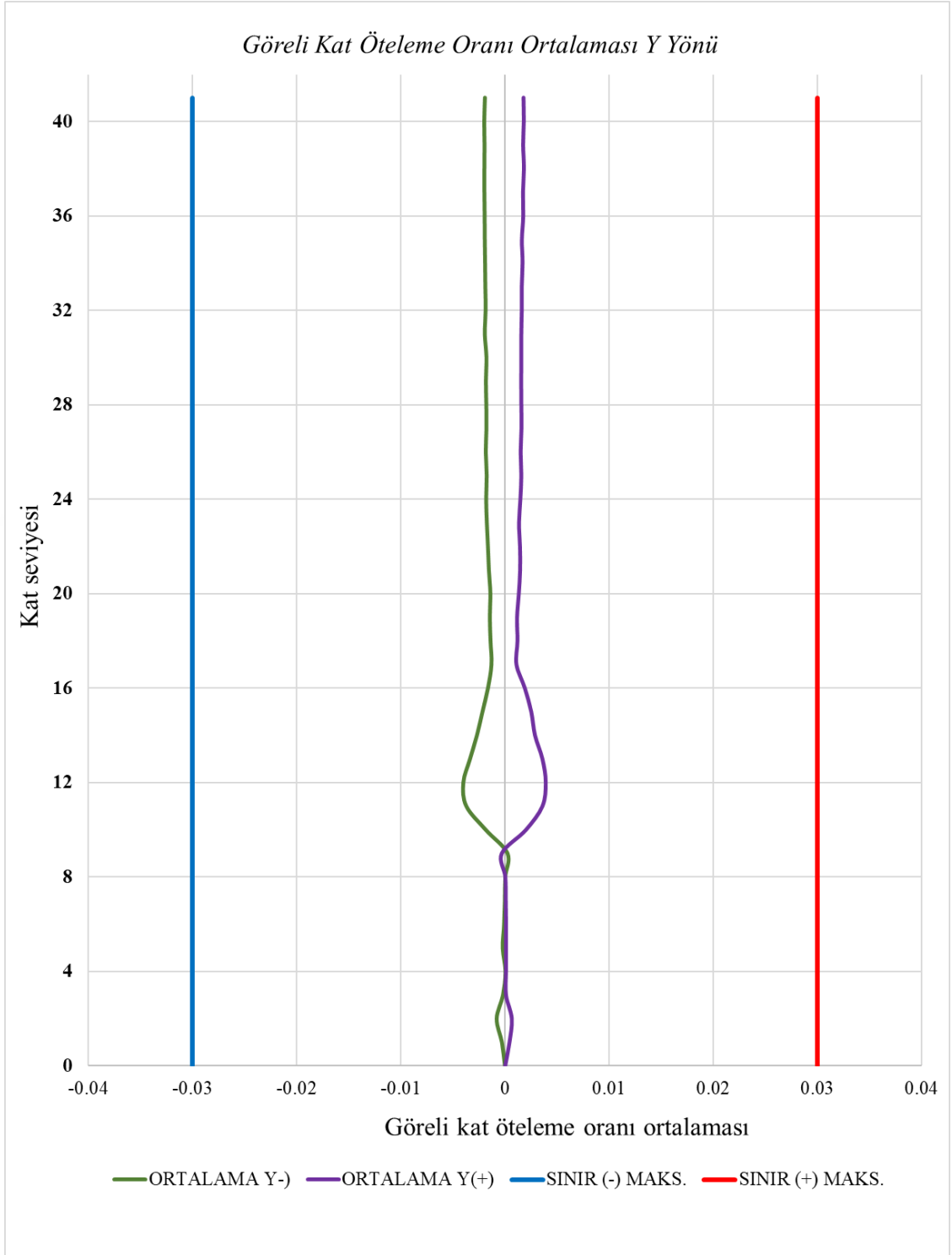
Şekil 6.84. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum görelî kat öteleme oranı 'X yönü'



Şekil 6.85. 11 deprem takımı için (-) ve (+) maksimum görelî kat öteleme oranı 'Y yönü'



Şekil 6.86. 11 deprem takımı için, katlara göre (-) ve (+) maksimum görelî kat öteleme oranlarının ortalamaları 'X yönü'

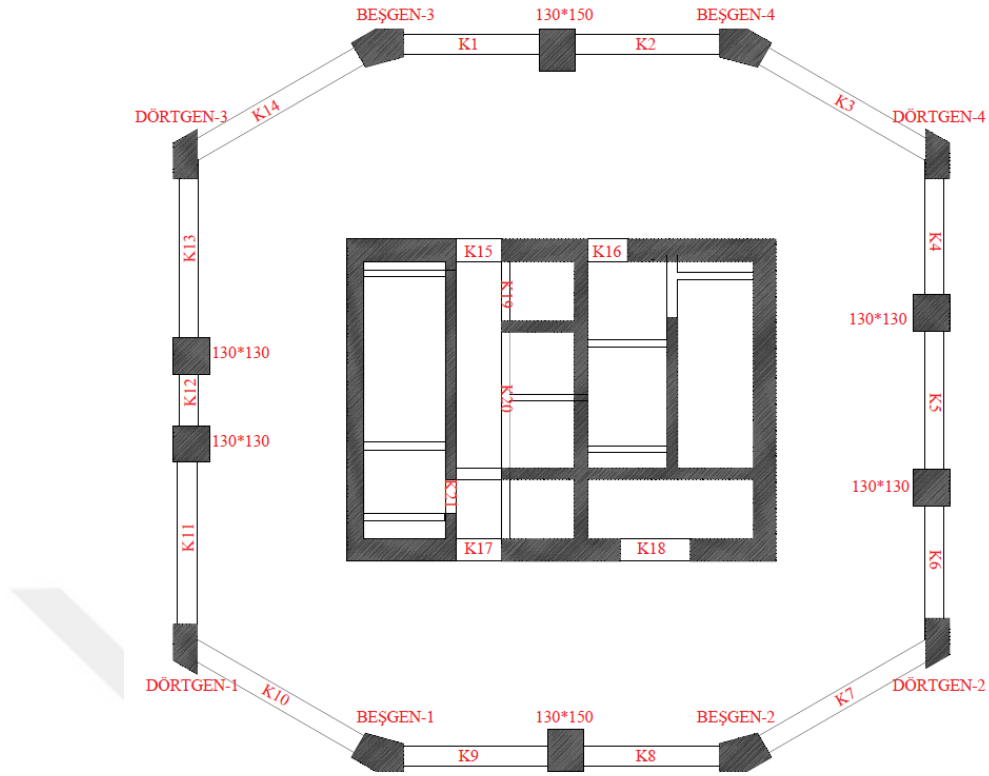


Şekil 6.87. 11 deprem takımı için, katlara göre (-) ve (+) maksimum görelî kat öteleme oranlarının ortalamaları ‘Y yönü’

6.6.3. Betonarme kirişler için performans değerlendirmesi

Kiriş kesitlerinin, 11 deprem takımının analizleri sonucundaki hasar durumları ve genel yapı bazında hasar yüzdeleri Çizelge 6.7’de verilmiştir. En yüksek hasar yüzdesi ve hasar alan kiriş sayısı, analizler de belirtilen ‘Düzce-1999’ (TH 7-2) deprem analizi altında gerçekleşmiş, kirişler belirgin hasar bölgesinden ileri gitmemiş, göçme durumunun gözlemlendiği kiriş elemanı olmamıştır. Hasarlı kirişler, özellikle 10. ve 15.kat arasına yoğunlaşmış, analiz tipine göre hasar durumları değişkenlik göstermiştir. Hasarlar, genel olarak dış çerçeve kirişlerinde gözlemlenmiş, iç çekirdek de bulunan bağ kirişlerinde hasar önemsenecek kadar az çıkmıştır.

Hasarlı kirişler, özellikle 10. ve 15. kat arasına yoğunlaşmış, deprem tipine göre hasar durumları değişkenlik göstermiştir. Buradan hareketle, yapı modelleme aşamasında yapılan etkin kesit rijitliği ve eğilme mafsallı (M3) tanımları, kirişler üzerine gelen yük durumunu ve bu yük altındaki davranışını doğrudan etkilemekte, ilgili kesitlerin hasar bölgelerinde ciddi denebilecek bölgelere ulaşma durumunu belirlemekte etkili olmaktadır. Şekil 6.89’da kiriş elemanı hasar grafik ekranı örneği paylaşılmıştır. Örnek olarak, ‘Düzce 1999’ depremi altında, ilgili yapı sisteminde 11. kat da bulunan K11 kirişi üzerine tanımlanan M3 mafsallının davranışı gözlemlenmiş, ilgili deprem kaydının 7.79 sn adımıında belirgin hasar bölgesine gittiği görülmüştür. Çizelge 6.8’de TH 7-2 deprem analizi altında, ilgili yapı kiriş kesitleri için katlara göre hasar alma durumları gösterilmiştir. Analiz sonuçlarında verilen kiriş ve kolon elemanların isimlendirmeleri için örnek plan Şekil 6.88’de verilmiştir.

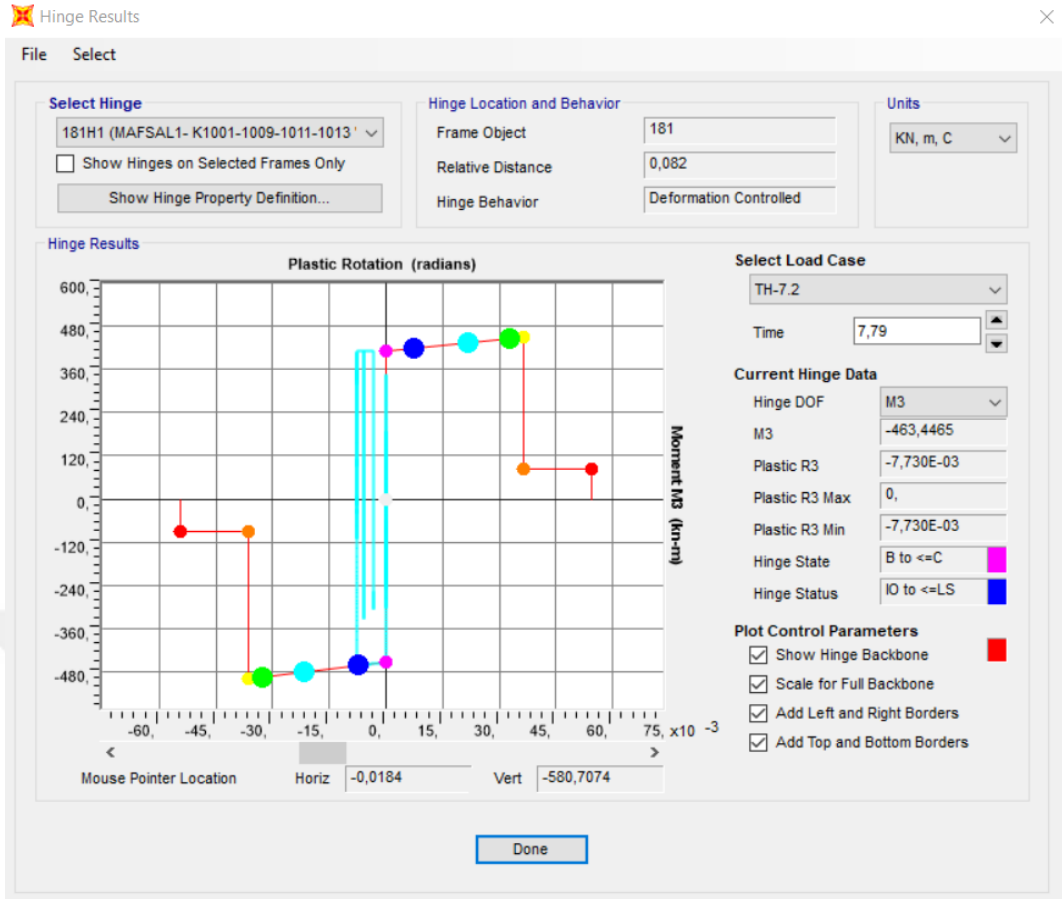


Şekil 6.88. Yapı analiz sonuçlarında belirtilen kolon ve kiriş kesit isimleri.

Çizelge 6.7. Kiriş kesitleri için hasar durumu (TH 7-2 Düzce 1999)

TH 7-2	Düzce 1999 Depremi (90°)			Betonarme Kiriş Elemanları																		
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	K21
	1																					
	2																					
	3																					
	4																					
	5																					
	6																					
	7																					
	8																					
	9																					
	10	SH	SH			SH	SH	SH		SH	SH		SH	SH	BH							
	11	SH	SH			SH	SH	SH		SH	SH	SH	BH	SH	BH	SH						
	12	SH	SH			SH	SH	SH		SH	SH	SH	BH	SH	BH	SH					SH	
	13	SH	SH			SH	SH	SH	SH	SH	SH	SH	BH	SH	BH	SH					SH	
	14	SH	SH			SH	SH	SH	SH	SH	BH	SH	SH	SH	BH							
	15	SH	SH							SH	SH	SH	SH	SH	SH							
	16																				SH	
	17																				SH	
	18																				SH	
	19																				SH	
	20																				SH	

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
IH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi



Şekil 6.89. Düzce 1999 depremi (TH 7-2) altında K11 kirişi eğilme mafsalı ‘M3’ davranış ekranı.

