

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

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

**BETONARME KARKAS BİR YAPININ
TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ 2007' DEKİ ÇÖZÜM
YÖNTEMLERİ İLE DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ
VE TÜRKİYE' DE KULLANILAN ÜÇ PROGRAM İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Taner KILIÇ

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU**



MANİSA-2019

**Taner
KILIÇ**

**BETONARME KARKAS BİR YAPININ TÜRK DEPREM YÖNETMELİĞİ 2007’ DEKİ
ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ İLE DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ VE
TÜRKİYE’ DE KULLANILAN ÜÇ PROGRAM İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

2019

TEZ ONAYI

Taner KILIÇ tarafından hazırlanan “**Betonarme Karkas Bir Yapının Türk Deprem Yönetmeliği 2007’ deki Çözüm Yöntemleri ile Deprem Performansının İncelenmesi ve Türkiye’ de Kullanılan Üç Program ile Karşılaştırılması**” adlı tez çalışması 08/03/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’** da **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ali DEMİR
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Emre ERCAN
Ege Üniversitesi

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Taner KILIÇ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	VI
TEŞEKKÜR.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XI
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	4
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Analizi	4
3.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Analizi	7
3.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözüm Yöntemi ile Performans Analizi.....	10
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	12
4.1. Genel Yapı Bilgileri	12
4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi ...	14
4.2.1. Çatlamış Kesit Eğilme Rijitliklerinin Hesaplanması	14
4.2.2. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Belirlenmesi	15
4.2.3. Yapısal Elemanların Performanslarının Belirlenmesi	22
4.2.3.1. Kolon Performans Değerlendirmesi.....	22
4.2.3.2. Kiriş Performans Değerlendirmesi.....	26
4.2.3.3. Betonarme Perde Performans Değerlendirmesi	31
4.2.4. Göreli Kat Ötelenmelerinin Kontrolü	32
4.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi	36
4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	54
EKLER.....	55
EK A.....	56
EK B.....	78
EK C.....	85
ÖZGEÇMİŞ	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AEDY	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü
A(T₁)	T ₁ periyodu için spektral ivme katsayısı
A_o	Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	Kolon ve perde brüt kesit alanı
A_s	Donatı kesit alanı
a₁	Birinci moda ait modal ivme
b_w	Kiriş genişliği
C_{R1}	Birinci moda ait spektral yer değıştirme
d	Kiriş ve kolon faydalı yüksekliği
d₁^(p)	Modal yer değıştirme talebi
d_{fi}	Bina i' inci katında F _i ' ye bağılı yer değıştirme
EDY	Eşdeğer Deprem Yüğü
El₀	Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
El_e	Çatlamış kesite ait eğilme Rijitliği
f_{cm}	Beton dayanımı
f_{ctm}	Beton çekme dayanımı
F_{fi}	Birinci titreşim periyodu hesabında kullanılan i' inci kata etkiyen fiktif yük
I	Bina önem katsayısı
L_p	Plastik mafsall boyu
N_D	Düşey yükler altında elemanlarda oluşan normal kuvvet
N_K	Moment kapasitesine karşılık gelen normal kuvvet
r	Etki/Kapasite oranı
R_a(T₁)	T ₁ periyodu için deprem yüğü azaltma katsayısı
S_{ae1}	Birinci moda ait spektral ivme
S_{de1}	Birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değıştirme
S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan spektral yer değıştirme
S(T)	Spektrum katsayısı
T_A,T_B	Spektrum karakteristik periyodu
u_{N1}^(p)	Bina tepe yer değıştirme istemi
V_e	Esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_t	Taban kesme kuvveti

ZTADOA	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz
W	Binanın hareketli yükler dahil toplam ağırlığı
$w_1^{(1)}$	Başlangıç itme adımında birinci moda ait doğal titreşim periyodu
ΔF_N	Binanın N' inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
δ_i	Binanın i' inci katındaki göreceli kat ötelenmesi
ϵ_c	Beton birim şekil değişimi
ϵ_{cu}	Beton ezilme birim kısalması
ϵ_s	Donatı birim şekil değişimi
ϵ_{sy}	Donatı akma birim şekil değişimi
ϕ_p	Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	Eşdeğer akma eğriliği
Γ_{N1}	Birinci moda ait katkı çarpanı
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatı oranı
Φ_{N1}	Birinci moda ait genlik değeri
θ_p	Plastik dönme istemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kolon ve perde normal kuvvet ve moment kapasite hesabı	5
Şekil 3.2. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu	8
Şekil 4.1. Yapının plan görünüşü	13
Şekil 4.2. Yapının 3B modeli	14
Şekil 4.3. Zemin sınıfına bağlı spektrum grafiği	18
Şekil 4.4. Yapı 3B analiz modeli	21
Şekil 4.5. Y ve X yönlerinde eşdeğer deprem yükleri altında yapının deforme olmuş halleri.....	21
Şekil 4.6. S107 kolon kesiti.....	23
Şekil 4.7. S107 kolonu etkileşim diyagramı	23
Şekil 4.8. K102 kirişi mesnet kesiti	26
Şekil 4.9. K102 kirişi moment kapasitesi.....	28
Şekil 4.10. P105 perdesi etkileşim diyagramı	32
Şekil 4.11. Örnek eleman mafsalları tanımlaması	36
Şekil 4.12. El hesabı ile elde edilen y yönü itme eğrisi	37
Şekil 4.13. El hesabı ile elde edilen modal kapasite eğrisi	38
Şekil 4.14. Spektral ivme - spektral yer değiştirme	39
Şekil 4.15. Sistemde oluşan plastik mafsallar	39
Şekil 4.16. Kocaeli benzeştirilmemiş ivme kayıtları	45
Şekil 4.17. Kocaeli benzeştirilmiş ivme kayıtları	45
Şekil 4.18. Kobe benzeştirilmemiş ivme kayıtları	45
Şekil 4.19. Kobe benzeştirilmiş ivme kayıtları	46
Şekil 4.20. Northridge benzeştirilmemiş ivme kayıtları	46
Şekil 4.21. Northridge benzeştirilmiş ivme kayıtları	46
Şekil 4.22. Benzeştirilmiş ivme spektrumu.....	47
Şekil 4.23. Tepe yer değiştirme zaman grafiği	47
Şekil 4.24. Taban kesme kuvveti zaman grafiği	48
Şekil Ek A.1. EDY +X yönü birinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	68
Şekil Ek A.2. EDY +X yönü ikinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	68
Şekil Ek A.3. EDY +X yönü üçüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	68
Şekil Ek A.4. EDY +X yönü dördüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	69
Şekil Ek A.5. EDY +Y yönü birinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	69
Şekil Ek A.6. EDY +Y yönü ikinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	69
Şekil Ek A.7. EDY +Y yönü üçüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	70
Şekil Ek A.8. EDY +Y yönü dördüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu	70
Şekil Ek A.9. EDY +X yönü birinci kat V_e karşılaştırma tablosu	70
Şekil Ek A.10. EDY +X yönü ikinci kat V_e karşılaştırma tablosu.....	71
Şekil Ek A.11. EDY +X yönü üçüncü kat V_e karşılaştırma tablosu	71
Şekil Ek A.12. EDY +X yönü dördüncü kat V_e karşılaştırma tablosu.....	71

Şekil Ek A.13. EDY +Y yönü birinci kat V_e karşılaştırma tablosu	72
Şekil Ek A.14. EDY +Y yönü ikinci kat V_e karşılaştırma tablosu.....	72
Şekil Ek A.15. EDY +Y yönü üçüncü kat V_e karşılaştırma tablosu	72
Şekil Ek A.16. EDY +Y yönü dördüncü kat V_e karşılaştırma tablosu.....	73
Şekil Ek A.17. EDY +X yönü birinci kat giriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	73
Şekil Ek A.18. EDY +X yönü ikinci kat giriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	73
Şekil Ek A.19. EDY +Y yönü birinci kat giriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	74
Şekil Ek A.20. EDY +Y yönü ikinci kat giriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	74
Şekil Ek A.21. EDY +X yönü birinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	74
Şekil Ek A.22. EDY +X yönü ikinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	75
Şekil Ek A.23. EDY +X yönü üçüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	75
Şekil Ek A.24. EDY +X yönü dördüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	75
Şekil Ek A.25. EDY +Y yönü birinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	76
Şekil Ek A.26. EDY +Y yönü ikinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	76
Şekil Ek A.27. EDY +Y yönü üçüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	76
Şekil Ek A.28. EDY +Y yönü dördüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu.....	77
Şekil Ek B.1. B programı ile elde edilen itme eğrisi.....	83
Şekil Ek B.2. B programı ile elde edilen modal kapasite eğrisi.....	83
Şekil Ek B.3. El hesabı ve B programı karşılaştırmalı itme eğrileri	84
Şekil Ek B.4. El hesabı ve B programı karşılaştırmalı modal kapasite eğrileri ..	84
Şekil Ek C.1. Zaman tanım alanında hesap yöntemi eleman plastik mafsalları durumları	88
Şekil Ek C.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi eleman plastik mafsalları durumları	88
Şekil Ek C.3. Çözüm yöntemine göre taban kesme kuvveti değerleri.....	89
Şekil Ek C.4. Çözüm yöntemine göre elde edilen tepe yer değiştirmeleri	89
Şekil Ek C.5. Kat planı ve eleman isimleri	91

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. TDY2007' de yer alan betonarme kirişler için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları	6
Tablo 3.2. TDY2007' de yer alan betonarme kolonlar için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları	6
Tablo 3.3. TDY2007' de yer alan betonarme perdeler için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları	6
Tablo 3.4. Görelî kat ötelenmeleri sınır değerleri	7
Tablo 4.1. Genel yapı bilgileri	12
Tablo 4.2. El hesabı ile elde edilen kat kütleleri	16
Tablo 4.3. A programı ile elde edilen kat kütleleri	16
Tablo 4.4. B programı ile elde edilen kat kütleleri	16
Tablo 4.5. C programı ile elde edilen kat kütleleri	16
Tablo 4.6. X yönü birim yükleme deplasman sonuçları	17
Tablo 4.7. Y yönü birim yükleme deplasman sonuçları	17
Tablo 4.8. Programlara göre yapı X ve Y yönü hakim periyotları	17
Tablo 4.9. Spektrum karakteristik periyotları	18
Tablo 4.10. El hesabı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti	20
Tablo 4.11. A programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti	20
Tablo 4.12. B programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti	20
Tablo 4.13. C programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti	20
Tablo 4.14. S107 kolonu kırılma türünün belirlenmesi	22
Tablo 4.15. S107 kolonu etkileşim diyagramı verileri	23
Tablo 4.16. +X yönü el hesabı ile elde edilen kolon hasar durumları	24
Tablo 4.17. +Y yönü el hesabı ile elde edilen kolon hasar durumları	24
Tablo 4.18. +X yönü A programı ile elde edilen kolon hasar durumları	24
Tablo 4.19. +Y yönü A programı ile elde edilen kolon hasar durumları	25
Tablo 4.20. +X yönü B programı ile elde edilen kolon hasar durumları	25
Tablo 4.21. +Y yönü B programı ile elde edilen kolon hasar durumları	25
Tablo 4.22. +X yönü C programı ile elde edilen kolon hasar durumları	25
Tablo 4.23. +Y yönü C programı ile elde edilen kolon hasar durumları	26
Tablo 4.24. +X yönü el hesabı ile elde edilen kiriş hasar durumları	29
Tablo 4.25. +Y yönü el hesabı ile elde edilen kiriş hasar durumları	29
Tablo 4.26. +X yönü A programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	29
Tablo 4.27. +Y yönü A programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	30
Tablo 4.28. +X yönü B programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	30
Tablo 4.29. +Y yönü B programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	30
Tablo 4.30. +X yönü C programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	30
Tablo 4.31. +Y yönü C programı ile elde edilen kiriş hasar durumları	31
Tablo 4.32. P105 perdesi kesme kuvveti kontrolleri	32
Tablo 4.33. Perde etki/kapasite oranının belirlenmesi	32
Tablo 4.34. Görelî kat ötelenmeleri sınır değerleri	33
Tablo 4.35. +X yönü el hesabı ile elde edilen görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	33

Tablo 4.36. +Y yönü el hesabı ile elde edilen görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	33
Tablo 4.37. A programı ile elde edilen +X yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	34
Tablo 4.38. A programı ile elde edilen +Y yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	34
Tablo 4.39. B programı ile elde edilen +X yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	34
Tablo 4.40. B programı ile elde edilen +Y yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	35
Tablo 4.41. C programı ile elde edilen +X yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	35
Tablo 4.42. C programı ile elde edilen +Y yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu	35
Tablo 4.43. Modal yer değıştirme ve ivme değeri	37
Tablo 4.44. Kirişler için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değeri	40
Tablo 4.45. El hesabı ile elde edilen kiriş kesit hasar bölgeleri	41
Tablo 4.46. Kolonlar için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değeri	41
Tablo 4.47. El hesabı ile elde edilen kolon kesit hasar bölgeleri	42
Tablo 4.48. Kirişler için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değeri	42
Tablo 4.49. B programı ile elde edilen kiriş kesit hasar bölgeleri	43
Tablo 4.50. Kolonlar için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değeri	43
Tablo 4.51. B programı ile elde edilen kolon kesit hasar bölgeleri	44
Tablo 4.52. Kirişler için toplam eğrilik değeri	48
Tablo 4.53. Kiriş kesit hasar durumları	49
Tablo 5.1. Programlara göre y yönü performans analizi sonuçları	52
Tablo Ek A.1. Birinci kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri	56
Tablo Ek A.2. İkinci kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri	57
Tablo Ek A.3. Üçüncü kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri	58
Tablo Ek A.4. Dördüncü kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri	59
Tablo Ek A.5. EDY +X yönü birinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	60
Tablo Ek A.6. EDY +X yönü ikinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	61
Tablo Ek A.7. EDY +X yönü üçüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	62
Tablo Ek A.8. EDY +X yönü dördüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	63
Tablo Ek A.9. EDY +Y yönü birinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	64
Tablo Ek A.10. EDY +Y yönü ikinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	65
Tablo Ek A.11. EDY +Y yönü üçüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	66
Tablo Ek A.12. EDY +Y yönü dördüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu	67

Tablo Ek B.1. Birinci kat kolonları için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri.....	78
Tablo Ek B.2. Birinci kat kolonları için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri.....	79
Tablo Ek B.3. İkinci kat kolonları için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri.....	80
Tablo Ek B.4. İkinci kat kolonları için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri.....	81
Tablo Ek B.5. El hesabı ve B programına ait kiriş toplam eğrilik ile hasar durum tablosu	82
Tablo Ek C.1. El hesabı ile elde edilen kiriş toplam eğrilik ile hasar durum tablosu	85
Tablo Ek C.2. Çözüm yöntemine göre kiriş hasar durumlarının karşılaştırması	86
Tablo Ek C.3. Çözüm yöntemine göre kolon hasar durumlarının karşılaştırması	87
Tablo Ek C.4. Eşdeğer deprem yükü yöntemi 1. kat eleman hasar durumları karşılaştırma tablosu.....	90

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU' ya, çalışmalarım sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşım İnşaat Mühendisi Erdem ÖZKAYA' ya, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yürekten teşekkür ederim.

Taner KILIÇ
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Betonarme Karkas Bir Yapının Türk Deprem Yönetmeliği 2007’ deki Çözüm Yöntemleri ile Deprem Performansının İncelenmesi ve Türkiye’ de Kullanılan Üç Program ile Karşılaştırılması

Taner KILIÇ

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Halil NOHUTCU

Tez çalışması kapsamında, betonarme mevcut bir yapının Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’ de yer alan Doğrusal ve Doğrusal Olmayan analiz yöntemleri ile performans analizi yapılmış ve yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler Türkiye’ de kullanılan bazı paket programlarla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak karşılaştırma işlemleri yapılırken kullanılan paket program isimleri A B ve C olarak nitelendirilmiştir. Türk Deprem Yönetmeliği’ nde yer alan 7. Bölüme göre doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm yöntemleri ile performans kavramı ve bu kavramlar ışığında ülkemizde kullanılan bazı paket programların özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Yönetmelikte yer alan Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile performans hesabı yapılırken deprem yönleri +X ve +Y olarak ele alınmıştır. Yapıya etkilenen kuvvetlerin ve performans sonuçlarının, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için hemen kullanım performans seviyesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yönteminde ise +Y deprem yönü için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan hesap depremi dikkate alınarak hemen kullanım performans seviyesi kontrolleri yapılmıştır. Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemi çözümünde Kocaeli, Kobe ve Northridge depremlerine ait ivme kayıtları kullanılmıştır. Hesaplamalar yönetmeliğe uygun olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar SAP2000 program çıktılarıyla karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Sonuç olarak yapılan hesaplamalar ile elde edilen sonuç verileri ışığında ticari olarak kullanılmakta olan A, B ve C yazılımlarının sonuç çıktıları arasındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma işlemlerinde yazılımlardan elde edilen sonuç değerleri arasında çeşitli farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların mertebelerinin bazı durumlarda yüksek oranda olduğu gözlenmiştir. Elde edilen sonuç değerlerinin farklı olmasının nedenlerinden bazıları, programlamada yapılan hesap kabulleri, yük aktarım şekilleri vb. gibi etkenlere dayanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Performans analizi, Paket programlar, Betonarme Yapılar

2019, 92 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

View of Earthquake Performance of a Structure Which is Reinforced Concrete Carcass by using the Solution Methods of Turkish Seismic Code 2007 and Comparison of It with Three Programs Which are Used in Turkey

Taner KILIÇ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assistant Professor Halil NOHUTCU

Within the scope of thesis study, the performance analysis of a reinforced concrete structure was done by using the Linear and Non-linear Analysis Methods which is belonged to Turkish Seismic Code, and the datas which are obtained as the results of analysis are viewed comparatively with some programs which are used in Turkey. In this thesis study, first, the programs which are used for comparison were labeled as A, B and C respectively. According to 7th part of the Turkish Seismic Code, the concept of performance was analysed in detail by using the linear and non-linear analysis method; and in the light of these results, the features of the programs which are used in our country are investigated. In the calculation of performance the direction of the earthquake are taken as +X and +Y, by using the Equivalent Earthquake Load Method in the Turkish Seismic Code. It was checked whether the school structure analysed in this study according to the earthquake that has the probability of exceedence within a period of 50 years is %10, provides immediate use level of performance described in Turkish Seismic Code 2007. This calculation is repeated for Incremental Equivalent Load Method when the direction of earthquake is taken as +Y. Kocaeli, Kobe and Northridge Earthquake accelerograms was used in the Time History Analyses. Calculations were made according to the Turkish Seismic Code and the obtained results were compared with the SAP2000 programs outputs.

In the result, the differences between the datas which were obtained by calculations and the outputs of the A, B and C programs were compared. In the comparing of datas and outputs, it was observed that the outputs of the programs were not same. These difference's order is high some situations. The reasons of those differences can be listed as assumptions of the programs, load transfer shapes etc.

Key Words: Performance Analysis, Commercial Structural Analysis Programs, Reinforced Concrete Structures

2019, 92 pages

1.GİRİŞ

İnşaat mühendisi olarak temel amacımız çevremizde bulunan her türlü yapı tipinin tasarım ve çözümlemesini yapmaktır. Yaptığımız tasarım ve çözümlemeler sırasında bir mühendis olarak çeşitli etkenleri göz önüne almalıyız. Bu etkenlerden en önemlileri emniyet, ekonomi, ergonomi ve estetik olarak sıralanabilir. Saydığımız bu etkenler arasında da ayrıca önemli bir yere sahip olan emniyet konusu üzerinde dikkat ve titizlikle durulması gerekmektedir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen etkiler ışığında tasarım ve eleman çözümlemeleri yapılacaktır. İşte bu nedenle yapmış olduğumuz bütün hesaplamalarda, yapıya gelecek kuvvetler doğru şekilde tayin edilmeli ve uygulanmalı, bu kuvvetler altında yapısal elemanlarda oluşacak etkiler tam ve en doğru şekilde hesaplanmalıdır.

Geçmişten günümüze yapıların tasarımında teknolojinin de gelişmesiyle beraber birçok yenilik meydana gelmiştir. Teknolojideki bu gelişme sayesinde daha önceleri bilgisayar teknolojisinden yapısal tasarım anlamında yararlanılmadığı dönemlerde, hesaplamaları aylarca süre alan yapısal tasarım, çözümleme, sonuç çıktıları ve çizimleri artık günler hatta saatler mertebesinde çok kısa sürelerde elde edilebilmektedir. Fakat kullanılan bu teknoloji ve getirmiş olduğu hız ile elde edilen sonuçlar yeteri kadar güvenilirliğe sahip midir? Bu nedenle kullanılan yazılımın doğru çözümleme yapması büyük öneme sahiptir. Tabii ki kullanım sırasında kullanıcıya ait hatalar en düşük seviyede olmalıdır ki yazılımlar da hatalı bir sistemi çözerek hatalı sonuçlar oluşturmamasın. Yazılımlar aracılığıyla çözümleme ve tasarımı yapılan yapıların sonuçları kullanılmış olan paket yazılımlara göre az çok farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar paket programların kodlanması, verilerin programa işlenmesi aşamasında yapılan kabuller gibi çeşitli etkenlere bağlıdır.

Yapılan çalışma sayesinde kullanılmakta olan paket programlar incelenmiş ve incelemeye konu olan yapı sistemi kapsamında karşılaştırmalar ile sonuçlar arasında oluşan farklar gözlemlenmiştir. Yapılan gözlemler dikkate alındığında tezin amacı kullanılmakta olan yazılımların yönetmelik maddelerine uygunluğunun kontrol edilmesi ile aralarında oluşan farklılıklar ve bu farklılıkların neden kaynaklandığı hakkında araştırma kapsamının genişletilebilmesi için bir ön adım niteliği taşıması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bu çalışmada Türk Deprem Yönetmeliği' nde yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm yöntemleri örnek olarak seçilen betonarme bir yapı üzerinde detaylı şekilde incelenmiştir. Bu inceleme yapılırken yönetmelikte yer alan maddeler uyarınca kullanılan ticari yazılımların yönetmelik maddelerine ne denli uyduğu ve aralarında oluşan farklar karşılaştırılmalı şekilde araştırılmıştır.

Tezde ilk olarak yönetmelikte yer alan doğrusal ve doğrusal olmayan çözüm yöntemleri ayrıntılı şekilde ele alınmış, yönetmelikte yer alan kısımları hakkında açıklamalar yapılmıştır. Diğer bölümde ele alınan örnek yapı üzerinde gerçekleştirilen çözümlemeler ışığında sırasıyla programlarda Türk Deprem Yönetmeliği 2007' de yer alan maddeler uygulanmış ve ticari yazılımların bu yönetmelik maddeleri ışığında hesap sonuçları incelenmiştir. Bir sonraki adımda doğrusal olmayan çözüm yöntemine geçilmiş ve bünyesinde doğrusal olmayan çözüm yöntemi barındıran paket program incelemeye alınmıştır. Yine yönetmelikte yer alan maddeler dikkatle incelenmiştir. Son adımda ise zaman tanım alanında doğrusal olmayan değerlendirme yöntemi ile yönetmelik maddeleri kontrol edilmiş ve diğer çözüm yöntemlerinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tezin son bölümde elde edilen veriler ışığında programlarda oluşan farklılıklar ile yöntemler arasında oluşan farklılıklar incelenmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Yapılan çözümlemeler bağlamında çalışmamızın amacı kullanılmakta olan ticari paket yazılımlar arasında oluşan sonuç farklılıklarını göstermek ve bu farklılıklar neticesinde yönetmelik uyarınca uyulması gereken maddelere uyulup uyulmadığını kontrol etmektir.

Yıldırım, tez çalışması kapsamında, yapı performansı bakımından ticari olarak kullanılmakta olan bazı paket programları, Türk Deprem Yönetmeliği' nde yer alan Doğrusal Hesap Yöntemleri uyarınca ele almış ve farklı yapı modelleri üzerinde elde edilen sonuçları karşılaştırmıştır [1].

Shırinov, tez çalışması kapsamında, farklı tipteki betonarme yapıların Türk Deprem Yönetmeliği' nde yer alan 7. bölüme göre performans analizlerini yapmış ve Türkiye' de kullanılmakta olan bazı ticari paket programlardan elde ettiği sonuçlarla

ulusal geçerliliği olan Sap2000 programından elde ettiği sonuçları, doğrusal elastik hesap yöntemleri ışığında karşılaştırmıştır [2].

Karayer ve ark., uygulamada sık olarak kullanılan ticari paket programlar ile on beş katlı, iki farklı tipteki betonarme modeli analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda elde edilen kat ağırlıkları, yapı doğal titreşim periyotları, etkin kütle katılım oranları vb. gibi yönetmelikte yer alan durumları program çıktıları ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Çalışmada Sap2000 programı referans olarak alınıp diğer programlardan elde edilen sonuçlar buna göre irdelenmiştir [3].

Kandak, tez çalışması kapsamında, altı örnek betonarme yapı üzerinde Türkiye’ de kullanılan ticari paket programların analiz ve tasarım sonuçlarını karşılaştırmıştır. Karşılaştırma yapılırken ABYYHY 1998 ve TS500 (2000) standartları dikkate alınmıştır [4].

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Çalışma kapsamında mevcut bir yapının performansının incelenmesinde Eşdeğer Deprem Yüğü, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılacak ve çözüm adımları anlatılacaktır.

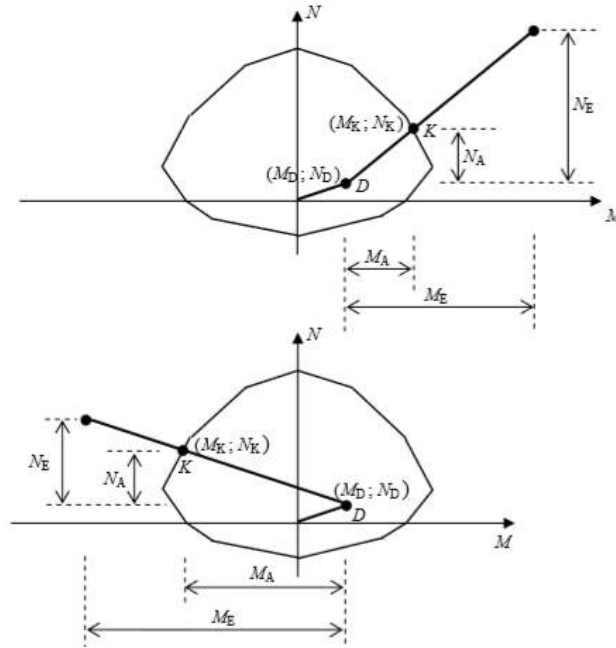
3.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Analizi

- **Yönetmelik Madde 2.7'** de yer alan işlem adımlarına ek olarak aşağıda belirtilen adımlar da dikkate alınacaktır.
- Bodrum kat hariç yüksekliği 25 metre ve kat adedi 8' i aşmayan yapılarda uygulanabilir.
- Ek dış merkezlik göz önüne alınmadan hesap edilen burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan yapılarda uygulanabilir.
- Deprem yüğü azaltma katsayısı (R_a) 1 alınacaktır. Taban kesme kuvveti hesabında, bodrum kat hariç en fazla iki katlı yapılarda $\lambda = 1$, diğer yapılarda ise 0.85 katsayısı denkleme çarpan olarak eklenecektir.
- Yapı elemanlarının kırılma türleri belirlenecektir.
- Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi' nde sünek eleman hasarlarının belirlenmesi aşamasında etki/kapasite oranı (r) hesap edilecektir.
- Yönetmelikte yer alan şartların tamamı kontrol edilerek eleman hasar durumları ve yapı performans seviyesi elde edilecektir.
- Göreli kat ötelenmeleri de ayrıca kontrol edilecektir.

Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi hesap adımları aşağıdaki şekilde yapılacaktır;

- Yapı ilk olarak $G + nQ$ yükleri altında analiz edilir ve düşey elemanlarda oluşan eksenel yüklere göre çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri bulunur.
- $G + nQ$ yükleme ile her katın ağırlıkları hesap edilir.
- Kat adedine göre yukarıda belirlenen katsayı kullanılarak, yapı taban kesme kuvveti, $V_t = (\lambda WA(T_1) / R_a(T_1))$ denklemi kullanılarak hesap edilir. Yönetmelikte yer alan $V_t \geq 0.1 A_o IW$ değerinden büyük olma şartını sağlayıp sağlamadığına bakılır.

