

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME PERDELİ/ÇERÇEVELİ BİR BİNANIN
DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP
YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak SÜREL**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

HAZİRAN 2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME PERDELİ/ÇERÇEVELİ BİR BİNANIN
DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP
YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Burak SÜREL
(501071018)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 08 Haziran 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kadir GÜLER (İTÜ)
Prof. Dr. Abdurrahman GÜNER (İÜ)**

HAZİRAN 2010

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, özellikle tez çalışmam süresince bana değerli vaktini ayıran ve her konuda yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Zekai CELEP'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yeteneklerimin ve mesleki deneyimimin gelişmesine büyük katkıda bulunan Parlar Müh.Müş.Ltd.Şti.'ne ve çalışanlarına yardım ve desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında beni yalnız bırakmayan, bana zamanlarını ayırıp yardımcı olan arkadaşlarım İnş.Yük.Müh. Tansu Gökçe'ye, İnş.Yük.Müh. Barış Şahin'e ve İnş.Yük.Müh. Deniz Gezen'e çok teşekkür ederim.

Desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen, sevgileri ve ilgileri ile bana büyük moral olan aileme ve nişanlım Zeynep Öndül'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2010

Burak SÜREL
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu	1
1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar.....	2
1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE STATİK VE DİNAMİK HESABI.....	5
2.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışı.....	5
2.1.1 Çözümü sağlaması gereken koşullar	6
2.1.2 Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri	6
2.1.3 Yapı sistemlerinin dış yükler altındaki doğrusal olmayan davranışı.....	7
2.2 İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağlantıları ve Akma (Kırılma) Koşulları	9
2.2.1 Malzeme şekildeğiştirme özellikleri.....	10
2.2.1.1 İdeal malzemeler.....	11
2.2.1.2 Yapı malzemelerinin gerilme - şekildeğiştirme bağlantıları.....	11
2.2.2 Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvet-şekildeğiştirme bağlantıları ve akma (kırılma) koşulları	13
2.2.2.1 Betonarme kiriş/kolonlar.....	17
2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Betonarme Sistemlerin Hesabı	19
2.3.1 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde yayılı olması hali .	20
2.3.2 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin belirli kesitlerde toplandığının varsayılması hali.....	20
2.3.2.1 Plastik mafsal hipotezi.....	20
2.3.2.2 Yük artımı yöntemi.....	25
2.4 Binaların Deprem Davranışı.....	27
2.4.1 Yapı sistemlerinde sönüm	27
2.4.2 Yapı sistemlerinde süneklik.....	28
2.4.3 Sargı etkisi ve önemi	28
2.4.4 Mander modeli.....	31
2.5 Deprem İvme Kayıtlarının Belirlenmesi ve Ölçeklenmesi	34
2.5.1 Yapay olarak üretilmiş deprem kayıtları	34
2.5.2 Simüle edilmiş deprem kayıtları.....	35
2.5.3 Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar	35

2.6 Deprem Hareketini Ölçekleme Metodları	35
2.6.1 Deprem hareketinin zaman tanım alanında ölçeklenmesi	36
2.6.1.1 Tek bir deprem kaydı için genel yöntem.....	36
2.6.1.2 Birden çok deprem kaydı için genel yöntem.....	37
2.6.2 Yer hareketinin frekans tanım alanında ölçeklenmesi	38
2.7 Gerçek kayıtların tasarım spektrumuna uygun seçilmesi ve ölçeklenmesi	38
3. PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME	39
3.1 Binalardan Bilgi Toplanması.....	40
3.2 Yapı Elemanlarının Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	40
3.2.1 Kesit hasar sınırları	41
3.2.2 Kesit hasar bölgeleri	41
3.3 Bina Deprem Performans Düzeyleri	42
3.3.1 Hemen kullanım performans düzeyi.....	42
3.3.2 Can güvenliği performans düzeyi.....	42
3.3.3 Göçme öncesi performans düzeyi.....	43
3.3.4 Göçme durumu	44
3.4 Performans Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri	44
3.5 Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri.....	44
3.6 Performans Belirlenmesi ve Kullanılan Analiz Yöntemleri.....	45
3.6.1 Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için genel ilke ve kurallar	46
3.6.2 Doğrusal elastik hesap yöntemleri	48
3.6.2.1 Yöntemin esasları.....	48
3.6.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	48
3.6.2.3 Mod birleştirme yöntemi.....	48
3.6.3 Yapı elemanlarının hasar düzeylerinin belirlenmesi	49
3.6.4 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri	51
3.6.4.1 Tanım.....	51
3.6.4.2 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirilmesinde izlenecek hesap adımları.....	51
3.6.4.3 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi.....	52
3.6.4.4 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi.....	54
3.6.4.5 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi.....	59
3.6.4.6 Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi.....	60
3.6.4.7 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri.....	61
4. SAYISAL İNCELEMELER.....	63
4.1 Model.....	63
4.2 Tasarım	65
4.2.1 Malzeme bilgileri	65
4.2.2 Boyutlandırmada esas alınan yükler	65
4.2.3 Modellemede yapılan varsayımlar	65
4.2.4 Boyutlandırmada esas alınan yükleme kombinasyonları.....	66
4.2.5 Eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi	66
4.2.6 Bina genel özellikleri	70
4.2.7 Düşey yüklerin hesabı.....	70
4.2.8 Deprem yükü hesabında kullanılacak olan bina ağırlığının hesabı	71
4.2.9 Deprem yüklerinin hesabı	72
4.2.10 Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve betonarme hesap sonuçları	73
4.3 Mevcut Binanın Deprem Güvenliğinin İncelenmesi.....	75

4.3.1 Bina bilgi düzeyi.....	75
4.3.2 Elemanlarda doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi	75
4.3.2.1 Çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerinin tanımlanması.....	76
4.3.2.2 Kiriş ve kolonlarda yığılı plastik davranışın tanımlanması.....	77
4.3.3 Artımsal itme analizi.....	83
4.3.3.1 Düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analiz.....	83
4.3.3.2 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi.....	83
4.3.3.3 Kirişler için birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı.....	91
4.3.3.4 Kolonlar ve perdeler için birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı...100	
4.3.3.5 Bina performans değerlendirmesi.....	106
4.3.4 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine göre deprem performansının belirlenmesi.....	111
4.3.4.1 Kirişler için birim şekil değiştirmelerin hesabı.....	115
4.3.4.2 Kolonlar ve perdeler için birim şekil değiştirmelerin hesabı.....	121
4.3.4.3 Bina performans değerlendirmesi.....	130
4.3.5 Performans değerlendirmesi ve bulunan sonuçların karşılaştırılması ...	134
4.3.5.1 Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması.....	134
4.3.5.2 Tepe yatay yerdeğiştirmelerinin karşılaştırılması.....	138
4.3.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	139
4.4 Sayısal İncelemelere İlişkin Değerlendirmeler	139
5. SONUÇLAR	141
KAYNAKLAR	143
EK A.....	145

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
ASCE	: American Society of Civil Engineers
ATC	: Applied Technology Council
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
BSSC	: Building Seismic Safety Council
CG	: Can Güvenliği
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EERC-UCB	: Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
AEDYY	: Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi
ZTADOHY	: Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi
GB	: Göçme Bölgesi
GÇ	: Göçme Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi
GV	: Güvenlik Sınırı
HK	: Hemen Kullanım
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
NEHRP	: National Earthquake Hazards Reduction Program
SAP2000	: Structural Analysis Program 2000
TS-500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları
XTRACT	: Cross-sectional X Structural Analysis of Components

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri	7
Çizelge 3.1	: Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	40
Çizelge 3.2	: Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri.....	45
Çizelge 3.3	: Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	50
Çizelge 3.4	: Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	50
Çizelge 3.5	: Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	51
Çizelge 4.1	: Etkin yer ivme katsayısı (A_0).....	66
Çizelge 4.2	: Bina önem katsayısı (I)	67
Çizelge 4.3	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	67
Çizelge 4.4	: Spektrum karakteristik periyotları (T_A, T_B).....	68
Çizelge 4.5	: Hareketli yük katılım katsayısı (n)	69
Çizelge 4.6	: Bina genel özellikleri.....	70
Çizelge 4.7	: Döşeme yük analizi	71
Çizelge 4.8	: Kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlığı hesabı.....	71
Çizelge 4.9	: Katlara gelen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı.....	72
Çizelge 4.10	: Kütle katılım oranları	84
Çizelge 4.11	: +X yönü modal kapasite diyagramının koordinatları.....	86
Çizelge 4.12	: +Y yönü modal kapasite diyagramının koordinatları.....	87
Çizelge 4.13	: +X yönü depremde kiriş hasar seviyeleri (EDYY)	107
Çizelge 4.14	: +X yönü depremde kolon hasar seviyeleri (EDYY)	107
Çizelge 4.15	: +Y yönü depremde kiriş hasar seviyeleri (EDYY)	109
Çizelge 4.16	: +Y yönü depremde kolon hasar seviyeleri (EDYY)	109
Çizelge 4.17	: Kaydedilmiş deprem kayıtlarına ait veriler	111
Çizelge 4.18	: +X yönü kiriş hasar seviyeleri (ZTAHY)	130
Çizelge 4.19	: +X yönü kolon hasar seviyeleri (ZTAHY)	131
Çizelge 4.20	: Y doğrultusu kiriş hasar seviyeleri (ZTAHY).....	132
Çizelge 4.21	: Y doğrultusu kolon hasar seviyeleri (ZTAHY).....	132
Çizelge 4.22	: X yönü %10 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması 1.-2.-3.-4. katlar	134
Çizelge 4.23	: X yönü %10 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması 5.-6.-7.-8. katlar	135
Çizelge 4.24	: X yönü %2 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması 1.-2.-3.-4. katlar	136
Çizelge 4.25	: X yönü %2 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması 5.-6.-7.-8. katlar	137
Çizelge 4.26	: X doğrultusu zaman tanım alanında analiz sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri	139