Çizelge 6.8. Betonarme kiriş kesitleri için analizler altında hasar durumları ve hasar yüzdesi

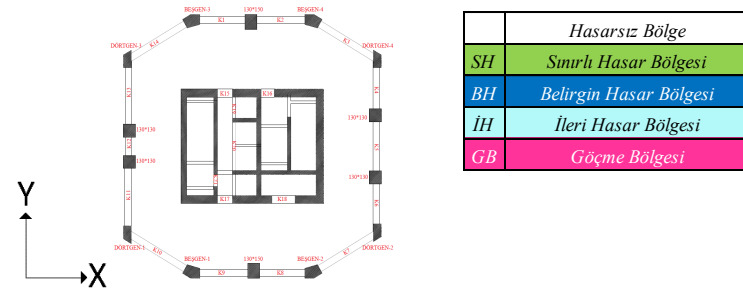
<i>Analiz</i>	<i>Deprem</i>	<i>Hasar Bölgesi</i>	<i>Kiriş Elemanları Hasar Durumu '%'</i>
TH 1	Imperial Valley	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.56%
TH 1-2	Imperial Valley	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.56%
TH 2	Trinidad	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.32%
TH 2-2	Trinidad	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	3.48%
TH 3	Erzincan 1992	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.79%
TH 3-2	Erzincan 1992	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.86%
TH 4	Kocaeli 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.44%
TH 4-2	Kocaeli 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	3.25%
TH 5	Kocaeli 'Düzce'	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.32%
TH 5-2	Kocaeli 'Düzce'	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.32%
TH 6	Hector Mine	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.44%
		<i>Belirgin hasar bölgesi</i>	2.09%
TH 6-2	Hector Mine	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	5.11%
		<i>Belirgin hasar bölgesi</i>	1.05%
TH 7	Düzce 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	5.69%
		<i>Belirgin hasar bölgesi</i>	2.32%
TH 7-2	Düzce 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	6.39%
		<i>Belirgin hasar bölgesi</i>	1.05%
TH 8	Chi-chi 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.10%
TH 8-2	Chi-chi 1999	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	0.95%
TH 9	Landers 1992	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.50%
TH 9-2	Landers 1992	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	2.21%
TH 10	Kobe/Japonya	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.86%
TH 10-2	Kobe/Japonya	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.74%
TH 11	Düzce 'Lamont'	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	0.93%
TH 11-2	Düzce 'Lamont'	<i>Sınırlı hasar bölgesi</i>	1.16%

6.6.4. Betonarme kolonlar için performans değerlendirmesi

Betonarme kirişler için, 11 deprem takımı için, analizler sonucunda dış taşıyıcı çerçeve kolonlarının, hasar bölgeleri tiplerine göre Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10'da verilmiştir. Hasar alan kolonlar için(dörtgen ve beşgen tip kolonlar) hasar bölgeleri paylaşılmış, diğer kolon tiplerinde hasar tespit edilmediğinden, sonuç kısmında gösterilmemiştir. En ciddi kolon hasarları, Hector Mine ve Düzce 1999 deprem analizlerinde görölmüş, genel olarak hasar bölgeleri, yapının zemin üzerinden ilk üç katında oluşmuş, ayrıca 15. ve 16. kat seviyelerinde belirgin hasar bölgesine giden kolonlar tespit edilmiştir. Yapıda dış çerçeve sistemin köşe kolonları haricinde, çerçeve sistemin orta kısımlarında bulunan kolonlarda hasar tespit edilmemiş, kolon kesitlerinde sadece çerçeve sistemin köşe kolonlarında hasar olduğu görölmüştür.

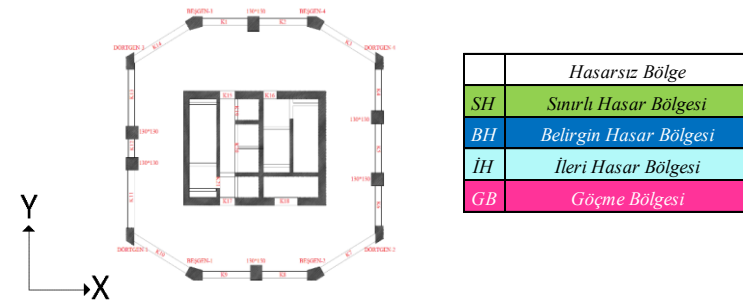
Çizelge 6.9. Beşgen tip kolonlar için 11 deprem takım analizi altında hasar bölgeleri.

Analiz	Deprem	Kolon Kesiti																																
		Beşgen-1								Beşgen-2								Beşgen-3								Beşgen-4								
Kat		9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	
TH 1	Imperial Valley		BH	SH					BH			SH	SH				SH		SH	SH					BH				SH					SH
TH 1-2	Imperial Valley		BH	SH			SH		SH		BH						SH		BH	SH			SH		SH	SH	BH	SH						BH
TH 2	Trinidad		BH						SH		BH						SH		BH						BH		BH	SH						BH
TH 2-2	Trinidad		BH						SH		BH						SH		BH					SH	SH		BH	SH						BH
TH 3	Erzincan 1992		BH						SH		BH						SH		BH						BH		BH	SH						SH
TH 3-2	Erzincan 1992		SH								BH								SH									SH						
TH 4	Kocaeli 1999		BH						SH		BH						SH	SH	BH							SH	BH							SH
TH 4-2	Kocaeli 1999		BH						SH		BH						SH		BH							BH	BH	SH						BH
TH 5	Kocaeli 'Düzce'		SH						SH		BH						SH		SH	SH				SH	SH		BH							SH
TH 5-2	Kocaeli 'Düzce'		SH						SH		BH						SH		SH	SH				SH	SH		BH							SH
TH 6	Hector Mine	BH	BH	SH					BH	BH	BH	BH				SH	BH	BH	BH	BH	BH				BH	BH	SH	BH	BH	SH			BH	BH
TH 6-2	Hector Mine		BH								BH						BH		BH				SH	BH	BH		BH	SH	SH		SH	BH	BH	
TH 7	Düzce 1999		BH	BH	SH			BH	BH		BH	BH	BH			BH	BH	SH	BH	SH				SH	BH		BH	BH					BH	BH
TH 7-2	Düzce 1999	SH	BH						BH		BH					SH	BH		BH							BH	BH	BH	SH		SH		SH	BH
TH 8	Chi-chi 1999		SH						SH								SH		SH								SH							
TH 8-2	Chi-chi 1999																							SH			SH							
TH 9	Landers 1992																		SH	SH						SH								
TH 9-2	Landers 1992		BH								BH						SH		BH						SH		BH							BH
TH 10	Kobe/Japonya		SH								SH								SH			SH												SH
TH 10-2	Kobe/Japonya		SH								SH								SH			SH						SH						
TH 11	Düzce 'Lamont'		BH								BH								BH								BH							
TH 11-2	Düzce 'Lamont'		BH	SH							BH								BH								BH							



Çizelge 6.10. Dörtgen tip kolonlar için 11 deprem takım analizi altında hasar bölgeleri.

Analiz	Deprem	Kolon Kesiti																															
		Dörtgen-1								Dörtgen-2								Dörtgen-3								Dörtgen-4							
Kat		9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16	9	10	11	12	13	14	15	16
TH 1	Imperial Valley		SH							SH									SH								SH						
TH 1-2	Imperial Valley	SH	SH															SH	SH							SH	SH						
TH 2	Trinidad																																
TH 2-2	Trinidad																																
TH 3	Erzincan 1992		SH															SH	SH								SH						
TH 3-2	Erzincan 1992		SH																														
TH 4	Kocaeli 1999																																
TH 4-2	Kocaeli 1999																																
TH 5	Kocaeli 'Düzce'																																
TH 5-2	Kocaeli 'Düzce'																																
TH 6	Hector Mine		SH								SH																SH						
TH 6-2	Hector Mine		BH	SH			SH	BH	BH		BH	SH			BH	BH	BH		BH				SH	BH	BH		BH	SH	SH		SH	BH	BH
TH 7	Düzce 1999		BH	SH					BH		BH	BH		SH	BH	SH		BH	BH	BH				SH	BH		SH	BH			SH	SH	
TH 7-2	Düzce 1999		BH	SH				BH	BH	BH	BH	BH	BH	SH	BH	BH	BH		BH	BH				BH	BH	BH	BH	BH	BH				BH
TH 8	Chi-chi 1999								SH		SH	SH														SH							
TH 8-2	Chi-chi 1999								SH																								
TH 9	Landers 1992																																
TH 9-2	Landers 1992			SH		SH						SH										SH											
TH 10	Kobe/Japonya																								SH								
TH 10-2	Kobe/Japonya										SH																						SH
TH 11	Düzce 'Lamont'																																
TH 11-2	Düzce 'Lamont'																	SH									SH						



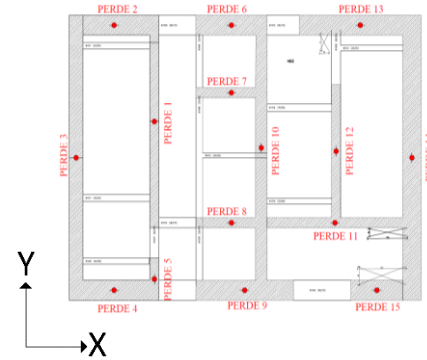
6.6.5. Betonarme perdeler için performans değerlendirmesi

Betonarme perde kesitleri için, 11 deprem ivme kaydı etkisi altında, hasar bölgeleri, Çizelge 6.11'den, Çizelge 6.32'ye kadar verilmiştir. Perde kesitleri için hasarların, bodrum kat bitimine doğru, belirgin ve sınırlı hasar bölgelerinde, zemin kat ve üstünde (nonlineer tanımın yapıldığı 8.kata kadar) çoğunlukla göçme bölgelerinde olduğu gözlemlenmiştir. Her perde kesiti için, 11 deprem takım analizi altında, mafsal tipine göre yenilme durumları birlikte belirtilmiş, perde ve analiz tipine göre eğilme ve kesme mafsalının yenilme durumları gösterilmiştir.



Çizelge 6.11. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Imperial Valley’ deprem ivme kaydı (0°)

TH 1	Imperial Valley Depremi		Betonarme Perde Elemanları																													
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	
	1		İH		SH		GB		BH		SH		BH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		BH	
	2		İH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		SH					SH		BH		BH		
	3		SH		SH		GB																	BH		SH		SH		SH		
	4				SH		BH																	SH		SH		SH		SH		
	5		SH		SH		SH											SH						GB		SH		SH		BH		
	6		SH		BH		BH						BH			SH	GB		GB		SH		SH		BH		BH		BH		İH	
	7		SH		İH		SH		SH				İH			SH	GB		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH	
	8	SH	İH		GB		GB	SH	BH*				GB	GB		SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB	
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		İH	SH	GB	SH	İH	SH	GB	
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	BH	GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	İH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	
	12		GB		GB		GB		GB		SH			GB	SH	İH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB
	13		GB		GB		GB		GB					GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB
	14		GB		GB		GB		GB	SH				GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB
	15	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH			GB	GB	BH	GB	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB
16	SH	İH		GB		GB	SH	GB					GB	GB		GB	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB	

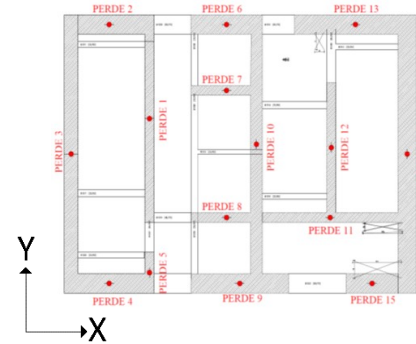


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.12. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Imperial Valley’ deprem ivme kaydı (90°)

TH 1-2		Imperial Valley Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15					
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM				
	1		İH		SH		GB		SH	SH	SH		SH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		SH				
	2		İH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		BH				SH		SH		BH		BH				
	3		SH		SH		GB													SH				BH		SH		SH							
	4		SH		SH		BH																	SH		SH		SH		SH					
	5		SH				BH												SH		BH				GB		SH		SH		BH				
	6		SH				BH												GB		SH		SH		BH		BH		BH		BH				
	7		SH		SH		BH		SH		SH		BH				SH		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH				
	8	SH	İH		GB		GB	SH	BH				GB			SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	İH		GB	SH	GB				
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	İH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		İH	SH	İH	SH	GB				
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB				
	11	SH	GB		GB		GB	SH	GB		İH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB				
	12	SH	GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB				
	13		GB		GB		GB		GB	SH	SH		GB	SH	İH		GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB				
	14		BH	SH	GB		GB		GB				GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB				
	15		SH	SH	GB		GB		GB				GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB				
	16		SH	SH	GB		GB		GB				GB	GB	İH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB				

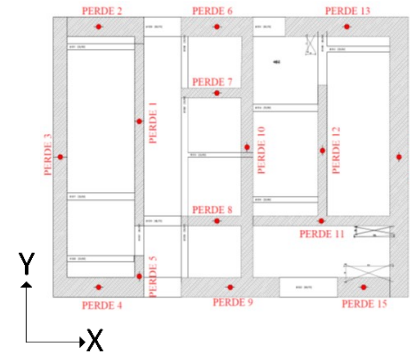


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.13. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Trinidad’ deprem ivme kaydı (0°).

TH 2	Trinidad Depremi		Betonarme Perde Elemanları																														
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM		
	1		BH		SH		GB		SH				SH				SH		SH		GB		SH		BH		SH		BH		SH		
	2		BH		BH		GB				SH		SH					SH		SH						SH		BH		SH			
	3		SH		SH		GB													SH					BH				SH				
	4				SH		BH																		SH				SH				
	5		SH				BH						SH						SH		SH				GB		SH		SH		SH		
	6		SH				BH					GB							GB		SH				SH		SH		BH		BH		
	7		SH		SH		BH					GB							GB		SH		BH		BH	SH	BH	SH	BH		BH		
	8	SH	BH		GB		GB		İH				GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	9	GB	BH	SH	GB		GB		BH	SH	İH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		İH	SH	BH	SH	İH		GB		
	10	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	11	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	SH		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	12	SH	GB	SH	GB		GB		GB		SH		GB	SH	BH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	13		GB	SH	GB		GB		GB				GB	SH			GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	14	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH			GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	15	SH	İH	SH	GB		GB		GB	SH	SH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	16		BH	SH	GB		GB		GB				GB	GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		İH		GB		

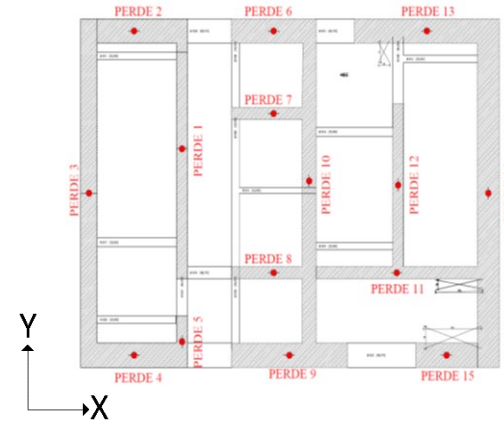


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.14. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Trinidad’ deprem ivme kaydı (90°).