- Taban kesme kuvveti hesabından sonra yapıya etkiyecek yatay yükler hesaplanır. Yapı en üst katına etki edecek ek deprem yükü (ΔF_N) yönetmelikte yer alan formülle bulunur ve toplam deprem yükünden çıkarılarak katlara etkiyecek yatay yükler hesap edilir. Daha sonra son kata etkiyen yatay yük değerine ΔF_N değeri eklenir.
- Yüklemeler altında yapı analiz edilerek kesitlerde oluşan kuvvetler hesaplanır.
- Yüklemeler sonucu elde edilen değerler, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların malzeme özelliklerine göre hesap edilen kapasite değerleri ile karşılaştırılarak süneklik durumu belirlenir.



Şekil 3.1. Kolon ve perde normal kuvvet ve moment kapasite hesabı

- Sünek elemanlar belirlendikten sonra bu elemanlara ait etki/kapasite oranları hesap edilir.
- Yönetmelikte yer alan tablolardaki koşullar dikkate alınarak hesap edilen kesit etki/kapasite oranlarına göre hasar durumları belirlenir.
- Eleman hasar durumları belirlendikten sonra görelî kat ötelenmelerinin de kontrolü yapılır ve yapı performans seviyesi belirlenir.

Tablo 3.1. TDY2007' de yer alan betonarme kirişler için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho^i}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.3	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.3	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.3	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.3	1.5	2.5	4

Tablo 3.2. TDY2007' de yer alan betonarme kolonlar için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_k}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.3	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.3	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.3	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.3	1	1.5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Tablo 3.3. TDY2007' de yer alan betonarme perdeler için hasar sınırlarının belirtildiği etki/kapasite oranları

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Tablo 3.4. Göreli kat ötelenmeleri sınır değerleri

Görelî Kat Ötelenmeleri Oranı	Hasar Sınırları		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.03	0.04

3.2. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Performans Analizi

- Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi bina kat adedi bodrum kat hariç 8' i aşmayan yapılarda uygulanabilir.
- Ek dış merkezlik değeri dikkate alınmadan hesap edilen burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ şartı bu çözüm yönteminin uygulanabilmesi için kontrol edilmelidir.
- Yapıda perde ile çevrili rijit bodrum kat hariç etkin kütle değerin en az toplam bina kütlelerinin 0.7' si kadar olması gerekmektedir. (Elastik davranış dikkate alındığından birinci moda ait kütle değeri)

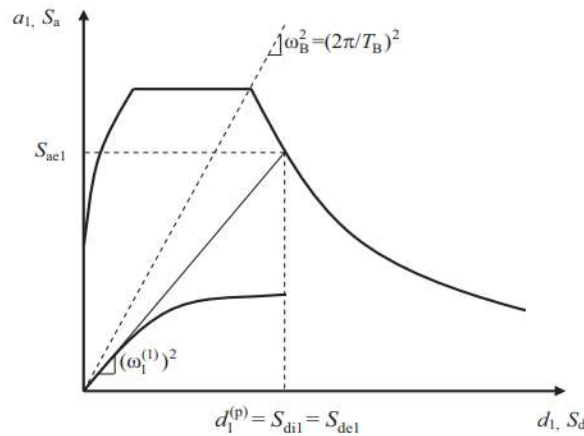
Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi hesap adımları aşağıdaki şekilde yapılacaktır;

- Yapı EDY yönteminde olduğu gibi $G + nQ$ yükleri altında analiz edilecek ve elemanların çatlamış kesit değerlerine göre etkin eğilme rijitlikleri hesaplanacaktır.
- Kolon ve kirişlerde moment kapasite değerleri malzeme özellikleri dikkate alınarak hesap edilir. Hesap sırasında beton ve çelik için güvenlik katsayıları dikkate alınmaksızın sadece yapı bilgi düzeyi katsayısı göz önünde bulundurulur ve plastik kesit tanımlamaları yapılır.
- AEDY uygulamasında ilk olarak **Yönetmelik 7.6.5.3.**' e göre yapı kat kütleleriyle birinci moda ait genliklerin çarpımından elde edilen değerlerle orantılı olarak başlangıç adımı tanımlanacaktır. Yapı döşeme sistemi rijit diyafram olarak kabul edilen binalarda, birinci moda ait yer değiştirme değerleri her katın kütle merkezi temel alınarak değerlendirilecektir.
- Bu yük tanımına göre yapılan doğrusal olmayan statik analizden sonra yapı, belirli oranla artan deprem yüğü altında doğrusal olmayan analiz yöntemiyle

analiz edilir. Yapılan işlem sonucunda tepe yer değıştirmesi ve taban kesme kuvveti grafiği elde edilir.

- Taban kesme kuvveti ve tepe yer değıştirmesi grafiğine uygulanan koordinat dönüşümleri ile modal yerdeğıştirme ve modal ivme koordinatları belirlenerek modal kapasite diyagramı çizilir.
- Modal kapasite grafiğinden elde edilen veriler ile zemin sınıfına bağlı olarak çizilen spektrum eğrisi dikkate alınarak modal yerdeğıştirme istemi hesap edilir. Modal yer değıştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğıştirme S_{di1} değeri ne eşittir. Doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğıştirme; Denklem (3.1) ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} \frac{S_{ae1}}{(w_1^2)} \quad (3.1)$$



Şekil 3.2. Modal kapasite diyagramı ile davranış spektrumu

- Yukarıdaki denklemde yer alan spektral yer değıştirme oranı (C_{R1}), başlangıç periyot değeri ne bağlı olarak farklı şekilde hesaplanmaktadır. T_1 periyot değeri ne zemin karakteristik periyodu T_B ' ye eşit veya daha uzun olması durumunda bu değeri 1 olarak alınacaktır. Eğer periyot değeri zemin karakteristik periyodundan daha küçük bir değeri ne sahipse **Yönetmelik 7.C.2.2'** de belirtilen şekilde hesap edilecektir.
- Doğrusal olmayan spektral yer değıştirme değeri; Denklem (3.2) yardımıyla hesaplanır.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \rightarrow d_1^{(p)} (3.2)$$

- Hesaplanmak istenen doğrultudaki tepe yatay yer değiştirme istemi Denklem (3.3) ile elde edilir.

$$u_{N1}^{(p)} = \Phi_{N1} \Gamma_{N1} d_1^{(p)} (3.3)$$

- Yapı yukarıda belirlenen yatay yer değiştirme istem miktarına kadar itilir ve sistemde plastik mafsall oluşumları gözlemlenir.
- Daha sonra bu itme analizi sonucunda elde edilen plastik mafsall kesitlerindeki plastik dönme miktarlarının mafsall boyuna bölünmesiyle, plastik eğrilik istemleri elde edilir.
- Plastik eğrilik istemlerine ek olarak akma eğriliklerinin hesabı da gerekmektedir. Akma eğrilikleri (ϕ_y), Denklem (3.4) te ifade edilen Priestley denklemi ile hesaplanır, [5].

$$\phi_y = \frac{2.1 \varepsilon_{sy}}{h} (3.4)$$

- Hesap edilen akma ve plastik eğrilik değerleri toplanarak toplam eğrilik istemi elde edilir.

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p (3.5)$$

- Elemanlarda oluşan toplam plastik eğriliklerden yola çıkarak donatı ve betonda oluşan şekil değişimleri hesap edilir ve kesit hasar durumları bu şekil değişimlerine bağlı olarak kontrol edilir.
- Plastik şekil değişimlerinin meydana geldiği sistem elemanlarında, hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları [6].

(a) Minimum Hasar Sınırı (MN): Kesit en dış lifindeki betonun basınca bağlı birim şekil değişimi ile donatı birim şekil değişimi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \text{ ve } (\varepsilon_s)_{MN} = 0.01$$

(b) Güvenlik Sınırı (GV): Kesit etriyeleri içinde kalan en dış lifteki betonun basınca bağlı birim şekil değişimi ve donatı birim şekil değişimi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \text{ ve } (\varepsilon_s)_{GV} = 0.04$$

(c) Göçme Sınırı (GÇ): Kesit etriyeleri içinde kalan en dış lifteki betonun basınca bağlı birim şekil değişimi ve donatı birim şekil değişimi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cg})_{GÇ} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \text{ ve } (\varepsilon_s)_{GÇ} = 0.06$$

3.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözüm Yöntemi ile Performans Analizi

- Kullanılan hesap yönteminin amacı, yapısal sistemde meydana gelen doğrusal olmayan davranışı dikkate aldığımızda meydana gelen hareket ile elde edilen denklemin adım adım bütünleştirilmesidir. Yapılan analiz sırasında her bir zaman adımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır [6].
- Sistemin analizinde kullanılacak yer hareketleri (kaydedilmiş, yapay veya benzeştirilmiş) **Yönetmelik 2.9.1** ve **2.9.2'** de açıklandığı şekilde elde edilecektir. Sistem analizi ise **Yönetmelik 2.9.3** uyarınca gerçekleştirilecektir.

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Çözüm Yöntemi hesap adımları aşağıdaki şekilde yapılacaktır;

- Zaman Tanım Alanında Çözüm Yöntemi için Kocaeli, Kobe ve Northbridge deprem ivme kayıtları kullanılmıştır.
- Yapısal elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri diğer yöntemlerde olduğu gibi hesap edilmiştir.
- Yapı ilk olarak düşey yükler ($G + nQ$) altında doğrusal olmayan statik analiz yöntemi ile analiz edilir. Yapılan analizden elde edilen sonuç verileri zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için başlangıç durumunu oluşturur.
- Yapı sistemi düşey yük analizinden sonra kullanılan deprem yer hareketleri altında zaman tanım alanında analiz edilir.

- Yapılan analiz sonucunda elde edilen plastik mafsal dönme değerleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü' nde olduğu gibi plastik eğrilik değerlerine çevrilir ve hesaplanan akma eğrilikleriyle toplanarak toplam eğrilik değerleri bulunur.
- Hesaplanan toplam eğrilik değerleri dikkate alınarak yapısal elemanlarda donatı ve beton birim boy değışimleri elde edilir. Bu değışimler yönetmelikte belirlenen sınır değerler ile kıyaslanarak eleman hasar durumları bulunur.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

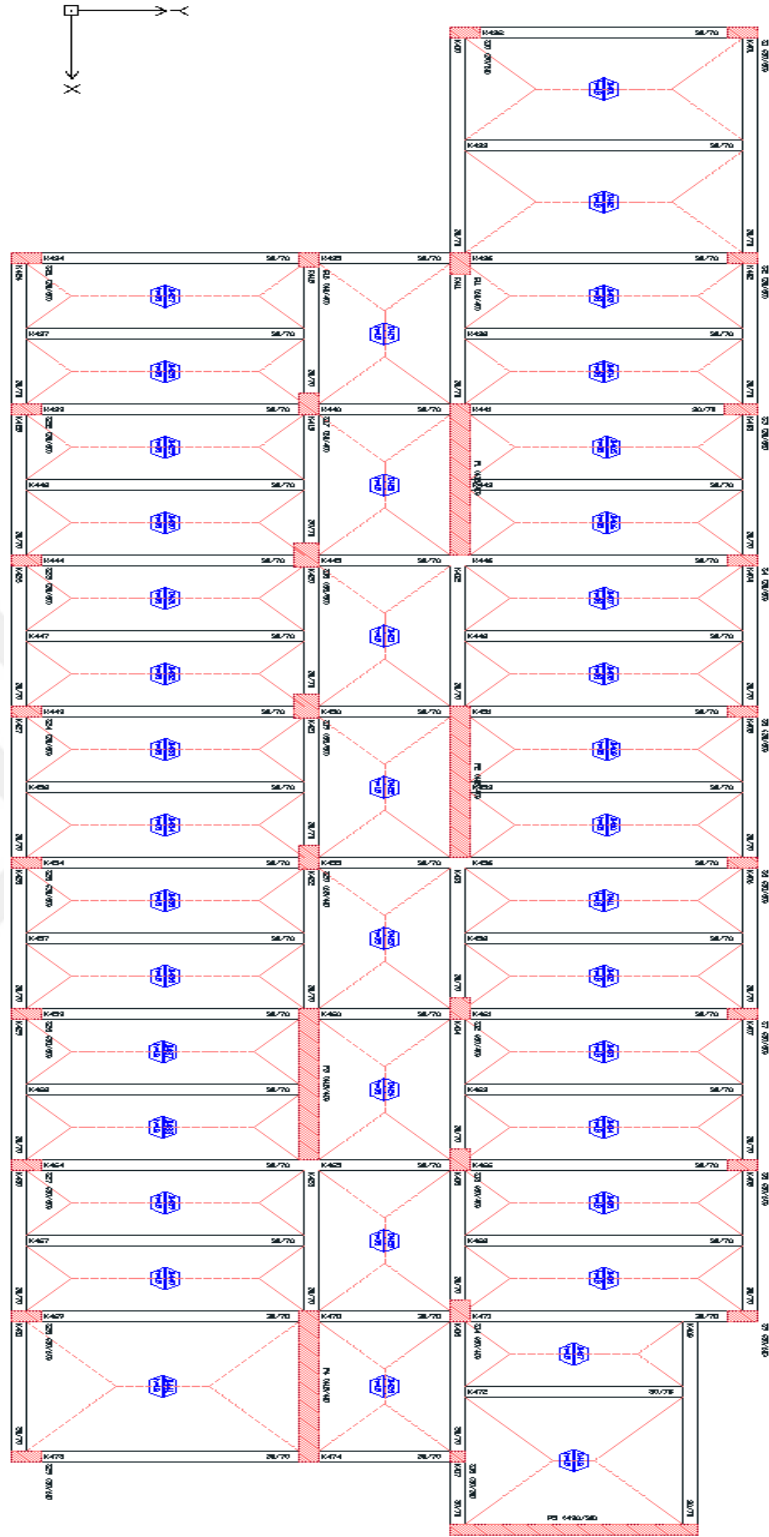
Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kapsamında performans çözümlmeleri yapılacaktır. Bu kısımda yönetmelikte yer alan doğrusal hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri ele alınacak ve irdelenecektir. Yapılan çalışma ışığında Türkiye’ de kullanılmakta olan bazı ticari paket programlar ile modelleme ve çözümleme sonuçları karşılaştırılacaktır.

4.1. Genel Yapı Bilgileri

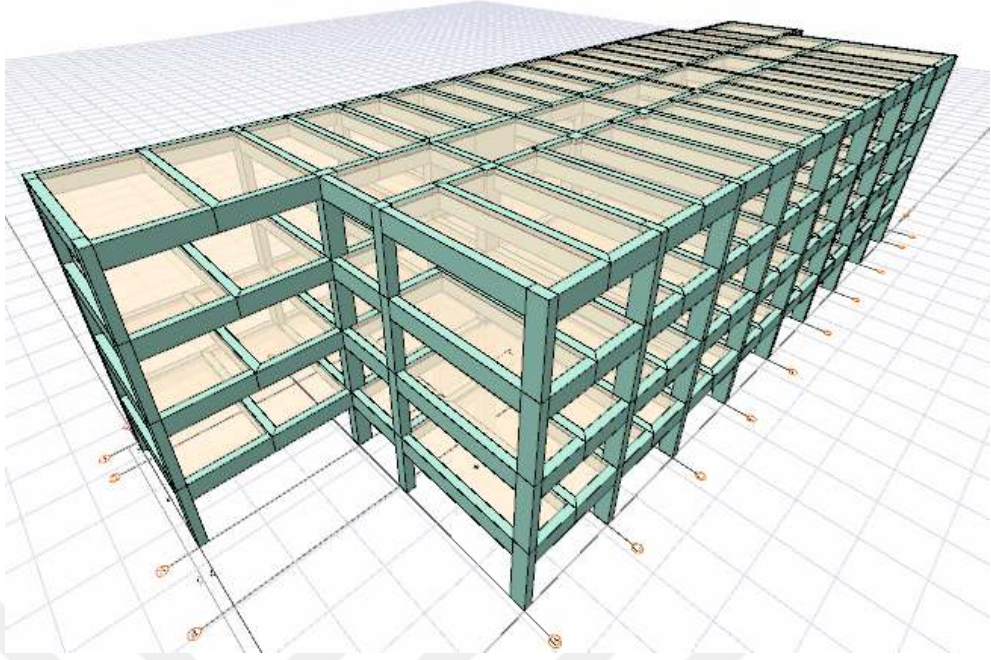
Performans analizi yapılan bina okul olarak kullanıldığından TDY 2007’ ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve %2’ lik deprem kuvvetleri altında Hemen Kullanım ve Can Güvenliği performans seviyelerini sağlamalıdır. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin karşılaştırılması amaçlandığından 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem kuvvetleri ile hesaplamalar yapılacaktır.

Tablo 4.1. Genel yapı bilgileri

Kat Adedi:	4
Bina Kat Yüksekliği:	2.8m
Toplam Bina Yüksekliği [H]:	11.2m
Yaklaşık Bina Oturum Alanı:	534m ²
Kullanım Amacı:	Okul
Beton Sınıfı:	C10 ($f_{cm} = 10.6$ MPa)
Donatı Çeliği:	S220 ($f_{ym} = 220$ MPa)
Beton Elastisite Modülü:	24589 MPa
Donatı Çeliği Elastisite Modülü:	200000 MPa
Deprem Bölgesi:	1
Yerel Zemin Sınıfı:	Z2
Beton Yoğunluğu:	24.525 kN/m ³
Dış Duvar Yüğü:	9.27 kN/m
İç Duvar Yüğü:	7.848 kN/m
Hareketli Yüğü Sınıflarda:	3.5 kN/m ²
Hareketli Yüğü Koridorlarda:	5 kN/m ²



Şekil 4.1. Yapının plan görünüşü



Şekil 4.2. Yapının 3B modeli

4.2. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi

Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile değerlendirilmesi yapılacak olan bina okul olarak kullanıldığı için, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yükleri altında Hemen Kullanım (HK) performans hedefini sağlamalıdır.

4.2.1. Çatlamış Kesit Eğilme Rijitliklerinin Hesaplanması

Yapı ilk olarak yönetmelik dikkate alınarak $G + nQ$ ($n=0.6$) yükleri altında analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda düşey elemanlardaki N_D değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra yapısal elemanlardaki etkin eğilme rijitlikleri belirlenmiştir. Etkin eğilme rijitlikleri kirişlerde $0.4(EI)_o$ sabit değeri alınarak hesaplanmıştır. Kolon ve perdelerde ise yönetmelikteki hesap adımları uygulanarak $0.4(EI)_o$ ile $0.8(EI)_o$ arasında değerler elde edilmiştir.

Kirişlerde: $(EI)_e = 0.4(EI)_o$

Kolon ve Perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.1$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.4(EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.4$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.8(EI)_o$

Yukarıdaki bağıntılarda kolon ve perdelerin arada kalan değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılmıştır.

a) Kiriş Çatlamış Kesit Etkin Eğilme Rijitliği

K101 kirişi:

Kesit Boyutları, $h=70\text{cm}$ $b=30\text{cm}$

$$I_o = 8.575 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E = 24589 \text{ MPa}$$

$$(EI)_o = 210851 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$0.4(EI)_o = 0.4 \times 210851 \times 10^9 = 84342 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$$

b) Kolon Çatlamış Kesit Etkin Eğilme Rijitliği

S101 kolonu:

Kesit Boyutları, $h=60\text{cm}$ $b=30\text{cm}$

$$I_o = 5.4 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$E = 24589 \text{ MPa}$$

$$N_D = 605975 \text{ N}$$

$$N_D / A_c \times f_{cm} = 0.32$$

Yukarıdaki ifadenin 0.32 çıkması nedeniyle doğrusal enterpolasyon işlemi gerçekleştirilerek $(EI)_e = 0.69(EI)_o$ olarak hesap edilir.

$$(EI)_o = 132784 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$$

$$0.69(EI)_o = 0.69 \times 132784 \times 10^9 = 91618 \times 10^9 \text{ Nmm}^2$$

4.2.2. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Belirlenmesi

Eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi birkaç adımda gerçekleşmektedir. İlk olarak yapının $G + nQ$ yükleme durumu için her kata gelen yükler hesaplanır. Aşağıda sırasıyla gerçek hesap, A, B ve C programları ile modelleme sonucundan elde edilen toplam yapı ve katlara göre ayrılmış yapı kütleleri verilmiştir.

Tablo 4.2. El hesabı ile elde edilen kat kütleleri

Kat	Kat Sabit Yükleri(G_i (kN))	Kat Hareketli Yükleri(Q_i (kN))	Kat Ağırlıkları (W_i (kN))	Kat Kütleleri (M_i (ton))
4	5970.30	830.81	6468.78	659.407
3	7092.68	1311.30	7879.46	803.207
2	7092.68	1311.30	7879.46	803.207
1	7092.68	1311.30	7879.46	803.207
		Toplam	30107.16	3069.03

Tablo 4.3. A programı ile elde edilen kat kütleleri

Kat	Kat Sabit Yükleri(G_i (kN))	Kat Hareketli Yükleri(Q_i (kN))	Kat Ağırlıkları (W_i (kN))	Kat Kütleleri (M_i (ton))
4	5930.44	831.49	6429.28	655.38
3	7021.8	1571.75	7964.84	811.91
2	7021.8	1571.75	7964.84	811.91
1	7021.8	1571.75	7964.84	811.91
		Toplam	30323.79	3091.11

Tablo 4.4. B programı ile elde edilen kat kütleleri

Kat	Kat Sabit Yükleri(G_i (kN))	Kat Hareketli Yükleri(Q_i (kN))	Kat Ağırlıkları (W_i (kN))	Kat Kütleleri (M_i (ton))
4	6400.44	974.23	6985.01	712.03
3	7625.51	1754.81	8678.42	884.65
2	7625.51	1754.81	8678.42	884.65
1	7625.51	1754.81	8678.42	884.65
		Toplam	33020.36	3365.98

Tablo 4.5. C programı ile elde edilen kat kütleleri

Kat	Kat Sabit Yükleri(G_i (kN))	Kat Hareketli Yükleri(Q_i (kN))	Kat Ağırlıkları (W_i (kN))	Kat Kütleleri (M_i (ton))
4	6249.56	1019.06	6860.99	699.39
3	7482.77	1923.15	8636.7	880.398
2	7482.77	1923.15	8636.7	880.398
1	7482.77	1923.15	8636.7	880.398
		Toplam	32771.1	3340.58

Daha sonra kat kütleleri belirlenen yapının her iki yönünde de etkin periyotların hesabı için yapının katlarına X ve Y yönlerinde birim yükleme yapılır. Yapılan birim yükleme ile yapıda oluşan deplasmanlar her iki yön için de belirlenir.

Belirlenen deplasmanlar kullanılarak Denklem 4.1' e göre yapının X ve Y yönlerindeki periyotları hesaplanır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (4.1)$$

Tablo 4.6. X yönü birim yükleme deplasman sonuçları

Kat	Kat Kütleleri (M _i (ton))	Fiktif Yükler (F _{fi} (kN))	Fiktif Deplasmanlar (d _{fi})	M _i d _{fi} ²	F _{fi} d _{fi}
4	659.407	0.4	0.000001066	7.49321E-10	4.264E-07
3	803.207	0.3	0.0000009223	6.83238E-10	2.7669E-07
2	803.207	0.2	0.0000006731	3.63904E-10	1.3462E-07
1	803.207	0.1	0.0000003535	1.00371E-10	3.535E-08
				1.89683E-09	8.7306E-07

Tablo 4.7. Y yönü birim yükleme deplasman sonuçları

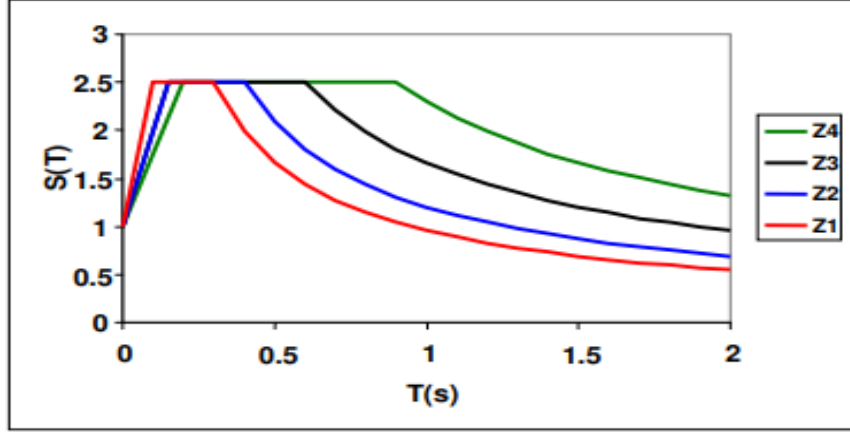
Kat	Kat Kütleleri (M _i (ton))	Fiktif Yükler (F _{fi} (kN))	Fiktif Deplasmanlar (d _{fi})	M _i d _{fi} ²	F _{fi} d _{fi}
4	659.407	0.4	0.000003591	8.50324E-09	1.4364E-06
3	803.207	0.3	0.000003092	7.67903E-09	9.276E-07
2	803.207	0.2	0.000002236	4.01579E-09	4.472E-07
1	803.207	0.1	0.000001164	1.08826E-09	1.164E-07
				2.12863E-08	2.9276E-06

Yapılan birim yükleme sonucunda elde edilen fiktif deplasmanlardan yola çıkarak yönetmelikte belirtilen denklemde elde edilen sonuçlar yerine konulmuş ve yapının X yönü hakim periyot değeri 0.293 saniye, Y yönü hakim periyot değeri ise 0.535 saniye olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki tabloda, kullanılan paket program sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.8. Programlara göre yapı X ve Y yönü hakim periyotları

	Hesaplanan Periyot	Sap2000	A Programı	B Programı	C Programı
Y Yönü	0.535	0.546	0.530	0.550	0.543
X Yönü	0.293	0.248	0.251	0.249	0.333

Yukarıda hesap edilen periyot değerlerinden yola çıkarak X ve Y yönlerindeki hakim periyot değerleri, yapısal elemanlarda çatlama kesit rijitlikleri kullanıldığından çatlama kesit dikkate alınarak hesap edilen periyot değerlerine göre büyük çıkmıştır. Eşdeğer deprem yüklerinin hesabında sonraki adımda yapının bulunduğu bölgenin zemin sınıfına bağlı spektrum yardımıyla, spektrum katsayıları hesaplanır.



Şekil 4.3. Zemin sınıfına bağlı spektrum grafiği

Tablo 4.9. Spektrum karakteristik periyotları

Yerel Zemin Sınıfı	T_A (saniye)	T_B (Saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

$$S(T_{1X}) = 2.5$$

$$S(T_{1Y}) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T_{1Y}} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.535} \right)^{0.8} = 1.981$$

Yapının bulunduğu zemin sınıfı Z2 olduğundan spektrum karakteristik periyot değerleri $T_A = 0.15s$ ve $T_B = 0.4s$ alınmıştır. Spektrum katsayıları, X yönü için periyot değeri spektrum karakteristik periyotları arasında kaldığından 2.5 alınmıştır. Y yönü için ise yukarıda belirtilen işleme göre hesaplanmıştır. Spektral ivme

katsayıları hesabında yapı birinci dereceden deprem bölgesinde olduğundan A_o etkin yer ivmesi katsayısı 0.4 alınmıştır. Spektral ivme katsayısı $A(T)$ hesabı sırasında bina önem katsayısı, **Yönetmelik 7.4.2** gereğince $I=1$ olarak alınacaktır.

$$A(T_{1x}) = A_o IS(T_{1x}) = 0.4 * 1 * 2.5 = 1$$

$$A(T_{1y}) = A_o IS(T_{1y}) = 0.4 * 1 * 1.981 = 0.7924$$

Spektral ivme katsayılarının hesabı yapıldıktan sonra yapıya etkiyecek eşdeğer deprem yükü hesabına geçilir. Dikkat edilecek deprem yönü için binaya etkiyecek taban kesme kuvveti V_t aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$V_t = \lambda \frac{WA(T)}{R_a(T)} \geq 0.1A_o IW \quad (4.2)$$

Denklem (4.2)' de yer alan λ değeri bodrum kat hariç kat sayısı bir ve iki olan yapılarda 1 diğer yapılarda ise 0.85 olarak alınacaktır (**Yönetmelik 7.5.1.1**). Ayrıca çıkan sonuç denklemin sağ kısmında bulunan koşula da uymalıdır.

$$V_{tx} = \lambda \frac{WA(T_{1x})}{R_a(T_{1x})} = \frac{30107.16 * 1}{1} * 0.85 = 25591.086kN$$

$$V_{ty} = \lambda \frac{WA(T_{1y})}{R_a(T_{1y})} = \frac{30107.16 * 0.7924}{1} * 0.85 = 20278.377kN$$

$$V_t \geq 0.1A_o W = 0.1 * 0.4 * 30107.16 = 1204.29kN$$

Yukarıdaki koşula göre taban kesme kuvvetleri yeterli büyüklüğe sahip olduğundan işlemlerde hesap edilen değerler kullanılır. Binanın N' inci katına gelen ek eşdeğer deprem yükü **Yönetmelik Denk. 2.8'** e göre hesaplanır.

$$\Delta F_{Nx} = 0.0075NV_{tx} = 0.0075 * 4 * 25591.086 = 767.733kN$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075NV_{ty} = 0.0075 * 4 * 20278.377 = 608.351kN$$

Yapıya etkiyecek toplam eşdeğer deprem yükünün hesabından sonra, katlara etkiyecek deprem yükleri bulunur. Aşağıda hesaplanan deprem kuvvetleri ile

programlardan elde edilen ve katlara dağıtılmış deprem kuvvetleri tablolar halinde gösterilmektedir.