Çizelge A.1	: AEDYY +X yönü 1.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	146
Çizelge A.2	: AEDYY +X yönü 2.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	147
Çizelge A.3	: AEDYY +X yönü 3.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	148
Çizelge A.4	: AEDYY +X yönü 4.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	149
Çizelge A.5	: AEDYY +X yönü 5.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	150
Çizelge A.6	: AEDYY +X yönü 6.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	151
Çizelge A.7	: AEDYY +X yönü 7.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	152
Çizelge A.8	: AEDYY +X yönü 8.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	153
Çizelge A.9	: ZTADOHY+Xyönü1.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	154
Çizelge A.10	: ZTADOHY+Xyönü2.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	155
Çizelge A.11	: ZTADOHY+Xyönü3.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	156
Çizelge A.12	: ZTADOHY+Xyönü4.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	157
Çizelge A.13	: ZTADOHY+Xyönü5.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	158
Çizelge A.14	: ZTADOHY+Xyönü6.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	159
Çizelge A.15	: ZTADOHY+Xyönü7.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	160
Çizelge A.16	: ZTADOHY+Xyönü8.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	161
Çizelge A.17	: AEDYY +Y yönü 1.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	162
Çizelge A.18	: AEDYY +Y yönü 2.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	163
Çizelge A.19	: AEDYY +Y yönü 3.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	164
Çizelge A.20	: AEDYY +Y yönü 4.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	165
Çizelge A.21	: AEDYY +Y yönü 5.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	166
Çizelge A.22	: AEDYY +Y yönü 6.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	167
Çizelge A.23	: AEDYY +Y yönü 7.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	168
Çizelge A.24	: AEDYY +Y yönü 8.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi..	169
Çizelge A.25	: ZTADOHY+Yyönü1.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	170
Çizelge A.26	: ZTADOHY+Yyönü2.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	171
Çizelge A.27	: ZTADOHY+Yyönü3.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	172
Çizelge A.28	: ZTADOHY+Yyönü4.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	173
Çizelge A.29	: ZTADOHY+Yyönü5.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	174
Çizelge A.30	: ZTADOHY+Yyönü6.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	175
Çizelge A.31	: ZTADOHY+Yyönü7.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	176
Çizelge A.32	: ZTADOHY+Yyönü8.kat kırışları hasar bölgelerinin elde edilmesi	177

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Çeşitli teorilere göre elde edilen yük parametresi-yerdeğiştirme bağıntıları	8
Şekil 2.2	: Dış kuvvetlerin etkisindeki katı cisim	10
Şekil 2.3	: Şematik yük parametresi - şekildeğiştirme diyagramı	10
Şekil 2.4	: İdeal malzemeler	11
Şekil 2.5	: Beton çeliğinde σ - ϵ diyagramı	12
Şekil 2.6	: Beton çeliğinin σ - ϵ diyagramının idealleştirilmesi	12
Şekil 2.7	: Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki σ - ϵ diyagramı	13
Şekil 2.8	: Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler	14
Şekil 2.9	: Bünye denklemlerinin eğri grupları halinde gösterilimi	15
Şekil 2.10	: Akma eğrisi (Karşılıklı etki diyagramı)	16
Şekil 2.11	: Basit eğilme halinde eğilme momenti – eğrilik diyagramı	16
Şekil 2.12	: Betonarme kesitlerde ($M - \chi$) diyagramı	18
Şekil 2.13	: Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (Akma Eğrisi)	19
Şekil 2.14	: Eğilme-momenti eğrilik diyagramı	21
Şekil 2.15	: Doğrusal olamayan şekildeğiştirmeler	22
Şekil 2.16	: İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı	23
Şekil 2.17	: Plastik mafsallık boyu	24
Şekil 2.18	: Plastik mafsallık hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan yükler altındaki davranışı	25
Şekil 2.19	: Tümsel ve bölgesel mekanizma durumları	26
Şekil 2.20	: Sargılı ve sargısız betonların σ - ϵ ilişkileri	29
Şekil 2.21	: Moment-eğrilik diyagramı (etriye aralığı sabit, eksenel yük değişken)	30
Şekil 2.22	: Plastik dönme kapasitesinin eksenel yük ile değişimi ($s=20$ cm etriye aralığı için)	30
Şekil 2.23	: Eğrilik sünekliğinin eksenel yük ile değişimi ($s=20$ cm etriye aralığı için)	30
Şekil 2.24	: Mander beton modeli	32
Şekil 2.25	: Kesitte ve boyuna doğrultuda etkin sargı alanının hesaplanması	33
Şekil 3.1	: Kesit hasar bölgeleri	41
Şekil 3.2	: Eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları	54
Şekil 3.3	: Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \geq T_B$	57
Şekil 3.4	: Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \leq T_B$	58
Şekil 3.5	: Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \leq T_B$	59
Şekil 4.1	: Taşıyıcı sistem planı ve kat yükseklikleri	64
Şekil 4.2	: 30/60 kiriş tipik enkesit ve boyuna donatısı	73
Şekil 4.3	: 30/90 kiriş tipik enkesit ve boyuna donatısı	74
Şekil 4.4	: 50/50 kolon tipik enkesit ve boyuna donatısı	74
Şekil 4.5	: 30/450 perde tipik enkesit ve boyuna donatısı	74
Şekil 4.6	: 30/550 perde tipik enkesit ve boyuna donatısı	75
Şekil 4.7	: 2-2 aksı çerçevesi örnek kolon ve kiriş yerleri	76

Şekil 4.8 : Örnek (30/60) kiriş kesiti ve betonarme detayı	78
Şekil 4.9 : Örnek (30/90) kiriş kesiti ve betonarme detayı	78
Şekil 4.10 : S111 kolonu için karşılıklı etki diyagramı	79
Şekil 4.11 : Kolon(50/50) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği	79
Şekil 4.12 : Örnek perde kesiti (30/450) yeri ve betonarme detayı	80
Şekil 4.13 : Örnek perde kesiti (30/450) yatay (0°) eksen etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı.....	80
Şekil 4.14 : Örnek perde kesiti (30/450) düşey (90°) eksen etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı.....	81
Şekil 4.15 : Örnek perde kesiti (30/450) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği..	81
Şekil 4.16 : Örnek perde kesiti (30/550) yeri ve betonarme detayı	82
Şekil 4.17 : Örnek perde kesiti (30/550) düşey (90°) eksen etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı.....	82
Şekil 4.18 : Örnek perde kesiti (30/550) yatay (0°) eksen etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı.....	82
Şekil 4.19 : Örnek perde kesiti (30/550) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği..	83
Şekil 4.20 : X doğrultusu statik itme eğrisi	84
Şekil 4.21 : Y doğrultusu statik itme eğrisi	85
Şekil 4.22 : X doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	86
Şekil 4.23 : Y doğrultusu modal kapasite diyagramı.....	87
Şekil 4.24 : X doğrultusu modal kapasite diyagramı – davranış spektrumu	89
Şekil 4.25 : +Xyönü itme analizinde sistemde son adımda oluşan plastik mafsallar	89
Şekil 4.26 : Y doğrultusu modal kapasite diyagramı – davranış spektrumu	90
Şekil 4.27 : +Yyönü itme analizinde sistemde son adımda oluşan plastik mafsallar	91
Şekil 4.28 : Eğilme analizi kiriş modeli (30x60cm),4Φ22(üst donatı),3Φ20(altdonatı)	92
Şekil 4.29 : K132 örnek kiriş için (a) negatif (altta basınç üstte çekme) ve (b) pozitif (altta çekme üstte basınç) moment-eğrilik ilişkileri ve idealizasyonları	93
Şekil 4.30 : Basit eğilmede kesitte çekme donatısının akması ve güç tükenmesine erişme durumları.....	95
Şekil 4.31 : Eğilme analizi kiriş modeli (30x90cm),6Φ26(üst donatı),4Φ26(altdonatı)	97
Şekil 4.32 : K128 örnek kiriş için (a) negatif (altta basınç üstte çekme) ve (b) pozitif (altta çekme üstte basınç) moment-eğrilik ilişkileri ve idealizasyonları.....	97
Şekil 4.33 : Eğilme analizi kolon modeli (50x50 cm), 8Φ22	101
Şekil 4.34 : Örnek seçilen S111 kolonuna ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi..	102
Şekil 4.35 : Eğilme analizi perde modeli (30x450 cm)	102
Şekil 4.36 : Örnek seçilen P103 perdesine ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi .	103
Şekil 4.37 : Eğilme analizi perde modeli (30x550 cm)	104
Şekil 4.38 : Örnek seçilen P107 perdesine ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi .	104
Şekil 4.39 : Benzeştirilmiş 1. yer hareketi kaydı	112
Şekil 4.40 : Benzeştirilmiş 2. yer hareketi kaydı	112
Şekil 4.41 : Benzeştirilmiş 3. yer hareketi kaydı	112
Şekil 4.42 : Deprem kayıtlarının tepki spektrumları ve tasarım spektrumu	113
Şekil 4.43 : Kayıt1 için Y doğrultusu 1.ve 8.katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri	114
Şekil 4.44 : Kayıt2 için Y doğrultusu 1.ve 8.katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri	114
Şekil 4.45 : Kayıt3 için Y doğrultusu 1.ve 8.katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri	115
Şekil 4.46 : K527(30/60) kirişi sağ ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait plastik dönme-zaman grafiği	116
Şekil 4.47 : K527(30/60) kirişi sağ ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait moment-plastik dönme döngüsü.....	116