TH 2-2	Trinidad Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		BH		SH		GB		SH				SH				SH		SH		İH		SH		BH		SH		SH		SH			
	2		SH		BH		GB					SH						SH		SH						SH		BH		SH				
	3		SH		SH		GB											SH		SH						SH			SH					
	4				SH		BH						SH												SH		SH		SH		SH			
	5		SH		SH		SH						BH						SH						GB		SH		SH		SH			
	6		SH		SH		BH						GB						GB		SH		SH		SH		SH		SH		BH			
	7	SH	SH		BH		BH		İH				GB				GB		GB		SH	SH	BH		BH	SH	BH		BH		BH			
	8	SH	İH		GB		GB		BH				GB			SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	9	SH	BH		GB		GB		GB		BH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	BH	SH	İH		GB			
	10	SH	İH		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	12		GB		GB		GB		GB		SH		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	13		GB		GB		GB		GB				GB	SH	BH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	14		GB		GB		GB		GB	SH			GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB			
	15		BH		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			
16		BH		GB		GB		GB				GB	GB	İH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB				

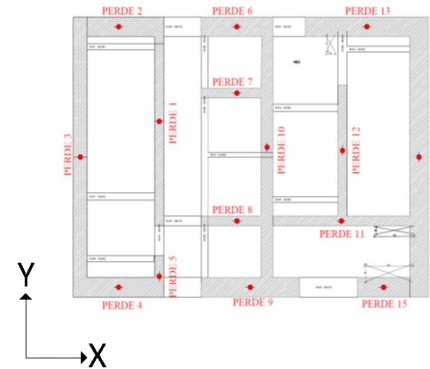


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.15. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Erzincan 1992’ deprem ivme kaydı (0°).

TH 3	Erzincan 1992 Depremi		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		BH		SH		GB		BH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		BH			
	2		BH		İH		GB		SH		SH		SH				SH		SH		BH				SH		SH		BH		BH			
	3		SH		SH		GB		BH											SH				BH				SH						
	4		SH		SH		BH		BH															BH		SH		SH		SH				
	5		SH		SH		BH		GB				SH						SH		BH				GB		SH		SH		BH			
	6		SH		SH		BH		GB				GB					GB		SH				BH		BH		BH		BH				
	7	SH	SH		İH		BH		GB				GB			SH		GB		SH		BH			BH	SH	BH	SH	BH		BH			
	8	SH	BH	SH	GB		GB		GB				GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	9	SH	İH	SH	GB		GB		GB			İH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	İH	SH	İH		GB		
	10	GB	İH	SH	GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	11	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	BH		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	12	SH	GB	SH	GB		GB		GB		SH		GB	SH	BH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	13		GB	SH	GB		GB		GB				GB	SH			GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	14		GB	SH	GB		GB		GB				GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	15		GB	SH	GB		GB		GB	SH			GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	16		BH	SH	GB		GB		GB		SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		İH		GB	

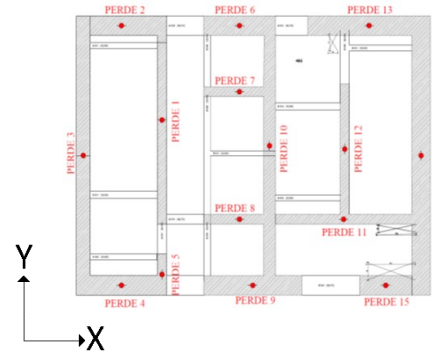


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.16. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Erzincan 1992’ deprem ivme kaydı (90°) .

TH 3-2		Erzincan 1992 Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																												
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	
	1		BH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		SH		BH		SH		BH		SH	
	2		BH		BH		GB				SH		SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH	
	3		SH		SH		GB																		SH		SH		SH			
	4		SH		SH		BH						SH												SH		SH		SH		SH	
	5		SH		SH		SH						BH						SH							GB		SH		SH		BH
	6		SH		SH		BH						GB				SH		GB		SH		BH		BH		SH		SH		BH	
	7	SH	SH		İH		BH		SH		SH		GB				GB		GB		SH	SH	BH		BH	SH	BH		BH		BH	
	8	SH	İH		GB		GB		İH				GB	SH		SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	9	SH	BH		GB		GB		BH	SH	İH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	BH	SH	İH		GB	
	10	SH	GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	İH		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	12		GB		GB		GB		GB		SH		GB		SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	13		GB		GB		GB		GB				GB				GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
	14		GB		GB		GB		GB				GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	
	15		GB		GB		GB		GB	SH			GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	
	16		İH		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	BH	GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB	

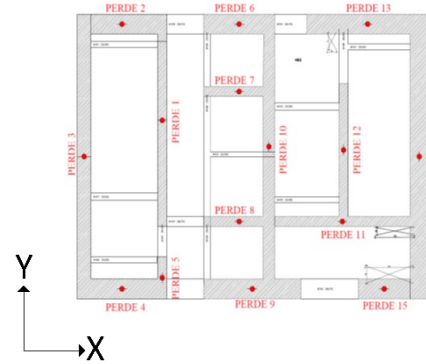


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.17. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli 1999’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 4	Kocaeli 1999 Depremi		Betonarme Perde Elemanları																												
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM
	1		BH		SH		GB		SH				SH		SH		SH		SH		GB		SH		BH		SH		BH		SH
	2		BH		BH		GB			SH			SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH
	3		SH		SH		GB																		SH				SH		
	4				SH			BH																	SH				SH		
	5		SH				BH														BH				GB		SH		SH		SH
	6		SH				BH												GB		BH				BH		SH		BH		BH
	7		SH		SH		BH						BH						GB		BH		BH		İH		BH		BH		BH
	8	SH	BH		GB		GB		BH				GB				GB		GB		GB	SH	GB		GB		İH	SH	GB		GB
	9	SH	BH		GB		GB		BH	SH	GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		BH	SH	BH	SH	İH		GB
	10	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB
	11	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	12	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	BH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	13	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB
	14		İH		GB		GB		GB	SH	İH		GB	GB	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB
15		BH		GB		GB		GB		SH		GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	
16		SH		GB		GB		GB				GB	GB	BH		SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	İH		GB	

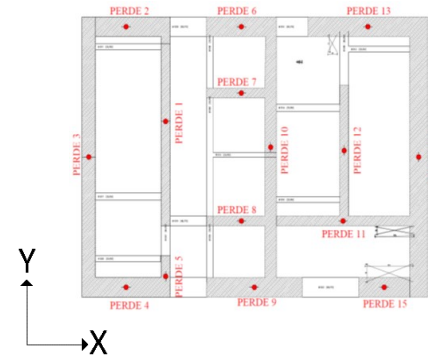


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.18. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli 1999’ deprem ivme kaydı (90°).

TH 4-2		Kocaeli 1999 Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																												
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	
	1		BH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		SH		BH		SH		BH		SH	
	2		BH		BH		GB				SH		SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH	
	3		SH		SH		İH																		SH		SH		SH			
	4				SH		SH																		SH		SH		SH		SH	
	5		SH		SH		SH						BH													GB		SH		SH		BH
	6		SH		SH		BH						GB						SH		SH		BH		BH		BH		BH		İH	
	7		SH		GB		BH						GB				SH		GB		SH	SH	İH		BH		BH		BH		İH	
	8	SH	BH		GB		GB		BH				GB	SH				GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB
	9	SH	BH		GB		GB	SH	BH	SH	BH		GB	GB	GB	GB	GB		GB		GB	SH	GB		BH	SH	İH		BH		GB	
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB	
	11	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB	
	12	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB	
	13		GB		GB		GB		GB		GB		GB	GB	BH		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB	
	14		BH		GB		GB		GB				GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB	
	15		BH		GB		GB		GB				GB	SH	İH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH	SH	GB	
	16		SH		GB		GB		GB				GB	GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		BH		GB	

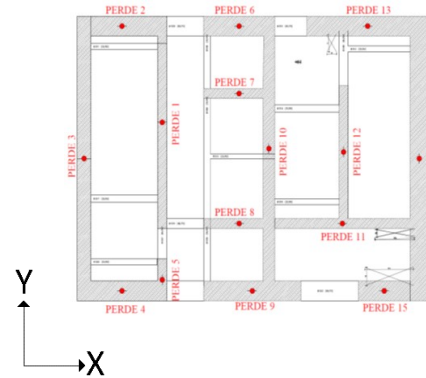


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.19. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli ‘Düzce’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 5	Kocaeli 'Düzce' Depremi		Betonarme Perde Elemanları																														
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM		
	1		İH		SH		GB		BH		SH		BH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		BH		
	2		İH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		SH						SH		BH		BH		
	3		SH		SH		GB																		BH		SH		SH				
	4		SH		SH		BH																		BH		SH		SH		SH		
	5		SH		SH		BH						BH						SH		SH					GB		SH		SH		BH	
	6		SH		SH		BH						GB						İH		SH				BH		BH		BH		BH		
	7		SH		İH		BH		SH					GB			BH			GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH	
	8	SH	İH		GB		GB		BH					GB			SH	GB			GB		GB	SH	GB		GB	SH	İH		GB		GB
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	BH			GB	GB	GB	SH	GB			GB		GB	SH	GB		İH		İH	SH	İH		GB
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH			GB	GB	GB	SH	GB			GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	İH		GB
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	SH			GB	GB	SH	SH	GB			GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB
	12	SH	GB		GB		GB		GB		SH			GB	SH	SH	BH	GB			GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB
	13		GB		GB		GB		GB		SH			GB		SH		GB			GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB
	14		GB		GB		GB		GB		SH			GB	SH	BH	SH	GB			GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	15		İH		GB		GB		GB	SH				GB	GB	SH	SH	GB			GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
16		BH		GB		GB		GB		SH			GB	GB	BH	SH	GB			GB		GB		GB		GB	SH	GB		İH		GB	

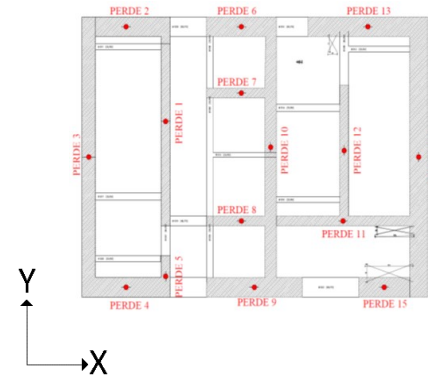


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.20. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kocaeli ‘Düzce’ deprem ivme kaydı (90°).

TH 5-2		Kocaeli 'Düzce' Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																													
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM		
	1		İH		SH		GB		BH		SH		BH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		BH		
	2		İH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		SH						SH		BH		BH		
	3		SH		SH		GB																		BH		SH		SH				
	4		SH		SH		BH																		BH		SH		SH		SH		
	5		SH		SH		BH						BH						SH		SH					GB		SH		SH		BH	
	6		SH		SH		BH						GB						İH		SH				BH		BH		BH		BH		
	7		SH		İH		BH		SH				GB				BH		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH		
	8	SH	İH		GB		GB		BH				GB			SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	İH		GB		GB		
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		BH		İH	SH	GB		GB		
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	İH		GB		
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		
	12	BH	GB		GB		GB		GB		SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		
	13		GB		GB		GB		GB		SH		GB		SH		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		
	14		GB		GB		GB		GB		SH		GB	SH		SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	15		İH		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
16		BH		GB		GB		GB		SH		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	

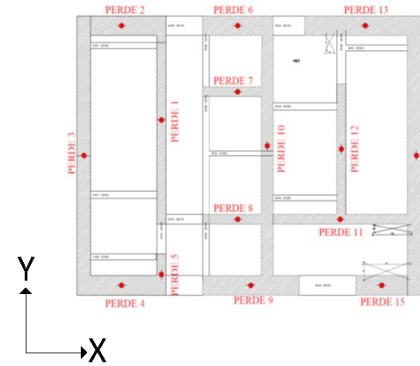


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.21. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Hector Mine’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 6	Hector Mine Depremi			Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15					
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM				
	1		BH		SH		GB		SH				SH		SH		SH		SH		GB		BH		BH		SH		BH		SH				
	2		BH		İH		GB		SH		SH		SH				SH		SH		BH						SH		BH		BH				
	3		SH		SH		GB											SH		SH					BH		SH		SH		SH				
	4		SH		SH		BH											SH							BH		SH		SH		SH				
	5		SH		SH		BH											GB		SH					GB		SH		SH		BH				
	6		SH		SH		SH						İH						GB		SH		SH		BH		BH		SH		İH				
	7	SH	SH		İH		SH		SH				İH				GB		GB		SH		İH		BH		BH		BH		İH				
	8	SH	BH		GB		İH		GB				GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		İH		GB				
	9	SH	SH		GB		GB	SH	GB	SH	İH		GB	GB	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	İH		İH		GB				
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	BH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB				
	11	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB				
	12	SH	GB		GB		GB		GB		SH		GB	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB				
	13		GB		GB		GB		GB	SH	SH		GB	SH	SH		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB				
	14		GB	SH	GB		GB		GB	SH			GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB				
	15	SH	İH	SH	GB		GB		GB	SH			GB	GB	SH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	İH		GB				
	16	SH	BH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	GB	GB	GB		GB	SH	GB	GB	GB		GB	SH	GB	SH	BH	SH	GB				

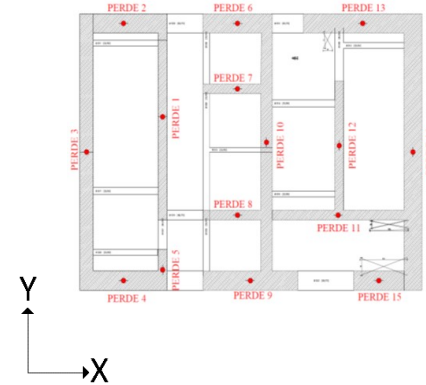


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.22. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Hector Mine’ deprem ivme kaydı (90°).