Tablo 4.10. El hesabı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti

Kat	h_i (m)	H_i (m)	F_x (kN)	F_y (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)
4	2.8	11.2	9548.196	7565.990	9548.195	7565.99
3	2.8	8.4	8021.445	6356.193	17569.641	13922.184
2	2.8	5.6	5347.630	4237.462	22917.271	18159.646
1	2.8	2.8	2673.815	2118.731	25591.086	20278.377

Tablo 4.11. A programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti

Kat	h_i (m)	H_i (m)	F_x (kN)	F_y (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)
4	2.8	11.2	9520.61	7597.16	9520.61	7597.16
3	2.8	8.4	8127.39	6485.39	17648	14085.55
2	2.8	5.6	5418.26	4323.66	23066.26	18406.21
1	2.8	2.8	2709.13	2161.83	25775.39	20568.04

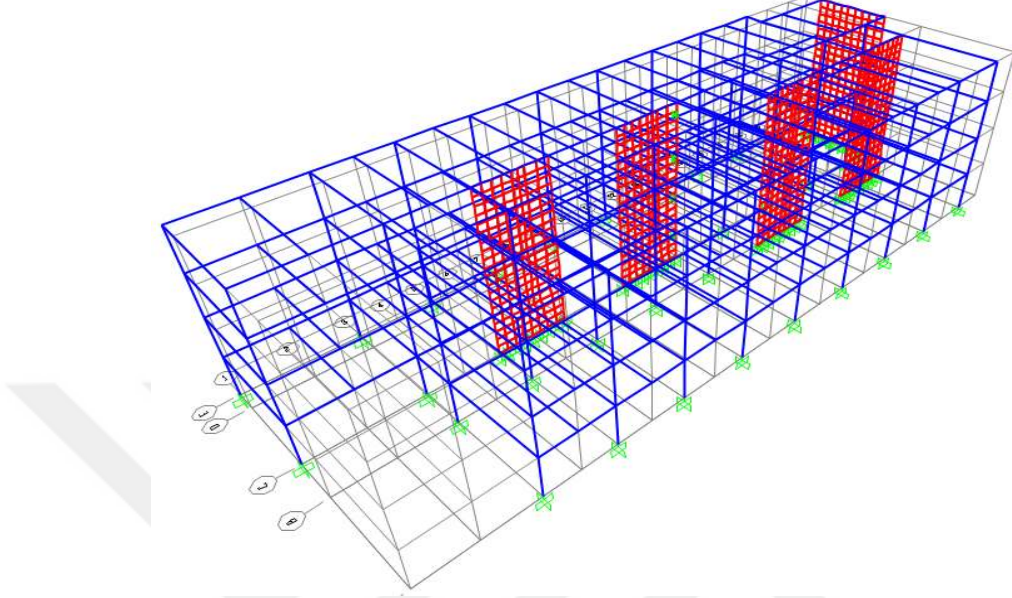
Tablo 4.12. B programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti

Kat	h_i (m)	H_i (m)	F_x (kN)	F_y (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)
4	2.8	11.2	12175.49	10348.57	12175.49	10348.57
3	2.8	8.4	10422.44	8858.63	22597.93	19207.2
2	2.8	5.6	6948.32	5905.72	29546.25	25112.92
1	2.8	2.8	3474.11	2952.91	33020.36	28065.83

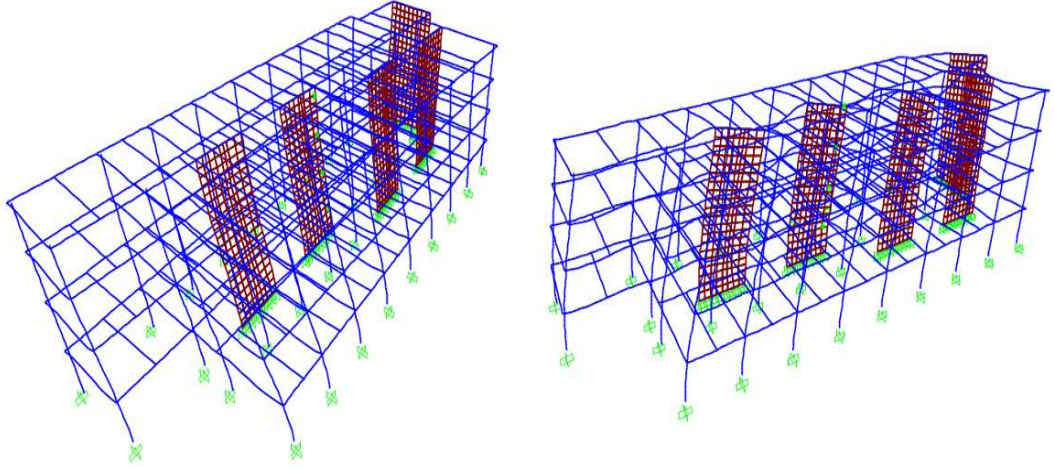
Tablo 4.13. C programı ile elde edilen katlara dağıtılmış eşdeğer deprem yükleri ve taban kesme kuvveti

Kat	h_i (m)	H_i (m)	F_x (kN)	F_y (kN)	V_x (kN)	V_y (kN)
4	2.8	11.2	10795.02	7544.38	10795.02	7544.38
3	2.8	8.4	9083.08	6989.92	19878.1	14534.3
2	2.8	5.6	5517.54	4810.82	25395.64	19345.12
1	2.8	2.8	2459.86	2460.05	27855.5	21805.17

Hesaplanan eşdeğer deprem yükleri altında yapı analiz edilir. Analiz sonuçlarından hareketle yapısal elemanlar ile yapı genel performans değerlendirmesi işlemlerine geçilir.



Şekil 4.4. Yapı 3B analiz modeli



Şekil 4.5. Y ve X yönlerinde eşdeğer deprem yükleri altında yapının deforme olmuş halleri

4.2.3. Yapısal Elemanların Performanslarının Belirlenmesi

4.2.3.1. Kolon Performans Değerlendirmesi

S107 kolonunun örnek olarak performans değerlendirmesi yapılacaktır. S107 kesitinde +X deprem yönüne göre hesaplanan eğilme kapasitesi dikkate alındığında, ilk olarak V_e kesme kuvveti hesaplanır. V_e kesme kuvveti hesabında ilk olarak seçilen kolonun üst ve bir üst kat kolonunun alt uçlarında deprem yönüne bağlı yüklemmeden oluşan moment değerleri bulunur. Daha sonra malzeme özelliklerine göre seçilen kolona bağlı kiriş moment kapasiteleri hesaplanır. Hesaplanan bu kapasite değerleri deprem yönüne bağlı olarak kolon için hesap edilen momentlerle orantılı olarak dağıtılmıştır.

S207 ve S107 kesiti alt ve üst uç deprem momentleri

$M_{Ealt} = 73.12$ kNm (S207 kolonu alt uç momenti)

$M_{Eüst} = 43.92$ kNm (S107 kolonu üst uç momenti)

K106 ve K107 kiriş moment kapasiteleri

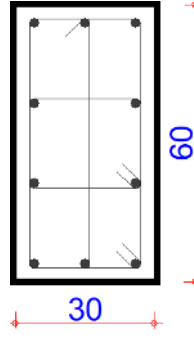
K106 sağ uç moment kapasitesi 188.29 kNm

K107 kirişi sol uç moment kapasitesi 181.32 kNm

Tablo 4.14. S107 kolonu kırılma türünün belirlenmesi

V_c ($0.8 \cdot 0.65 \cdot (f_{ctd} \cdot A_c)$) (kN)	V_w ($A_{sw} df_{ywd} / s$) (kN)	V_r ($V_c + V_w$) (kN)	V_e	Süneklik Durumu
95.99	59.4	155.39	140.24	Sünek

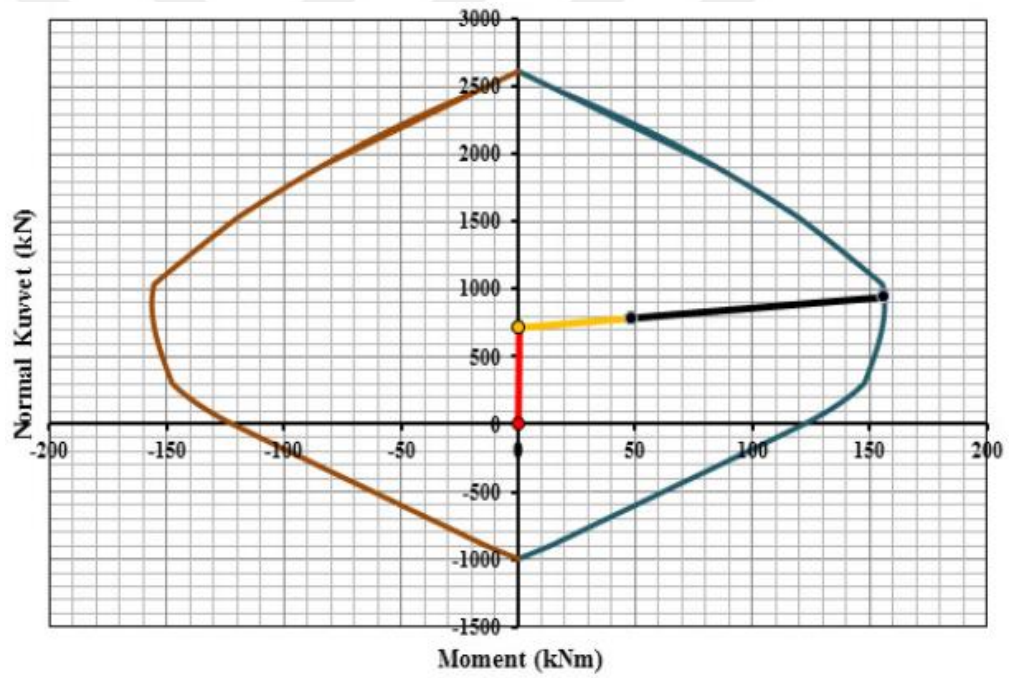
Yönetmelik Bilgilendirme Eki 7A' da yer alan kolon ve perdelerde etki/kapasite oranları hesap adımları sırasıyla şu şekilde gerçekleştirilir. İlk olarak kolon veya perdelerde moment - normal kuvvet etkileşim diyagramları eleman boyutlarına, beton ve çelik sınıfına, donatı yerleşimine bağlı olarak çizilir. Düşey $G + nQ$ yüklemesiyle elemanlara etkiyen N_D ve M_D değerlerinin koordinatları diyagram üzerinde belirlenir. Deprem yüklerinin de eklenmesiyle edildiği N_{D+E} ve M_{D+E} koordinatları belirlenerek bu iki nokta arasında bir doğru çizilir. Çizilen doğrunun etkileşim diyagramını kestiği nokta belirlenerek bu noktanın koordinatları eleman kapasite değerlerini gösterir.



Şekil 4.6. S107 kolon kesiti

Tablo 4.15. S107 kolonu etkileşim diyagramı verileri

M_D (kNm)	N_D (kN)	M_E (kNm)	N_E (kN)	M_K (kNm)	N_K (kN)
0.47	717.439	47.96	69.54	155.802	942.663



Şekil 4.7. S107 kolonu etkileşim diyagramı

$$r = \frac{M_E}{M_K - M_D} = \frac{47.96}{155.802 - 0.47} = 0.31$$

$$r = \frac{N_E}{N_K - N_D} = \frac{69.54}{942.663 - 717.439} = 0.31$$

Seçilen kolon için etki/kapasite oranı r değeri 0.31 olarak hesaplanmıştır. Gz önüne alınan deprem yönü için hesap edilen bu değer, yönetmelikte belirtilen şartlara bakıldığında $r < 1$ olduğundan dolayı S107 kolonunun minimum hasar bölgesinde olduğu görülmektedir.

Aşağıda yer alan tabloda programlara göre kolonlarda oluşan hasar durumları ve sayısal olarak bu hasar durumlarının katlara göre dağılımını gösterilmiştir.

Tablo 4.16. +X yönü el hesabı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	29 (%100)	0	0	0
3	29 (%100)	0	0	0
2	29 (%100)	0	0	0
1	29 (%100)	0	0	0

Tablo 4.17. +Y yönü el hesabı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	26 (%89.7)	3 (%10.3)	0	0
3	22 (%75.9)	6 (%20.7)	1 (%3.4)	0
2	18 (%62.1)	5 (%17.2)	2 (%6.9)	4 (%13.8)
1	10 (%34.5)	6 (%20.7)	5 (%17.2)	8 (%27.6)

Tablo 4.18. +X yönü A programı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	29 (%100)	0	0	0
3	29 (%100)	0	0	0
2	29 (%100)	0	0	0
1	29 (%100)	0	0	0

Tablo 4.19. +Y yönü A programı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	29 (%100)	0	0	0
3	26 (%89.7)	3 (%10.3)	0	0
2	20 (%69)	8 (%27.6)	1 (%3.4)	0
1	13 (%44.8)	10 (%34.5)	0	6 (%20.7)

Tablo 4.20. +X yönü B programı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	27 (%93.1)	2 (%6.9)	0	0
3	28 (%96.6)	1 (%3.4)	0	0
2	29 (%68.9)	0	0	0
1	29 (%100)	0	0	0

Tablo 4.21. +Y yönü B programı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	23 (%79.4)	2 (%6.9)	3 (%10.3)	1 (%3.4)
3	17 (%58.7)	5 (%17.2)	2 (%6.9)	5 (%17.2)
2	11 (%37.9)	9 (%31.1)	4 (%13.8)	5 (%17.2)
1	6 (%20.7)	3 (%10.3)	13 (%44.9)	7 (%24.1)

Tablo 4.22. +X yönü C programı ile elde edilen kolon hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	26 (%89.7)	3 (%10.3)	0	0
3	29 (%100)	0	0	0
2	29 (%100)	0	0	0
1	29 (%100)	0	0	0

Tablo 4.23. +Y yönü C programı ile elde edilen kolon hasar durumları

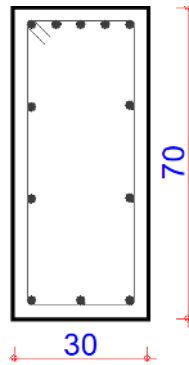
Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	29 (%100)	0	0	0
3	16 (%55.2)	10 (%34.5)	3 (%10.3)	0
2	10 (%34.5)	11 (%37.9)	5 (%17.3)	3 (%10.3)
1	10 (%34.5)	6 (%20.7)	6 (%20.7)	7 (%24.1)

4.2.3.2. Kiriş Performans Değerlendirmesi

Kiriş performans seviyeleri, deprem yönüne bağlı olarak hesaplanan M_E deprem momentlerinin, artık moment kapasitelerine (M_A) bölünmesi ile elde edilen etki/kapasite oranına, kesitteki donatı miktarına ve **Yönetmelik Denklem 3.9'** da hesabı gösterilen V_e değerine bağlıdır.

Kirişlerdeki artık moment kapasiteleri, düşey yük etkisiyle ($G+nQ$) kirişte oluşan M_D momentleri ile deprem yönüne bağlı kiriş kapasite momentleri (M_K) arasında gerekli işlemler yapılarak elde edilir. **Yönetmelik Tablo 7.2'** de yer alan işlemler ve hesaplanan etki/kapasite oranı dikkate alınarak performans durumu elde edilir.

Ayrıca kirişlerdeki kırılma türünün de belirlenmesi gerekmektedir. **Yönetmelik Denklem 3.9'** a göre hesaplanan V_e değeri, kiriş kesme kuvveti kapasitesi ve $R=1$ alınarak hesap edilen kiriş kesme kuvvetleri ile karşılaştırılarak elemanın sünek veya gevrek olduğuna karar verilir.



Şekil 4.8. K102 kirişi mesnet kesiti

+X deprem yüklemesi sonuçlarına göre K102 kirişinde performans değerlendirmesi yapılacaktır.

$$V_e = V_d \pm \frac{M_{K,i} + M_{K,j}}{l_n} \quad (4.3)$$

$$V_{e,i} = 53.46 + \frac{188.29 + 180.72}{3.85} = 149.31 kN$$

$$V_{e,j} = 42.85 + \frac{188.29 + 180.72}{3.85} = 138.70 kN$$

$$V_r = V_c + V_w = 0.8V_{cr} + V_w$$

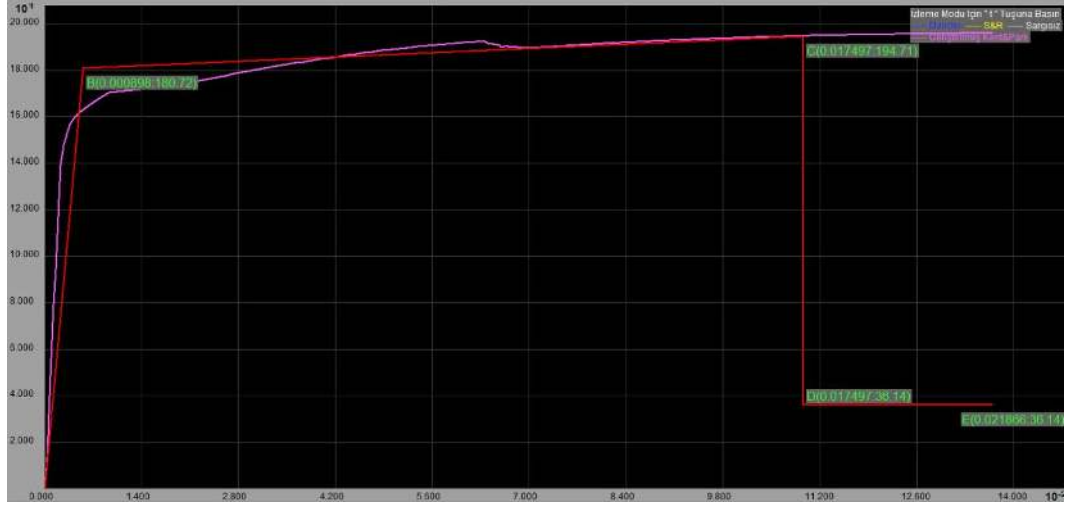
$$V_{cr} = 0.65f_{ctd}b_wd = 148.88 kN$$

$$V_w = A_{sw}f_{ywm}d/s = 73.7 kN$$

$$V_r = V_c + V_w = 0.8V_{cr} + V_w = 119.1 + 73.7 = 192.8 kN$$

$$V_{\max} = 0.22f_{cd}b_wd = 468.73 kN$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda V_e değeri kiriş kesme kapasitesi V_r ve kesme üst sınırı $V_{\max}$ 'tan küçük çıkmıştır. Bu sonuçtan yola çıkarak K102 kirişinin sünek davranış gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.9. K102 kirişi moment kapasitesi

Kiriş kesitinde deprem yüklemesinden dolayı oluşan moment değerleri;

$$M_{E,i} = 34.69 \text{ kNm}$$

$$M_{E,j} = - 32.32 \text{ kNm}$$

Kiriş uçlarında düşey yüklerden oluşan moment değerleri;

$$M_{D,i} = - 60.98 \text{ kNm}$$

$$M_{D,j} = - 39.25 \text{ kNm}$$

Kiriş uç artık moment kapasiteleri;

$$M_{A,i} = 188.29 - (-60.98) = 249.27 \text{ kNm}$$

$$M_{A,j} = - 180.72 - (-39.25) = - 141.44 \text{ kNm}$$

Kiriş uç bölgelerinde etki/kapasite oranı r ' nin belirlenmesi

$$r_i = M_{E,i} / M_{A,i} = 34.69 / 249.27 = 0.14$$

$$r_j = M_{E,j} / M_{A,j} = -32.32 / -141.44 = 0.23$$

$$V_{e,i} / (b_w df_{ctm}) = 0.65$$

$$V_{e,j} / (b_w df_{ctm}) = 0.61$$

$$(\rho - \rho') / \rho_b = (0.0038 - 0.0048) / 0.02547 = -0.039$$

$$(\rho - \rho') / \rho_b = (0.0048 - 0.0038) / 0.02547 = 0.039$$

Yönetmelik Tablo 7.2' ye bakıldığından, gerekli parametreler kullanılarak eleman hasar sınırları belirlenir. Hasar sınırları kontrol edildiğinde K102 kirişinin minimum hasar bölgesinde yer aldığını görmekteyiz.

Aşağıda yer alan tabloda programlara göre kirişlerde oluşan hasar durumları ve sayısal olarak bu hasar durumlarının katlara göre dağılımı gösterilmiştir

Tablo 4.24. +X yönü el hesabı ile elde edilen kiriş hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	25(%80.7)	1(%3.2)	1(%3.2)	4(%12.9)
3	20(%64.5)	4(%12.9)	3(%9.7)	4(%12.9)
2	20(%64.5)	5(%16.2)	2(%6.4)	4(%12.9)
1	25(%80.7)	2(%6.4)	4(%12.9)	0(%0.00)

Tablo 4.25. +Y yönü el hesabı ile elde edilen kiriş hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	29(%67.4)	13(%30.3)	1(%2.3)	0
3	15(%34.9)	7(%16.3)	13(%30.2)	8(%18.6)
2	15(%34.9)	3(%7.0)	13(%30.2)	12(%27.9)
1	15(%34.9)	3(%7.0)	15(%34.9)	10(%23.2)

Tablo 4.26. +X yönü A programı ile elde edilen kiriş hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	26(%83.8)	0	0	5(%16.2)
3	24(%77.4)	0	0	7(%22.6)
2	24(%77.4)	0	0	7(%22.6)
1	27(%87.1)	4(%12.9)	0	0

Tablo 4.27. +Y yönü A programı ile elde edilen kırış hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	41(%95.3)	2(%4.7)	0	0
3	20(%46.5)	18(%41.9)	1(%2.3)	4(%9.3)
2	18(%41.9)	19(%44.1)	2(%4.7)	4(%9.3)
1	18(%41.9)	19(%44.1)	2(%4.7)	4(%9.3)

Tablo 4.28. +X yönü B programı ile elde edilen kırış hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	22(%71.0)	1(%3.2)	4(%12.9)	4(%12.9)
3	20(%64.5)	5(%16.2)	2(%6.4)	4(%12.9)
2	19(%61.2)	5(%16.2)	2(%6.4)	5(%16.2)
1	23(%74.2)	2(%6.4)	3(%9.7)	3 (%9.7)

Tablo 4.29. +Y yönü B programı ile elde edilen kırış hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	28(%65.1)	4(%9.3)	6(%14.0)	5(%11.6)
3	13(%30.2)	4(%9.3)	10(%23.2)	16(%37.3)
2	13(%30.2)	3(%7.0)	5(%11.6)	22(%51.2)
1	13(%30.2)	4(%9.3)	10(%23.2)	16(%37.3)

Tablo 4.30. +X yönü C programı ile elde edilen kırış hasar durumları

Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	31(%100)	0	0	0
3	31(%100)	0	0	0
2	31(%100)	0	0	0
1	28(%90.4)	1(%3.2)	2(%6.4)	0

Tablo 4.31. +Y yönü C programı ile elde edilen kırış hasar durumları

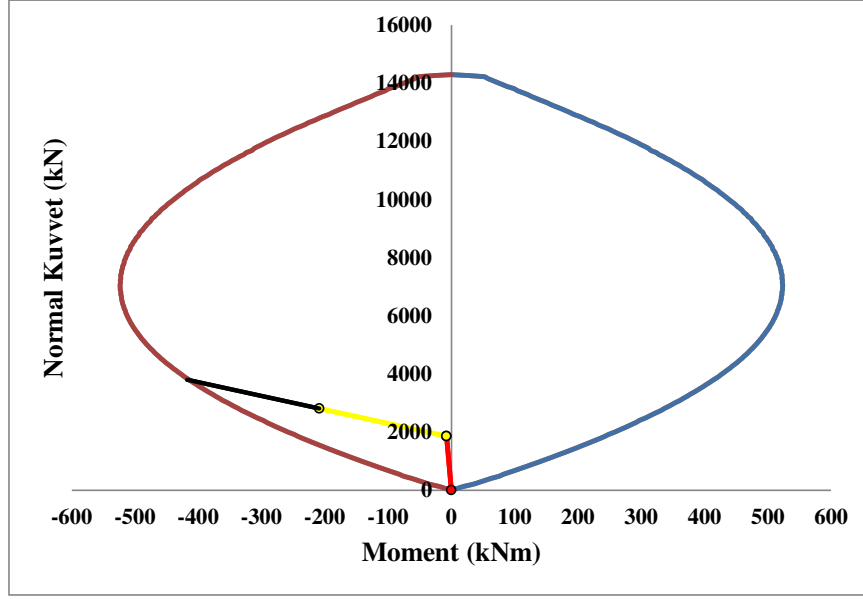
Kat/Hasar Bölgesi	Minimum Hasar Bölgesi	Belirgin Hasar Bölgesi	İleri Hasar Bölgesi	Göçme Bölgesi
4	43(%100)	0	0	0
3	43(%100)	0	0	0
2	42(%97.7)	1(%2.3)	0	0
1	25(%58.0)	6(%14.0)	6(%14.0)	6(%14.0)

4.2.3.3. Betonarme Perde Performans Değerlendirmesi

Perde elemanlarda performans değerlendirme aşamalarından ilk olarak perdenin kırılma türünün sünek veya gevrek olup olmadığına bakılacaktır. Daha sonra kapasite değerleri ile elemana gelen yükler değerlendirilecek ve perde performans seviyesi belirlenecektir. Perdelerde kırılma türünün bulunması, perde kritik kesitinde oluşan V_e ' nin hesaplanması **Yönetmelik Denklem 3.16'** da belirtilen veriler ile yapılır.

Yapıda kolon ve perde elemanlar deprem yüklerini birlikte taşımaktadır. **Yönetmelik 7.5.2.2'** ye göre bağıntıda yer alan kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v = 1$ olarak alınmıştır.

Perde için moment – normal kuvvet kapasiteleri hesabı kolonlarda olduğu gibi ilk olarak etkileşim diyagramının çizimi ile yapılmıştır. Daha sonra diyagram üzerinde düşey yüklemlerden oluşan moment ve normal kuvvet değerleri (M_D , N_D) belirlenmiştir. Deprem yüklemesinden dolayı oluşan moment ve normal kuvvet değerleri (M_E , N_E), düşey yüklerden oluşan değerler ile toplanarak bu iki koordinat arasında bir doğru çizilmiş ve bu doğrunun etkileşim diyagramını kestiği nokta bulunarak perde kapasite değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 4.10. P105 perdesi etkileşim diyagramı

Tablo 4.32. P105 perdesi kesme kuvveti kontrolleri

Perde Adı	l_w (m)	b_w (m)	V_e (kN)	$V_e < 0.22A_{ch}f_{cd}$ (kN)	$V_r = A_{ch}(0.65f_{ctd} + \rho_{sh}f_{ywd})$ (kN)
P105	4.9	0.3	150.17	3428.04	2748.13

Yukarıdaki tablodan elde edilen sonuca göre P105 perdesinin kırılma türünün sünek olduğu görülmektedir.

Tablo 4.33. Perde etki/kapasite oranının belirlenmesi

Perde Adı	M_D (kNm)	N_D (kN)	M_E (kNm)	N_E (kN)	M_K (kNm)	N_K (kN)	r
P105	-7.65	1857.76	-201.14	953.1	-417.5	3799.8	0.49

Yönetmelikte belirtilen sınır değerler dikkate alındığında P105 perdesi minimum hasar bölgesinde yer almaktadır.

4.2.4. Görelî Kat Ötelenmelerinin Kontrolü

Görelî kat ötelenmelerinin sağlanması gereken şart, incelenen bina okul türünde olduğu için hesap edilen deprem kuvvetlerinde 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için hemen kullanım performans seviyesidir.