Şekil 4.48 : K528(30/90) kirişi sol ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait plastik dönme-zaman grafiği	117
Şekil 4.49 : K528(30/90) kirişi sol ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait moment-plastik dönme döngüsü.....	118
Şekil 4.50 : K527(30/60) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği.....	119
Şekil 4.51 : K528(30/90) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği.....	120
Şekil 4.52 : S119 kolonu alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait plastik dönme-zaman grafiği.....	121
Şekil 4.53 : S119 kolonu alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait moment-plastik dönme döngüsü	121
Şekil 4.54 : Örnek seçilen S119 kolonuna ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi .	122
Şekil 4.55 : P103 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait plastik dönme-zaman grafiği.....	123
Şekil 4.56 : P103 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait moment-plastik dönme döngüsü	123
Şekil 4.57 : Örnek seçilen P103 perdesine ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi .	124
Şekil 4.58 : P107 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait plastik dönme-zaman grafiği.....	125
Şekil 4.59 : P107 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayıda ait moment-plastik dönme döngüsü	125
Şekil 4.60 : Örnek seçilen P107 perdesine ait eksenel kuvvet–toplam eğrilik ilişkisi .	126
Şekil 4.61 : S119 kolonuna ait kesme kuvveti-zaman grafiği	127
Şekil 4.62 : P103 perdesine ait kesme kuvveti-zaman grafiği.....	128
Şekil 4.63 : P107 perdesine ait kesme kuvveti-zaman grafiği.....	129
Şekil 4.64 : Zaman tanım alanında analiz sonucu bulunan tepe deplasman.....	138

SEMBOL LİSTESİ

A_o	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolon veya perdenin brüt enkesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
a	: İvme
a_o	: Kütle orantılı sönüm katsayısı
a_1	: Rijitlik orantılı sönüm katsayısı
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen, birinci moda ait modal ivme
ai	: Kesit çevresindeki boyuna donatının eksenleri arasındaki uzaklık
a_{y1}	: Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
b_o, h_o	: Göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutları
bw	: Kirişin gövde genişliği
C_{R1}	: Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
c	: Yapı sönüm katsayısı
d	: Kirişin veya kolonun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen, birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$	: Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
E_c	: Beton elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
E_{sec}	: Sekant elastisite modülü
e	: Güvenlik katsayısı
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton basınç dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
f_e	: Etkili sargılama basıncı
f_{ex}, f_{ey}	: İlgili doğrultulardaki etkili sargılama basınçları
f_s	: Doğrusal elastik sistemde harekete karşı koyan kuvvet (yay kuvveti)
$f_s(\dot{u}, \ddot{u})$	: Doğrusal elastik olmayan sistemde harekete karşı koyan kuvvetin ifadesi
f_{yw}	: Enine donatının akma dayanımı
g	: Yerçekimi ivmesi

H_i	: Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
H_N	: Binanın temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
$\mathbf{i}$	: Etki vektörü
$K_1(M, N, T)$	: Akma (kırılma) koşulunun kesit zorları cinsinden ifadesi
$K_2(\gamma, \varepsilon, \gamma)$	: Akma (kırılma) koşulunun birim şekildeğiştirmeler cinsinden ifadesi
k	: Yapı rijitliği
k_e	: Sargılama etkinlik katsayısı
L_0	: Beton kesitinin dış çekme lifinde çatlakların başladığı sınır durum
L_1	: Betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı sınır durum
L_2	: Eğilme momentinin artarak betonarme kesitin taşıma gücüne eriştiği durum
l	: Bir cisim üzerindeki herhangi iki nokta arasındaki uzaklık
l_p	: Plastik mafsal boyu
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M_{L1}	: L_1 durumuna karşı gelen eğilme momenti değeri
M_{L2}	: L_2 durumuna karşı gelen eğilme momenti değeri ($=M_p$)
M_{L0}	: L_0 durumuna karşı gelen eğilme momenti değeri
M_p	: Kesitin taşıyabileceği maksimum eğilme momenti
M_{x1}	: x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
m	: Kütle
N_D	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolonda veya perdede oluşan eksenel kuvvet
N_{ob}	: Moment sıfır iken kesitin taşıyabileceği maksimum basınç kuvveti
$N_{o\phi}$	: Moment sıfır iken kesitin taşıyabileceği maksimum çekme kuvveti
$P-\Delta$	: Yük parametresi – yerdeğiştirme bağıntısı
P	: P_i dış kuvvetlerinin büyüklüğünü tanımlayan yük parametresi
P_B	: Burkulma yükü
P_{cr}	: Kritik yük
P_G	: Göçme yükü
P_i	: Orantılı şekilde artan dış yükler
P_L	: Limit yük
P_{L1}	: Birinci mertebe limit yük
P_{L2}	: İkinci mertebe limit yük
$p(t)$	: Dinamik yük
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_{y1}	: Birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı
r	: Etki/kapasite oranı
r_s	: Etki/kapasite oranının sınır değeri
$S_a^{hedef}(T)$	: Ölçeklendirme işleminde hedef alınan tasarım spektrumu

$S_a^{gerçek}(T)$	: Kaydedilmiş deprem ivme kaydının tek serbestlik dereceli sistem için tepki spektrumu
$S_{ae}(T)$	: Elastik spektral ivme
$S_{ae1}(1)$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{de1}(1)$	: İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
S_{di1}	: Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme
s	: Etriye aralığı
T_1	: Binanın 1. doğal titreşim periyodu
$T_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki (i=1) birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyodları
t	: Kesite etkiyen düzgün sıcaklık değişmesi
u	: Kesitin çubuk eksenini doğrultusundaki boy değiştirmesi
u	: Yerdeğiştirme
$\dot{u}$	: Hız
$\ddot{u}$	: İvme
u_i	: i zaman adımında bilinen yerdeğiştirme
$\dot{u}_i$	: i zaman adımında bilinen hız
$\ddot{u}_i$	: i zaman adımında bilinen ivme
u_{i+1}	: i+1 zaman adımında elde edilen yerdeğiştirme
$\dot{u}_{i+1}$	: i+1 zaman adımında elde edilen hız
$\ddot{u}_{i+1}$	: i+1 zaman adımında elde edilen ivme
$\ddot{u}_g(t)$	: Mesnet titreşim ivmesi
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(p)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
$u(t)$	: Yerdeğiştirme vektörü
V_e	: Kolon, kiriş, perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_i	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etkiyen kat kesme kuvveti
V_r	: Kolon, kiriş, perdede kesitin kesme dayanımı
V_t	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde, gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$V_{x1}^{(i)}$	: x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda (hakim moda) ait taban kesme kuvveti
v	: Kesitin çubuk eksenine dik doğrultudaki şekildeğiştirmesi
W	: Binanın hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i	: Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
$\alpha_{ölçek}$	: Zaman tanım alanında ölçeklendirme katsayısı
α_t	: Sıcaklık genleşme katsayısı
β_v	: Perdede kesme kuvveti için dinamik büyütme katsayısı
Γ_{x1}	: x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
γ	: Birim kayma şekildeğiştirmesi
γ, β	: Newmark Yöntemi'nde çözümün stabilitesini sağlayan parametreler

Δl	: l uzaklığının uygulanan dış yüklerden dolayı değişimi
$\Delta l_{P1}, \Delta l_{P2}$	:Yükleme-boşaltma eğrileri arasında kalan doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler
Δt	: Kesite etkiyen farklı sıcaklık değişmesi
Δt	: Zaman aralığı
ε	: Birim boy değişmesi
ε_{co}	: Betonda plastik şekildeğiştirmelerin başladığı şekildeğiştirme sınırı
ε_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basıç birim şekildeğiştirmesi
ε_e	: Beton çeliğinin akma şekildeğiştirmesi
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim şekildeğiştirmesi
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
θ	: Etkin sargılanma alanının belirlenmesi için gerekli olan açı
θ_p	: Plastik dönme istemi
$\theta^{gerçek}(\omega)$	: Kaydedilmiş deprem kaydının Fourier spektrum fazı
λ	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
λ_c	: Sargılı beton basınç dayanımı ile sargısız beton basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi kuran bir katsayı
μ	: Süneklik katsayısı
ξ_i	: i. moda ait modal sönüm oranı
ξ_j	: j. moda ait modal sönüm oranı
ρ_s	: Enine donatının toplam hacimsel oranı
ρ_x, ρ_y	: İlgili doğrultulardaki enine donatı hacimsel oranı
σ_e	: Beton çeliğinin akma gerilmesi
σ_k	: Beton çeliğinin kopma gerilmesi
σ_p	: Beton çeliğinin orantılılık sınırı gerilmesi
Φ_p	: Plastik eğrilik istemi
Φ_t	: Toplam eğrilik istemi
Φ_{xN1}	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Φ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
φ	: Kesitin dönmesi
$\varphi_{p,maks}$	: Plastik mafsalın dönme kapasitesi
χ	: Birim dönme (eğrilik)
χ_{L0}	: L_0 durumuna karşı gelen birim dönme (eğrilik) değeri
χ_{L1}	: L_1 durumuna karşı gelen birim dönme (eğrilik) değeri
χ_{L2}	: L_2 durumuna karşı gelen birim dönme (eğrilik) değeri
χ_p	: M_p momentine karşılık gelen birim dönme (eğrilik)
χ_u	: Güç tükenmesine karşı gelen toplam eğrilik
χ_y	: Çekme donatısının akmaya başlaması ve ya betondaki birim kısalmanın ε_{co} sınırı değerine ulaşması durumundaki eğrilik
$\omega_1^{(1)}$	: Başlangıçtaki (i=1) birinci (deprem doğrultusunda hâkim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_i	: i. moda ait moda ait doğal frekans
ω_j	: j. moda ait moda ait doğal frekans

BETONARME PERDELİ/ÇERÇEVELİ BİR BİNANIN DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL OLMAYAN HESAP YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Yapıların deprem performanslarının değerlendirilmesi için doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan teoriyi esas alan hesap yöntemlerinden yararlanarak, yapı sistemlerinin yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeye bağlı deprem performansları daha gerçekçi olarak belirlenebilmektedir. Doğrusal elastik olmayan analiz için önerilen başlıca yöntemler, itme analizine dayanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal mod birleştirme yöntemi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemidir.