TH 6-2	Hector Mine Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																												
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM
	1		BH		SH		GB		BH		SH		BH		SH		SH		SH		GB		BH		BH		SH		BH		BH
	2		BH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		SH						SH		BH		BH
	3		SH		SH		GB																		SH		SH		SH		
	4		SH		SH		BH																		BH		SH		SH		SH
	5		SH				BH														SH				GB		SH		SH		BH
	6		SH				BH						GB						SH		SH		SH		BH		BH		BH		İH
	7	SH	SH		SH		SH				SH		GB				SH		GB			SH	BH		SH		BH		SH		İH
	8	SH	İH		GB		GB		BH		SH		GB			SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB
	9	SH	İH		GB		GB	SH	BH	SH	GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		BH		İH		GB
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	GB	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	GB	BH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB
	12	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB
	13		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB
	14		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	BH	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB
	15		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB
	16		GB		GB		GB		GB				GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB

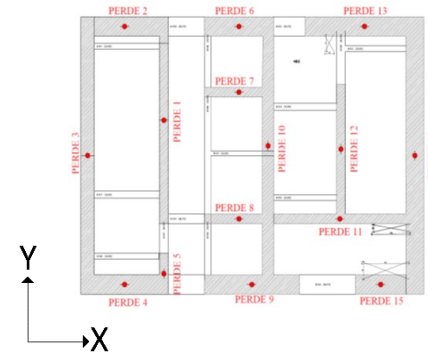


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.23. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce 1999’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 7	Düzce '1999' Depremi		Betonarme Perde Elemanları																													
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	
	1		SH		SH		GB						SH				SH		SH		SH		SH		SH		SH		SH			
	2		SH		BH		GB						SH				SH		SH								SH		SH		SH	
	3		SH		SH		SH						İH					SH							SH		SH		SH		SH	
	4		SH		SH		SH						GB					SH							SH		SH		SH		BH	
	5		SH		SH		BH						GB					GB		BH					GB		SH		SH		BH	
	6		SH		SH		BH			SH			GB					GB	SH	BH		BH			İH		BH		BH		GB	
	7	SH	BH		GB		BH			SH			GB				BH		GB	SH	GB	SH	İH		GB	SH	BH		İH		İH	
	8	SH	GB		GB		GB		GB		BH		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	
	9	GB	İH		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	
	10	GB	GB		GB		GB	SH	GB	GB	GB		GB	GB	BH	GB	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	GB	İH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	
	12	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	
	13	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	
	14	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	
	15		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	GB	BH	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	
16		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	GB	GB	SH	GB	SH	GB	GB	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		

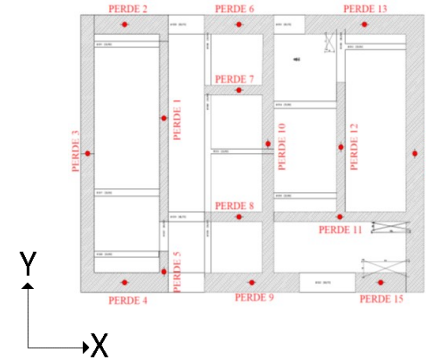


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.24. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce 1999’ deprem ivme kaydı (90°) .

TH 7-2	Düzce 1999 Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		SH		SH		GB						SH						SH			İH		SH		BH				SH				
	2		SH		BH		GB													SH							SH		SH		SH			
	3		SH		SH		GB																		SH		SH		BH					
	4		SH		SH		BH						SH						SH						BH		SH		SH		SH			
	5		SH		SH		BH						BH						GB		BH				GB		SH		SH		BH			
	6		SH		SH		BH						GB						GB		SH		SH		BH		BH		BH		İH			
	7	SH	SH		GB		BH		SH				GB				BH		GB		BH		BH		BH		BH		BH		BH			
	8	SH	GB		GB		GB		GB				GB	SH		SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB			
	9	SH	BH		GB		GB	SH	BH	SH	İH		GB	GB	GB	GB	GB		GB		GB	SH	GB		BH	SH	BH	SH	İH	SH	GB			
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	GB	GB	GB	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB			
	11	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB			
	12	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB			
	13	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB			
	14	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB			
	15	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	SH	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB			
16		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	GB	GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB				

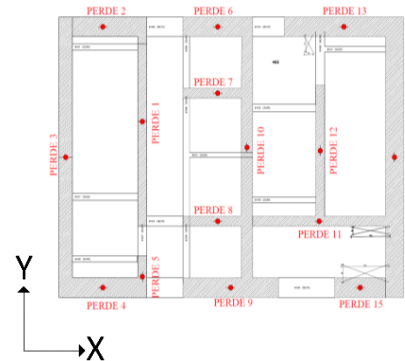


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.25. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Chi-chi 1999’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 8	Chi-chi 1999 Depremi			Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15					
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM				
	1		BH		SH		GB		BH				BH		SH		SH		SH		GB		BH		BH		SH		BH		BH				
	2		BH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		BH				SH		SH		BH		BH				
	3		SH		SH		GB											SH		SH				BH		SH		SH		SH					
	4				SH		BH											SH						SH		SH		SH		SH					
	5		SH		SH		BH						SH						GB						GB		SH		SH		BH				
	6		SH		BH		BH		SH				GB				SH		GB		SH		BH		BH		BH		BH		İH				
	7		SH		GB		BH		SH				GB			SH	GB		GB	SH	BH	SH	İH		İH		BH		BH		İH				
	8	SH	BH		GB		GB	SH	GB				GB	SH		SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB				
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB		SH		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		BH	SH	GB	SH	BH	SH	GB				
	10	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB				
	11	SH	GB		GB		GB	SH	GB		BH		GB	SH	SH	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB				
	12	SH	GB		GB		GB	SH	GB		SH		GB				GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB				
	13		SH		GB		GB		GB				GB				GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		İH		GB				
	14		SH		GB		GB		GB				GB				GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		İH		GB				
	15		SH		GB		GB		GB				GB	SH		SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB				
	16		SH		GB		GB		BH				GB	SH	SH	SH	İH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB		BH		GB				

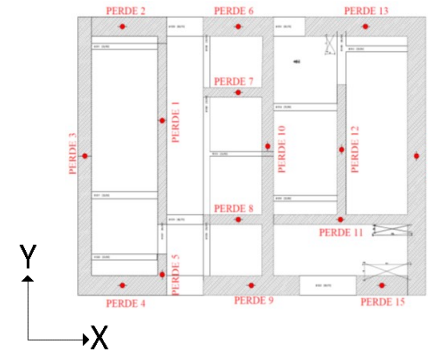


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.26. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri 'Chi-chi deprem ivme kaydı (90°).

TH 8-2		Chi-chi 1999 Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																													
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15			
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM		
	1		BH		SH		GB		BH				BH		SH		SH		SH		GB		BH		BH		SH		BH		BH		
	2		BH		İH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		BH				SH		SH		BH		BH		
	3		SH		SH		GB														SH				BH		SH		SH		SH		
	4				SH		BH																		SH		SH		SH		SH		
	5				SH		SH						SH						BH						GB		SH		SH		BH		
	6		SH		SH		BH						GB						GB		SH		SH		BH		BH		SH		İH		
	7		SH		BH		BH		SH				GB				SH		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH		
	8	SH	BH		GB		GB		BH				GB	SH		SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		İH		İH		GB		
	9	SH	BH		GB		GB	SH	GB		SH		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		BH	SH	GB	SH	BH		GB		
	10	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	SH		GB	GB	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	11	SH	GB		GB		GB		GB		BH		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		
	12		GB		GB		GB		GB		SH		GB				GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		
	13		SH		GB		GB		GB				GB				GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB
	14		SH		GB		GB		GB				GB				GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB
	15		SH		GB		GB		BH				GB				SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB	
16		SH		GB		GB		İH				GB	SH	SH	SH	İH		GB		GB	SH	GB		GB		İH		BH			GB		

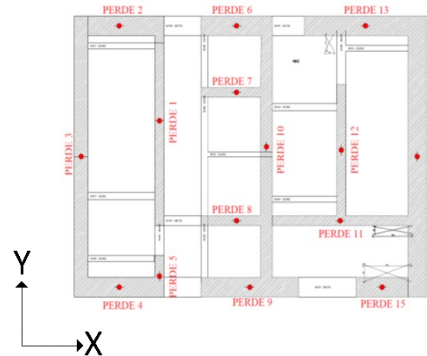


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.27. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Landers deprem ivme kaydı(0°).

TH 9	Landers 1992 Depremi		Betonarme Perde Elemanları																													
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15		
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	
	1		BH		SH		GB						SH						SH		BH		SH		BH					SH		
	2		SH		SH		GB																							SH		
	3		SH		SH		İH												SH							SH		SH		SH		
	4				SH		SH												SH						SH		SH		SH		SH	
	5		SH		SH		SH												GB						GB		SH		SH		BH	
	6		SH		SH		BH						GB						GB		SH		SH		BH		BH		BH		İH	
	7		SH		GB		BH		SH				GB				SH		GB		BH		BH		İH		BH		BH		İH	
	8	SH	BH			GB		GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB	
	9	SH	SH			GB		GB	SH	İH		SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		BH	SH	GB		BH		İH	SH	BH		GB
	10	SH	SH			GB		GB	SH	GB		SH		GB	SH	SH	GB	GB		GB		GB	SH	GB		BH		GB	SH	BH		GB
	11	SH	BH			GB		GB	SH	GB				GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB
	12		SH			GB		GB		GB				GB			SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB
	13		SH			GB		GB		GB				GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		BH		GB		BH		GB
	14		SH			GB		GB		GB				GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		BH		GB
	15					GB		GB		GB				GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB		GB		BH		GB		BH		GB
	16		SH			GB		GB		GB				GB			SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		BH	SH	GB

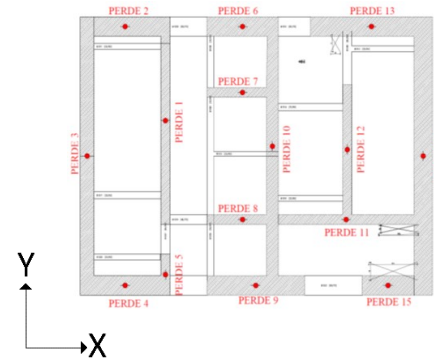


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.28. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Landers deprem ivme kaydı (90°)

TH 9-2	Landers 1992 Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		BH		SH		GB		SH				SH		SH		SH		SH		GB		SH		BH		SH		BH		SH			
	2		BH		BH		GB				SH		SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH			
	3		SH		SH		GB														GB				SH				SH					
	4		SH		SH		BH																	SH		SH		SH		SH				
	5		SH				SH																	GB		SH		SH		BH				
	6		SH				BH						SH				SH		BH				SH		SH		BH		SH		BH			
	7	SH	SH		SH		BH						BH	SH			GB		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH			
	8	SH	BH		GB		GB		BH				GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		İH		İH		GB			
	9	SH	BH		GB		GB		İH	SH	İH		GB	GB	GB	GB	GB		GB		GB	SH	GB		İH		İH		İH	SH	GB			
	10	SH	BH		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	SH	SH	GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB			
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			
	12		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH		SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			
	13		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			
	14		BH		GB		GB		GB		SH		GB	SH	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB			
	15		SH		GB		GB		GB				GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			
16		SH		GB		GB		GB				GB			GB	GB		GB		GB		GB		GB		GB		İH		GB				

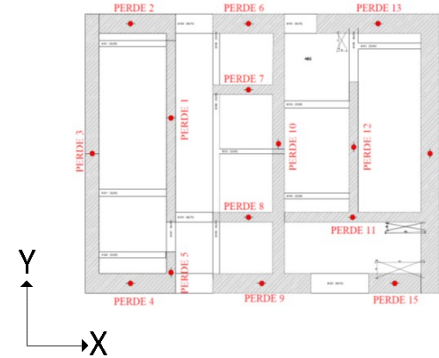


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.29. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kobe-Japonya deprem ivme kaydı(0°).