Tablo 4.34. Göreli kat ötelenmeleri sınır değerleri

Görelî Kat Ötelenmeleri Oranı	Hasar Sınırları		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji}/h_{ji}	0.01	0.03	0.04

Tablo 4.35. +X yönü el hesabı ile elde edilen göreli kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.006196	0.00221	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.006272	0.00224	Minimum Hasar Bölgesi
2	2.8	0.005303	0.00189	Minimum Hasar Bölgesi
1	2.8	0.002720	0.00097	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.36. +Y yönü el hesabı ile elde edilen göreli kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.021473	0.00767	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.034271	0.01224	Belirgin Hasar Bölgesi
2	2.8	0.039414	0.01408	Belirgin Hasar Bölgesi
1	2.8	0.026436	0.00944	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.37. A programı ile elde edilen +X yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.00741	0.0026	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.00752	0.0029	Minimum Hasar Bölgesi
2	2.8	0.00640	0.0023	Minimum Hasar Bölgesi
1	2.8	0.00343	0.0012	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.38. A programı ile elde edilen +Y yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.01809	0.0065	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.02953	0.0105	Belirgin Hasar Bölgesi
2	2.8	0.03448	0.0123	Belirgin Hasar Bölgesi
1	2.8	0.02269	0.0081	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.39. B programı ile elde edilen +X yönü görelî kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.00826	0.0029	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.00861	0.0031	Minimum Hasar Bölgesi
2	2.8	0.00751	0.0027	Minimum Hasar Bölgesi
1	2.8	0.00414	0.0015	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.40. B programı ile elde edilen +Y yönü göreli kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.02317	0.0083	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.03801	0.0136	Belirgin Hasar Bölgesi
2	2.8	0.04689	0.0167	Belirgin Hasar Bölgesi
1	2.8	0.03314	0.0118	Belirgin Hasar Bölgesi

Tablo 4.41. C programı ile elde edilen +X yönü göreli kat ötelenmeleri ve hasar durumu

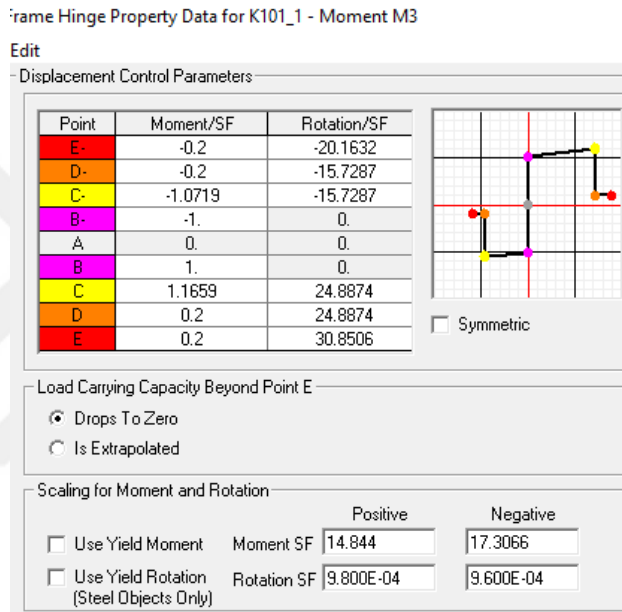
Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.01208	0.0043171	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.01281	0.0045735	Minimum Hasar Bölgesi
2	2.8	0.01132	0.0040445	Minimum Hasar Bölgesi
1	2.8	0.00671	0.0023985	Minimum Hasar Bölgesi

Tablo 4.42. C programı ile elde edilen +Y yönü göreli kat ötelenmeleri ve hasar durumu

Kat	h_i (m)	$\delta_{i,max}$ (m)	$\delta_{i,max}/h_i$	Hasar Durumu
4	2.8	0.01359	0.0048529	Minimum Hasar Bölgesi
3	2.8	0.01636	0.0058437	Minimum Hasar Bölgesi
2	2.8	0.01443	0.0051546	Minimum Hasar Bölgesi
1	2.8	0.00879	0.0031428	Minimum Hasar Bölgesi

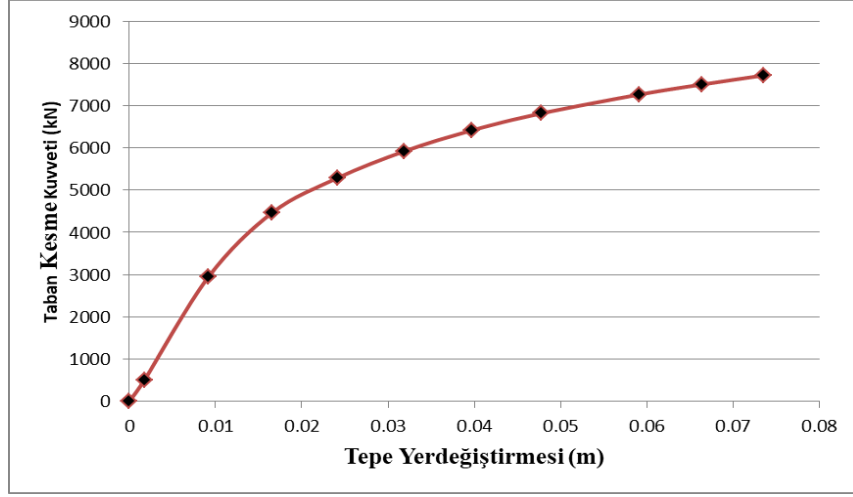
4.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi

AEDY’nde, EDY Yönteminde olduğu gibi çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri düşey $G + nQ$ yükleri altında hesap edilir. Yapılan hesaplamalar Eşdeğer Deprem Yüğü ile aynı olduğundan bu bölümde tekrardan hesap adımları gösterilmeyecektir. Rijitlik değerleri hesaplandıktan sonra kiriş ve kolon kesitlerinde mafsalları tanımlanmıştır. Eleman moment – eğrilik değerleri Semap programı [7] yardımıyla kesit, malzeme ve donatı bilgileri tanımlanarak elde edilmiştir.



Şekil 4.11. Örnek eleman mafsalları tanımlaması

İtme analizinin her adımında elde edilen taban kesme kuvveti ve yer değiştirme değerleri grafikte gösterilmiştir.

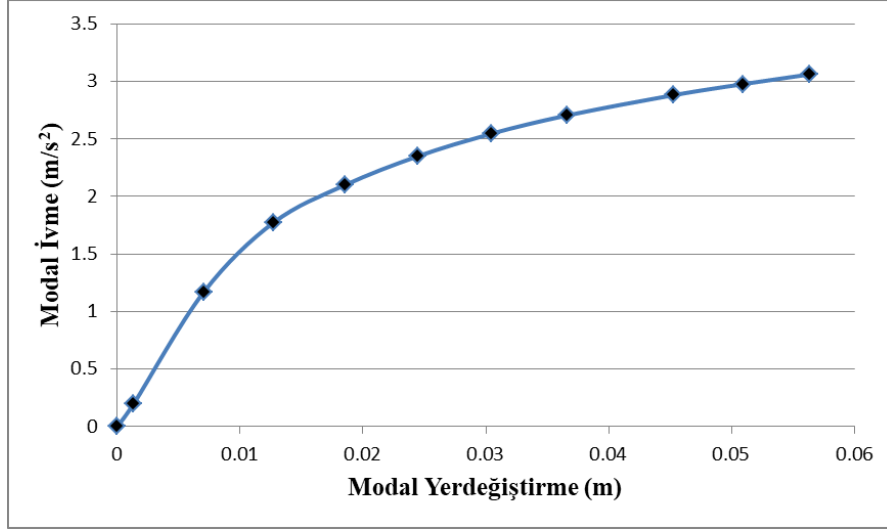


Şekil 4.12. El hesabı ile elde edilen y yönü itme eğrisi

Taban kesme kuvveti – yer değiştirme grafiği çizildikten sonra yapının birinci hakim modu dikkate alınarak modal kapasite grafiğinin çizilmesinde kullanılacak etkin kütle değeri ve modal katkı çarpanı değerleri hesaplanır. Hesaplamanın ardından gerekli dönüşüm işlemleri uygulanarak modal ivme ve modal yer değiştirme değerleri elde edilir.

Tablo 4.43. Modal yer değiştirme ve ivme değerleri

$u_{yN1}^{(i)} (m)$	$V_{y1}^{(i)} (kN)$	$a_1^{(i)} (m/s^2)$	$d_1^{(i)} (m)$
0	0	0	0
0.0017	502.067	0.1992	0.001
0.0092	2945.419	1.1685	0.007
0.0166	4467.285	1.7723	0.013
0.0241	5286.296	2.0972	0.019
0.0319	5918.871	2.3482	0.024
0.0397	6415.241	2.5451	0.030
0.0478	6815.207	2.7038	0.037
0.0591	7261.133	2.8807	0.045
0.0664	7501.684	2.9761	0.051
0.0735	7714.464	3.0606	0.056



Şekil 4.13. El hesabı ile elde edilen modal kapasite eğrisi

Elde edilen modal kapasite diyagramı ve zemin sınıfına bağlı ivme spektrumu dikkate alınarak yapıya ait modal yer değiştirme istemi hesabı yapılır. Modal yer değiştirme istemi ($d_1^{(p)}$), doğrusal olmayan spektral yer değiştirme (S_{di1}) değerine eşittir.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (4.4)$$

$$(w_1^{(1)})^2 = 137.928 \quad S_{ae1} = 7.774 m/s^2$$

$$S_{de1} = 0.056m$$

Yapı başlangıç periyodu ($T_1^{(1)}$) zemin karakteristik periyodundan (T_B) daha büyük ve ya eşit olduğu durumlarda spektral yer değiştirme oranı (C_{R1}) 1' e eşit olarak alınır.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \rightarrow 0.056m$$

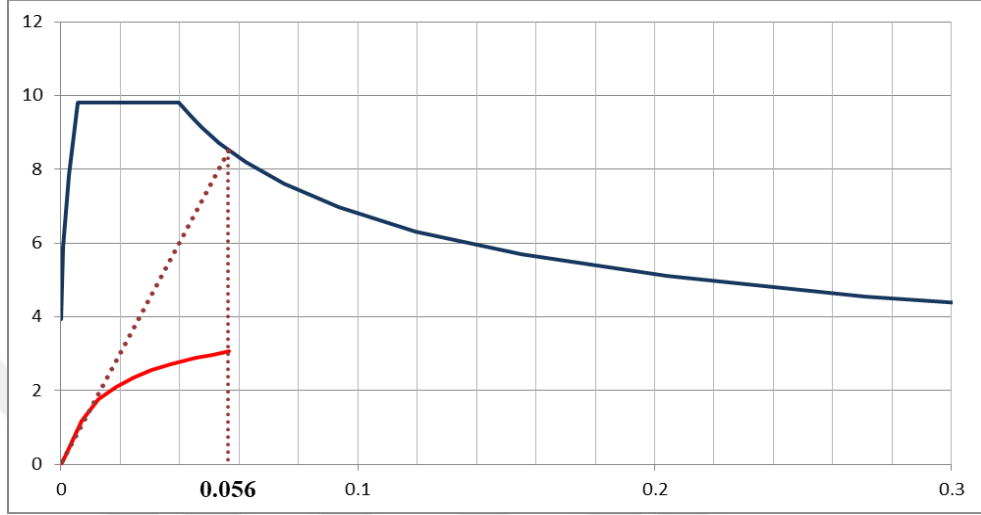
$$S_{di1} = d_1^{(p)} = 0.056m$$

Yönetmelik 7.6.5.7' ye göre hesap edilen deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirme istemi;

$$u_{yN1}^{(p)} = \Phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)} (4.5)$$

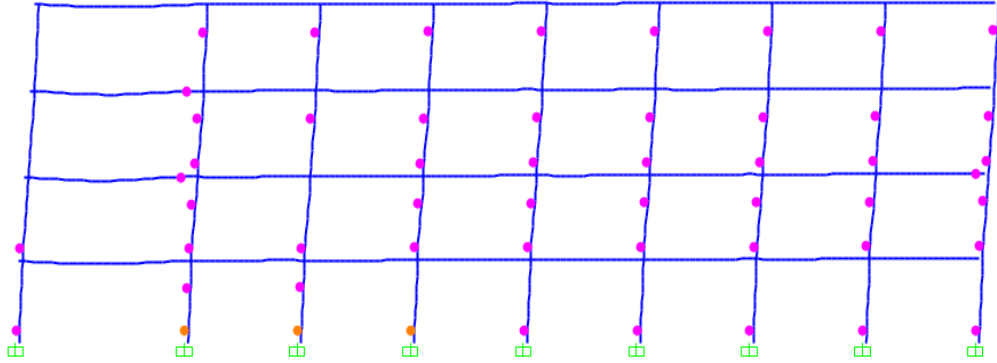
$$u_{yN1}^{(p)} = 0.0735m$$

Yapı yukarıda hesap edilen tepe yer değıştirme istemine kadar itilir.



Şekil 4.14. Spektral ivme - spektral yer değıştirme

Tepe yer değıştirme istemine kadar itilen yapı ve yapı elemanlarında oluşan plastik kesitler.



Şekil 4.15. Sistemde oluşan plastik mafsallar

İtme analizi ile elde edilen plastik mafsal dönmeleri, eleman boyutlarına bağlı olarak hesaplanan plastik mafsal boylarına bölünerek, kesite ait plastik eğrilik değeri hesaplanır. Elemanlara ait akma eğrilikleri ise yukarıda daha önceki bölümlerde bahsedilen Priestley denklemi [5] ile hesaplanır.

$$\phi_y = \frac{2.1\varepsilon_{sy}}{h} = \frac{2.1 \times 0.0011}{0.7} = 0.0033(1/m)$$

Elde edilen bu iki eğrilik değeri toplanarak toplam eğrilik hesap edilir. Aşağıdaki tabloda bazı kirişlere ait plastik eğrilik ve akma eğriliği değerleri ile toplam eğrilik değerleri verilmiştir.

Tablo 4.44. Kirişler için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kiriş	Plastik Dönme Miktarı (θ_p) (radyan)	Plastik Mafsal Boyu (L_p) (metre)	Plastik Eğrilik (Φ_p) (1/m)	Akma Eğriliği (Φ_y) (1/m)	Toplam Eğrilik (Φ_t) (1/m)
K149L	0.004938	0.35	0.01411	0.0033	0.01741
K149R	-0.007166	0.35	0.02047	0.0033	0.02377
K150L	0.007526	0.35	0.02150	0.0033	0.02480
K150R	-0.007231	0.35	0.02066	0.0033	0.02396
K151L	0.006448	0.35	0.01842	0.0033	0.02172
K151R	-0.00506	0.35	0.01446	0.0033	0.01776
K152L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K152R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K153L	0.003552	0.35	0.01015	0.0033	0.01345
K153R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K154L	0.004012	0.35	0.01146	0.0033	0.01476
K154R	-0.005333	0.35	0.01523	0.0033	0.01853
K155L	0.005713	0.35	0.01632	0.0033	0.01962
K155R	-0.005464	0.35	0.01704	0.0033	0.02034
K156L	0.005954	0.35	0.01701	0.0033	0.02031
K156R	-0.003522	0.35	0.01006	0.0033	0.01336
K157L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K157R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K158L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K158R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K159L	0.002997	0.35	0.00856	0.0033	0.01186
K159R	-0.004229	0.35	0.01208	0.0033	0.01538
K160L	0.004764	0.35	0.01361	0.0033	0.01691
K160R	-0.003538	0.35	0.01011	0.0033	0.01341

Tablo 4.45. El hesabı ile elde edilen kiriş kesit hasar bölgeleri

Kiriş	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_t) (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Durumu
K149L	0.004938	0.35	0.01741	0.00143	0.01028	BH
K149R	-0.007166	0.35	0.02377	0.00143	0.01444	BH
K150L	0.007526	0.35	0.02480	0.00159	0.01506	BH
K150R	-0.007231	0.35	0.02396	0.00159	0.01437	BH
K151L	0.006448	0.35	0.02172	0.00127	0.01321	BH
K151R	-0.00506	0.35	0.01776	0.00127	0.01051	BH
K152L	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00163	MN
K152R	0	0.35	0.00330	0.00050	0.00163	MN
K153L	0.003552	0.35	0.01345	0.00111	0.00790	MN
K153R	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00170	MN
K154L	0.004012	0.35	0.01476	0.00118	0.00871	MN
K154R	-0.005333	0.35	0.01853	0.00117	0.01122	BH
K155L	0.005713	0.35	0.01962	0.00132	0.01171	BH
K155R	-0.005464	0.35	0.01891	0.00130	0.01115	BH
K156L	0.005954	0.35	0.02031	0.00127	0.01235	BH
K156R	-0.003522	0.35	0.01336	0.00111	0.00773	MN
K157L	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00163	MN
K157R	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00163	MN
K158L	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00163	MN
K158R	0	0.35	0.00330	0.00048	0.00163	MN
K159L	0.002997	0.35	0.01186	0.00113	0.00686	MN
K159R	-0.004229	0.35	0.01538	0.00100	0.00923	MN
K160L	0.004764	0.35	0.01691	0.00127	0.01001	BH
K160R	-0.003538	0.35	0.01341	0.00120	0.00775	MN

Yukarıda yer alan tabloda daha önceki bölümlerde yönetmelikte yer alan hasar sınır durumlarına göre kontrolleri yapılan kirişlere ait hasar durumları belirtilmiştir. Aşağıda ise bazı kolonlardan elde edilen plastik eğrilik, akma eğriligi ve toplam eğrilik tablosu gösterilmektedir.

Tablo 4.46. Kolonlar için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S101	957.66	0.00227	0.3	0.00763	0.00385	0.01148
S102	1228.21	0.00227	0.3	0.00756	0.00385	0.01141
S103	1021.25	0.00178	0.325	0.00548	0.00355	0.00900
S104	1061.81	0.00167	0.3	0.00556	0.00385	0.00940
S105	1068.42	0.00146	0.3	0.00486	0.00385	0.00871
S106	1055.30	0.00125	0.3	0.00416	0.00385	0.00801

Tablo 4.47. El hesabı ile elde edilen kolon kesit hasar bölgeleri

Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_t) (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Durumu
S101	957.66	0.00227	0.3	0.01148	0.00376	0.00283	BH
S102	1228.21	0.00227	0.3	0.01141	0.00437	0.00211	İH
S103	1021.25	0.00178	0.325	0.0090	0.00313	0.00251	MN
S104	1061.81	0.00167	0.3	0.0094	0.00331	0.00209	MN
S105	1068.42	0.00146	0.3	0.00871	0.00315	0.00190	MN
S106	1055.30	0.00125	0.3	0.00801	0.00281	0.00171	MN

Tablo 4.48. Kirişler için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kiriş	Plastik Dönme Miktarı (θ_p) (radyan)	Plastik Mafsalsal Boy (L _p) (metre)	Plastik Eğrilik (Φ_p) (1/m)	Akma Eğriliği (Φ_y) (1/m)	Toplam Eğrilik (Φ_t) (1/m)
K149L	0	0.35	0	0.005309	0.005309
K149R	0.000598	0.35	0.001708	0.005763	0.007471
K150L	0.001226	0.35	0.003502	0.011186	0.014688
K150R	0.000134	0.35	0.000383	0.010836	0.011219
K151L	0	0.35	0	0.005584	0.005584
K151R	0	0.35	0	0.007777	0.007777
K152L	0	0.35	0	0.005047	0.005047
K152R	0	0.35	0	0.005049	0.005049
K153L	0	0.35	0	0.006009	0.006009
K153R	0	0.35	0	0.005763	0.005763
K154L	0	0.35	0	0.005309	0.005309
K154R	0	0.35	0	0.005763	0.005763
K155L	0.000715	0.35	0.002043	0.011186	0.013229
K155R	0	0.35	0	0.010836	0.010836
K156L	0	0.35	0	0.005584	0.005584
K156R	0	0.35	0	0.007777	0.007777
K157L	0	0.35	0	0.005047	0.005047
K157R	0	0.35	0	0.005049	0.005049
K158L	0	0.35	0	0.005047	0.005047
K158R	0	0.35	0	0.005049	0.005049
K159L	0	0.35	0	0.005309	0.005309
K159R	0	0.35	0	0.005763	0.005763
K160L	0	0.35	0	0.011186	0.011186
K160R	0	0.35	0	0.010836	0.010836

Tablo 4.49. B programı ile elde edilen kiriş kesit hasar bölgeleri

Kiriş	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_t) (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Durumu
K149L	0	0.35	0.005309	0.000529	0.000333	MN
K149R	0.000598	0.35	0.007471	0.000599	0.000323	MN
K150L	0.001226	0.35	0.014688	0.000665	0.000122	MN
K150R	0.000134	0.35	0.011219	0.000558	0.000143	MN
K151L	0	0.35	0.005584	0.000528	0.000321	MN
K151R	0	0.35	0.007777	0.000533	0.000245	MN
K152L	0	0.35	0.005047	0.000529	0.000342	MN
K152R	0	0.35	0.005049	0.000529	0.000342	MN
K153L	0	0.35	0.006009	0.000529	0.000307	MN
K153R	0	0.35	0.005763	0.000528	0.000315	MN
K154L	0	0.35	0.005309	0.000529	0.000333	MN
K154R	0	0.35	0.005763	0.000528	0.000315	MN
K155L	0.000715	0.35	0.013229	0.000616	0.000126	MN
K155R	0	0.35	0.010836	0.000545	0.000144	MN
K156L	0	0.35	0.005584	0.000528	0.000321	MN
K156R	0	0.35	0.007777	0.000533	0.000245	MN
K157L	0	0.35	0.005047	0.000529	0.000342	MN
K157R	0	0.35	0.005049	0.000529	0.000342	MN
K158L	0	0.35	0.005047	0.000529	0.000342	MN
K158R	0	0.35	0.005049	0.000529	0.000342	MN
K159L	0	0.35	0.005309	0.000529	0.000333	MN
K159R	0	0.35	0.005763	0.000528	0.000315	MN
K160L	0	0.35	0.011186	0.000547	0.000133	MN
K160R	0	0.35	0.010836	0.000545	0.000144	MN

Tablo 4.50. Kolonlar için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S101	908.83	0	0.3	0	0.003984	0.003984
S102	1172.09	0	0.3	0	0.003691	0.003691
S103	905.88	0	0.325	0	0.003621	0.003621
S104	895.35	0	0.3	0	0.003893	0.003893
S105	898.98	0	0.3	0	0.003802	0.003802
S106	864.83	0	0.3	0	0.003877	0.003877

Tablo 4.51. B programı ile elde edilen kolon kesit hasar bölgeleri

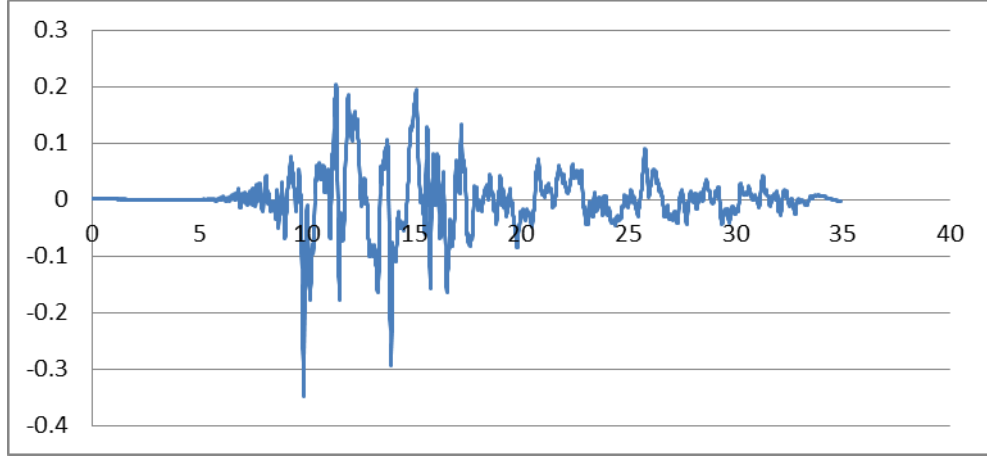
Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_t) (1/m)	ϵ_c	ϵ_s	Hasar Durumu
S101	908.83	0	0.3	0	0.001516	0.000018	MN
S102	1172.09	0	0.3	0	0.001705	0.000284	MN
S103	905.88	0	0.325	0	0.001521	0.000006	MN
S104	895.35	0	0.3	0	0.001555	0.000056	MN
S105	898.98	0	0.3	0	0.001556	0.000092	MN
S106	864.83	0	0.3	0	0.001562	0.000069	MN

4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi ile Mevcut Yapı Performans Analizi

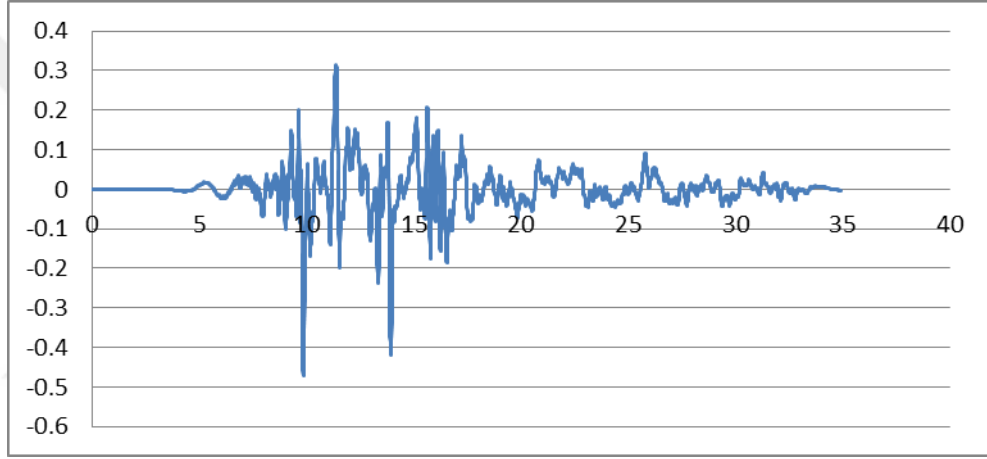
ZTADOA Yöntemi ile diğer yöntemlerde olduğu gibi ilk adımda düşey yük analizi ile elde edilen veriler ışığında elemanlara ait etkin eğilme rijitliklerinin hesabı yapılır. Analizde kullanılan deprem ivme kayıtlarının belirlenmesi **Yönetmelik 2.9.2** maddesine uyacak şekilde kaydedilmiş, deprem ivme kayıtları ele alınmıştır. Depremlere ait ivme kayıtları Seismosignal adlı program içindeki veri dosyalarından alınmıştır [8]. Daha sonra elde edilen ivme kayıtları Seismomatch programı yardımıyla zemin sınıfına bağlı olarak spektrumla uyumlu hale getirilmiştir [9]. Yer hareketlerinin seçimi ve benzeştirilmesi sırasında yönetmelikte bulunan şartlara uygunluğu kontrol edilmiştir.

- Kullanılan ivme kayıtlarına bağlı yer hareketlerinin süresi 15 saniyeden veya yapı birinci hakim periyodunun 5 katından az olamaz.
- Spektral ivme kayıtları değerlendirildiğinde spektrum üzerinde sıfır periyoduna denk gelen değer A_{og} ' den küçük olmayacaktır.
- Son olarak her bir ivme kaydına göre %5 sönüm ile bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot T_1 ' e oranlandığında $0.2 T_1$ ve $2T_1$ arasında kalan periyot değerleri $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerin %90' ından az olmayacaktır [6].

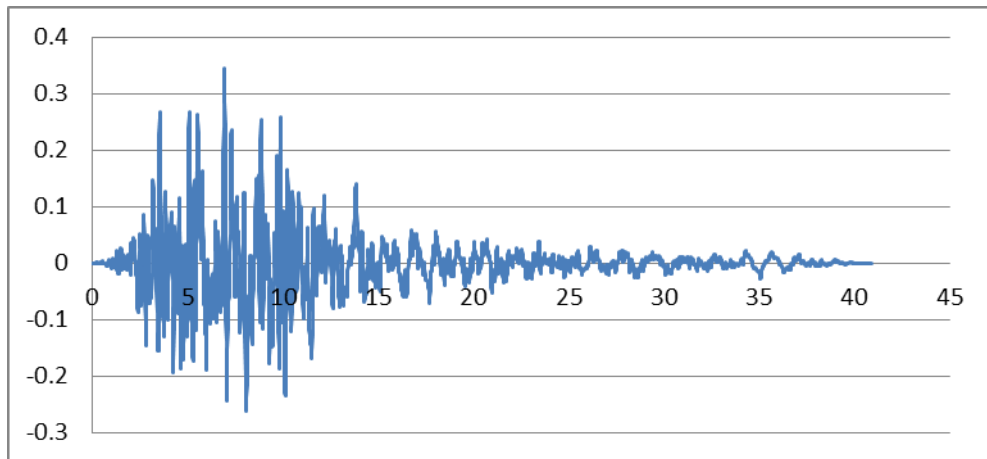
ZTADOA' e geçildiğinde yapı düşey yükleriyle uyumlu statik analiz işlemi AEDY yönteminde olduğu gibi başlangıç adımı olarak tanımlanmıştır. Yapılan çalışmada analizler Sap2000 v16 ile yapılmıştır [10].