Beş bölümden oluşan yüksek lisans tezinin birinci bölümü, konunun açıklanmasına ve konu ile ilgili çalışmaların gözden geçirilmesine ayrılmış, çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde yapı sistemlerinin statik ve dinamik etkiler altındaki doğrusal olmayan davranışları incelenmekte ve doğrusal olmayan yapı sistemlerinin hesap yöntemleri gözden geçirilmektedir. Bu bölümde, malzeme bakımından doğrusal olmayan betonarme kesitlerin iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları verilmiş, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin belirli kesitlerde toplandığı varsayımına dayanan plastik mafsalsal hipotezi ve bu hipotezi esas alan hesap yöntemi açıklanmıştır. İlerleyen kısımlarda, doğrusal elastik olmayan sistemlerin deprem davranışı üzerinde durulmuş, dinamik denge denklemleri, kontrol eden parametreler ve denge denklemlerinin sayısal çözümünde kullanılan Newmark yöntemi ile binaların deprem davranışında önemli rolü olan süneklik ve sünekliğe katkı sağlayan sargı etkisi gözden geçirilmiştir. Ayrıca, dinamik analizde kullanılacak olan deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesi prosedürü hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde yapıların performansa dayalı tasarımı ve değerlendirilmesi hakkında bilgi verilmektedir. Bu bölümde, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan kesit hasar düzeyleri, performans seviyeleri ve çoklu performans hedefleri özetlenmiştir. Ek olarak, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden ikisi olan ve bu çalışmada kullanılan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, sayısal incelemeler ve hesaplarda izlenen yollar yer almaktadır. Bu bölümde, yönetmelik esaslarına dayanan doğrusal yöntemle boyutlandırılmış betonarme perdeli/çerçevesel bir binanın deprem performansı doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Bu binanın deprem performansı değerlendirmesinde, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi ile kesit hasar bölgeleri, taban kesme kuvvetleri

ve tepe noktası yatay yerdeşiftirmeleri belirlenmiş ve her iki yöntem ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Beşinci bölüm bu çalışmada varılan sonuçları kapsamaktadır. Çalışmanın başlıca özellikleri, sayısal sonuçlarının değerlendirilmesi ve konunun olası genişleme alanları bu bölümde sunulmuştur.

Çalışmanın sayısal incelemelerinden elde edilen sonuçların başlıcaları aşağıda özetlenmiştir.

- i. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği’nde yer alan doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi ile belirlenen kesit hasar bölgeleri ve bina tepe yerdeğiftirmeleri, büyük oranda birbirine yakın sonuçlar vermektedir. İki yöntemin farklılık gösterdiği kesitlerdeki değişim genel olarak bir hasar bölgesi kadardır.
- ii. 2007 Türk Deprem Yönetmeliği’ne göre tasarımı yapılan binanın deprem performansının değerlendirmesi sonucunda, yapının deprem etkisi altında beklenen performans hedefini sağlayamadığı görülmüştür.

SEISMIC PERFORMANCE EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE SHEAR WALL-FRAME BUILDING ACCORDING TO THE NON-LINEAR ELASTIC METHODS

SUMMARY

The seismic performance of structures may be evaluated by means of either linear or nonlinear methods. The overall structural behaviour as well as deformation and displacement based performance evaluation of structural systems under earthquake effects can be reliably assessed through the use of nonlinear methods. The nonlinear methods generally involves incremental equivalent earthquake load and incremental modal superposition methods based on pushover analysis and the nonlinear dynamic time-history analysis.

This master of science thesis is composed of five chapters. The first chapter covers the introduction to the subject, the literature survey and the scope and objectives of the study.

In the second chapter, the nonlinear static and dynamic behaviour of structural systems are explained briefly and nonlinear analysis methods are investigated. The internal force-deformation relationships of reinforced concrete sections with material nonlinearity, the basic principles of plastic hinge theory and the load increments method based on this theory are explained. In the following sections, dynamic behaviour of nonlinear systems, dynamic equilibrium equations and controlling parameters are discussed. Newmark method is introduced for numerical integration of dynamic equilibrium equations. Also ductility concept and confinement effect which have significant role in seismic behaviour of structural systems are presented. Furthermore, selection and scaling procedures of real earthquake ground motion records are explained briefly.

The third chapter gives general information about performance based design and assessment of structures. The section damage limits, building performance levels and multiple performance objectives, which are stated and explained in the 2007 Turkish Earthquake Code are summarized. Later, the two nonlinear methods, incremental equivalent earthquake load method and time history analysis method, which are also utilized for the numerical study, explained in this chapter.

In the fourth chapter, numerical procedures and the path for the calculations have been included. In this chapter, a reinforced concrete shear wall/frame structure which is designed by 2007 Turkish Seismic Code, is evaluated its seismic performance according to the non-linear elastic methods. Then, the base shear forces, lateral top displacements and the seismic performances of this building is determined according to incremental equivalent earthquake load method and nonlinear time history method, imposed by the 2007 Turkish Seismic Code, and the results are compared and discussed.

The fifth chapter contains the results of the study. The basic features of the study, the evaluation of the numerical results and the possible extensions of the study are presented in this chapter.

The basic conclusions of the numerical evaluations are summarized below.

- i. Incremental equivalent earthquake load method and nonlinear time history methods proposed by the 2007 Turkish Seismic Code exhibit similar results, especially in terms of base shear, cross-sectional damage levels and roof displacements. The difference in sections obtained by these two approaches is as one damage state.
- ii. As a conclusion of the evaluation, a building that is designed according to 2007 Turkish Seismic Code, can not obtain the expected performance under seismic action.

1. GİRİŞ

1.1 Konu

Son yıllarda performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yaklaşımının ortaya konulması ile, yapıların doğrusal olmayan davranışların gözönüne alan ileri hesap yöntemleri üzerindeki çalışmalar hız ve önem kazanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde temelleri atılan bu kavram, genel anlamda bir yapı sisteminin, belirli bir deprem etkisi altında, bir performans düzeyi öngörülerek tasarımı ve değerlendirmesi olarak düşünülebilir. Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yaklaşımında, esas alınan bir deprem etkisi için yapının plastik şekildeğiştirme isteminin belirlenmesi ve bu istem gözönünde tutularak, yapı elemanlarının hasar düzeyinin kontrol edilmesi öngörülmektedir. Böylece farklı deprem etkileri altında, hedeflenen performans düzeyine sahip olan yapı tasarımı yapılabilmekte veya mevcut bir yapının performans düzeyi değerlendirilebilmektedir, [1,2].

Binaların deprem etkileri altındaki plastik şekildeğiştirmelerinin belirlenebilmesi için, yapı sistemlerinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranışının gözönüne alındığı statik ve dinamik analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Doğrusal olmayan analiz için uygulanmakta olan önerilen başlıca yöntemler, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ve statik itme analizidir. Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleri, yapıların deprem etkileri altındaki davranışının gerçeğe en yakın olarak belirlenebildiği yöntemlerdir. Bu yöntemler genel olarak, gözönüne alınan deprem yer hareketlerine ait ivme kayıtları için, atalet kuvvetlerinin değişimini ve sönümü de içererek yapının zaman tanım alanında hesabını öngörmektedir. Ancak bu yöntemlerin, uygun yer hareketi kaydının elde edilmesi, yapı elemanlarının çevrimsel davranış modellerinin oluşturulması ve uzun hesaplama zamanı gerektirmesi gibi zorlukları nedeniyle, bunlara oranla daha basitleştirilmiş olan doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri pratikte daha çok uygulama alanı bulmaktadır. Doğrusal-elastik olmayan hesap yöntemleri, genel olarak belirli sabit düşey yükler ve deprem etkilerini temsil eden artan yatay yükler altında, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal

olmayan teoriye göre yapının yatay kuvvet-tepe yer değiştirmesi bağıntısının belirlenmesini esas almaktadır, [3]. Yöntem yapının temel titreşim moduna karşı gelen atalet kuvvetleri dağılımını veya yönetmeliklerde öngörülen eşdeğer deprem yükü dağılımını kullanmaktadır. Bu dağılımdaki yükler, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde arttırılarak analiz yapılmaktadır. Bu yük dağılımlarının monoton olarak arttırılmasını esas alan yaklaşımların planda ve düşey düzlemde düzensizliği bulunmayan az katlı yapılar için gerçek davranışa oldukça yakın sonuçlar verdiği bilinmektedir. Buna karşılık, çok katlı düzenli yapılar üzerindeki araştırmalar söz konusu yaklaşımların gerçek yapı davranışını belirlemede yetersiz kalabildiğini göstermektedir. Bunun nedeni, temel titreşim modu dışındaki yüksek modların da sistem davranışında etkin olması ve deprem sırasında oluşan atalet kuvvetlerinin depremin özelliklerine ve yapıdaki plastikleşmenin düzeyine bağlı olarak sürekli değişim göstermesidir, [4-8].