TH 10	Kobe-Japonya Depremi			Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15					
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM				
	1		İH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		SH				
	2		BH		BH		GB				SH		SH				SH		SH		SH				SH		SH		BH		SH				
	3		SH		SH		BH																	BH		SH		SH		SH					
	4		SH		SH		SH																	SH		SH		SH		BH					
	5		SH		SH		SH																		GB		SH		SH		İH				
	6	SH	SH		SH		SH						BH						SH				BH		SH		BH		SH		GB				
	7	SH	SH		GB		SH				SH		İH				BH		GB			SH	İH		SH		BH		SH		İH				
	8	SH	BH		GB		İH		BH				GB			SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		İH		GB			
	9	SH	GB		GB		GB		BH	SH	İH		GB	SH	GB	GB	GB		GB			GB	SH	GB		İH		İH		İH		GB			
	10	SH	İH		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	11	SH	GB		GB		GB		GB	GB	GB		GB	GB	BH	SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB			
	12		GB		GB		GB		GB		GB		GB	GB	İH	SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	13		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	14		GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB	SH	GB	SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	15		İH		GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	BH	SH	GB		GB			GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
16		BH		GB		GB		GB		SH		GB	GB	İH	SH	GB		GB			GB		GB		GB		GB		GB		GB				

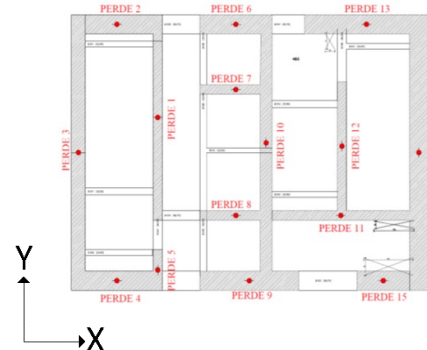


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.30. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Kobe-Japonya deprem ivme kaydı (90°).

TH 10-2	Kobe-Japonya Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		İH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		BH		İH		SH		BH		SH			
	2		BH		BH		GB				SH		SH				SH		SH		SH				SH		SH		BH		SH			
	3		SH		SH		BH																	BH		SH		SH		SH				
	4		SH		SH		SH																	SH		SH		SH		BH				
	5		SH		SH		SH																		GB		SH		SH		İH			
	6	SH	SH		SH		SH						BH						SH				BH		SH		BH		SH		GB			
	7	SH	SH		GB		SH				SH		İH				BH		GB			SH	İH		SH		BH		SH		İH			
	8	SH	BH		GB		İH		BH				GB			SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		BH		GB			
	9	SH	GB		GB		GB		BH	SH	İH		GB	SH	GB	GB	GB		GB		GB	SH	GB		İH		İH		İH		GB			
	10	SH	İH		GB		GB		GB	SH	SH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	11	SH	GB		GB		GB		GB	GB	GB		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	12		GB		GB		GB		GB		GB		GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB			
	13		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB			
	14		GB		GB		GB		GB	SH	BH		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	15		İH		GB		GB		GB	SH	BH		GB	GB	BH	SH	GB	SH	GB		GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB			
	16		BH		GB		GB		GB		SH		GB	GB	BH	SH	GB	SH	GB		GB		GB		GB		GB		GB		GB			

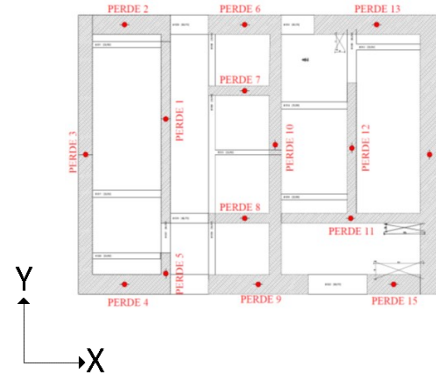


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.31. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce’Lamont’ deprem ivme kaydı(0°).

TH 11	Düzce'Lamont' Depremi		Betonarme Perde Elemanları																															
Kesit Hasar Bölgeleeri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15				
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM			
	1		İH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		SH		İH		SH		BH		SH			
	2		İH		İH		GB				SH		SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH			
	3		SH		SH		GB																			BH		SH		SH				
	4				SH		BH																			SH		SH		SH				
	5		SH		SH		BH												İH		SH					GB		SH		SH				
	6		SH		BH		BH					BH							GB		SH				BH		BH		BH		İH			
	7	SH	SH		GB		BH		SH				İH				SH		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH			
	8	SH	BH		GB		GB		İH				GB	SH	SH		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	İH		GB			
	9	SH	BH	SH	GB		GB	SH	İH	SH	GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		İH	SH	İH	SH	İH		GB			
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB			
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	12	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB			
	13		BH		GB		GB		GB	SH	BH		GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	14		SH		GB		GB		GB		SH		GB	SH	SH		GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB			
	15		SH		GB		GB		GB				GB	GB	İH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		İH		GB			
	16		SH		GB		GB		GB				GB	GB	İH	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB		BH			

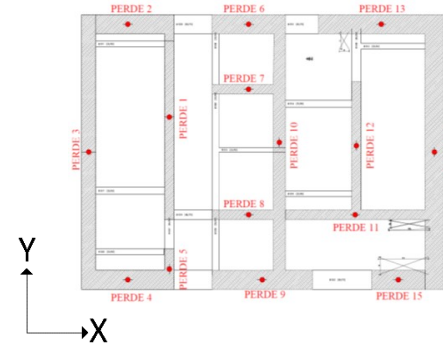


EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

Çizelge 6.32. Betonarme perde kesitleri için hasar bölgeleri ‘Düzce-Lamont deprem ivme kaydı (90°).

TH 11-2	Düzce'Lamont' Depremi (90°)		Betonarme Perde Elemanları																												
Kesit Hasar Bölgeleri	KAT	P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12		P13		P14		P15	
		EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM	EM	KM
	1		İH		SH		GB		SH		SH		SH		SH		SH		SH		GB		SH		İH		SH		BH		SH
	2		İH		İH		GB				SH		SH				SH		SH		SH						SH		BH		SH
	3		SH		SH		GB																		BH		SH		SH		
	4				SH		BH																		SH		SH		SH		SH
	5		SH		SH		BH												İH		SH				GB		SH		SH		BH
	6		SH		BH		BH					BH							GB		SH				BH		BH		BH		İH
	7	SH	SH		GB		BH		SH				İH				SH		GB		SH	SH	BH		BH		BH		BH		BH
	8	SH	BH		GB		GB		İH				GB	SH	SH		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	İH		GB
	9	SH	BH	SH	GB		GB	SH	İH	SH	GB		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		İH	SH	İH	SH	İH		GB
	10	SH	GB		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	GB	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB
	11	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	GB	SH	GB		GB
	12	SH	GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB	SH	GB	SH	GB
	13		BH		GB		GB	SH	GB	SH	BH		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB
	14		SH		GB		GB		GB		SH		GB	SH	SH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	SH	GB		GB		GB
	15		SH		GB		GB		GB				GB	GB	BH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	BH	GB		İH		GB
16		SH		GB		GB		GB				GB	GB	İH	SH	GB		GB		GB		GB		GB	BH	GB		BH		GB	



EM	Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3)
KM	Kesme mafsalı (Shear V2/V3)

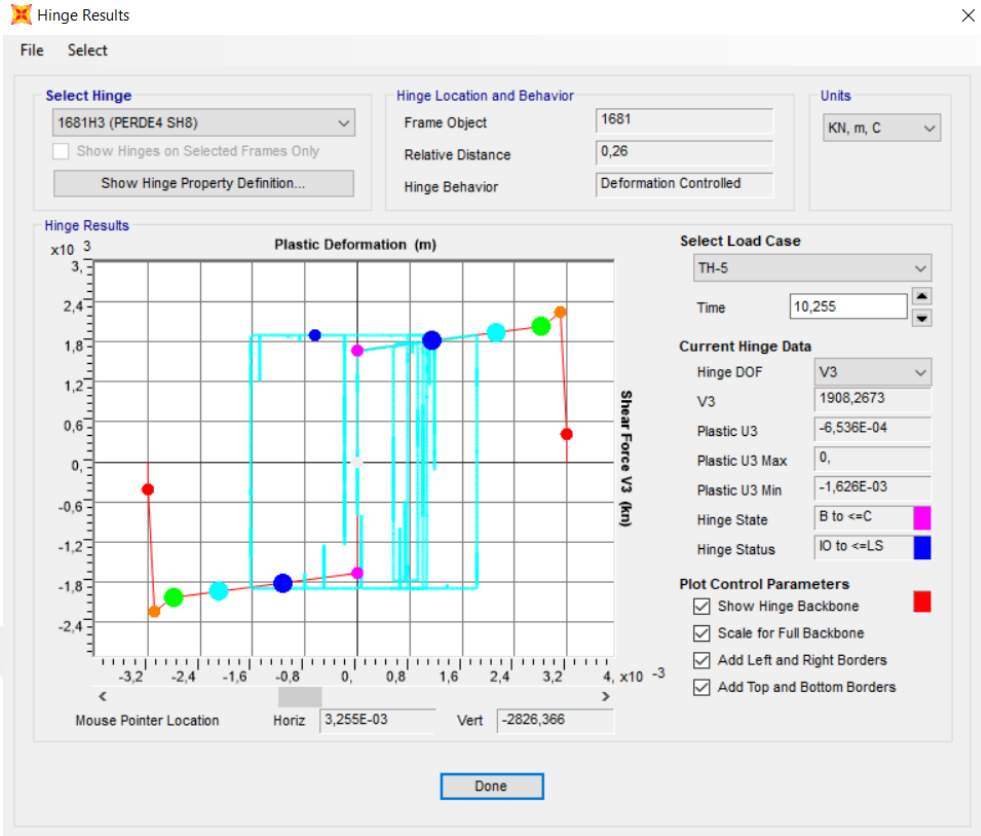
	Hasarsız Bölge
SH	Sınırlı Hasar Bölgesi
BH	Belirgin Hasar Bölgesi
İH	İleri Hasar Bölgesi
GB	Göçme Bölgesi

6.6.6. Kesme mafsalı (Shear V2/V3) için hasar durum değerlendirmesi

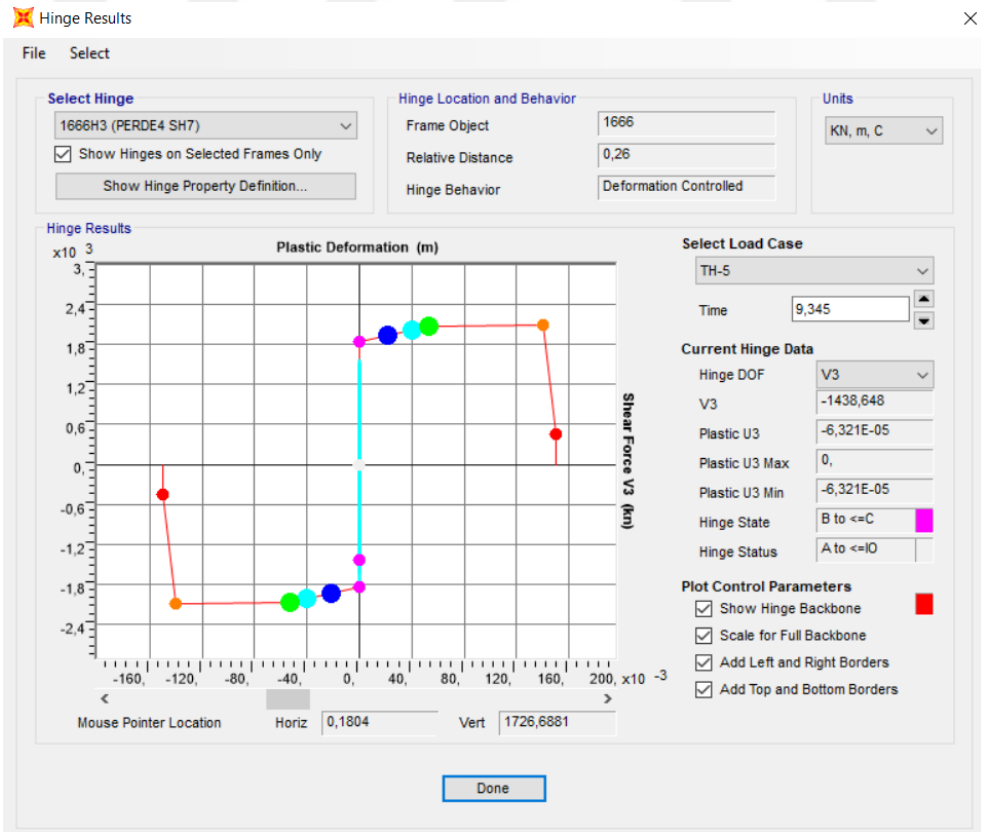
Betonarme perde kesitlerinde bulunan kesme mafsalı tanımları için Çizelge 6.11'den Çizelge 6.32'ye kadar verilen hasar bölgeleri ve eğilme-kesme mafsal yenilme durumlarında da görüleceği üzere, perde kesiti, bulunduğu kat ve deprem ivme kaydına göre davranışlar değişiklik göstermiştir. Deprem yüklerinin büyük kısmını karşılayan perde kesitlerinden bazıları, deprem ivme kayıt tipi ve eksenel yük seviyesine bağlı olarak, eğilme mafsalıdan yenilmekte, bazılarıysa kesme mafsalıdan dolayı yenilmekte (hasar almaktadır). Burada belirtilmesi gereken en önemli konu, tasarımda düktil davranışa yakın tasarlanan perde kesitlerinin maruz kaldığı eksenel yük değeri arttıkça, kesme sünekliğinin azalması, kesmeden dolayı yenilmenin gerçekleşmesidir. Kat bazında ve deprem ivme kaydına göre sınıflandırılan ve hasar bölgeleri belirtilen perde elemanların davranış çizelgelerine geniş perspektiften bakıldığında, %85'in üzerinde bir oranla, hasarın kesme kaynaklı olduğu görülmektedir.

Şekil 6.92'de Perde-4 kesiti, Şekil 6.93'de Perde-9 kesiti için, 11 deprem analizi altında maruz kaldığı kesme kuvvetleri ile, maksimum kesme kuvveti kapasitelerinin birlikte görüldüğü grafik verilmiştir. 11 deprem analizi altındaki kesme kuvveti grafikleri ile sınır kesme kuvveti grafiklerinin birbirine yaklaştığı noktalarda ve zaman tanım alanı analizleri kesme kuvveti değerlerinin sınır değerleri aştığı kısımlarda, perde kesitinde hasarların oluştuğu görülmüş, bulunan hasar bölgelerinin karşılaştırması bu grafik yoluyla da kontrol edilmiştir. Grafiklerin birbirinden uzaklaştığı kısımlarda hasar, minimuma inmiş, yaklaştığı ve birbirini kestiği kısımlarda göçme bölgelerine kadar gitmiştir.