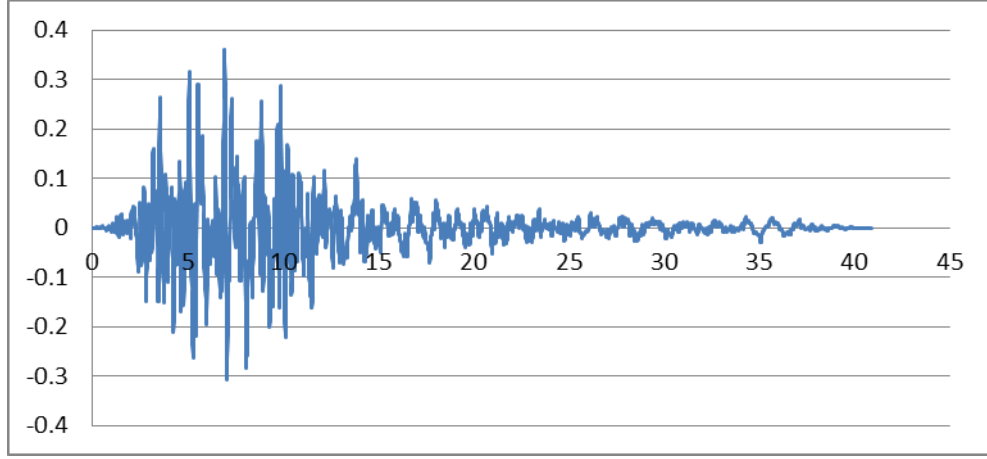
Şekil 4.16. Kocaeli benzeştirilmemiş ivme kayıtları



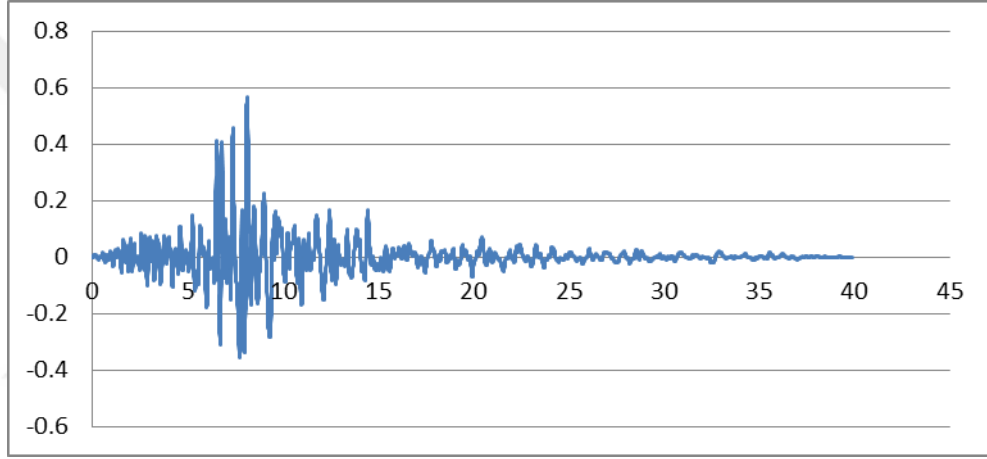
Şekil 4.17. Kocaeli benzeştirilmiş ivme kayıtları



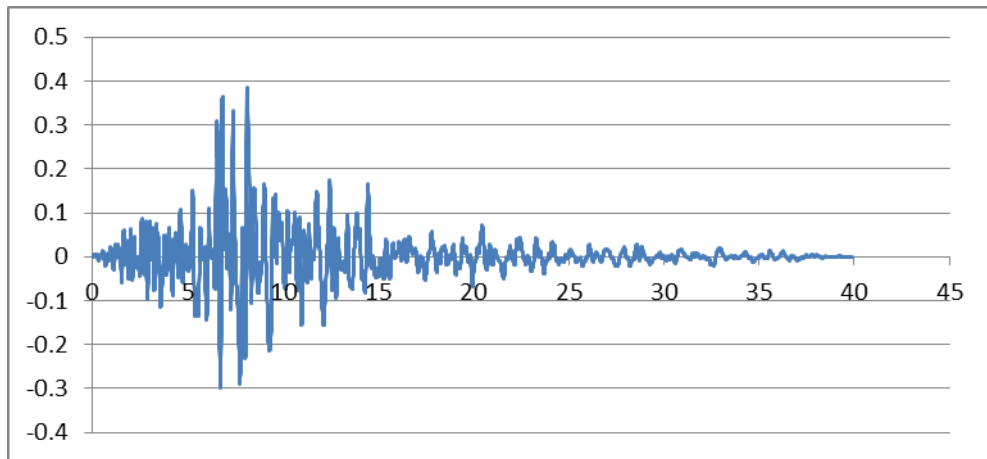
Şekil 4.18. Kobe benzeştirilmemiş ivme kayıtları



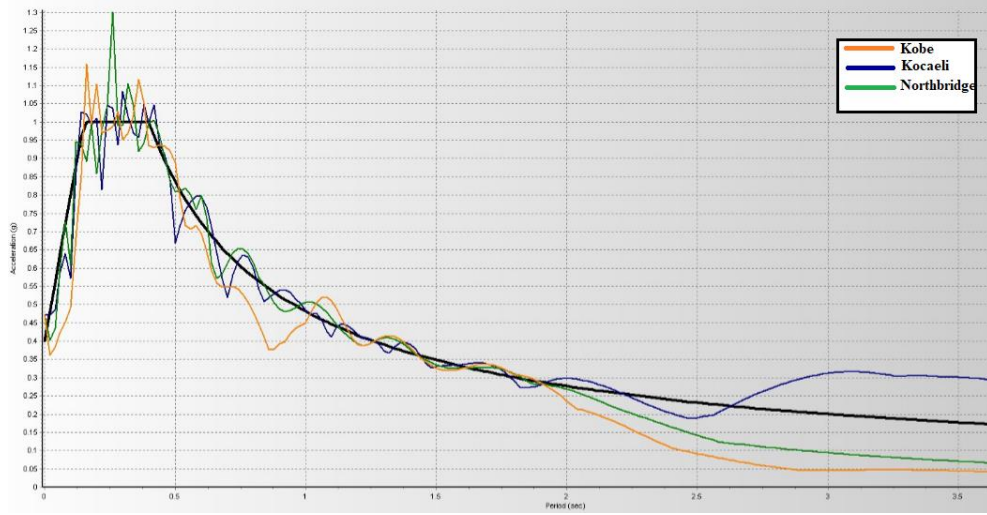
Şekil 4.19. Kobe benzeştirilmiş ivme kayıtları



Şekil 4.20. Northbridge benzeştirilmemiş ivme kayıtları

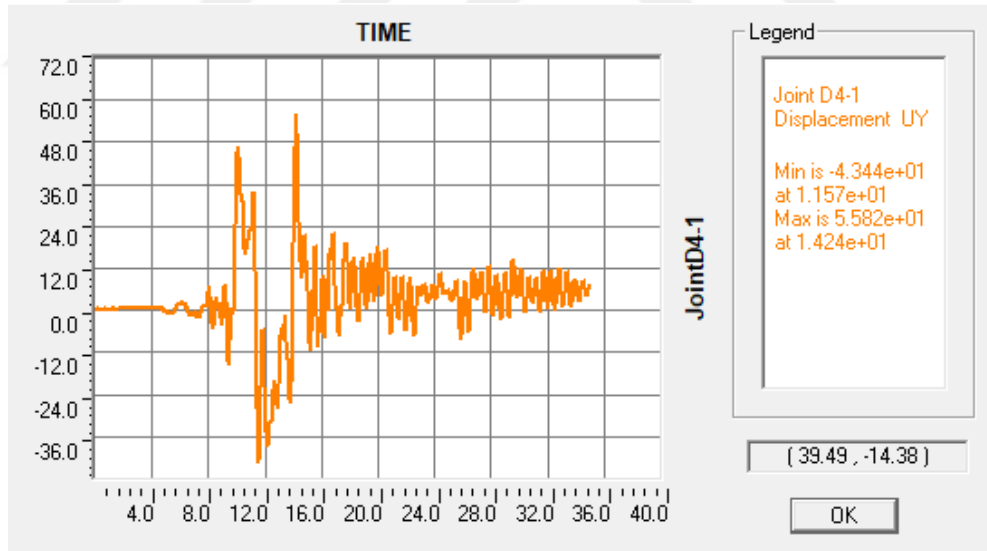


Şekil 4.21. Northbridge benzeştirilmiş ivme kayıtları

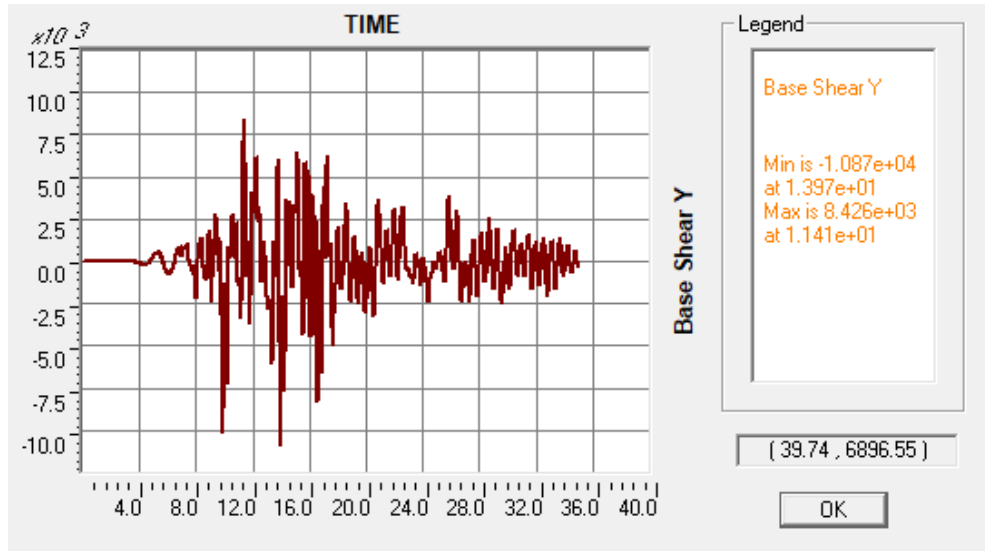


Şekil 4.22. Benzeştirilmiş ivme spektrumu

Seçilen deprem ivme kayıtları zemin sınıfına bağlı spektrum eğrisi ile benzeştirilir ve yapı ZTADOA yöntemi ile analiz edilir. Tez kapsamında sonuç bölümünde karşılaştırma işlemlerinde kullanılacak deprem ivme kayıtları Kocaeli ivme kayıtları olarak seçilmiştir.



Şekil 4.23. Tepe yer değiştirme zaman grafiği



Şekil 4.24. Taban kesme kuvveti zaman grafiği

Zaman tanım alanında analiz ile yapıya ait yukarıda belirtilen tepe yer değiştirme - zaman ve taban kesme kuvveti – zaman grafikleri elde edilmiştir. Elemanlara ait hasar durumlarının belirlenmesi aşamasında AEDY yönteminde belirtilen işlem adımları aynı şekilde tekrar edilecek ve zaman tanım alanında yapıya gelen yükler altında hesap edilen kesit toplam eğrilik değerlerinden, beton ve donatı şekil değişimleri hesaplanarak performans durumları belirlenecektir.

Tablo 4.52. Kirişler için toplam eğrilik değerleri

Kiriş	Plastik Dönme Miktarı (θ_p) (radyan)	Plastik Mafsallık Boyu (L_p) (metre)	Plastik Eğrilik (Φ_p) (1/m)	Akma Eğriligi (Φ_y) (1/m)	Toplam Eğrilik (Φ_t) (1/m)
K149L	0.00511	0.35	0.01460	0.0033	0.01790
K149R	0.00602	0.35	0.01719	0.0033	0.02049
K150L	0.00404	0.35	0.01154	0.0033	0.01484
K150R	0.00566	0.35	0.01618	0.0033	0.01948
K151L	0.00506	0.35	0.01446	0.0033	0.01776
K151R	0.00371	0.35	0.01061	0.0033	0.01391
K152L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K152R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K153L	0.00323	0.35	0.00923	0.0033	0.01253
K153R	0.00002	0.35	0.00006	0.0033	0.00336
K154L	0.00364	0.35	0.01039	0.0033	0.01369
K154R	0.00430	0.35	0.01227	0.0033	0.01557
K155L	0.00228	0.35	0.00651	0.0033	0.00981
K155R	0.00425	0.35	0.01213	0.0033	0.01543

K156L	0.00380	0.35	0.01086	0.0033	0.01416
K156R	0.00240	0.35	0.00687	0.0033	0.01017
K157L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K157R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K158L	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K158R	0	0.35	0	0.0033	0.00330
K159L	0.00267	0.35	0.00763	0.0033	0.01093
K159R	0.00323	0.35	0.00922	0.0033	0.01252
K160L	0.00182	0.35	0.00521	0.0033	0.00851
K160R	0.00282	0.35	0.00805	0.0033	0.01135

Tablo 4.53. Kiriş kesit hasar durumları

Kiriş	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_t) (1/m)	ε_c	ε_s	Hasar Durumu
K149L	0.00511	0.35	0.01790	0.00141	0.01056	BH
K149R	0.00602	0.35	0.02049	0.00136	0.01235	BH
K150L	0.00404	0.35	0.01484	0.00012	0.00869	MN
K150R	0.00566	0.35	0.01948	0.00150	0.01163	BH
K151L	0.00506	0.35	0.01776	0.00117	0.01070	BH
K151R	0.00371	0.35	0.01391	0.00118	0.00814	MN
K152L	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K152R	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K153L	0.00323	0.35	0.01253	0.00098	0.00732	MN
K153R	0.00002	0.35	0.00336	0.00049	0.00220	MN
K154L	0.00364	0.35	0.01369	0.00116	0.00795	MN
K154R	0.00430	0.35	0.01557	0.00116	0.00934	MN
K155L	0.00228	0.35	0.00981	0.00098	0.00550	MN
K155R	0.00425	0.35	0.01543	0.00125	0.00911	MN
K156L	0.00380	0.35	0.01416	0.00011	0.00845	MN
K156R	0.00240	0.35	0.01017	0.00108	0.00582	MN
K157L	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K157R	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K158L	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K158R	0	0.35	0.00330	0.00056	0.00169	MN
K159L	0.00267	0.35	0.01093	0.00103	0.00621	MN
K159R	0.00323	0.35	0.01252	0.00100	0.00742	MN
K160L	0.00182	0.35	0.00851	0.00095	0.00475	MN
K160R	0.00282	0.35	0.01135	0.00109	0.00649	MN

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Yapılan hesaplamalar sonucunda yapının ilk üç moduna ait periyot değerleri yaklaşık olarak birbiriyle uyum göstermektedir. Programlardan elde edilen sonuçlara göre A ve B programlarında ilk periyot Y, ikinci periyot burulma ve üçüncü periyot X yönünde oluşurken C programında ilk iki periyot Y ve X yönlerinde olup üçüncü periyot burulma olarak çıkmıştır.
2. Hesaplanan eşdeğer deprem yükleri karşılaştırıldığında elde edilen taban kesme kuvvetleri, hesap edilen deprem yönüne göre uyum göstermektedir. B programında performans analizinde taban kesme kuvveti hesabında kullanılan **Yönetmelik 7.5.1.1** maddesi uyarınca bodrum kat dikkate alınmaksızın kat adedi ikiyi aşan yapılarda λ katsayısı 0.85 olması gerekirken bu katsayı, hesaba katılmamıştır.
3. Yapılan düşey yük analizinden elde edilen veriler ışığında elemanlara ait hesaplanan çatlama kesit etkin eğilme rijitlikleri dikkate alındığında B programının bu değeri; kolon, kiriş ve perdeler için tüm eleman türlerini ayrı ayrı kapsayacak şekilde kullanıcıdan değer girmesi istenerek veya program varsayılan değeri girilmiş halde sabit olarak aldığı görülmüştür.
4. Yapı toplam kütlelerinin hesabında programların eleman kabullerinden, yük dönüşümlerinden kaynaklanan çeşitli farklılıklar gözlemlenmiştir.
5. Eşdeğer deprem yükünde eleman performanslarının değerlendirilmesi aşamasında, programlardan elde edilen, kolonlara ait etki/kapasite oranları karşılaştırıldığında; B programında hesap edilen deprem yüküne bağlı olarak bu katsayı değerleri diğer programlara oranla daha büyük çıkmıştır.
6. Eşdeğer deprem yükü yöntemi dikkate alınarak kiriş elemanlarda performans değerlendirmesi yapıldığında, hesaplanan etki/kapasite oranları kontrol edilmiş ve özellikle perdelerle bağlanan kirişler arasında yüksek mertebelerde farklılıklar gözlemlenmiştir. Ayrıca C programı kiriş kapasite değerlerini diğer programlara oranla daha düşük bulmuştur. Elde edilen değerler arasındaki fark bazı durumlarda büyük oranlara çıkmaktadır.

7. Göreli kat ötelenmeleri kontrol edildiğinde A ve B programları birbiriyle ve el hesabından elde edilen değerle uyumlu sonuçlar verirken C programı bütün katlarda göreli kat ötelenmelerini minimum hasar bölgesinde bulmuştur.
8. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin uygulanması aşamasında elde edilen tepe yer değiştirmesi/tabana kesme kuvveti eğrileri arasında, hesaplanan değerler ile program tarafından hesap edilen değerler farklılıklar göstermektedir. Hesaplanan tepe yer değiştirme istemine kadar itilen yapıda oluşan taban kesme kuvveti programdan elde edilen değer ile farklılık göstermektedir.
9. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile analiz edilen yapıların, göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.7 olması zorunludur [6]. Yönetmelikte yer alan bu maddeye göre analiz yönteminin uygulanabilmesi için gereken sınır şartın sağlanıp sağlanmadığı hakkında, eğer koşul sağlanmıyorsa bir uyarı program tarafından verilmemiştir.
10. Eleman hasar durumları incelendiğinde programdan elde edilen hasar durumları bütün elemanlar için minimum değerde kalmıştır. Hesaplanan eleman hasar durumlarının hepsi minimum değerler içinde değildir ve bu noktada da yapı performans noktasının farklı hesaplanmasından kaynaklanan eleman hasar durumu farklılıkları görülmektedir.
11. ZTADOA yöntemi kullanılarak yapılan analiz neticesinde eleman hasar durumları belirlenmiştir. Bu yöntem ile elde edilen sonuç verilerini diğer yöntemler ile karşılaştırdığımızda AEDY yöntemi ile hesap edilen tepe yer değiştirme miktarı 0.0735 metre hesap edilmişken ZTADOA yönteminde bu değer 0.0558 metre olarak bulunmuştur. Ayrıca taban kesme kuvvetleri arasındaki fark da göz önüne alındığında, AEDY yönteminde 7714.464 kN olarak hesap edilen kuvvet değeri ZTADOA yöntemi ile 10870 kN, EDY yönteminde ise göz önüne alınan deprem doğrultusundaki taban kesme kuvveti 20278.37 kN bulunmuştur.

12. Elde edilen verilerden yola çıkarak yapı en fazla EDY yükü yöntemi ile zorlanmış ve eleman hasar durumları da bu duruma bağlı olarak hedef performans düzeyinde kalamamıştır.
13. Hesaplanan kuvvetler ve bu kuvvetlere bağlı hasar durumları incelendiğinde yapı performans seviyesi EDY yöntemi için +X ve +Y yönleri dikkate alındığında **Göçme** durumundadır. A, B ve C programlarından elde edilen sonuç performans seviyerleri de **Göçme** durumundadır.
14. AEDY yöntemi dikkate alındığında hesaplanan kuvvetler ve programdan elde edilen kuvvetler arasındaki farklılıklardan dolayı yapı performans seviyelerinde de farklılıklar oluşmuştur. Hesaplanan değerler dikkate alındığında göz önüne alınan deprem doğrultusu için yapı performans seviyesi **Can Güvenliği**, program verileri dikkate alındığında ise **Hemen Kullanım** performans düzeyi olarak hesap edilmiştir.

Tablo 5.1. Programlara göre y yönü performans analizi sonuçları

	A Programı	B Programı	C Programı	Hesap Edilen
Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	GÇ	GÇ	GÇ	GÇ
Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	-	HK	-	CG
Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	-	-	-	CG

Yapılan çalışmada, hesaplamalar ve incelemeler sonucunda program çıktıları arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Sonuç verileri değerlendirildiğinde, çalışma kapsamında ele alınan programlara ait analiz sonuçları arasında farkların bulunabileceği beklenen bir durumdur. Fakat bu farklılıkların kabul edilebilir sınırlarda kalması büyük önem taşımaktadır. Eğer çeşitli sonuçlar arasında birbiriyle uyuşmayan, büyük farklılıklar varsa analiz için kullanılan hesap programında çeşitli kusurlar olabileceği göz önüne alınmalıdır. Bu yüzden ticari olarak kullanılan bu tür programların kontrolünün yapılması ve programların belirli standartlara uygun olması gerekmektedir. Yukarıdaki tespitlerden yola çıkarak aşağıda sıralanan önerilen göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Elde edilen sonuçlara göre programlar arasında sonuç farklılıkları bulunmaktadır. Bu farklılıkların kaynağını bulmak için daha fazla örnek üzerinde yoğun şekilde araştırma yapmak gerekmektedir.
- B programında çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliklerinin eleman türüne göre sabit alınması ve kullanıcı tarafından girilebilir olmasının çeşitli sakıncaları bulunmaktadır. Farklı amaçlarla hareket edildiği takdirde yapısal eleman rijitlikleri asıl olan değerden yüksek girilerek yapı performans seviyesinde sözde artış sağlanabilir.
- Özellikle çalışma kapsamındaki yapıda perdelerle bağlanan elemanlarda yoğunlaşan yüksek mertebedeki sonuç farklılıklarının nedenleri daha fazla çözüm örneği üzerinde araştırılmalıdır.
- Performans analizinde yapıya gelecek taban kesme kuvveti hesabında denklemde dikkate alınması gereken katsayı, dikkate alınmamıştır. Bu hatadan kaynaklı bir durum mu yoksa bilerek program hesap tanımlarından mı kaynaklanmaktadır araştırılması gereken bir durumdur.
- Tepe yer değiştirme istemi hesabında çıkan sonuç, hesaplanan değere göre büyük farklar içermektedir. Farklı tipteki yapılarda daha fazla örnekle beraber araştırılması gereken bir konudur.
- Yapı performans analizinde sınır koşul olan etkin kütle katılım oranının sağlanmadığı durumlarda program tarafından kullanıcı uyarılmalı ve farklı çözüm yöntemlerine yönlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Yıldırım, S. Comparative Study of Commercial Structural Analysis Programs in View of Seismic Assessment Procedures in Turkish Earthquake Code 2007. Middle East Technical University, Graduate School of Natural And Applied Sciences, Department of Civil Engineering, Ankara, 2011, 133 pages (Master Theises).
- [2] Shirinov, J. Betonarme Binaların Performans Düzeylerinin Farklı Yazılımlar Kullanılarak İncelenmesi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2016, 163 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [3] Karayer, A., Severcan M.H. Farklı Tip Betonarme Yapıların Paket Programlar ile Analizi ve Karşılaştırılması. Black Sea Journal of Engineering and Science. 2018, 1(2) , 41-50.
- [4] Kandak, Ö.Ö. Ticari Paket Programların Deprem Yönetmeliği Açısından Karşılaştırılması. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2006, 143 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [5] Priestley, M.J.N. Myths and Fallacies in Earthquake Engineering, Revisited, IUSS press, Italy, 2003.
- [6] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [7] İnel M., Özmen H.B., Bilgin H. SEMAP, Sargı Etkisi Modelleme Analiz Programı, 2008.
- [8] Seismosignal. Earthquake Engineering Software Solutions, Seismosoft, Italy.
- [9] Seismomatch. Earthquake Engineering Software Solutions, Seismosoft, Italy.
- [10] SAP2000. Integrated Software for Structural Analysis and Design, Computers and Structures Inc., California.
- [11] Celep, Z. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul, Türkiye, 2014, 237 s.
- [12] TS500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [13] Çetin, C. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması Üzerine Sayısal Bir İnceleme. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007, 154 s. (Yüksek Lisans Tezi)
- [14] Celep, Z. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul, Türkiye, 2015, 737 s.
- [15] Priestley, M.J.N. Performance Based Seismic Design. 12th World Conference on Earthquake Engineering, January – February, 2000, Auckland, New Zealand.