1.2 Konu İle İlgili Çalışmalar

Şekildeğiştirme ve yerdeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinin neden olduğu büyük hasar, deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır, [9].

Bu gereksinimi karşılamaya yönelik olarak, Applied Technology Council (ATC) tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings - ATC 40 [10] ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings - FEMA 273, 356 yayınları [11,12] hazırlanmıştır. Daha sonra, bu çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 projesi başlatılmış ve projenin bulgularını içeren FEMA 440 taslak raporu [13] yayınlanmıştır. Bu araştırma ve çalışmaların sonuçları ASCE tarafından hazırlanan ASCE 41-06 standardında yer almıştır [14]. Bu

organizasyonların yanında, Building Seismic Safety Council (BSSC), Earthquake Engineering Research Center of University of California at Berkeley (EERC-UCB) tarafından yürütülen diğer projeler de bu alandaki araştırmalara katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan, Avrupa Birliği standartları arasında bulunan Eurocode 8.3 standardında da [15], mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesine yönelik araştırmaların sonuçlarını içeren yaklaşımlar yer almaktadır.

Ülkemizde, özellikle 1999 Adapazarı-Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesini ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesini amaçlayan pratik uygulamalar bir gereksinim haline gelmiştir. Nitekim, bu gereksinime cevap vermek amacıyla, o tarihte yürürlükte olan 1998 Türk Deprem Yönetmeliği'ne mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmesi çalışmaları yürütülmüş ve bu çalışmaların sonucunda 2007 Deprem Yönetmeliği [16] hazırlanmıştır.

Bina performansının belirlenmesi için yukarıda sözü edilen rapor ve standartlarda önerilen yöntemlerin (kapasite spektrumu yöntemi, yerdeğiştirme katsayıları yöntemi vb.) güvenilirliği akademik çevrelerde geniş bir araştırma konusu olmuştur. Bu kapsamda yapılan araştırmalarda, önerilen yöntemlerin irdelenmesi ve doğrulanması, kesin sonuç verdiği kabul edilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi baz alınarak yapılmıştır.

1.3 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, ülkemizdeki orta yükseklikli (8 katlı) mevcut betonarme binayı temsil etmek üzere seçilen bir perdeli/çerçeve yapı sistemi üzerinde, mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi için 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi*'nin uygulanması ve elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi yolu ile

- a) ülkemizdeki mevcut bina stoğunu belirli ölçüde temsil eden söz konusu yapı sistemlerinin olası bir deprem etkisi altındaki performans ve güvenliklerinin belirlenmesi

- b) yönetmelikte öngörülen artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin karşılaştırılarak, artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulama sınırlarının irdelenmesi ve genişletilmesi olanaklarının araştırılmasıdır.

Bu amaçla, ülkemizdeki orta yükseklikli mevcut betonarme binaların bir bölümünü temsil etmek üzere seçilen ve olası malzeme yetersizlikleri ile uygulama kusurlarını içeren perdeli/çerçeve bina üzerinde, doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yönteminin karşılaştırılmasına yönelik olarak, bir sayısal inceleme gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Çalışmada izlenen yol aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- a) Malzeme bakımından doğrusal olmayan betonarme yapı sistemlerinin statik ve dinamik hesap yöntemleri ile yapısal sistem ve davranışına etkisi olan parametrelerin incelenmesi.
- b) Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yöntemlerinin gözden geçirilmesi.
- c) Sayısal incelemelere esas oluşturan taşıyıcı sistem modelinin belirlenmesi.
- d) Taşıyıcı sistem modellerinin 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılması ve olası yapım kusurları içeren modelin oluşturulması.
- e) Bu sisteme, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi uygulanarak kesit hasar bölgelerinin belirlenmesi.
- f) Her iki yaklaşım ile elde edilen sayısal sonuçların karşılaştırılması ve değerlendirilmesi.
- g) Çalışmada varılan sonuçların açıklanması.

2. YAPI SİSTEMLERİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN TEORİYE GÖRE STATİK VE DİNAMİK HESABI

2.1 Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Davranışı

Bazı özel durumların dışında, yapı sistemleri işletme yükleri altında genellikle doğrusal veya doğrusala yakın davranış gösterirler. İşletme yükleri altında doğrusal olmayan yapı sistemleri arasında narin yapılar ve elastik zemine oturan sistemler ile bölgesel stabilite yetersizlikleri içeren yapılar sayılabilir.

Doğrusal sistem davranışını esas alan analiz yöntemlerinde, malzemenin gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları (bünye denklemleri) doğrusal-elastik olarak alınmakta ve yerdeğiştirmelerin çok küçük olduğu varsayılmaktadır.

Buna karşılık, dış etkiler işletme yüklerini aşarak yapı sisteminin taşıma gücüne yaklaştıkça, gerilmeler doğrusal-elastik sınırı aşmakta ve narin yapıların yerdeğiştirmeleri çok küçük varsayılamayacak değerler almaktadır.

Günümüzde yapı mühendisliğinde genellikle uygulanmakta olan ve sistem analizi bakımından doğrusal teoriye dayanan tasarım yaklaşımlarında (çelik yapıların güvenlik gerilmeleri esasına göre tasarımı ve betonarme yapıların taşıma gücü yöntemine göre tasarımı), yapı sisteminin doğrusal olmayan davranışı çeşitli şekillerde gözönüne alınmaya çalışılmaktadır. Örneğin, ikinci mertebe etkilerinin hesaba katılması ve burkulmaya karşı yeterli bir güvenlik sağlanması amacıyla moment büyütme yönteminden ve burkulma katsayılarından yararlanılmakta, yapı sisteminin doğrusal olmayan şekildeğiştirmeleri nedeniyle iç kuvvet dağılımının değişmesi yeniden dağılım ilkesi yardımı ile gözönüne alınmaktadır. Diğer taraftan, deprem etkilerine göre hesapta, malzemenin doğrusal-elastik sınır ötesindeki davranışını ve deprem enerjisinin sönmülenmesini hesaba katmak üzere, taşıyıcı sistem davranış katsayısı tanımlanmakta ve elastik deprem yükleri bu katsayıya bağlı bir deprem yükü azaltma katsayısı ile bölünerek küçültülmektedir.

Yapı malzemelerinin doğrusal-elastik sınır ötesindeki taşıma kapasitelerini gözönüne almak, çok küçük olmayan yerdeğiştirmelerin denge denklemlerine ve gerekli olduğu

durumlarda geometrik uygunluk koşullarına etkilerini hesaba katmak suretiyle, yapı sistemlerinin dış etkiler altındaki davranışlarının daha yakından izlenebilmesi ve bunun sonucunda daha gerçekçi ve ekonomik çözümler elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

Doğrusal olmayan sistem davranışını esas alan hesap yöntemlerinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında genel olarak iki durumla karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi, yapı sisteminin doğrusal olmamasına neden olan etkenlerin belirlenerek, sistem davranışını gerçeğe yakın bir biçimde temsil eden bir hesap modelinin oluşturulması, diğeri ise bu hesap modelinin doğrusal olmayan teoriye göre analizidir.

2.1.1 Çözümü sağlaması gereken koşullar

Bir yapı sisteminin dış etkiler altında hesabı (analizi) ile elde edilen iç kuvvetler, şekildeğiştirmeler ve yerdeğiştirmelerin çözüm olabilmeleri için aşağıdaki üç koşulu bir arada sağlamaları gerekmektedir [19,20].

- 1- Bünye denklemleri: Malzemenin cinsine, karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olan iç kuvvet-şekildeğiştirme bağlantılarına bünye denklemleri denilmektedir.
- 2- Denge koşulları: Sistemi oluşturan elemanların ve bu elemanların birleştiği düğüm noktalarının denge denklemlerinden oluşmaktadır.
- 3- Geometrik uygunluk koşulları: Elemanların ve düğüm noktalarının geometrik süreklilik denklemleri ile mesnetlerdeki geometrik sınır koşullardır.

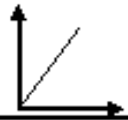
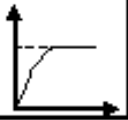
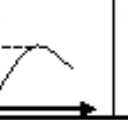
2.1.2 Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri

Bir yapı sisteminin dış yükler altındaki davranışının doğrusal olmaması genel olarak iki temel nedenden kaynaklanmaktadır, [9]:

- 1- malzemenin doğrusal-elastik olmaması nedeniyle iç kuvvet-şekildeğiştirme bağlantılarının (bünye denklemlerinin) doğrusal olmaması,
- 2- geometri değişimleri nedeniyle denge denklemlerinin (ve bazı hallerde geometrik süreklilik denklemlerinin) doğrusal olmaması.