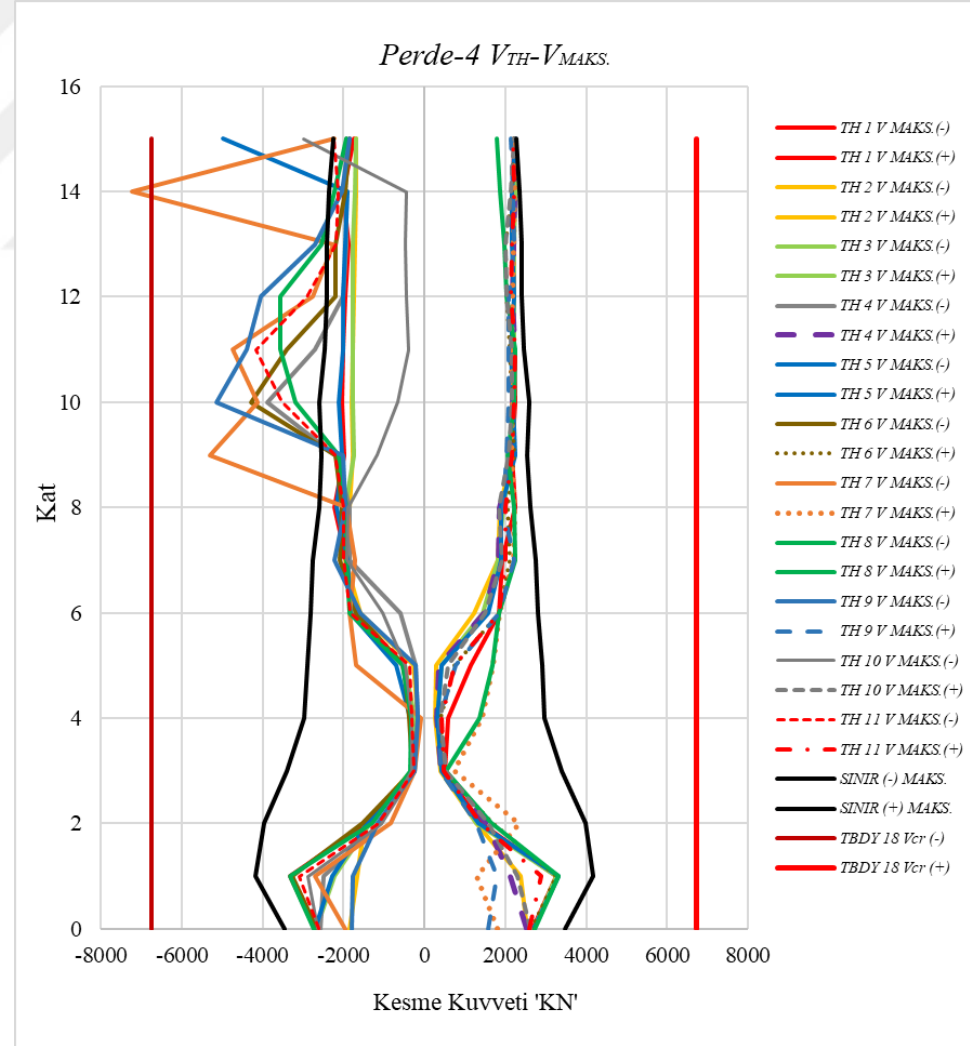
Şekil 6.90'da, 8. katta bulunan Perde-4 kesiti için örnek kesme mafsalı sonuç ekranı gösterilmiştir. Hasar durumu incelendiğinde, kesitin belirgin hasar bölgesinde olduğu, incelenen adımda aldığı kesme kuvveti değerinin V_{TH} : 1908 KN olduğu görülmektedir. Aynı perde için 7. katta bulunan kesitin incelenmesi sonucunda, Şekil 6.91'de verilen grafik ekranı ortaya çıkmıştır. Bu katta perde kesitinin sınırlı hasar bölgesinde olduğu görülmektedir. Zaman tanım alanı analizi altında üzerine gelen maksimum kesme kuvveti 1438 KN olarak bulunmuştur.



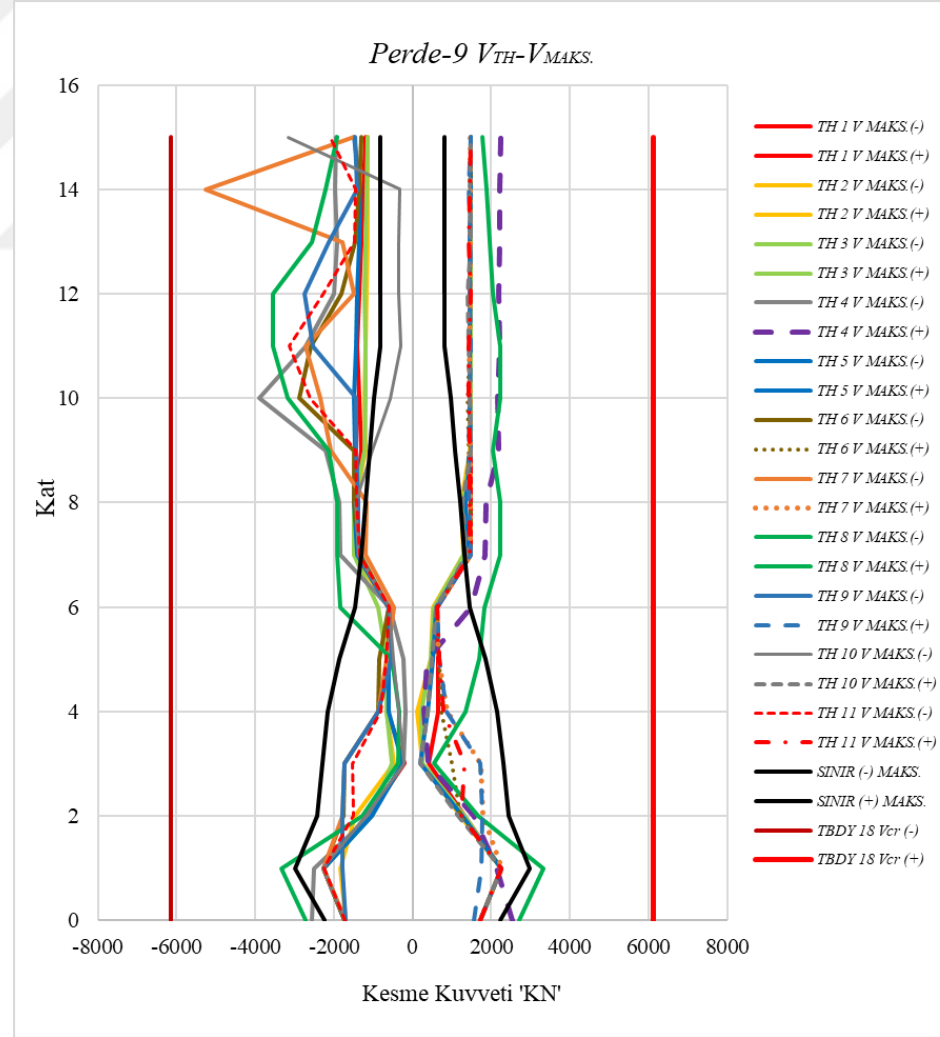
Şekil 6.90. Kat8-Perde-4 kesiti, kesme mafsalı örnek sonuç ekranı ‘TH-5’



Şekil 6.91. Kat7-Perde-4 kesiti, kesme mafsalı örnek sonuç ekranı ‘TH-5’



Şekil 6.92. Perde-4 için, $V_{TH}-V_{MAKS.}$ grafiği.



Şekil 6.93. Perde-9 için, $V_{TH}-V_{MAKS.}$ grafiği.

Şekil 6.92 ve Şekil 6.93’de TBDY18 V_{cr} (-) ve V_{cr} (+) olarak verilen sınır kesme kuvveti kapasitelerinin hesaplanması Çizelge 6.33’de verilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-18) Bölüm7’de belirtilen denkleme göre hesaplanan kesme dayanımı hesaplanmış, grafiklerde gösterilmiştir. Yine aynı grafiklerde RESPONSE2000 yazılımından elde edilen (eksenel yük seviyesi, moment ve kesme kuvveti altında) aynı kesit için kesme kuvveti dayanımları verilmiştir. Şekil 6.92 ve Şekil 6.93 incelendiğinde, TBDY18’e göre elde edilen kesme kuvveti dayanım eksenleriyle, deprem analizleri altındaki kesme kuvveti eksenleri birbirinden uzak kalmıştır. RESPONSE2000 yazılımından kat bazlı, eksenel yüke bağlı olarak hesaplanan kesme kuvveti dayanım grafikleri, deprem analizlerinden elde edilen kesme eksen çizgilerine yakın bir sonuç vermiştir.

Çizelge 6.33. TBDY18’e göre V_{cr} hesabı

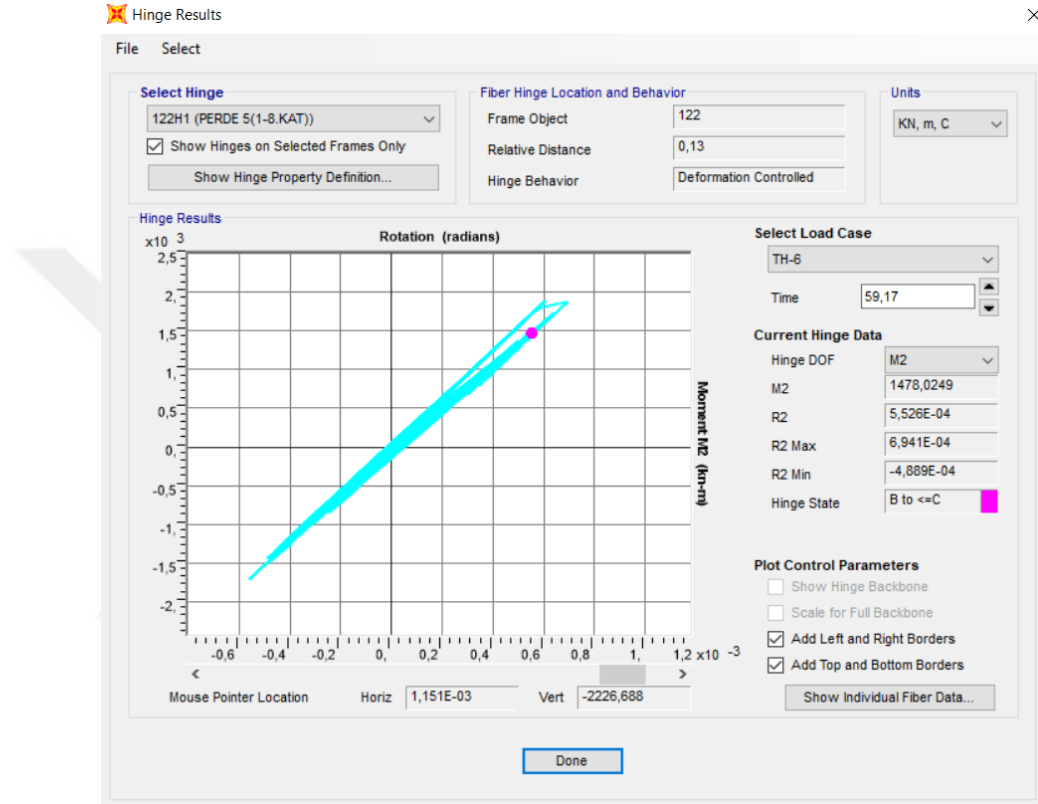
Perde Enkesit Boyutları (cm)		Perde kesitinin kesme dayanımı V_r				
Bw	80	A_{ch} m ²	ρ_{sh}	f_{ctd} (N/mm ²)	V_r (kN)	$A_{ch} \cdot (0.65 \cdot f_{ctd})$ kN
Lw	390	3,120	0,002827	1,476	6214,578	2992,780
Malzeme Dayanımları (N/mm ²)		$A_{ch} \cdot (\rho_{sh} \cdot f_{ywd})$ kN				
fck	40					
f _{ywd}	420					
Tevzi Donatısının						
Çapı (mm)	12					
Aralığı (cm)	10					

6.6.7. Eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3) için hasar durum değerlendirmesi

Yayıllı plastik davranışa göre modellenen perde kesitleri üzerine Fiber P-M2-M3 mafsalı tanımı yapılmış, perde kesitleri için hasar durumları gözlemlenmiştir. Perde kesitleri için alınan hasar durum çizelgelerine bakıldığında, daha önceki bölümde de belirtildiği üzere, eğilme kaynaklı hasar alma durumu, kesme nedenli hasar alma durumuna göre çok aşağılarda kalmış, perdelerin ciddi bölümü kesme kaynaklı hasar almış ve göçme bölgelerine kadar gitmiştir. Şekil 6.94, Şekil 6.95 ve Şekil 6.96’da çizelgelerde de belirtilen eğilme mafsalı tanımına binaen eğilme kaynaklı sınırlı hasar bölgesine giden Perde-5 kesitinin örnek mafsal sonuç ekranları gösterilmiştir.