EKLER

EK A. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Eleman Sonuçları, Karşılaştırma Tablo ve Şekilleri

EK B. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Eleman Sonuçları, Karşılaştırma Tablo ve Şekilleri

EK C. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi Eleman Sonuçları, Karşılaştırma Tablo ve Şekilleri



EK A**Tablo Ek A.1.** Birinci kat $G+0.6Q$ yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri

	Kolon Boyutları		$(EI)_e/(EI)_o$
	X Yönü	Y Yönü	
S101	0.3	0.6	0.69
S102	0.3	0.6	0.8
S103	0.3	0.65	0.73
S104	0.3	0.6	0.77
S105	0.3	0.6	0.79
S106	0.3	0.6	0.77
S107	0.3	0.6	0.77
S108	0.3	0.6	0.79
S109	0.3	0.6	0.78
S110	0.3	0.6	0.69
S111	0.6	0.4	0.8
S112	0.6	0.4	0.75
S113	0.6	0.4	0.77
S114	0.6	0.4	0.74
S115	0.3	0.3	0.8
S116	0.4	0.4	0.74
S117	0.6	0.4	0.75
S118	0.65	0.5	0.63
S119	0.65	0.5	0.63
S120	0.65	0.4	0.71
S121	0.3	0.6	0.59
S122	0.3	0.6	0.77
S123	0.3	0.6	0.77
S124	0.3	0.6	0.79
S125	0.3	0.6	0.77
S126	0.3	0.6	0.77
S127	0.3	0.6	0.79
S128	0.3	0.6	0.72
S129	0.3	0.6	0.57

Tablo Ek A.2. İkinci kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri

	Kolon Boyutları		$(EI)_e/(EI)_o$
	X Yönü	Y Yönü	
S201	0.3	0.6	0.58
S202	0.3	0.6	0.73
S203	0.3	0.65	0.61
S204	0.3	0.6	0.64
S205	0.3	0.6	0.65
S206	0.3	0.6	0.63
S207	0.3	0.6	0.63
S208	0.3	0.6	0.65
S209	0.3	0.6	0.64
S210	0.3	0.6	0.57
S211	0.6	0.4	0.68
S212	0.6	0.4	0.62
S213	0.6	0.4	0.64
S214	0.6	0.4	0.61
S215	0.3	0.3	0.80
S216	0.4	0.4	0.61
S217	0.6	0.4	0.62
S218	0.65	0.5	0.53
S219	0.65	0.5	0.53
S220	0.65	0.4	0.60
S221	0.3	0.6	0.50
S222	0.3	0.6	0.64
S223	0.3	0.6	0.63
S224	0.3	0.6	0.65
S225	0.3	0.6	0.64
S226	0.3	0.6	0.64
S227	0.3	0.6	0.65
S228	0.3	0.6	0.60
S229	0.3	0.6	0.49

Tablo Ek A.3. Üçüncü kat G+0.6Q yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri

	Kolon Boyutları		$(EI)_e/(EI)_o$
	X Yönü	Y Yönü	
S301	0.3	0.6	0.46
S302	0.3	0.6	0.56
S303	0.3	0.65	0.48
S304	0.3	0.6	0.50
S305	0.3	0.6	0.51
S306	0.3	0.6	0.50
S307	0.3	0.6	0.50
S308	0.3	0.6	0.51
S309	0.3	0.6	0.50
S310	0.3	0.6	0.46
S311	0.6	0.4	0.53
S312	0.6	0.4	0.50
S313	0.6	0.4	0.50
S314	0.6	0.4	0.49
S315	0.3	0.3	0.66
S316	0.4	0.4	0.48
S317	0.6	0.4	0.49
S318	0.65	0.5	0.44
S319	0.65	0.5	0.44
S320	0.65	0.4	0.48
S321	0.3	0.6	0.42
S322	0.3	0.6	0.50
S323	0.3	0.6	0.50
S324	0.3	0.6	0.51
S325	0.3	0.6	0.50
S326	0.3	0.6	0.50
S327	0.3	0.6	0.51
S328	0.3	0.6	0.48
S329	0.3	0.6	0.41

Tablo Ek A.4. Dördüncü kat $G+0.6Q$ yükleri altında el hesabı ile elde edilen kolon çatlamış kesit etkin eğilme rijitlikleri

	Kolon Boyutları		$(EI)_e/(EI)_o$
	X Yönü	Y Yönü	
S401	0.3	0.6	0.4
S402	0.3	0.6	0.4
S403	0.3	0.65	0.4
S404	0.3	0.6	0.4
S405	0.3	0.6	0.4
S406	0.3	0.6	0.4
S407	0.3	0.6	0.4
S408	0.3	0.6	0.4
S409	0.3	0.6	0.4
S410	0.3	0.6	0.4
S411	0.6	0.4	0.4
S412	0.6	0.4	0.4
S413	0.6	0.4	0.4
S414	0.6	0.4	0.4
S415	0.3	0.3	0.43
S416	0.4	0.4	0.4
S417	0.6	0.4	0.4
S418	0.65	0.5	0.4
S419	0.65	0.5	0.4
S420	0.65	0.4	0.4
S421	0.3	0.6	0.4
S422	0.3	0.6	0.4
S423	0.3	0.6	0.4
S424	0.3	0.6	0.4
S425	0.3	0.6	0.4
S426	0.3	0.6	0.4
S427	0.3	0.6	0.4
S428	0.3	0.6	0.4
S429	0.3	0.6	0.4

Tablo Ek A.5. EDY +X yönü birinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S101	0.14	0.115	0.22	MN
S102	0.36	0.177	0.33	MN
S103	0.22	0.159	0.30	MN
S104	0.50	0.176	0.31	MN
S105	0.28	0.179	0.32	MN
S106	0.56	0.169	0.30	MN
S107	0.49	0.178	0.31	MN
S108	0.31	0.177	0.30	MN
S109	0.48	0.158	0.29	MN
S110	0.09	0.125	0.24	MN
S111	0.10	0.436	0.71	MN
S112	0.20	0.429	0.47	MN
S113	0.73	0.397	0.51	MN
S114	0.03	0.371	0.49	MN
S115	0.64	0.204	0.37	MN
S116	0.02	0.233	0.56	MN
S117	0.01	0.375	0.69	MN
S118	0.74	0.340	0.54	MN
S119	0.06	0.341	0.70	MN
S120	0.56	0.460	0.57	MN
S121	0.01	0.115	0.27	MN
S122	0.47	0.174	0.30	MN
S123	0.34	0.173	0.31	MN
S124	0.45	0.175	0.31	MN
S125	0.26	0.178	0.31	MN
S126	0.22	0.168	0.31	MN
S127	0.54	0.178	0.31	MN
S128	0.19	0.171	0.31	MN
S129	0.81	0.102	0.23	MN

Tablo Ek A.6. EDY +X yönü ikinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S201	0.12	0.172	0.25	MN
S202	0.30	0.309	0.59	MN
S203	0.18	0.253	0.45	MN
S204	0.34	0.283	0.48	MN
S205	0.23	0.285	0.49	MN
S206	0.37	0.263	0.43	MN
S207	0.34	0.287	0.48	MN
S208	0.24	0.279	0.46	MN
S209	0.32	0.245	0.43	MN
S210	0.09	0.189	0.28	MN
S211	0.12	0.676	0.96	MN
S212	0.19	0.781	0.71	MN
S213	0.57	0.566	0.52	MN
S214	0.03	0.525	0.55	MN
S215	0.48	0.391	0.73	MN
S216	0.05	0.359	0.67	MN
S217	0.02	0.519	0.77	MN
S218	0.45	0.464	0.56	MN
S219	0.04	0.465	0.76	MN
S220	0.33	0.705	0.72	MN
S221	0.03	0.178	0.33	MN
S222	0.32	0.276	0.46	MN
S223	0.26	0.270	0.47	MN
S224	0.32	0.275	0.47	MN
S225	0.21	0.286	0.49	MN
S226	0.19	0.265	0.47	MN
S227	0.36	0.282	0.47	MN
S228	0.17	0.276	0.50	MN
S229	0.51	0.153	0.27	MN

Tablo Ek A.7. EDY +X yönü üçüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S301	0.08	0.168	0.26	MN
S302	0.19	0.295	0.58	MN
S303	0.11	0.241	0.45	MN
S304	0.22	0.272	0.47	MN
S305	0.14	0.275	0.48	MN
S306	0.24	0.253	0.42	MN
S307	0.22	0.274	0.47	MN
S308	0.15	0.266	0.47	MN
S309	0.19	0.238	0.43	MN
S310	0.07	0.189	0.29	MN
S311	0.08	0.696	1.04	MN
S312	0.13	0.710	0.67	MN
S313	0.36	0.566	0.48	MN
S314	0.01	0.535	0.54	MN
S315	0.31	0.387	0.74	MN
S316	0.04	0.357	0.69	MN
S317	0.01	0.516	0.74	MN
S318	0.27	0.482	0.57	MN
S319	0.03	0.477	0.76	MN
S320	0.20	0.726	0.80	MN
S321	0.03	0.178	0.34	MN
S322	0.21	0.263	0.45	MN
S323	0.16	0.260	0.46	MN
S324	0.20	0.263	0.45	MN
S325	0.13	0.273	0.49	MN
S326	0.12	0.251	0.46	MN
S327	0.23	0.272	0.47	MN
S328	0.11	0.269	0.51	MN
S329	0.32	0.150	0.26	MN

Tablo Ek A.8. EDY +X yönü dördüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S401	0.04	0.162	0.27	MN
S402	0.08	0.229	0.49	MN
S403	0.04	0.207	0.44	MN
S404	0.10	0.230	0.43	MN
S405	0.06	0.228	0.45	MN
S406	0.11	0.210	0.39	MN
S407	0.10	0.231	0.44	MN
S408	0.06	0.216	0.41	MN
S409	0.08	0.209	0.42	MN
S410	0.04	0.174	0.29	MN
S411	0.04	0.720	1.25	MN
S412	0.07	0.737	0.75	MN
S413	0.16	0.535	0.51	MN
S414	0.01	0.540	0.60	MN
S415	0.14	0.251	0.47	MN
S416	0.02	0.343	0.70	MN
S417	0.01	0.490	0.74	MN
S418	0.11	0.522	0.79	MN
S419	0.02	0.518	0.90	MN
S420	0.08	0.780	1.05	MN
S421	0.02	0.179	0.34	MN
S422	0.09	0.218	0.41	MN
S423	0.07	0.217	0.42	MN
S424	0.09	0.215	0.40	MN
S425	0.05	0.229	0.46	MN
S426	0.04	0.208	0.42	MN
S427	0.10	0.225	0.42	MN
S428	0.04	0.235	0.49	MN
S429	0.13	0.150	0.29	MN

Tablo Ek A.9. EDY +Y yönü birinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S101	0.61	1.034	3.60	İH
S102	0.74	0.932	3.77	GB
S103	0.69	0.909	3.41	İH
S104	0.70	0.908	2.85	GB
S105	0.72	0.908	2.53	GB
S106	0.70	0.912	2.05	GB
S107	0.69	0.916	1.60	MH
S108	0.66	0.903	1.26	MH
S109	0.81	0.579	0.87	MH
S110	0.18	0.933	3.77	BH
S111	0.50	0.729	3.50	GB
S112	0.74	0.677	1.57	GB
S113	0.73	0.646	1.20	GB
S114	0.79	0.568	0.86	MH
S115	0.17	0.226	0.31	MH
S116	0.24	0.824	4.53	GB
S117	0.12	0.692	3.74	İH
S118	0.09	0.580	3.97	İH
S119	0.09	0.544	3.56	İH
S120	0.12	0.623	2.42	BH
S121	0.15	0.855	2.79	BH
S122	0.25	0.873	3.08	BH
S123	0.24	0.869	2.75	BH
S124	0.26	0.901	2.36	BH
S125	0.25	0.868	1.95	MH
S126	0.22	0.856	1.65	MH
S127	0.22	0.850	1.28	MH
S128	0.16	0.628	0.84	MH
S129	0.26	0.287	0.49	MH

Tablo Ek A.10. EDY +Y yönü ikinci kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

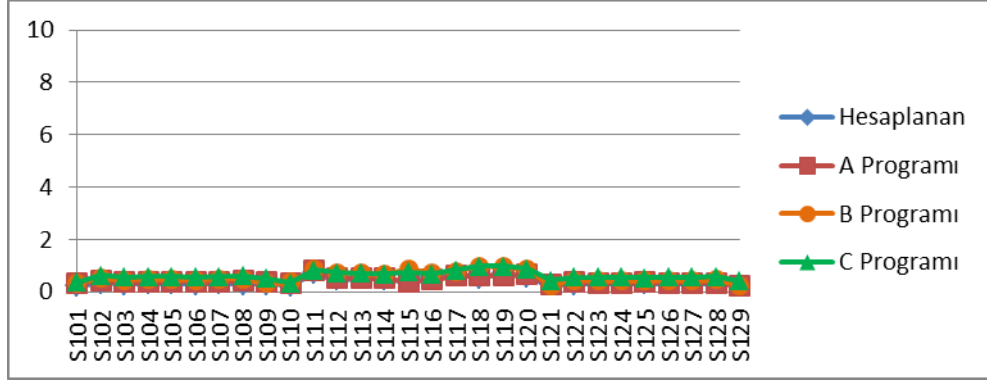
Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S201	0.38	1.127	2.16	BH
S202	0.49	1.066	2.19	BH
S203	0.44	1.021	1.78	BH
S204	0.46	0.992	1.74	BH
S205	0.46	0.996	1.52	MH
S206	0.46	0.994	1.27	MH
S207	0.44	0.988	0.92	MH
S208	0.43	0.761	0.74	MH
S209	0.51	0.457	0.52	MH
S210	0.07	0.974	2.16	MH
S211	0.34	0.826	3.38	GB
S212	0.74	0.871	1.76	GB
S213	0.49	0.773	1.14	MH
S214	0.55	0.727	0.81	MH
S215	0.21	0.386	0.51	MH
S216	0.20	0.975	5.13	GB
S217	0.14	0.785	4.38	GB
S218	0.09	0.625	4.23	İH
S219	0.08	0.595	3.77	İH
S220	0.13	0.709	2.87	BH
S221	0.07	0.874	1.55	MH
S222	0.13	0.882	1.74	MH
S223	0.12	0.872	1.63	MH
S224	0.13	0.907	1.38	MH
S225	0.12	0.874	1.14	MH
S226	0.11	0.866	1.04	MH
S227	0.10	0.853	0.84	MH
S228	0.07	0.584	0.61	MH
S229	0.13	0.318	0.4	MH

Tablo Ek A.11. EDY +Y yönü üçüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

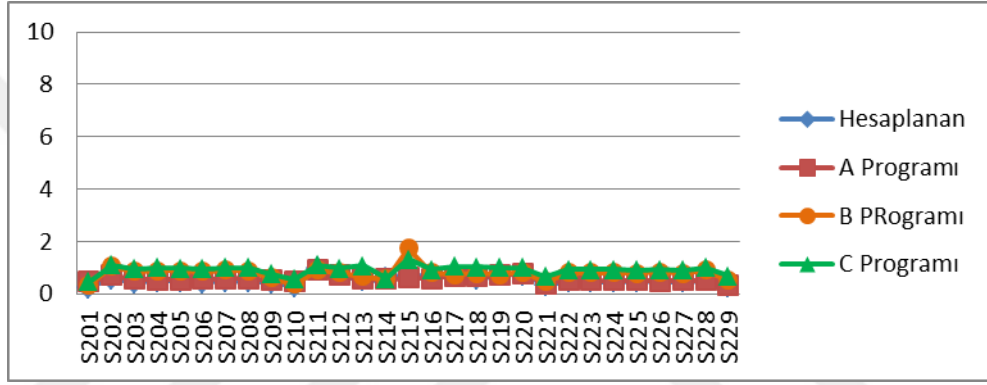
Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S301	0.26	1.178	1.93	MH
S302	0.34	1.143	1.82	BH
S303	0.30	1.047	1.58	MH
S304	0.32	1.038	1.46	MH
S305	0.37	1.047	1.29	MH
S306	0.31	1.030	1.09	MH
S307	0.30	0.787	0.81	MH
S308	0.28	0.620	0.66	MH
S309	0.34	0.393	0.45	MH
S310	0.05	1.017	1.88	MH
S311	0.21	0.865	2.58	BH
S312	0.32	0.885	1.16	MH
S313	0.32	0.758	0.86	MH
S314	0.36	0.585	0.65	MH
S315	0.12	0.348	0.50	MH
S316	0.13	1.029	3.77	BH
S317	0.09	0.802	3.44	İH
S318	0.06	0.646	3.41	BH
S319	0.06	0.589	3.24	BH
S320	0.09	0.726	2.29	BH
S321	0.05	0.898	1.39	MH
S322	0.09	0.894	1.55	MH
S323	0.09	0.885	1.45	MH
S324	0.09	0.923	1.23	MH
S325	0.09	0.881	1.03	MH
S326	0.08	0.853	0.94	MH
S327	0.07	0.722	0.77	MH
S328	0.04	0.499	0.560	MH
S329	0.08	0.290	0.34	MH

Tablo Ek A.12. EDY +Y yönü dördüncü kat el hesabı ile elde edilen etki/kapasite oranları ve hasar durumu

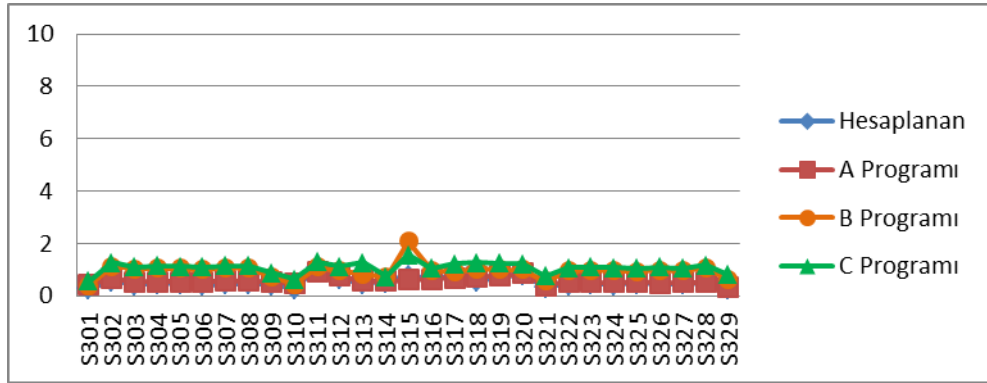
Kolon Adı	$N_k/A_c f_{cm}$	$V/b_w d f_{ctm}$	r	Hasar Durumu
S401	0.13	0.951	1.28	MN
S402	0.17	0.874	1.16	MN
S403	0.21	0.929	1.11	MN
S404	0.15	0.884	1.09	MN
S405	0.15	0.763	0.96	MN
S406	0.25	0.703	0.81	MN
S407	0.14	0.518	0.68	MN
S408	0.13	0.434	0.58	MN
S409	0.15	0.314	0.47	MN
S410	0.02	0.965	1.21	MN
S411	0.08	0.880	1.53	MN
S412	0.14	0.591	0.76	MN
S413	0.14	0.462	0.58	MN
S414	0.16	0.394	0.48	MN
S415	0.01	0.212	0.35	MN
S416	0.07	1.031	2.19	MN
S417	0.04	0.973	1.97	BH
S418	0.03	0.775	2.42	BH
S419	0.03	0.713	2.23	BH
S420	0.05	0.646	1.50	MN
S421	0.02	0.778	1.00	MN
S422	0.03	0.825	1.02	MN
S423	0.03	0.823	0.98	MN
S424	0.03	0.713	0.87	MN
S425	0.03	0.600	0.73	MN
S426	0.03	0.573	0.71	MN
S427	0.03	0.517	0.63	MN
S428	0.02	0.406	0.50	MN
S429	0.03	0.309	0.37	MN



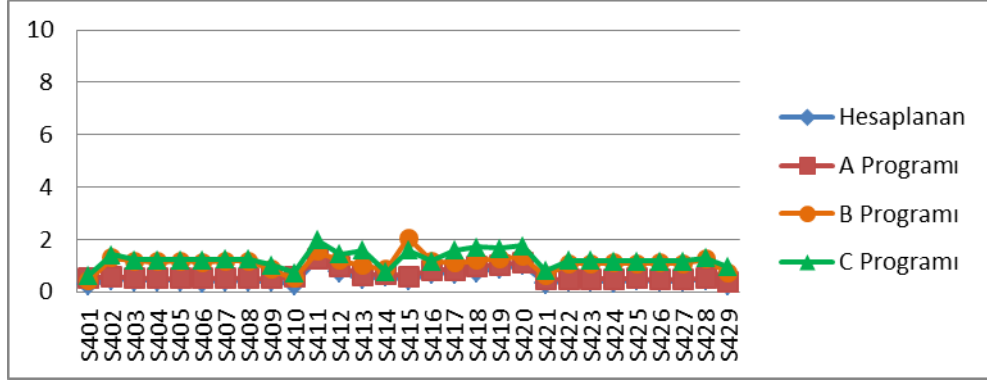
Şekil Ek A.1. EDY +X yönü birinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



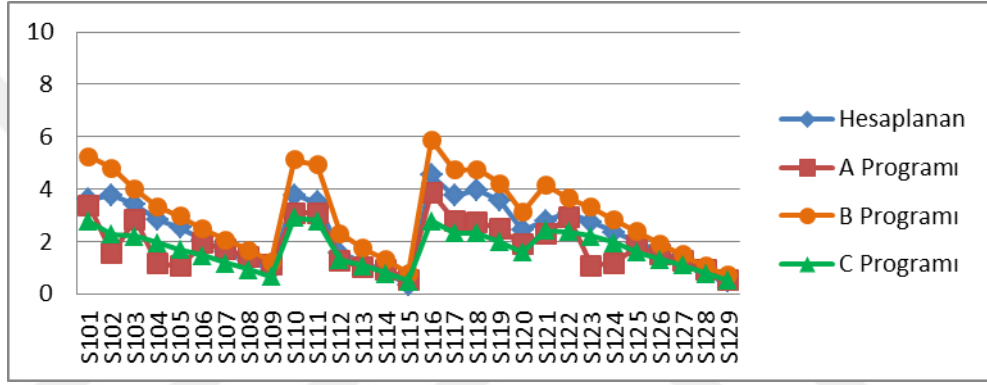
Şekil Ek A.2. EDY +X yönü ikinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



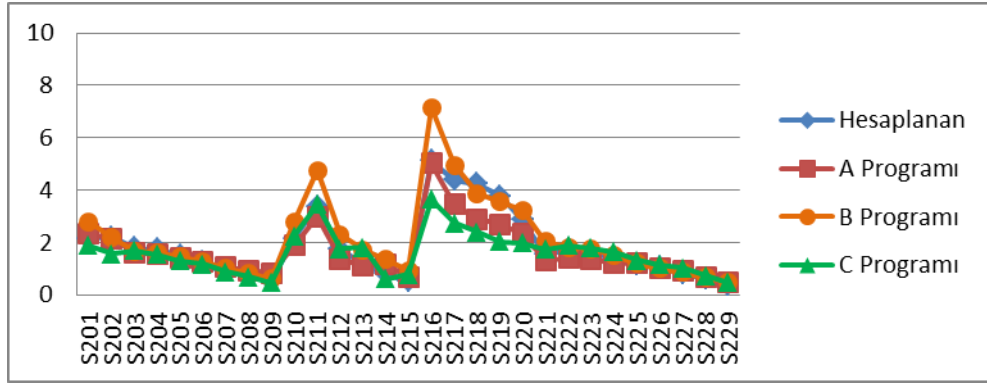
Şekil Ek A.3. EDY +X yönü üçüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



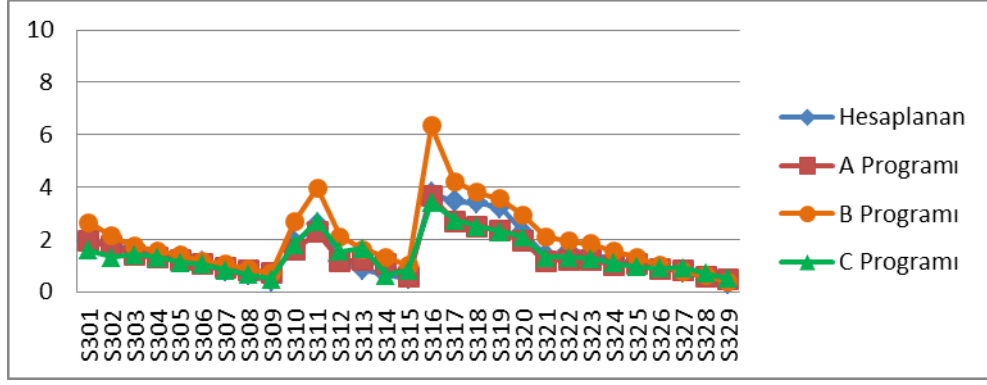
Şekil Ek A.4. EDY +X yönü dördüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



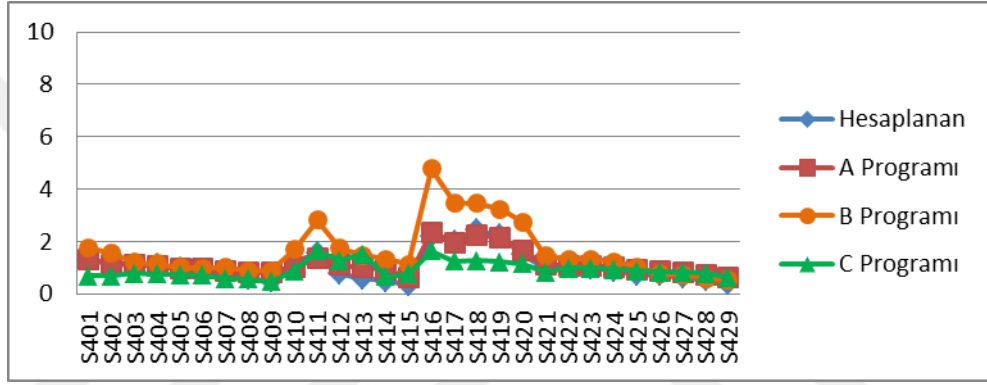
Şekil Ek A.5. EDY +Y yönü birinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



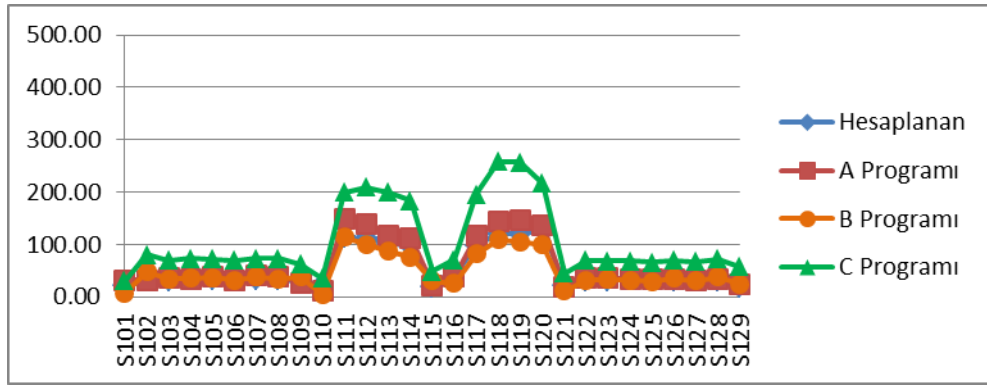
Şekil Ek A.6. EDY +Y yönü ikinci kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



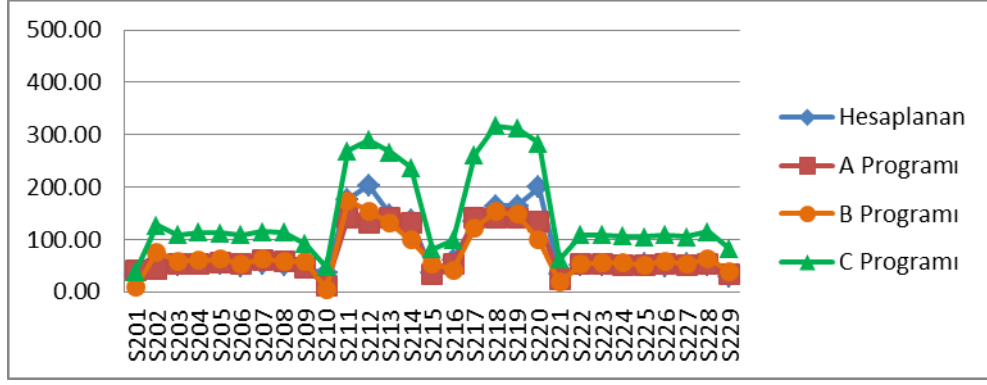
Şekil Ek A.7. EDY +Y yönü üçüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



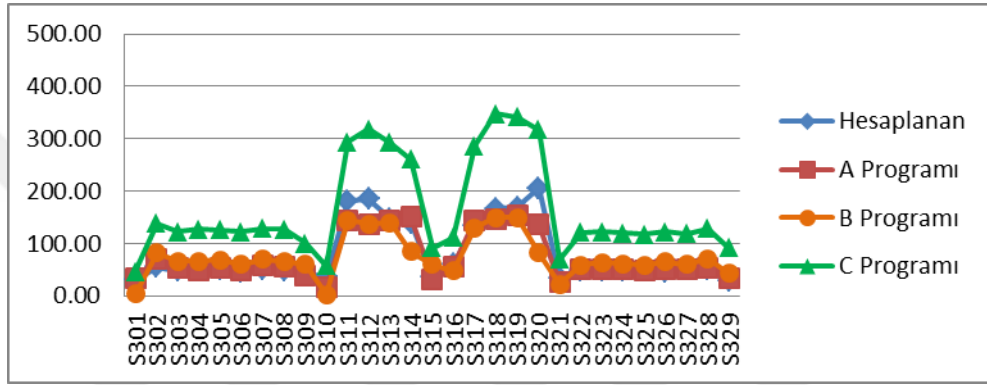
Şekil Ek A.8. EDY +Y yönü dördüncü kat etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



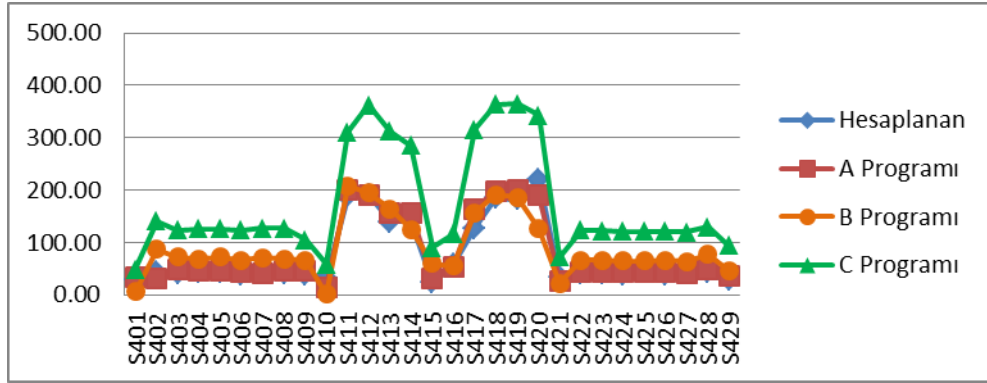
Şekil Ek A.9. EDY +X yönü birinci kat V_e karşılaştırma tablosu