Yapı sistemlerinin doğrusal olmamasına neden olan etkenler ve bu etkenleri gözönüne alan teoriler Çizelge 2.1’de topluca özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 : Yapı sistemlerinin doğrusal olmama nedenleri

Çözümün Sağlanması Gereken Koşullar	Doğrusal Sistemler	Doğrusal Olmayan Sistemler				
		Malzeme Bakımından (1)	Geometri Değişimleri Bakımından (2)		Her İki Bakımdan (1+2)	
			İkinci Mertbe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi	İkinci Mertbe Teorisi	Sonlu Deplasman Teorisi
Bünye Denklemleri (Gerilme-Şekildeğiştirme Bağlılıları)	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik Değil	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik	Doğrusal Elastik Değil	Doğrusal Elastik Değil
Denge Denklemlerinde Yer Değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil	Küçük Değil
Geometrik Uygunluk Koşullarında Yer Değiştirmeler	Küçük	Küçük	Küçük	Küçük Değil	Küçük	Küçük Değil
P-Δ Bağlılıları						

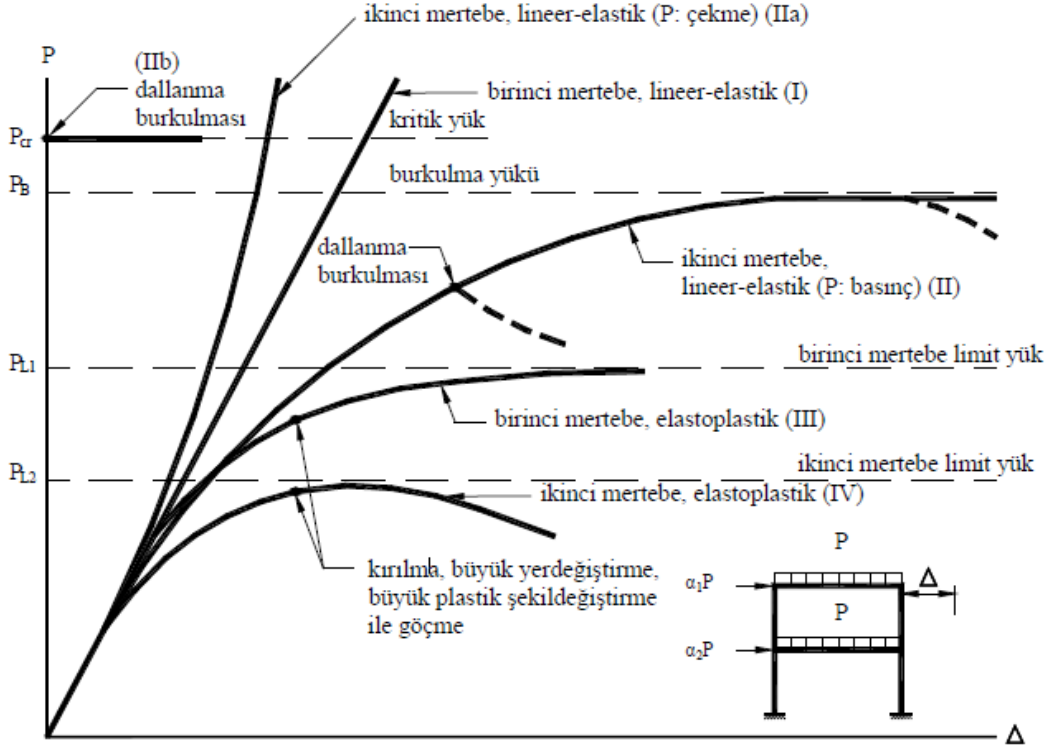
Denge denklemlerinde yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde, denge denklemleri şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılmaktadır.

Geometrik uygunluk koşullarında yerdeğiştirmelerin küçük olmadığı sistemlerde ise, geometrik süreklilik denklemlerinin de şekildeğiştirmiş eksen üzerinde yazılması gerekmektedir.

2.1.3 Yapı sistemlerinin dış yükler altındaki doğrusal olmayan davranışı

Düşey ve yatay yükler etkisindeki bir yapı sisteminin doğrusal ve doğrusal olmayan teorilere göre hesabı ile elde edilen yük parametresi – yer değiştirme (P-Δ) bağıntıları Şekil 2.1’de şematik olarak gösterilmişlerdir.

Malzemenin sınırsız olarak doğrusal-elastik varsayıldığı bir yapı sisteminin, artan dış yükler altında, birinci mertbe teorisine göre elde edilen davranışı (I) doğrusu ile ifade edilmektedir. Geometri değişimlerinin denge denklemlerine etkisinin, diğer bir deyişle, eksenel kuvvetlerin şekildeğiştirmiş sistem üzerinde oluşturduğu ikinci mertbe etkilerinin (P-Δ etkilerinin) hesaba katıldığı ikinci mertbe teorisinde ise, eksenel kuvvetin basınç veya çekme olmasına göre iki farklı sistem davranışı ile karşılaşılabilir.



Şekil 2.1 : Çeşitli teorilere göre elde edilen yük parametresi-yerdeğiştirme bağıntıları

Örneğin aksel kuvvetin basınç olması halinde, (II) eğrisinden görüldüğü gibi, artan dış yüklere daha hızla artan yerdeğiştirmeler karşı gelmektedir. Aralarındaki oran sabit kalacak şekilde değişen dış kuvvetlerin büyüklüğünü ifade eden yük parametresi artarak doğrusal-elastik *burkulma yükü* adı verilen bir P_B değerine eşit olduğu zaman, yerdeğiştirmeler artarak sonsuza erişir ve sistem burkulur. Bazı özel durumlarda, burkulmadan sonra artan yerdeğiştirmelere azalan yük parametresi karşı gelebilir. Örneğin asma sistemler gibi aksel kuvvetin çekme olduğu durumlarda ise, şekilde (IIa) ile gösterilen $P-\Delta$ diyagramı pekleşen özellik gösterir. Yanal yük etkisinde olmayan ve bu nedenle burkulmadan önce şekil değiştirmeyen sistemlerde, yük parametresinin bir P_{cr} değerinde dallanma burkulması oluşur ve şekildeki (IIb) diyagramından görüldüğü gibi, yerdeğiştirmeler birden artarak sonsuza gider. Dallanma burkulmasına neden olan bu yüke *kritik yük* denilmektedir. Kritik yük genellikle burkulma yükünden biraz daha büyük veya ona eşittir. Dallanma burkulması, bazı hallerde burkulmadan önce şekil değiştiren sistemlerde de oluşabilir, (II eğrisi). Doğrusal olmayan malzemeden yapılmış sistemlerde, artan dış yüklerle birlikte iç kuvvetler de artarak bazı kesitlerde doğrusal-elastik sınırı aşmakta ve bu kesitler dolayında doğrusal olmayan (plastik) şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Doğrusal olmayan şekil değiştirmeler genel

olarak sistem üzerinde sürekli olarak yayılmaktadır. Bununla beraber, taşıma kapasitesine karşı gelen toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranının büyük olduğu sünek malzemeden yapılmış sistemlerde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin *plastik mafsalsal* (veya genel anlamda *plastik kesit*) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bu kesitlerin dışındaki bölgelerde ise sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Bu varsayım plastik mafsalsal (plastik kesit) hipotezi olarak isimlendirilmektedir. Plastik mafsalsal hipotezinin esas alındığı bir yapı sisteminin birinci merteye teorisine göre hesabında (III eğrisi), oluşan plastik mafsallar nedeniyle sistemin tümünün veya bir bölümünün mekanizma durumuna gelmesi taşıma kapasitesine erişildiğini gösterir. Bu yük *birinci merteye limit yük* adını alır.

Doğrusallığı bozan her iki etkinin birlikte gözönüne alınması halinde, diğer bir deyişle, yapı sisteminin ikinci merteye elastoplastik teoriye göre hesabı ile elde edilen P-Δ diyagramı şekilde (IV) eğrisi ile gösterilmiştir. Bu diyagram ilk kritik kesitte doğrusal-elastik sınırın aşılmasına kadar (II) eğrisini izlemekte, daha sonra oluşan doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler nedeniyle yerdeğiştirmeler daha hızlı olarak artmaktadır. Plastik mafsalsal hipotezinin esas alındığı yapı sistemlerinde, dış yükler artarak bir P_{L2} sınır değerine eşit olunca, meydana gelen plastik mafsallar nedeniyle rijitliği azalan sistemin burkulma yükü dış yük parametresinin altına düşer; yani P-Δ diyagramında artan yerdeğiştirmelere azalan yükler karşı gelir. Sistemin stabilite yetersizliği nedeniyle taşıma gücünü yitirmesine sebep olan bu yük parametresine *ikinci merteye limit yük* denilmektedir.

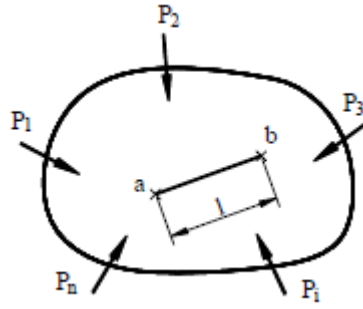
Bazı hallerde, dış yükler limit yüke erişmeden önce, meydana gelen büyük yerdeğiştirmeler, büyük plastik şekildeğiştirmeler ile betonarme sistemlerde oluşan büyük çatlaklar ve kırılma yapının göçmesine (işletme dışı olmasına) neden olabilmektedir [9].

2.2 İç Kuvvet – Şekildeğiştirme Bağlıları ve Akma (Kırılma) Koşulları

Aşağıda, çeşitli yapı malzemelerinin gerilme-şekildeğiştirme ilişkileri ile düzlem çubuk elemanlarda ve özellikle betonarme çubuklarda iç kuvvet-şekildeğiştirme ilişkileri ve akma (kırılma) koşulları incelenecektir.