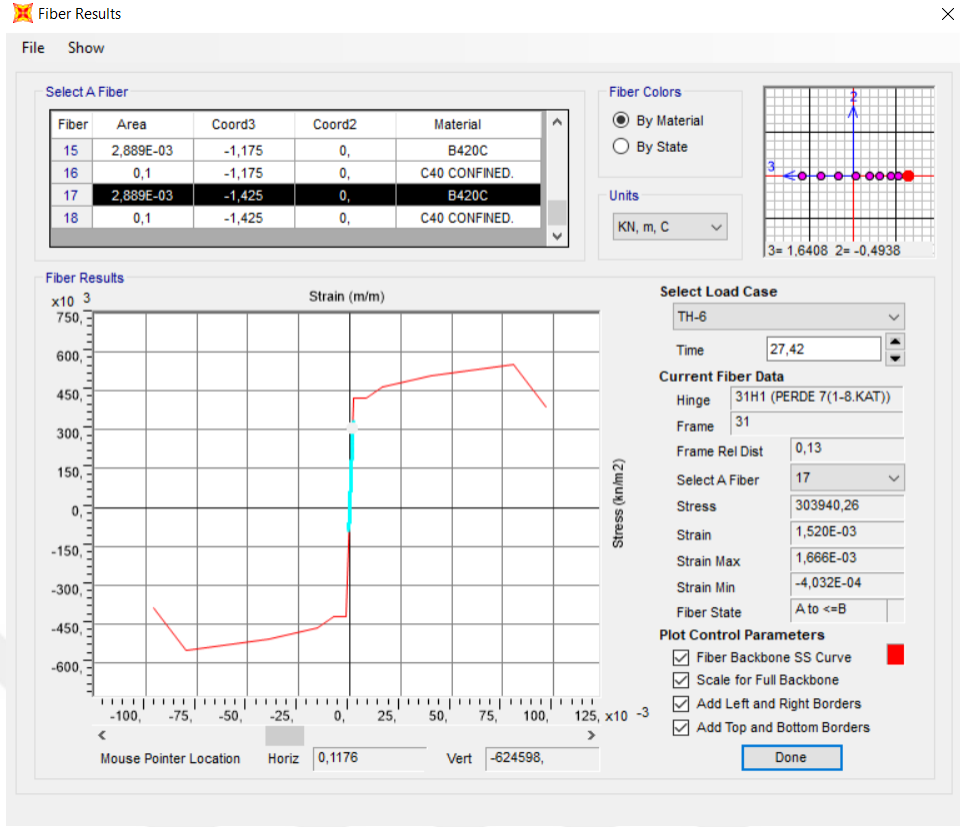
Yine Şekil 6.97 ve Şekil 6.98’de göçme bölgesine giden perde-7 kesitinin donatı çeliği ve sargılı beton mafsal sonuç ekranları gösterilmiştir.

Eğilmeden kaynaklı göçme bölgesinde bulunan perde kesitinde Fiber P-M2-M3 mafsal sonuç ekranındaki ‘Show İndividual Fiber Data’ sekmesi vasıtasıyla açılan ekrandan, dış kabuk beton (sargısız beton), iç beton (sargılı beton) ve donatı çeliği için ayrı ayrı malzeme modelleri ve analiz altındaki davranışları detaylı şekilde incelenmiştir.

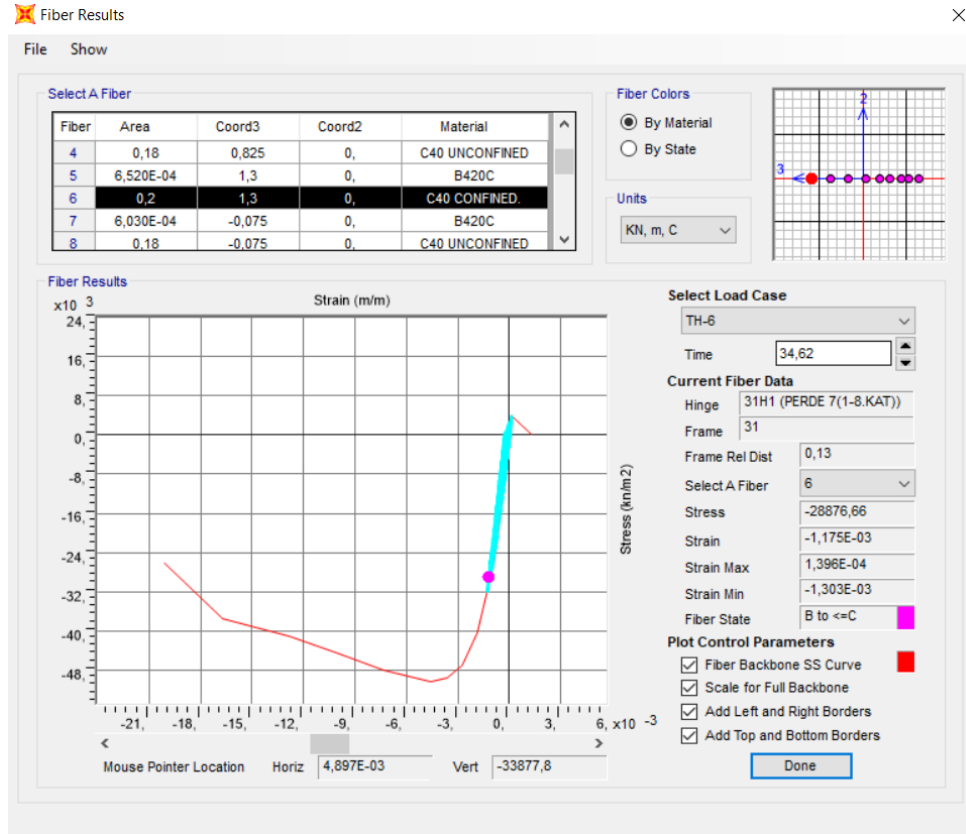


Şekil 6.94. Perde-5 kesiti Fiber P-M2-M3 mafsal sonuç ekranı.

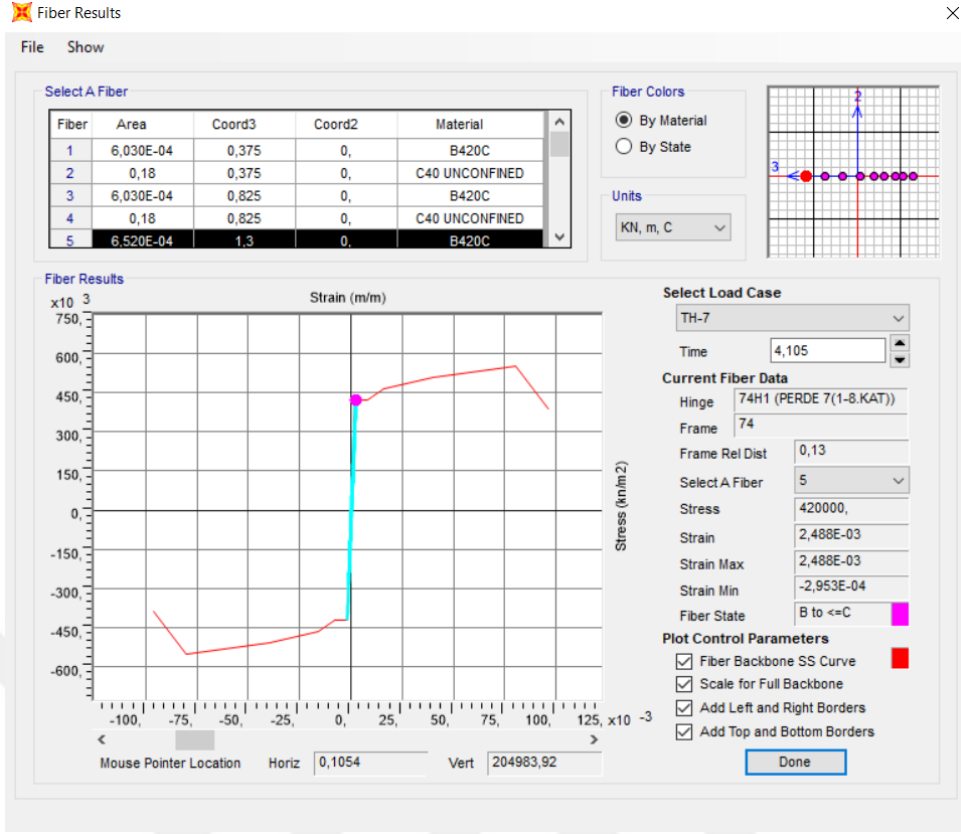
Perde-5 kesiti için verilen, Şekil 6.94 ve Şekil 6.95 incelendiğinde, perde eleman için hasarın çekme çatlaklarından kaynaklı olduğu söylenebilir. Aynı şekilde, Perde-7 kesiti için göçme bölgesi hasar durumuna gitme davranışının gözlemlendiği Şekil 6.97 ve Şekil 6.98’e bakıldığında, sargılı beton davranışında, kesitin grafik üzerinde ileriye devam etmediği, çekme bölgesine gittiği görülmektedir.



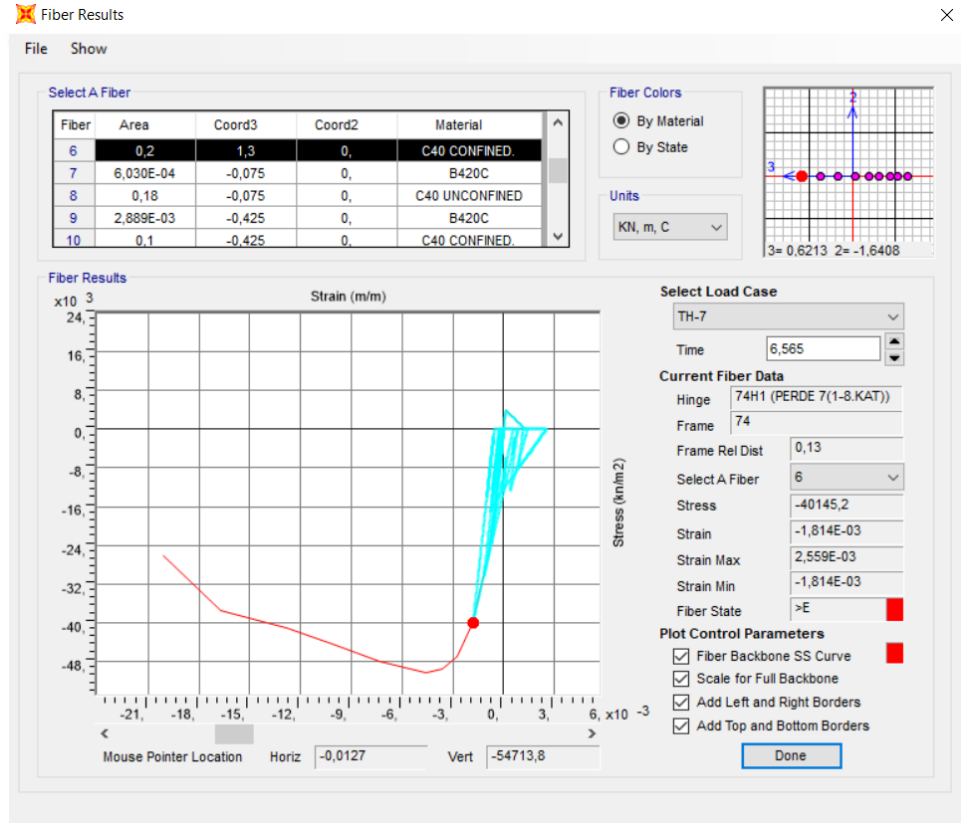
Şekil 6.95. Fiber P-M2-M3 donatı çeliği davranış grafiği- Perde 5



Şekil 6.96. Fiber P-M2-M3 sargılı beton davranış grafiği- Perde 5



Şekil 6.97. Fiber P-M2-M3 donatı çeliği davranış grafiği- Perde 7



Şekil 6.98. Fiber P-M2-M3 sargılı beton davranış grafiği- Perde 7

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İstanbul İli sınırlarında bulunan çok katlı betonarme yapının TBDY18 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018)'e göre lineer olmayan analizi gerçekleştirilmiş, yüksek katlı betonarme binaların analizlerinde yapılacak, malzeme, yapı kesiti (kolon, kiriş, perde), rijitlik çarpanı, mafsallık tanımı gibi başlıklar üzerinde durulmuş, yüksek binaların lineer olmayan analiz süreçlerinde karşılaşılan ve karşılaşılmaması olası sorunlara çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yapının üst katlarındaki perde kesitlerinde meydana gelen hasarlar, çoğunlukla sargılı betonda meydana gelen çekme çatlaklarından dolayı meydana gelmiştir.
- Perdeli-çerçeve taşıyıcı sisteme sahip olan yapı için, analizler sonucunda, deprem kuvvetlerinin büyük kısmını perdelerin karşıladığı görülmektedir. Analizler altında yapı taşıyıcı kesitlerinin hasar durumlarına bakıldığında, en çok ve en ciddi hasarların perde kesitlerinde meydana geldiği görülmüştür.
- Yapı çekirdek bölgesinde bulunan perde kesitlerinin boyutları ve çalışma doğrultularına bakıldığında, plandaki doğrultu ve ilgili deprem kayıt çiftine göre hasar durumlarının değiştiği görülmektedir.
- Dış çerçeve kolonlarında en ciddi hasarlar köşe kolonlarda meydana gelmiş, diğer orta kolonlarda hasar minimum da seyretmiştir.
- Analiz sonuçlarında, kiriş kesitlerinin hasar durumları belirgin hasar bölgesini geçmemiş, kirişlerde en ciddi hasarlar yine dış çerçeve kirişlerinde meydana gelmiştir. İç çekirdek te bulunan bağ kirişlerinde ise hasar, sınırlı hasar bölgesinde kalmıştır.
- Perde kesitlerinin lineer olmayan analizlerinde yapılan, eğilme mafsallık tanımı için, yığılı plastik davranışa göre 'Fiber P-M2-M3' mafsallık tanımının, sonuçlara bakıldığında, ilgili perde kesitlerinin davranışlarına en yakın sonucu veren tanım şeklidir.
- Perde kesitleri için mafsallık boyu (hinge length) $0,5L_p$ alınmıştır. Perde çalışma doğrultusu uzunluğuna bağlı olarak $0,5L_p$ değerinin perde çalışma yüksekliğini geçtiği perde kesitlerinde bu oran daha düşük alınmıştır. $0,5L_p$ tanımı, sonuçlara

bakıldığında öngörülebilir ve makul değerler vermiş, perdeler için mafsalsal boyu tanımında genel olarak kabul edilebilir bir değer olarak ifade edilebilir.