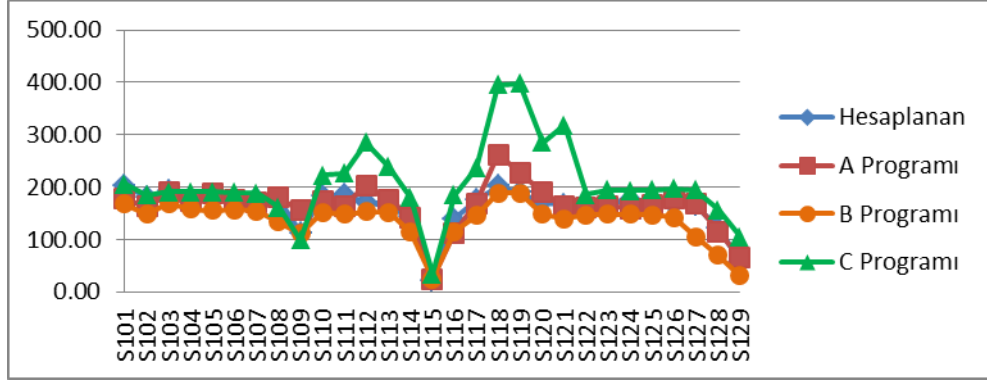
Şekil Ek A.10. EDY +X yönü ikinci kat V_e karşılaştırma tablosu



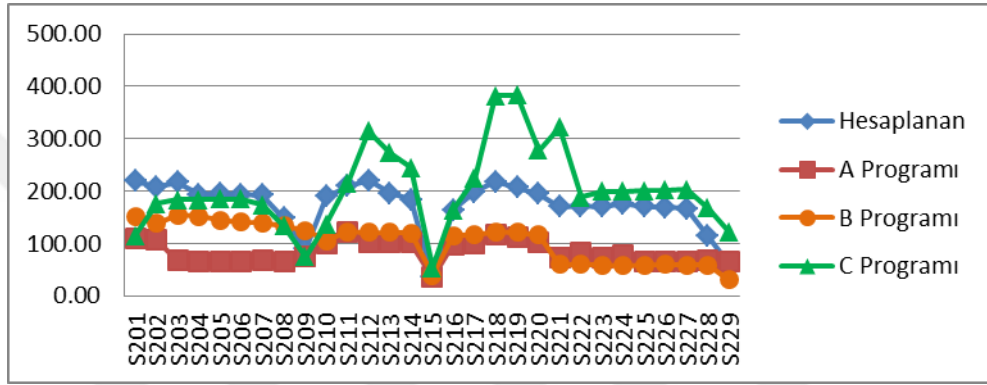
Şekil Ek A.11. EDY +X yönü üçüncü kat V_e karşılaştırma tablosu



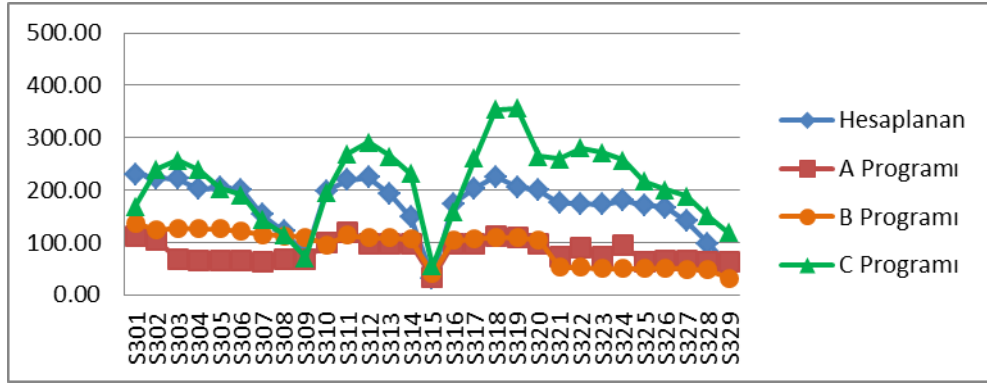
Şekil Ek A.12. EDY +X yönü dördüncü kat V_e karşılaştırma tablosu



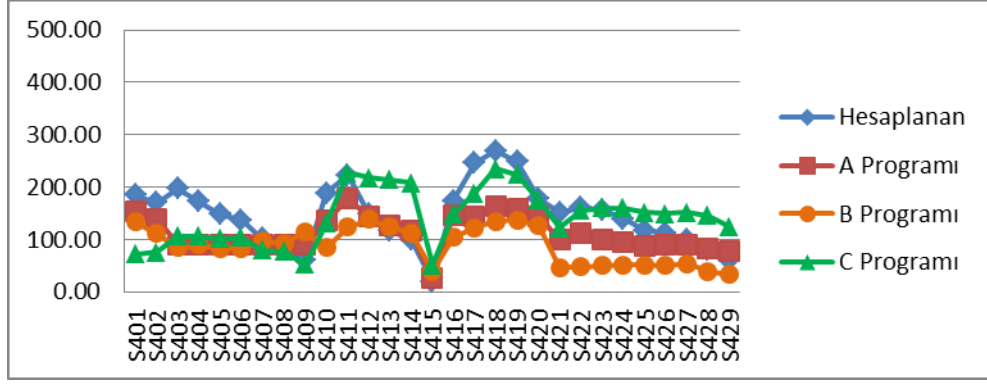
Şekil Ek A.13. EDY +Y yönü birinci kat V_e karşılaştırma tablosu



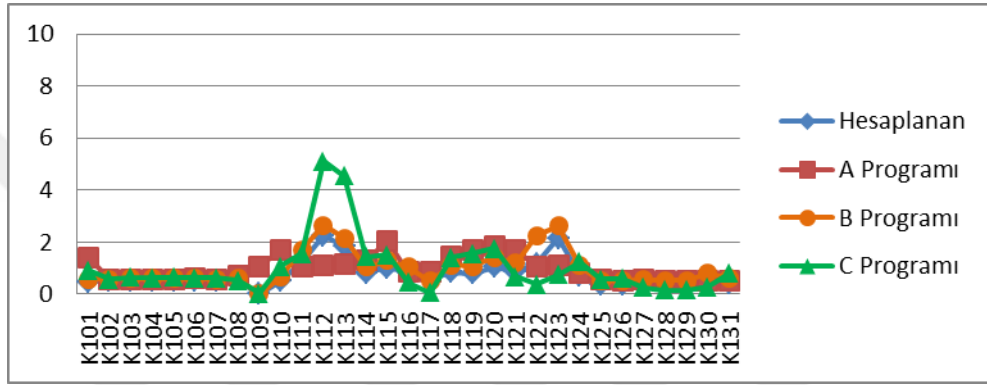
Şekil Ek A.14. EDY +Y yönü ikinci kat V_e karşılaştırma tablosu



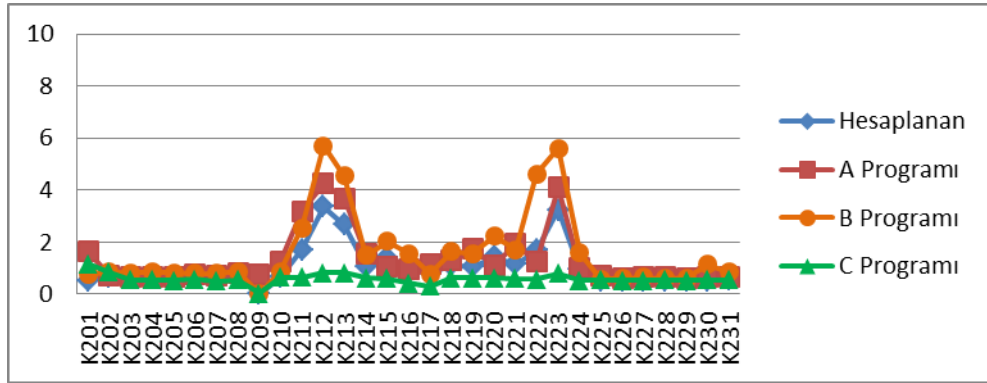
Şekil Ek A.15. EDY +Y yönü üçüncü kat V_e karşılaştırma tablosu



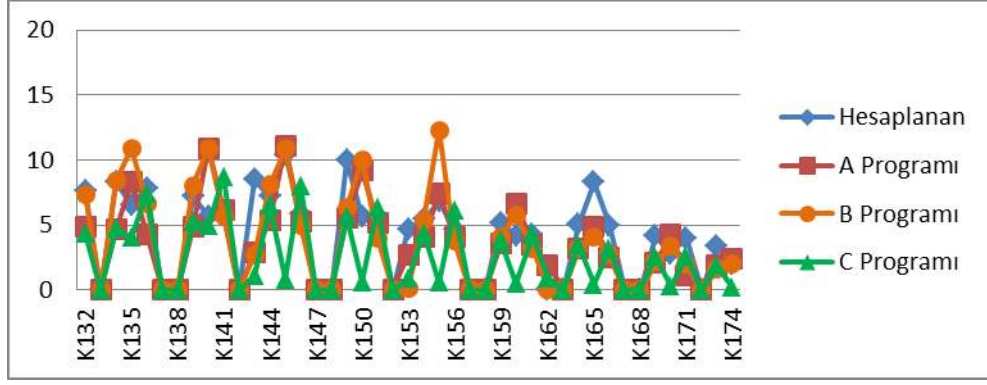
Şekil Ek A.16. EDY +Y yönü dördüncü kat V_e karşılaştırma tablosu



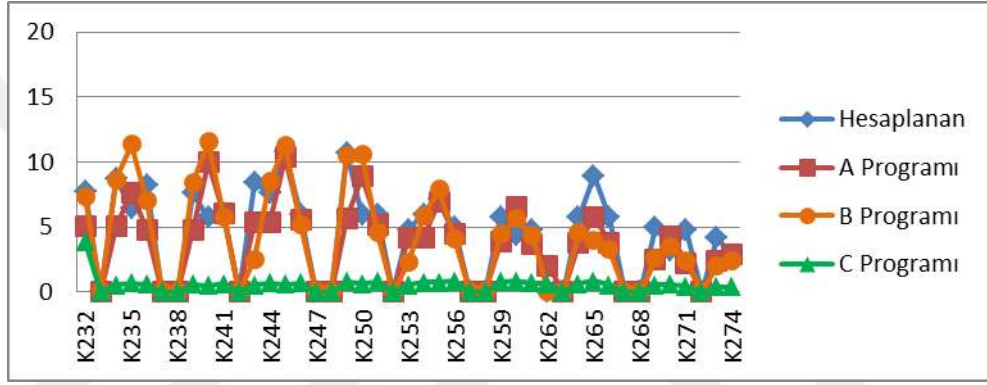
Şekil Ek A.17. EDY +X yönü birinci kat kiriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



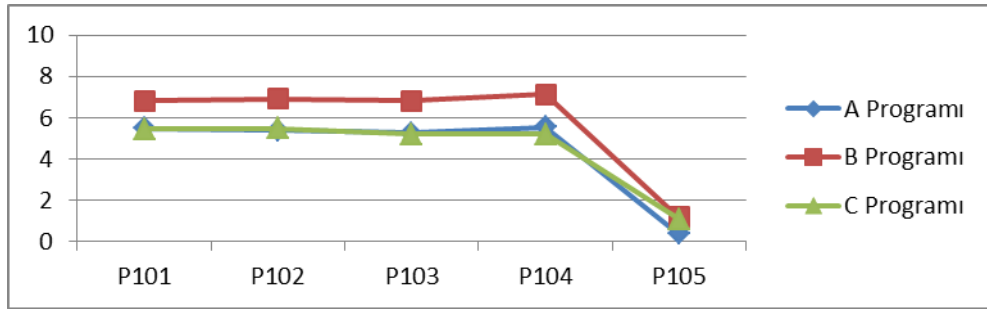
Şekil Ek A.18. EDY +X yönü ikinci kat kiriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



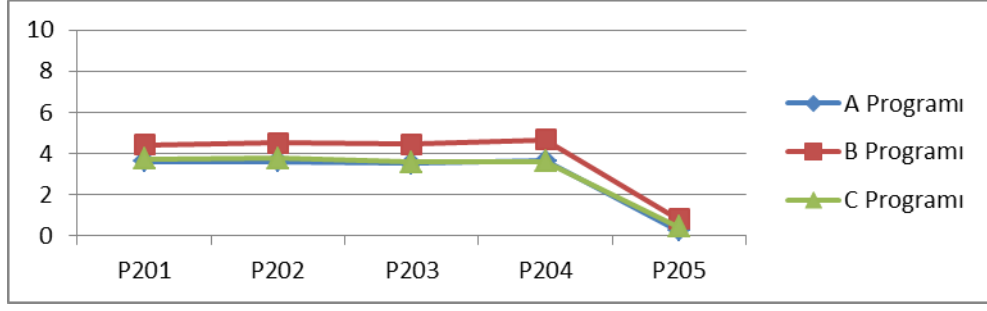
Şekil Ek A.19. EDY +Y yönü birinci kat kiriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



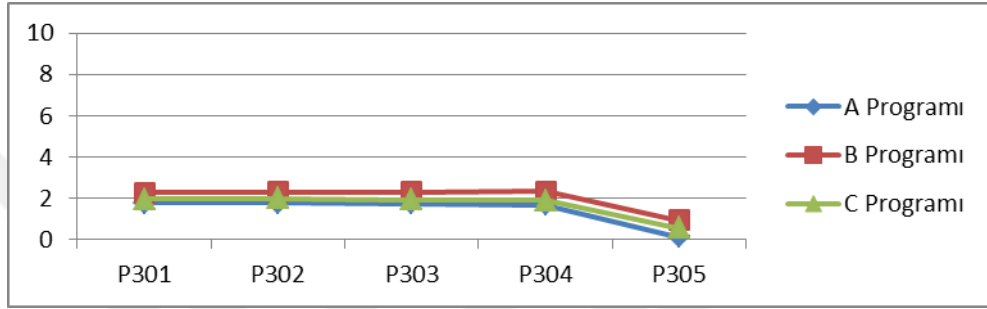
Şekil Ek A.20. EDY +Y yönü ikinci kat kiriş etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



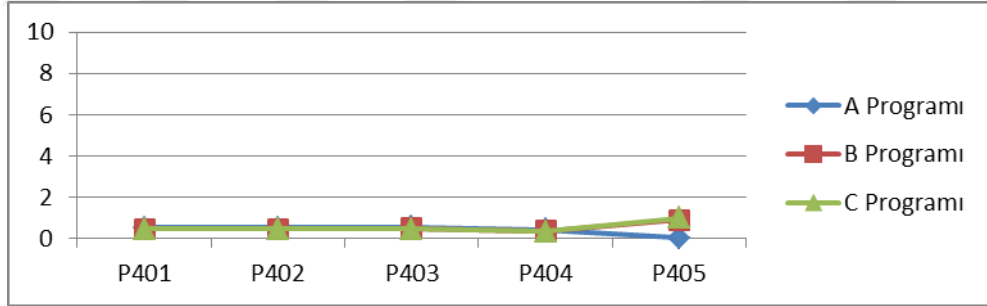
Şekil Ek A.21. EDY +X yönü birinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



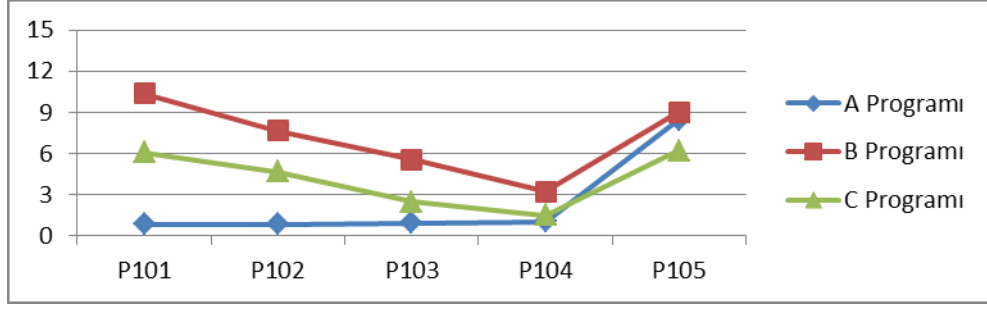
Şekil Ek A.22. EDY +X yönü ikinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



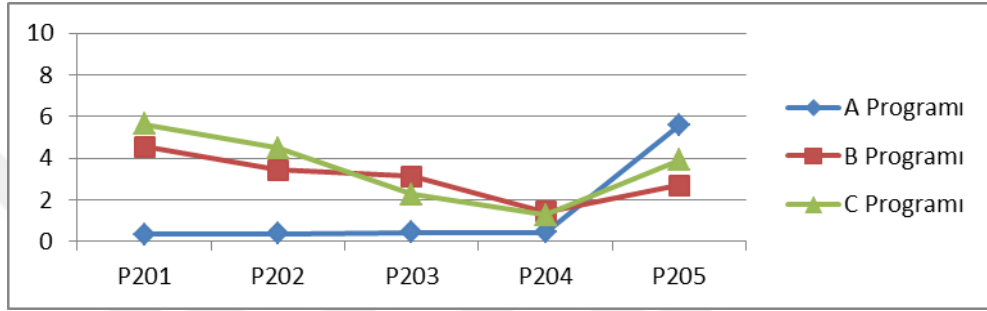
Şekil Ek A.23. EDY +X yönü üçüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



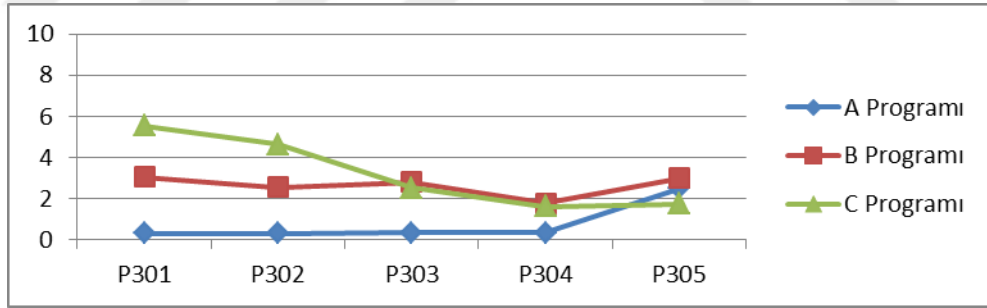
Şekil Ek A.24. EDY +X yönü dördüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



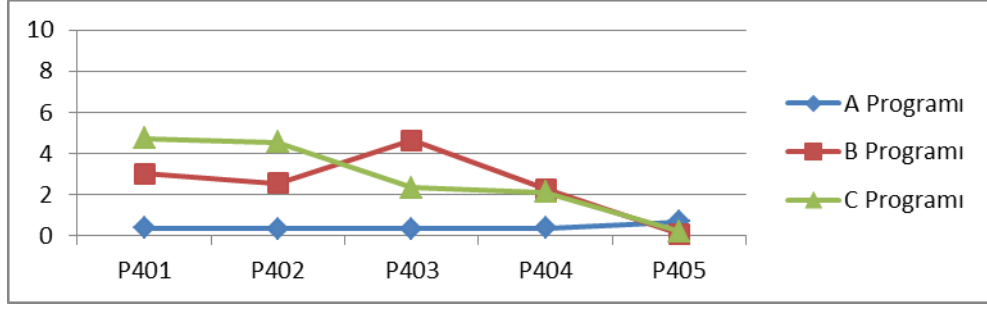
Şekil Ek A.25. EDY +Y yönü birinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



Şekil Ek A.26. EDY +Y yönü ikinci kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



Şekil Ek A.27. EDY +Y yönü üçüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu



Şekil Ek A.28. EDY +Y yönü dördüncü kat perde etki/kapasite oranları (r) karşılaştırma tablosu

EK B**Tablo Ek B.1.** Birinci kat kolonları için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S101	957.66	0.00227	0.3	0.00763	0.00385	0.01148
S102	1228.21	0.00227	0.3	0.00756	0.00385	0.01141
S103	1021.25	0.00178	0.325	0.00548	0.00355	0.00900
S104	1061.81	0.00167	0.3	0.00556	0.00385	0.00940
S105	1068.42	0.00146	0.3	0.00486	0.00385	0.00871
S106	1055.30	0.00125	0.3	0.00416	0.00385	0.00801
S107	1029.77	0.00115	0.3	0.00385	0.00385	0.00770
S108	1047.33	0.00089	0.3	0.00297	0.00385	0.00682
S109	1136.51	0.00061	0.3	0.00203	0.00385	0.00588
S110	650.106	0.00452	0.3	0.01506	0.00385	0.01891
S111	1197.96	0.00213	0.2	0.01067	0.00578	0.01644
S112	1077.16	0.00061	0.2	0.00305	0.00578	0.00883
S113	1056.48	0.00015	0.2	0.00074	0.00578	0.00651
S114	1149.56	0	0.2	0	0.00578	0.00578
S115	321.549	0	0.15	0	0.00770	0.00770
S116	643.266	0.00182	0.2	0.00909	0.00578	0.01486
S117	1011.77	0.00147	0.2	0.00734	0.00578	0.01311
S118	977.131	0.00128	0.25	0.00512	0.00462	0.00974
S119	999.374	0.00089	0.25	0.00358	0.00462	0.00819
S120	936.79	0.00058	0.2	0.00292	0.00578	0.00869
S121	525.802	0.00186	0.3	0.00620	0.00385	0.01005
S122	812.533	0.00181	0.3	0.00603	0.00385	0.00988
S123	781.438	0.00155	0.3	0.00515	0.00385	0.00900
S124	805.951	0.00136	0.3	0.00454	0.00385	0.00839
S125	799.52	0.00124	0.3	0.00412	0.00385	0.00797
S126	746.031	0.00095	0.3	0.00318	0.00385	0.00703
S127	788.622	0.00077	0.3	0.00255	0.00385	0.00640
S128	694.091	0.00039	0.3	0.00129	0.00385	0.00514
S129	455.746	0	0.3	0	0.00385	0.00385

Tablo Ek B.2. Birinci kat kolonları için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S101	908.83	0	0.3	0	0.003984	0.003984
S102	1172.09	0	0.3	0	0.003691	0.003691
S103	905.88	0	0.325	0	0.003621	0.003621
S104	895.35	0	0.3	0	0.003893	0.003893
S105	898.98	0	0.3	0	0.003802	0.003802
S106	864.83	0	0.3	0	0.003877	0.003877
S107	874.95	0	0.3	0	0.003786	0.003786
S108	908.45	0	0.3	0	0.003738	0.003738
S109	832.78	0	0.3	0	0.003877	0.003877
S110	407.85	0	0.3	0	0.004018	0.004018
S111	1172.19	0	0.2	0	0.005369	0.005369
S112	1006.35	0	0.2	0	0.006081	0.006081
S113	980.08	0	0.2	0	0.006062	0.006062
S114	1018.46	0	0.2	0	0.006024	0.006024
S115	321.36	0	0.15	0	0.009007	0.009007
S116	582.52	0	0.2	0	0.005532	0.005532
S117	923.87	0	0.2	0	0.005768	0.005768
S118	970.02	0	0.25	0	0.004377	0.004377
S119	972.77	0	0.25	0	0.004373	0.004373
S120	911.81	0	0.2	0	0.005734	0.005734
S121	424.05	0	0.3	0	0.004221	0.004221
S122	659.82	0	0.3	0	0.003781	0.003781
S123	646.66	0	0.3	0	0.003859	0.003859
S124	692.88	0	0.3	0	0.003782	0.003782
S125	698.27	0	0.3	0	0.003789	0.003789
S126	678.31	0	0.3	0	0.003898	0.003898
S127	732.61	0	0.3	0	0.003800	0.003800
S128	678.58	0	0.3	0	0.003966	0.003966
S129	405.05	0	0.3	0	0.004304	0.004304

Tablo Ek B.3. İkinci kat kolonları için el hesabı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

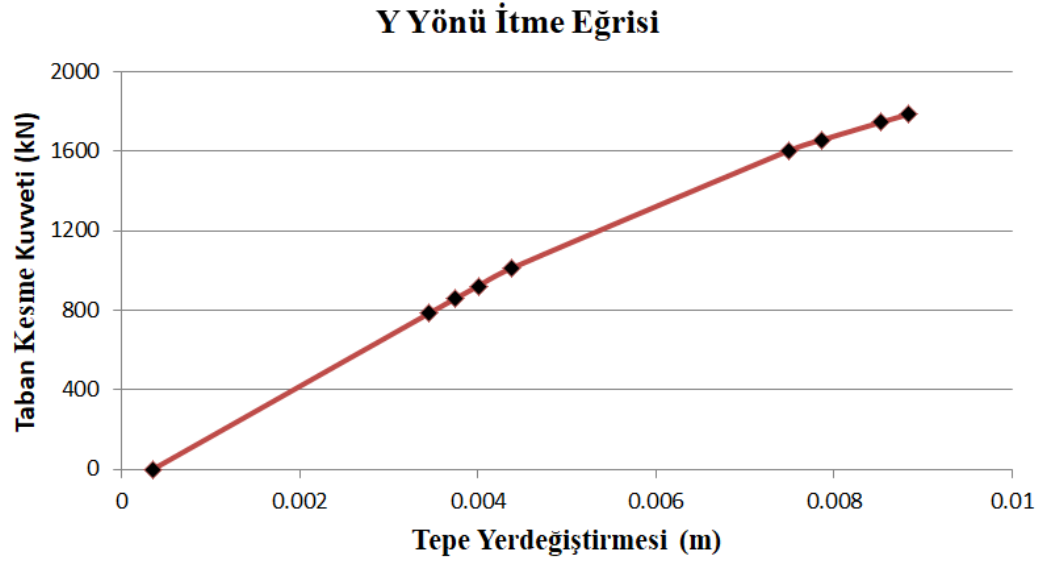
Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S201	707.136	0.001311	0.3	0.00437	0.00385	0.00822
S202	896.612	0.002327	0.3	0.0077567	0.00385	0.01160667
S203	760.669	0.001746	0.325	0.0053723	0.0035538	0.00892615
S204	785.384	0.001859	0.3	0.0061967	0.00385	0.01004667
S205	789.371	0.001632	0.3	0.00544	0.00385	0.00929
S206	781.139	0.001408	0.3	0.0046933	0.00385	0.00854333
S207	764.701	0.001307	0.3	0.0043567	0.00385	0.00820667
S208	774.428	0.001119	0.3	0.00373	0.00385	0.00758
S209	842.984	0.000756	0.3	0.00252	0.00385	0.00637
S210	475.419	0.003311	0.3	0.0110367	0.00385	0.01488667
S211	873.813	0.001594	0.2	0.00797	0.005775	0.013745
S212	792.499	0.000362	0.2	0.00181	0.005775	0.007585
S213	781.618	0	0.2	0	0.005775	0.005775
S214	855.361	0	0.2	0	0.005775	0.005775
S215	220.158	0.000541	0.15	0.0036067	0.0077	0.01130667
S216	470.576	0.001437	0.2	0.007185	0.005775	0.01296
S217	748.776	0.000856	0.2	0.00428	0.005775	0.010055
S218	723.203	0.000536	0.25	0.002144	0.00462	0.006764
S219	735.952	0.00033	0.25	0.00132	0.00462	0.00594
S220	690.317	0.000035	0.2	0.000175	0.005775	0.00595
S221	389.27	0.001468	0.3	0.0048933	0.00385	0.00874333
S222	596.851	0.001707	0.3	0.00569	0.00385	0.00954
S223	575.259	0.001518	0.3	0.00506	0.00385	0.00891
S224	590.365	0.001396	0.3	0.0046533	0.00385	0.00850333
S225	588.293	0.001268	0.3	0.0042267	0.00385	0.00807667
S226	547.193	0.000962	0.3	0.0032067	0.00385	0.00705667
S227	574.936	0.000821	0.3	0.0027367	0.00385	0.00658667
S228	509.901	0.000494	0.3	0.0016467	0.00385	0.00549667
S229	330.749	0	0.3	0	0.00385	0.00385

Tablo Ek B.4. İkinci kat kolonları için B programı ile elde edilen toplam eğrilik değerleri