2.2.1 Malzeme şekildeğiştirme özellikleri

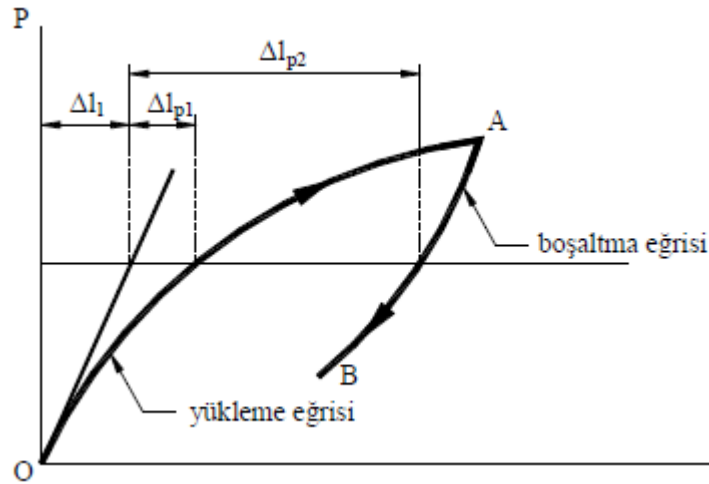
Şekil 2.2’de verilen katı cisim, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde artan P_i dış kuvvetlerinin etkisi altındadır. Bu dış kuvvetlerin büyüklüğünü tanımlayan P yük parametresi ordinata, bu kuvvetlerden dolayı katı cismin a ve b noktaları arasındaki l uzunluğunun Δl değişimi absise taşınarak çizilen P - Δl diyagramı Şekil 2.3’te şematik olarak gösterilmiştir.



$$P_i = p_i P$$

P : yük parametresi

Şekil 2.2 : Dış kuvvetlerin etkisindeki katı cisim

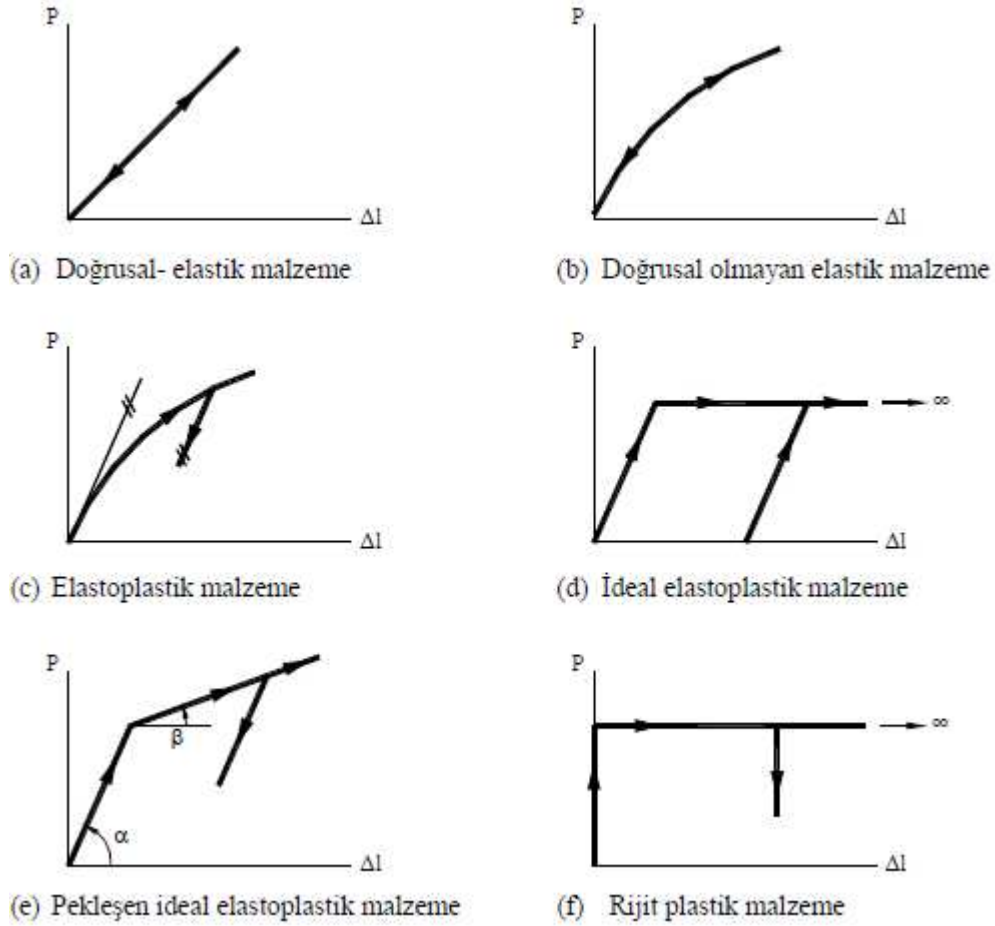


Şekil 2.3 : Şematik yük parametresi - şekildeğiştirme diyagramı

Bu diyagramın, artan yük parametresi için elde edilen OA bölümüne yüklemeye eğrisi, yüklerin kaldırılması durumuna karşı gelen AB bölümüne de boşaltma eğrisi denir. Eğrinin başlangıç teğeti ile ordinat eksenindeki Δl_1 şekildeğiştirmeleri doğrusal şekildeğiştirmeler, başlangıç teğeti ile yüklemeye ve boşaltma eğrileri arasında kalan Δl_{p1} ve Δl_{p2} şekildeğiştirmeleri ise doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler olarak tanımlanır.

2.2.1.1 İdeal malzemeler

Yapı sistemlerinde kullanılan gerçek yapı malzemelerinin şekildeğiştirme özellikleri üzerinde bazı idealleştirmeler yaparak tanımlanan ideal malzemelerin başlıcaları Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



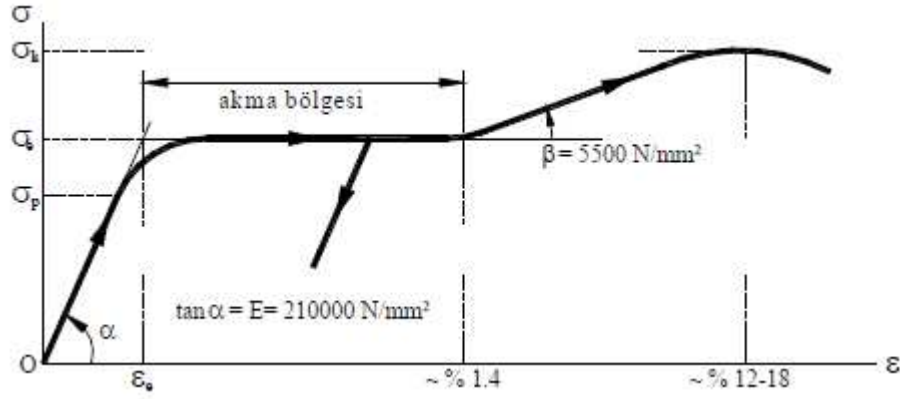
Şekil 2.4 : İdeal malzemeler

2.2.1.2 Yapı malzemelerinin gerilme - şekildeğiştirme bağıntıları

Betonarme yapı elemanlarını oluşturan beton çeliği ve betonun gerilme-şekildeğiştirme (σ - ϵ) diyagramları ve bu diyagramlara ait bazı sayısal değerler aşağıda verilmiştir.

a) Beton Çeliği

Beton çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme diyagramı Şekil 2.5'te görülmektedir.

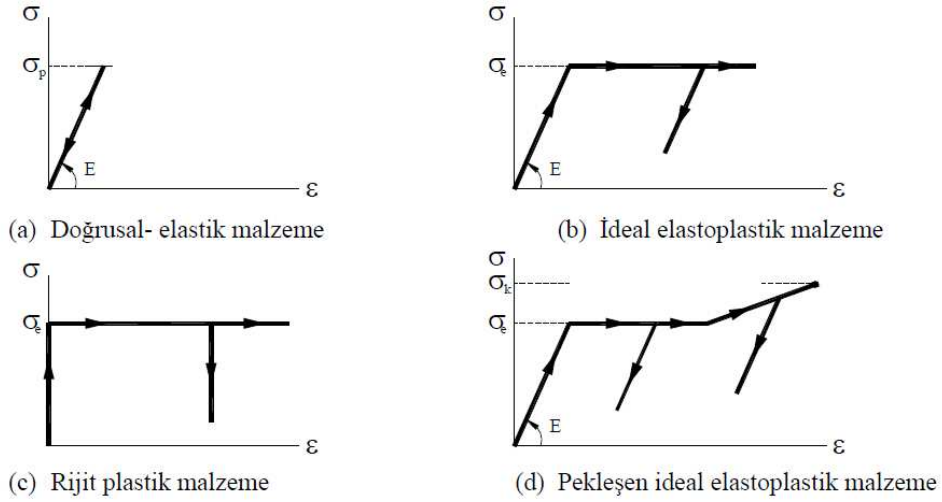


Şekil 2.5 : Beton çeliğinde σ - ε diyagramı

Bu diyagramı tanımlayan σ_k kopma gerilmesi, σ_e akma gerilmesi ve ε_e akma şekildeğiştirmesinin S420 beton çeliği için aldığı değerler aşağıda verilmiştir:

S420 beton çeliği : $\sigma_k = 550 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_e = 420 \text{ N/mm}^2$ ($\varepsilon_e \cong 0.002$)

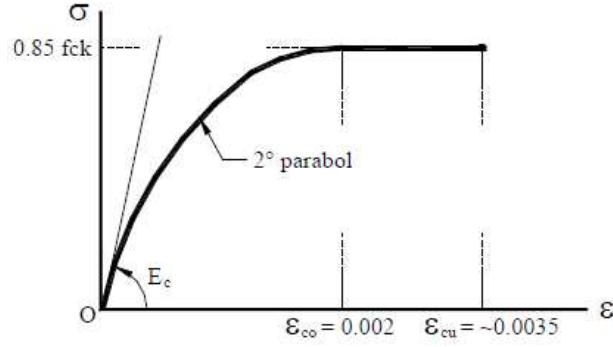
Beton çeliğinin σ - ε diyagramının bir bölümü veya tümü Şekil 2.6'daki modellerden birine uygun olarak idealleştirilebilir.