- TBDY18’de perde kesitleri için verilen V_{cr} ‘Kritik perde kesme kuvveti’ formülüne göre, kritik kesme kuvveti bulunacak perde kesitleri için eksenel yük dikkate alınmamaktadır. Kolon ve kiriş kesitleri için kritik kesme kuvveti formüllerinde, TS500’de de belirtildiği üzere eksenel yük dikkate alınırken, perde kesitleri için TBDY18’de verilen formülde eksenel yükün dikkate alınmaması, ilgili perde elemanlar için yapılan analizlerde, doğru davranış sonuçlarının bulunabilirliğini zorlaştırdığı düşünülmektedir. TBDY18’de verilen formüle göre yapı çekirdek bölgesinde bulunan bir perde kesiti için kritik kesme kuvveti hesaplanmış, Çizelge 6.33’de verilmiştir. Bu değer, 11 deprem takım analizi altında ilgili perde kesitine gelen maksimum kesme kuvvetleri ile aynı grafik üzerinde gösterilmiştir(Şekil 6.91). Zaman tanım alanında lineer olmayan analizler altında perde kesitine gelen kesme kuvvetleri, TBDY18’de belirtilen kesme kuvveti sınırına ulaşmamakta, aynı zamanda göçme bölgesinde olduğu tespit edilen perde kesitlerinin sınır kesme kuvveti değerine ulaşmadığı görülmektedir. Yine aynı grafikte, RESPONSE2000 yazılımında modellenen perde için, bulunduğu kat ve aldığı eksenel yüke bağlı olmak üzere, maksimum kesme kuvveti ‘ V_{kr} ’ yükü bulunmuş ve gösterilmiştir. Bu grafiğe bakıldığında, hasar belirleyici kritik kesme kuvvetinin TBDY18’e göre bulunan kesme kuvveti değeri olmadığı, RESPONSE2000’den elde edilen kritik kesme kuvveti grafiğinin gerçeğe yakın bir sonuç verdiği açıkça görülmektedir.
- Eksenel yük, perdeler için kritik analiz yüküdür. Aynı perde kesiti için, eksenel yük değeri arttıkça kesme sünekliği azalmaktadır.
- Yapılan, zaman tanım alanında lineer olmayan analizlerde, betonarme yüksek yapıda bulunan perde kesitleri üzerine tanımlanan eğilme mafsalları (Fiber P-M2-M3), ilgili kesitin çalışma yüksekliğine göre 0,13H ve 0,87H noktalarına tanımlanmıştır. Yine aynı perde kesitleri üzerine tanımlanan kesme mafsalları (Shear V2/V3) ilgili kesitin çalışma yüksekliğine göre 0,26H noktasına tanımlanmıştır. Perde kesitleri için kesme ve eğilme mafsalsal tanım noktaları konusunda, literatürde yapılan çalışmalara da bakıldığında, mafsalsal tanımlarının, doğru hasar sonuçlarının elde edilebilmesi için aynı noktaya tanımlanması doğru değildir. Dolayısıyla, ilgili perde kesitlerinde, alt uçta, birbirine yakın noktalara

yapılan kesme ve eğilme mafsalı tanımlarına göre hasarlar incelenmiştir. Tanımı yapılan mafsallar ve noktalarına göre hasar sonuçları, makul ve öngörülebilir sonuçlar vermiştir.

- Kesme mafsalı tanımı, analizi yapılan yüksek yapının perde kesitleri için verilen hasar durumları incelendiğinde, olmazsa olmaz bir başlık olarak karşımıza çıkmaktadır. Perde hasar durumları incelendiğinde, perde kesitlerinde bulunan hasarlarının %85 gibi bir oranla kesmeden kaynaklı olduğu bulunmuştur. Betonarme perdeler, kesmeden dolayı yenilen, kesme davranışı kritik yapı kesitleridir. Yüksek yapı modellemesi ve analizi yapan tasarımcı mühendis, betonarme perdelerin eğilme elemanı olması düşüncesinden önce, kesme kuvveti kritik elemanlar olduğunu göz önüne almalı, yapı analizini ve davranış öngörüsünü bu mantığa göre gözden geçirmelidir.
- Betonarme yüksek yapı analizinde, +0,00 kotundan yukarı 16. kata kadar (bodrum katlar dahil), yapı kesitleri üzerine mafsalı tanımları yapılmıştır. 16.kattan yukarı (+57,30 kotundan yukarı) tüm katların lineer davrandığı kabulü yapılmıştır. Hasar alacağı varsayılan ve mafsalı tanımı yapılan katlarda bulunan yapı kesitlerinin etkin kesit rijitlikleri TBDY18 Bölüm 5' e göre hesaplanmıştır. Etkin kesit rijitlikleri 17.kat ve yukarısında, TBDY18 Tablo 4.2'ye göre alınmıştır. Etkin kesit rijitlik çarpanlarına bağlı olarak, yapı kesitlerinin analizler altındaki davranışları ve hasar durumları değişkenlik göstermektedir. Zaman tanım alanında lineer olmayan analizi yapılan yüksek katlı yapıların, lineer davranmadığı öngörülen kat seviyelerinde taşıyıcı kesitler için, etkin kesit rijitlik çarpanlarının doğru elde edilmesi, yapı davranışını ve yapı elemanlarına gelen yüke bağlı olarak hasar durumlarını doğrudan etkilemektedir. Yapı analizlerinde bu başlığın üzerinde özellikle durulmalıdır.
- Zaman tanım alanında lineer olmayan analize göre, betonarme bina, maksimum kat ötelenmelerini 'Hector Mine' depremi altında vermiştir. Maksimum görelî kat ötelenmeleri, x ve y yönünde yine 'Hector Mine' depremi altında bulunmuştur.
- TBDY18 Bölüm 13'de verilen maksimum görelî kat ötelenmeleri oranı sınırı ve bir kat için maksimum görelî kat öteleme oranı sınırları, yapı analizlerinden elde edilen değerler ile karşılaştırılmış, x ve y yönü için Şekil 6.85 ve Şekil 6.86'da verilmiştir. Bu grafiklere bakıldığında, yönetmelikte belirtilen sınır değerlerin aşılmadığı görülmektedir.

- Zaman tanım alanında lineer olmayan analiz aşamalarında, poligon kolonların SAP2000 Yapısal analiz programında modellenmesi, mafsal tanımları ve hasar durumları incelemeleri, özel dikkat gerektiren bir başlıktır. Poligon kolonların şekil ve boyutlarına bağlı olarak, SAP2000, yazılım algoritmasında belli düzeltmelere gitmekte, bu düzeltmeler sonrası analizi gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla bu kolonların SAP2000’de ‘Section designer’ bölümünde modellenmesi sonrası analiz aşamalarında, mafsal tanımlarında yaptığı kabullerin doğruluğu tartışmaya açıktır.
- Zaman tanım alanında lineer olmayan analiz aşamalarında, analiz süresini kısaltmak adına P-D etkileri ihmal edilmiş, betonarme kolon ve perdelerde oluşacak II. mertebe momentlerin oluşması engellenmiştir. P-D etkileri dikkate alındığında plastik mafsal dönmelerinin artacağı, yapı genel hasar durumları için gerçeğe daha yakın sonuç elde edilebileceği söylenebilir.
- Yapı hasar durumları incelendiğinde, betonarme perde kesitlerinin %85’inden fazlasında hasarın kesme kaynaklı olduğu, eğilmeden dolayı yenilen ve hasar alan perde yüzdesinin az olduğu görülmektedir.
- Betonarme perde kesitleri için tanımlanan eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3), ilgili perde kesitinin belli alanlara bölünerek her bir alan için, beton ve donatı alanının veri olarak girilmesiyle oluşturulur. Eğilme mafsalı tanım ekranında bu verilere uygun çözüm yapma seçeneğine alternatif olarak, SAP2000 ‘section designer’ sekmesinde donatı ve beton alanı oluşturularak, ‘default from section’ seçeneğinden, oluşturulan kesite göre yığılı plastik davranışa göre analiz gerçekleştirilebilir.
- Betonarme perdeler için, yüksek katlı yapıların lineer olmayan analizlerinde, kesme mafsalı tanımı, kesit davranışını doğrudan etkilemekte, ilgili perdenin hasar durumunu değiştirmektedir. Perde kesitleri için sadece eğilme mafsalı (Fiber P-M2-M3) tanımı yapmak, kesitin ilgili deprem analizi altındaki davranışını gözlemlemek adına yeterli olmamaktadır.
- Betonarme yüksek yapı modeli için yapılan 22 farklı deprem analizi, toplamda 30 günlük bir sürede tamamlanmış ve beraberinde 5 TB depolama alanı ihtiyacı doğurmuştur. Bu tip yüksek katlı yapıların zaman tanım alanında lineer olmayan analizleri için depolama kapasitesine sahip, çözüm hızı yüksek bilgisayarların tedariki elzemdir.

8.KAYNAKÇA

- [1] Anwar, N. & Eng, D., “Modelling Of Shear Walls For Nonlinear And Pushover Analysis Of Tall Buildings,” *Asian Institute of Technology 14th ASEP International Convention*, ss. 6-54, 2009.
- [2] B.L. Brueggen, “Performance of T-shaped Reinforced Concrete Structural Walls under Multi-Directional Loading,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Minnesota Üniversitesi, Minnesota, Amerika Birleşik Devletleri, 2009.
- [3] A. Bhosale, “Seismic Evaluation Of R/C Framed Building Using Shear Failure Model,” Doktora tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Rourkela Ulusal Teknoloji Enstitüsü, Orissa, Hindistan, 2012.
- [4] A. A. & K. T. T. Balendra, “Seismic Performance of Buildings Subjected to Long Distant Earthquakes Considering Post Local Shear Failure,” *15. Dünya Deprem Mühendisliği Konferansı*, ss. 2-6, 2012.
- [5] D. Uzun, “33 Katlı Betonarme Yüksek Bir Binanın Deprem Davranışına Farklı Döşeme Sistemlerinin Etkisi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [6] B. H. Stana, “Linear and Nonlinear Analysis of a High-rise Building Excited by Earthquake,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Norveç Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Trondheim, Norveç, 2014.
- [7] J. M. D. Bezelga, “Coupling Beams of Shear Walls / Modelling Procedure for the Seismic Analysis of RC Structures,” *Lizbon Yüksek Teknoloji Enstitüsü Dergisi*, ss. 2-9, 2015
- [8] E. Saral, “Betonarme Yüksek Binaların Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemleri İle Deprem Performanslarının Belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2015.

- [9] R. E. Yükselen, “Seismic Performance Of Steel-Concrete Composite Building With Reinforced Concrete Shear Walls,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2015.
- [10] E. Budak, “Performance Based Seismic Design Of Reinforced Concrete Tall Buildings,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [11] F. Dadaş, “Farklı Taşıyıcı Sisteme Sahip Betonarme Yüksek Binaların Deprem Performanslarının İncelenmesi,” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2017.
- [12] S. E. Dursun, “A Comparative Study On Nonlinear Modeling Of Structural Walls,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2018.
- [13] S. Topçu, “Betonarme Yüksek Bir Binanın Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Tasarımının İrdelenmesi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2019.
- [14] T. Akbaş, “İki Betonarme Binada Bağ Kirişleri Etkisinin Operasyonel Modal Analiz ve Sonlu Eleman Yöntemleriyle Belirlenmesi,” Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2020.
- [15] Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, “*İstanbul Yüksek Binalar Deprem Yönetmeliği*,” İstanbul, 2008.
- [16] Ç. v. Ş. Bakanlığı, “*TBDY-18 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*,” Ankara, 2018.
- [17] AFAD, Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığı. “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları”. Erişim 01 Şubat 2019. [https:// tdth.afad.gov.tr](https://tdth.afad.gov.tr)

- [18] PEER, Groun Motion Database “Peer Yer Hareketleri Veri Tabanı”. Erişim 01 Mayıs 2020. <https://ngawest2.berkeley.edu>
- [19] T. S. Enstitüsü, TS 500 "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları", Ankara, 2000.
- [20] C.S.I., “*CSI Analysis Reference Manual For SAP2000,*” Computers and Structures Inc., 2021.
- [21] STA4CAD, Bilgisayar Programı, Sta Yazılım, 2019.
- [22] Celep, Z. (2014). *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme* (2.Basım). İstanbul: Beta Dağıtım.
- [23] Celep, Z. (2015). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı yapı Tasarımı*. İstanbul: Beta Dağıtım.
- [24] Chopra, A. K. (2015). *Yapı Dinamiği Teori ve Deprem Mühendisliği Uygulamaları* (1.Basım). Ankara: Palme Yayıncılık.
- [25] *SAP2000, Bilgisayar Programı*, CSI, 1996.
- [26] *RESPONCE2000, Bilgisayar Programı*, Evan C. Bentz, 1996.
- [27] K. Darılmaz, Depreme dayanıklı binaların tasarımına giriş, Ders Notları, İ.T.Ü., İnşaat Fakültesi, 2019.
- [28] *SEİSMO MATCH, Bilgisayar Programı*, SEISMOSOFT, 2021.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Muhammet Fatih MUTLU

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2017
Lise	Prof. Dr. Sabahattin Zaim Anadolu	Lisesi	2013

YAYINLAR

M. F. Mutlu, A.Şamandar, ‘Betonarme Perdelerin Elastik Ötesi Davranışlarının, Farklı Modelleme Yaklaşımlarıyla İncelenmesi,’ *10. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, ss. 1539-1547, İstanbul, 2022.