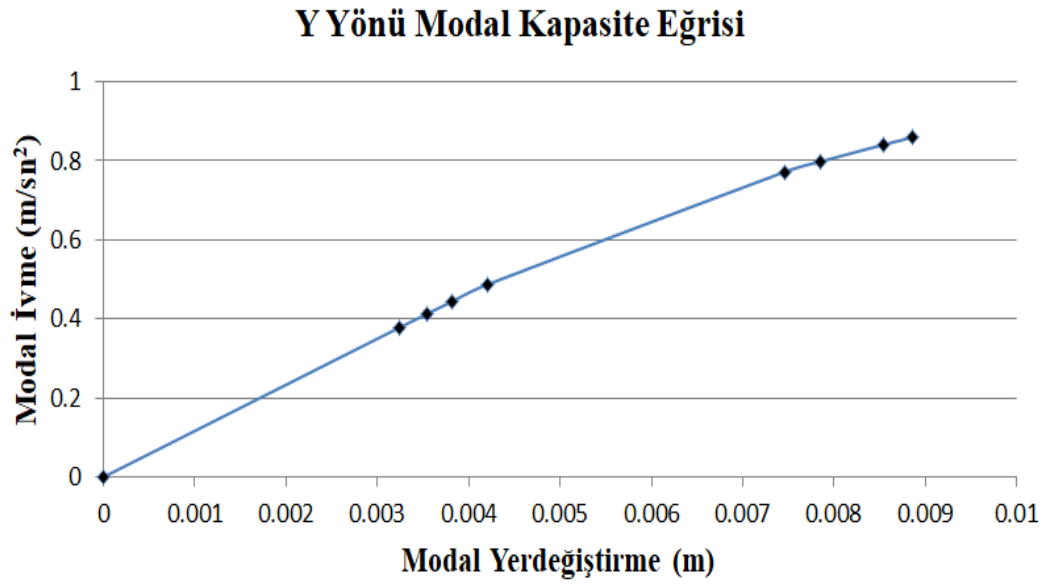
Kolon	P (kN)	(θ_p) (radyan)	(L_p) (metre)	(Φ_p) (1/m)	(Φ_y) (1/m)	(Φ_t) (1/m)
S201	654.00	0	0.3	0	0.004257	0.004257
S202	848.25	0	0.3	0	0.003908	0.003908
S203	658.07	0	0.325	0	0.003893	0.003893
S204	647.21	0	0.3	0	0.004191	0.004191
S205	650.66	0	0.3	0	0.004147	0.004147
S206	628.33	0	0.3	0	0.004171	0.004171
S207	642.70	0	0.3	0	0.004119	0.004119
S208	664.72	0	0.3	0	0.004054	0.004054
S209	609.96	0	0.3	0	0.004168	0.004168
S210	313.93	0	0.3	0	0.004296	0.004296
S211	859.33	0	0.2	0	0.005835	0.005835
S212	723.74	0	0.2	0	0.006433	0.006433
S213	707.83	0	0.2	0	0.006410	0.006410
S214	735.63	0	0.2	0	0.006363	0.006363
S215	218.91	0	0.15	0	0.009335	0.009335
S216	423.18	0	0.2	0	0.006005	0.006005
S217	674.99	0	0.2	0	0.005996	0.005996
S218	716.09	0	0.25	0	0.004441	0.004441
S219	716.57	0	0.25	0	0.004435	0.004435
S220	666.12	0	0.2	0	0.005953	0.005953
S221	315.36	0	0.3	0	0.004334	0.004334
S222	488.66	0	0.3	0	0.004120	0.004120
S223	480.43	0	0.3	0	0.004147	0.004147
S224	511.23	0	0.3	0	0.004120	0.004120
S225	517.89	0	0.3	0	0.004127	0.004127
S226	501.72	0	0.3	0	0.004195	0.004195
S227	537.43	0	0.3	0	0.004147	0.004147
S228	497.95	0	0.3	0	0.004255	0.004255
S229	297.38	0	0.3	0	0.004357	0.004357

Tablo Ek B.5. El hesabı ve B programına ait kiriş toplam eğrilik ile hasar durum tablosu

	(Φ_t) Sol Uç	(Φ_t) Sağ Uç	Hasar Durumu	(Φ_t) Sol Uç	(Φ_t) Sağ Uç	Hasar Durumu
K132	0.02812	0.03307	BH	0.002756	0.002944	MN
K133	0.00330	0.00330	MN	0.004105	0.004103	MN
K134	0.02885	0.03034	BH	0.005829	0.007670	MN
K135	0.03323	0.03080	BH	0.014819	0.012498	MN
K136	0.02719	0.02888	BH	0.005584	0.007997	MN
K137	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K138	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K139	0.02534	0.02813	BH	0.005309	0.007826	MN
K140	0.03051	0.03165	BH	0.015457	0.011862	MN
K141	0.03198	0.02388	BH	0.005584	0.007777	MN
K142	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K143	0.01897	0.00330	BH	0.006009	0.005763	MN
K144	0.02227	0.02558	BH	0.005309	0.007678	MN
K145	0.02671	0.02727	BH	0.015249	0.011410	MN
K146	0.02875	0.02042	BH	0.005584	0.007777	MN
K147	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K148	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K149	0.01741	0.02377	BH	0.005309	0.007471	MN
K150	0.02480	0.02396	BH	0.014688	0.011219	MN
K151	0.02172	0.01776	BH	0.005584	0.007777	MN
K152	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K153	0.01345	0.00330	MN	0.006009	0.005763	MN
K154	0.01476	0.01854	BH	0.005309	0.005763	MN
K155	0.01962	0.01891	BH	0.013229	0.010836	MN
K156	0.02031	0.01336	BH	0.005584	0.007777	MN
K157	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K158	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K159	0.01186	0.01538	MN	0.005309	0.005763	MN
K160	0.01691	0.01341	BH	0.011186	0.010836	MN
K161	0.01326	0.00894	MN	0.005584	0.007777	MN
K162	0.00330	0.01254	MN	0.005761	0.005763	MN
K163	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K164	0.00755	0.01392	MN	0.005309	0.005763	MN
K165	0.01212	0.00923	MN	0.011186	0.010836	MN
K166	0.00887	0.00723	MN	0.005584	0.007777	MN
K167	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K168	0.00330	0.00330	MN	0.005047	0.005049	MN
K169	0.00397	0.00793	MN	0.005309	0.005763	MN
K170	0.00878	0.00695	MN	0.011186	0.010836	MN
K171	0.00434	0.00537	MN	0.005584	0.007777	MN
K172	0.00330	0.00330	MN	0.005049	0.005049	MN
K173	0.00330	0.00401	MN	0.005763	0.005763	MN
K174	0.00349	0.00330	MN	0.011186	0.010067	MN

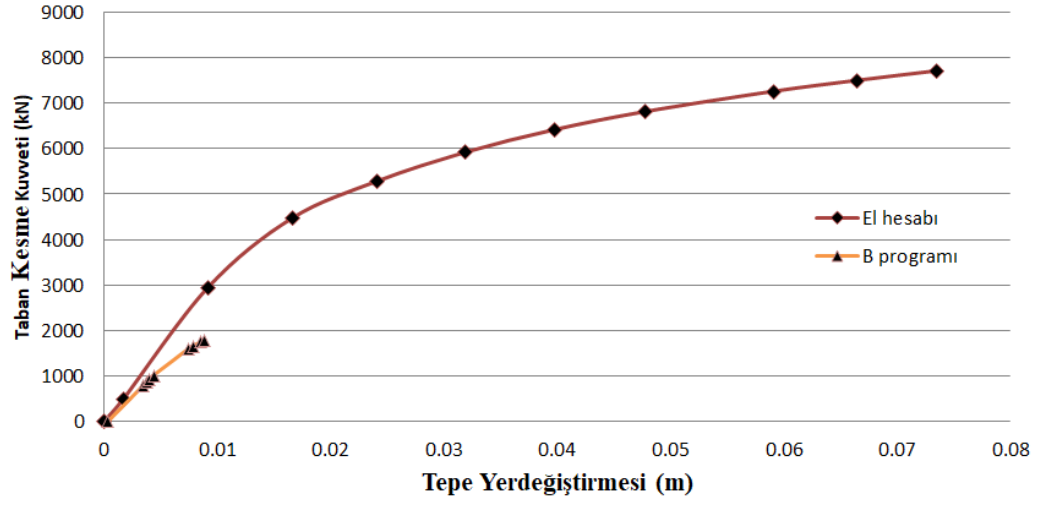


Şekil Ek B.1. B programı ile elde edilen itme eğrisi



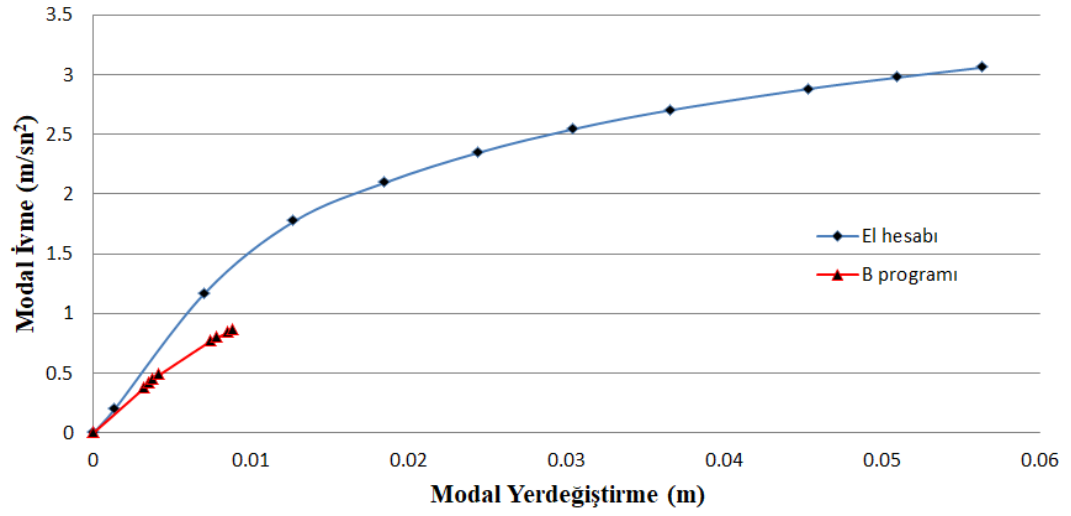
Şekil Ek B.2. B programı ile elde edilen modal kapasite eğrisi

Y Yönü Karşılaştırmalı İtme Eğrisi



Şekil Ek B.3. El hesabı ve B programı karşılaştırmalı itme eğrileri

Y Yönü Karşılaştırmalı Modal Kapasite Eğrileri



Şekil Ek B.4. El hesabı ve B programı karşılaştırmalı modal kapasite eğrileri

EK C**Tablo Ek C.1.** El hesabı ile elde edilen kiriş toplam eğrilik ile hasar durum tablosu

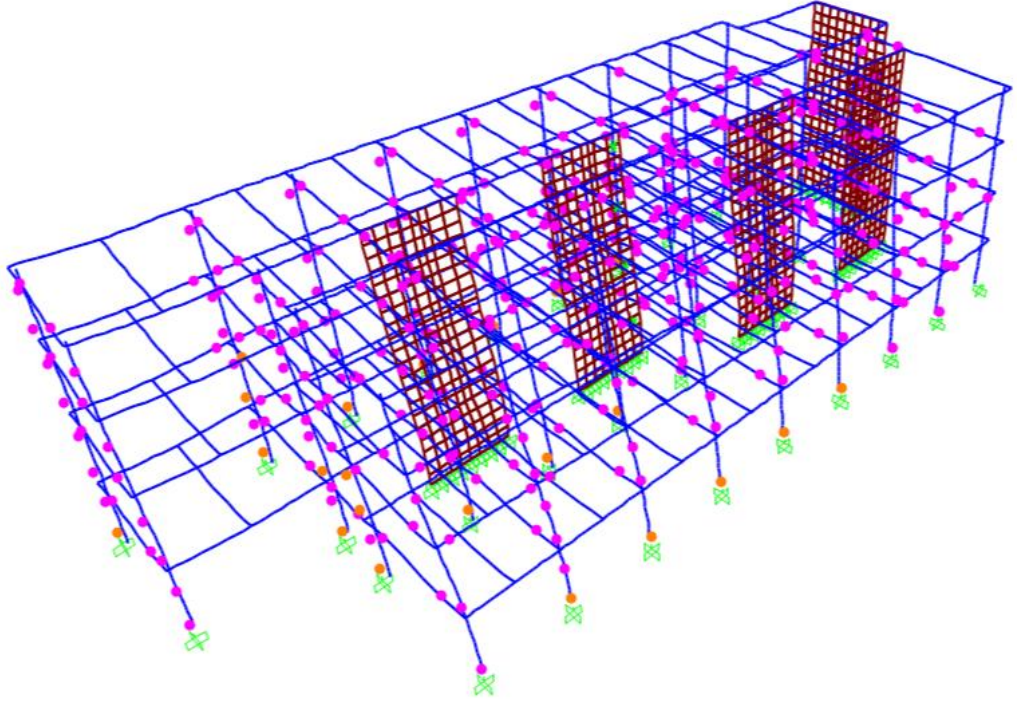
	(Φ_t) Sol Uç	(Φ_t) Sağ Uç	ε_c Sol	ε_s Sol	ε_c Sağ	ε_s Sağ	
K132	0.02678	0.02859	0.00159	0.01631	0.00167	0.01751	BH
K133	0.00330	0.00330	0.00056	0.00163	0.00056	0.00163	MN
K134	0.02564	0.02754	0.00159	0.01557	0.00154	0.01685	BH
K135	0.02225	0.02491	0.00143	0.01347	0.00157	0.01510	BH
K136	0.02773	0.02102	0.00141	0.01714	0.00135	0.01275	BH
K137	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K138	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K139	0.02216	0.02479	0.00147	0.01339	0.00140	0.01517	BH
K140	0.01907	0.02628	0.00139	0.01144	0.00161	0.01598	BH
K141	0.02331	0.01939	0.00137	0.01423	0.00138	0.01164	BH
K142	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00051	0.00169	MN
K143	0.00330	0.02091	0.00051	0.00171	0.00117	0.01280	BH
K144	0.01939	0.02218	0.00137	0.01163	0.00128	0.01365	BH
K145	0.01663	0.02234	0.00126	0.00984	0.00144	0.01342	BH
K146	0.02109	0.01626	0.00129	0.01285	0.00127	0.00962	BH
K147	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K148	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K149	0.01790	0.02049	0.00141	0.01056	0.00136	0.01235	BH
K150	0.01484	0.01948	0.00012	0.00869	0.00150	0.01163	BH
K151	0.01776	0.01391	0.00117	0.01070	0.00118	0.00814	BH
K152	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K153	0.01253	0.00336	0.00098	0.00732	0.00049	0.00220	MN
K154	0.01369	0.01557	0.00116	0.00795	0.00116	0.00934	MN
K155	0.00981	0.01543	0.00098	0.00550	0.00125	0.00911	MN
K156	0.01416	0.01017	0.00011	0.00845	0.00108	0.00582	MN
K157	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K158	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K159	0.01093	0.01252	0.00103	0.00621	0.00100	0.00742	MN
K160	0.00851	0.01135	0.00095	0.00475	0.00109	0.00649	MN
K161	0.01061	0.00704	0.00094	0.00622	0.00086	0.00387	MN
K162	0.00330	0.01021	0.00049	0.00171	0.00092	0.00596	MN
K163	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K164	0.01023	0.01180	0.00102	0.00579	0.00101	0.00691	MN
K165	0.00537	0.00779	0.00072	0.00284	0.00089	0.00428	MN
K166	0.00926	0.00597	0.00087	0.00530	0.00078	0.00322	MN
K167	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K168	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K169	0.00619	0.00696	0.00081	0.00335	0.00084	0.00377	MN
K170	0.00355	0.00599	0.00054	0.00174	0.00079	0.00323	MN
K171	0.00330	0.00483	0.00049	0.00171	0.00069	0.00252	MN
K172	0.00330	0.00330	0.00056	0.00169	0.00056	0.00169	MN
K173	0.00374	0.00430	0.00063	0.00189	0.00060	0.00230	MN
K174	0.00330	0.00330	0.00049	0.00171	0.00057	0.00162	MN

Tablo Ek C.2. Çözüm yöntemine göre giriş hasar durumlarının karşılaştırması

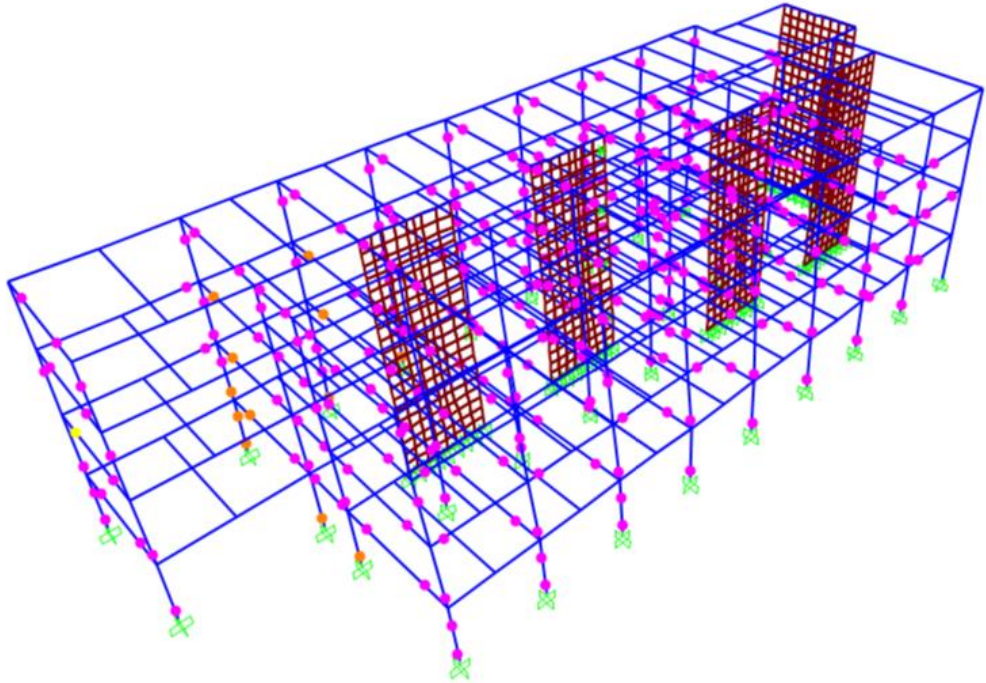
	ZTADOA	AEDY	EDY
K132	BH	BH	GÇ
K133	MN	MN	MN
K134	BH	BH	GÇ
K135	BH	BH	GÇ
K136	BH	BH	GÇ
K137	MN	MN	MN
K138	MN	MN	MN
K139	BH	BH	İH
K140	BH	BH	İH
K141	BH	BH	İH
K142	MN	MN	MN
K143	BH	BH	GÇ
K144	BH	BH	GÇ
K145	BH	BH	GÇ
K146	BH	BH	İH
K147	MN	MN	MN
K148	MN	MN	MN
K149	BH	BH	GÇ
K150	BH	BH	İH
K151	BH	BH	İH
K152	MN	MN	MN
K153	MN	MN	İH
K154	MN	BH	İH
K155	MN	BH	GÇ
K156	MN	BH	İH
K157	MN	MN	MN
K158	MN	MN	MN
K159	MN	MN	İH
K160	MN	BH	İH
K161	MN	MN	İH
K162	MN	MN	MN
K163	MN	MN	MN
K164	MN	MN	İH
K165	MN	MN	GÇ
K166	MN	MN	İH
K167	MN	MN	MN
K168	MN	MN	MN
K169	MN	MN	İH
K170	MN	MN	MN
K171	MN	MN	BH
K172	MN	MN	MN
K173	MN	MN	BH
K174	MN	MN	BH

Tablo Ek C.3. Çözüm yöntemine göre kolon hasar durumlarının karşılaştırması

	ZTADOA	AEDY	EDY
S101	BH	BH	İH
S102	İH	İH	GÇ
S103	MN	MN	İH
S104	MN	MN	GÇ
S105	MN	MN	GÇ
S106	MN	MN	GÇ
S107	MN	MN	MN
S108	MN	MN	MN
S109	MN	MN	MN
S110	BH	İH	BH
S111	MN	MN	GÇ
S112	MN	MN	GÇ
S113	MN	MN	GÇ
S114	MN	MN	MN
S115	MN	MN	MN
S116	MN	MN	GÇ
S117	MN	MN	İH
S118	MN	MN	İH
S119	MN	MN	İH
S120	MN	MN	BH
S121	MN	MN	BH
S122	MN	MN	BH
S123	MN	MN	BH
S124	MN	MN	BH
S125	MN	MN	MN
S126	MN	MN	MN
S127	MN	MN	MN
S128	MN	MN	MN
S129	MN	MN	MN

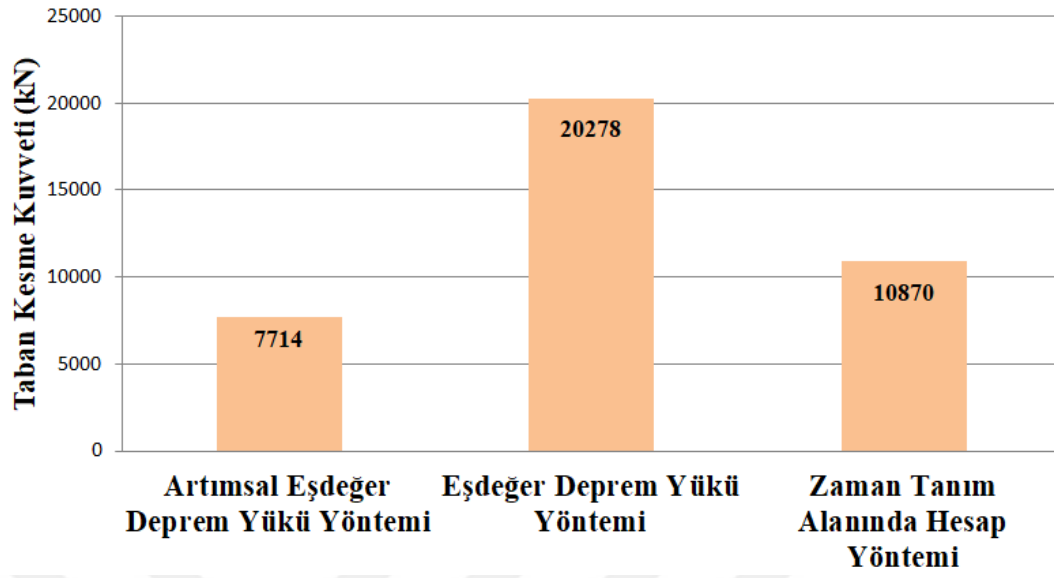


Şekil Ek C.1. Zaman tanım alanında hesap yöntemi eleman plastik mafsalları durumları



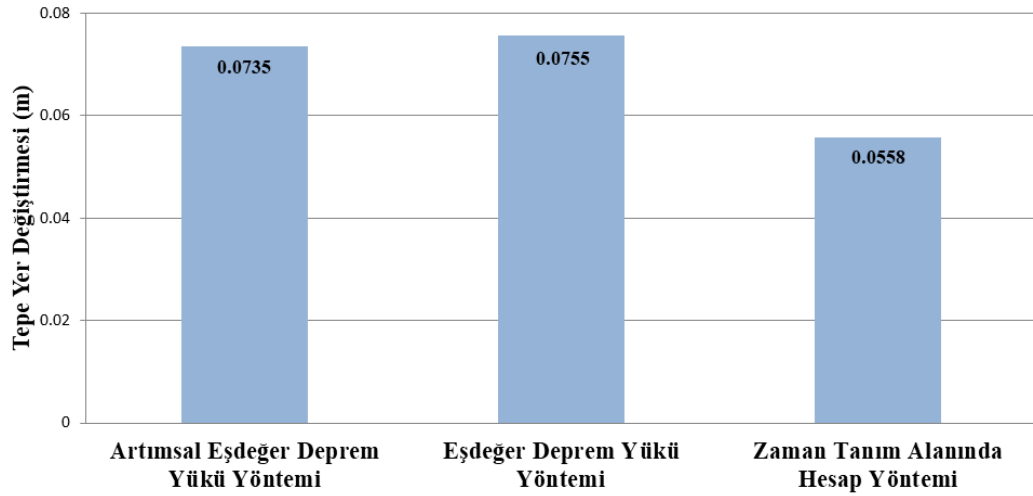
Şekil Ek C.2. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi eleman plastik mafsalları durumları

Çözüm Yöntemine Göre Taban Kesme Kuvveti Değerleri



Şekil Ek C.3. Çözüm yöntemine göre taban kesme kuvveti değerleri

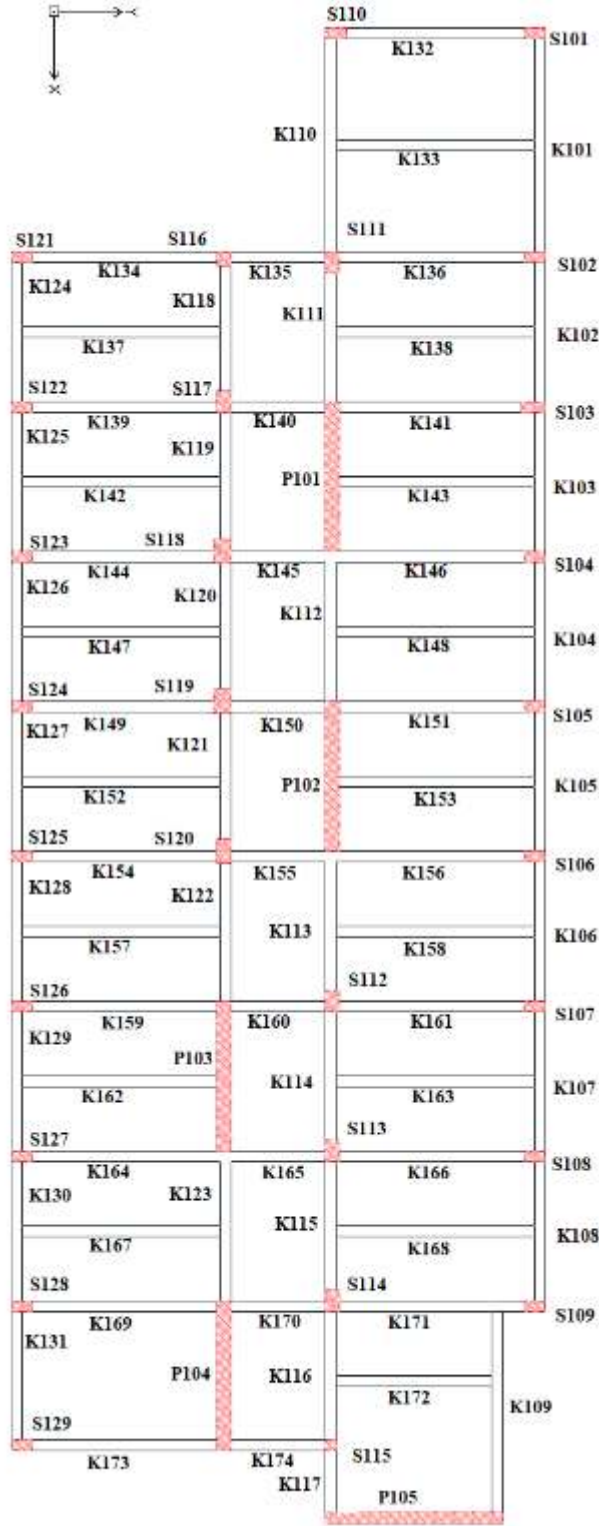
Çözüm Yöntemine Göre Tepe Yer Değiştirme Değerleri



Şekil Ek C.4. Çözüm yöntemine göre elde edilen tepe yer değiştirmeleri

Tablo Ek C.4. Eşdeğer deprem yükü yöntemi 1. kat eleman hasar durumları karşılaştırma tablosu

	1. Kat Perde Hasar Durumları			
	MN	BH	İH	GB
Hesaplanan	1 (%20)	0 (%0)	2 (%40)	2 (%40)
A Programı	1 (%20)	0 (%0)	4 (%80)	0 (%0)
B Programı	0 (%0)	1 (%20)	0 (%0)	4 (%80)
C Programı	0 (%0)	1 (%20)	4 (%80)	0 (%0)
	1. Kat Kolon Hasar Durumları			
	MN	BH	İH	GB
Hesaplanan	29 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
A Programı	29 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
B Programı	29 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
C Programı	29 (%100)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)
	1. Kat Kiriş Hasar Durumları			
	MN	BH	İH	GB
Hesaplanan	25 (%80.7)	2 (%6.4)	4 (%12.9)	0 (%0)
A Programı	27 (%87.1)	4 (%12.9)	0 (%0)	0 (%0)
B Programı	23 (%74.2)	2 (%6.4)	3 (%9.7)	3 (%9.7)
C Programı	28 (%90.4)	1 (%3.2)	2 (%6.4)	0 (%0)



Şekil Ek C.5. Kat planı ve eleman isimleri

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Taner KILIÇ
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara, 1992
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tanerr_kilic@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Cem Bakioğlu Anadolu Lisesi, 2006-2010
Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2010-2014
Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2014

Mesleki Deneyim

Konak Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü 2012-2012
Soyak Yapı İnşaat San. ve Tic. A.Ş. 2013-2013