Şekil 2.6 : Beton çeliğinin σ - ε diyagramının idealleştirilmesi

b) Beton

Betonarme bir çubuk elemanın eğilmesinde, dış basınç lifindeki betonun σ - ε bağıntısı 2.7'de görülmektedir.



Şekil 2.7 : Betonarme çubuğun eğilmesinde dış basınç lifindeki σ - ϵ diyagramı

Bu diyagramda f_{ck} betonun karakteristik basınç dayanımını, E_c ise, (2.1) formülü ile hesaplanabilen beton elastisite modülünü göstermektedir.

$$E_c = 14000 + 3250\sqrt{f_{ck}} \quad (N / mm^2) \quad (2.1)$$

Kısa süreli yükler altında betonun ezilerek kırılmasına neden olan ϵ_{cu} birim kısalması sargısız betonda yaklaşık olarak 0.003-0.0035 iken, sargılı betonda sargı donatısı (etriye) miktarına bağlı olarak önemli oranda artabilmektedir.

2007 Türk Deprem Yönetmeliği, başkaca bir seçim yapılmadığı durumlarda, sargılı veya sargısız beton modelleri için Mander beton modelinin kullanılmasını önermektedir, [21]. Mander sargılı beton modelinde, sargı etkisiyle artan beton basınç dayanımı ve ϵ_{cu} birim kısalması, malzeme dayanımlarının yanında elemanda enine ve boyuna donatı yerleşimi gözönüne alınarak hesaplanır. Mander sargısız beton modelinde ise ϵ_{cu} birim kısalmasının değeri 0.004 olarak alınmaktadır. Mander modeli ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 2.4.4 de verilmiştir.

2.2.2 Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları ve akma (kırılma) koşulları

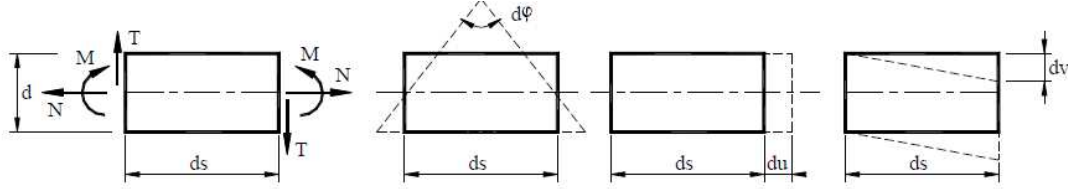
Düzlemi içindeki kuvvetlerin etkisi altında bulunan düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler (kesit zorları), M eğilme momenti, N normal kuvveti ve T kesme kuvvetidir. Birim boydaki bir çubuk elemanın bir yüzünün diğer yüzüne göre göreceli (rölatif) yerdeğiştirmelerinin kesit zorları doğrultularındaki bileşenleri, elemanın birim şekildeğiştirmeleri olarak tanımlanır. Bunlar ϕ kesitin dönmesini, u ve v kesitin çubuk eksenine ve ona dik doğrultudaki yerdeğiştirmelerini göstermek üzere

$\chi = d\varphi / ds$: birim dönme (eğrilik)

$\varepsilon = du / ds$: birim boy değişmesi

$\gamma = dv / ds$: birim kayma

adını alırlar, Şekil 2.8.



Şekil 2.8 : Düzlem çubuk elemanlarda iç kuvvetler ve şekildeğişiklikler

Düzlem çubuk sistemlerde iç kuvvetler ile birim şekildeğişiklikler arasındaki bağıntılar (bünye denklemleri), genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilirler.

$$\chi = d\varphi / ds = F_1(M, N, T) \quad (2.2)$$

$$\varepsilon = du / ds = F_2(M, N, T) + \alpha_t t \quad (2.3)$$

$$\gamma = dv / ds = F_3(M, N, T) \quad (2.4)$$

Burada F_1 , F_2 , F_3 malzeme karakteristiklerine ve enkesit özelliklerine bağlı olarak belirlenen doğrusal olmayan fonksiyonları, t ve Δt kesite etkiyen düzgün ve farklı sıcaklık değişmelerini, α_t sıcaklık genleşme katsayısını göstermektedir.

İç kuvvetlerin artarak belirli bir sınır duruma erişmesi halinde, kırılma veya akma nedeniyle kesitin taşıma gücü sona erer. Kesitin daha büyük kesit zorlarını taşıyamayacağını ifade eden bu sınır durum kısaca *akma* veya *kırılma* olarak tanımlanır. Bu duruma karşı gelen iç kuvvetlere de kesitin taşıma gücü adı verilir.

Akma (kırılma) durumunu kesit zorlarına veya şekildeğişikliklere bağlı olarak ifade eden

$$K_1 = (M, N, T) = 0 \quad (2.5)$$

veya

$$K_2 = (\chi, \varepsilon, \gamma) = 0 \quad (2.6)$$

bağıntılarına *akma (kırılma) koşulları* denilmektedir.

Uygulamada genellikle olduğu gibi, kayma şekildeğiştirmeleri eğilme ve uzama şekildeğiştirmelerinin yanında terkedilir ve kesme kuvvetinin birim dönme ve birim boy değişmesine etkileri ihmal edilirse, iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları (bünye denklemleri)

$$\chi = d\varphi/ds = F_1(M, N) \quad (2.7)$$

$$\varepsilon = du/ds = F_2(M, N) \quad (2.8)$$

ve akma kırılma koşulu da

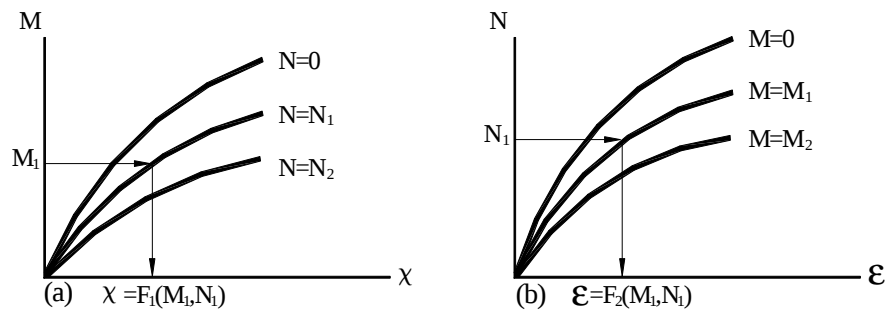
$$K_1 = (M, N) = 0 \quad (2.9)$$

veya

$$K_2 = (\chi, \varepsilon) = 0 \quad (2.10)$$

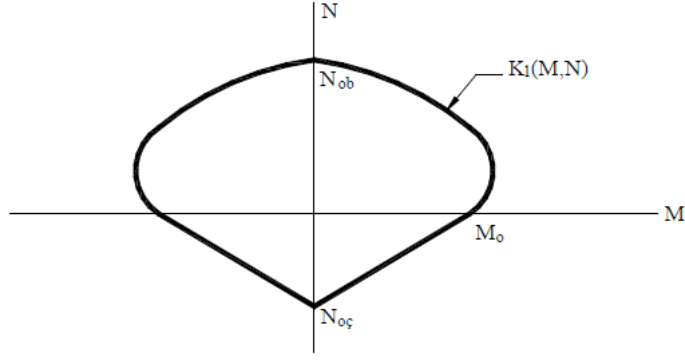
şeklini alır.

Bünye bağıntılarının belirlediği yüzeyler, pratikte genellikle eğri grupları halinde gösterilebilirler, Şekil 2.9.



Şekil 2.9 : Bünye denklemlerinin eğri grupları halinde gösterilimi

Akma koşulunu kesit zorları cinsinden ifade eden $K_1 = (M, N)$ denkleminin belirlediği kapalı eğri, akma (kırılma) eğrisi veya karşılıklı etki diyagramı adını almaktadır, Şekil 2.10.



Şekil 2.10 : Akma eğrisi (Karşılıklı etki diyagramı)

Özel Hal: $N=0$ hali

Normal kuvvetin sıfır veya terkedilebilecek kadar küçük olması ve kesite sıcaklık değişmesi etkimemesi halinde, iç kuvvet – şekildeğiştirme (eğilme momenti - eğrilik) bağıntısı

$$\chi = \frac{d\phi}{ds} = F_1(M) \quad (2.11)$$

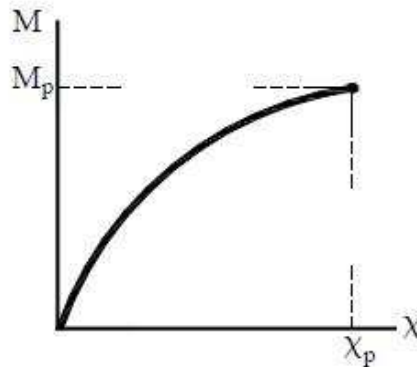
şeklinde yazılabilir. Akma koşulu ise

$$M - M_p = 0 \quad (2.12)$$

veya

$$\chi - \chi_p = 0 \quad (2.13)$$

bağıntıları ile ifade edilir. Burada M_p kesitin eğilme momenti taşıma gücünü, χ_p ise bu eğilme momentine karşı gelen birim dönmeyi göstermektedir, Şekil 2.11.



Şekil 2.11 : Basit eğilme halinde eğilme momenti – eğrilik diyagramı

2.2.2.1 Betonarme kiriş/kolonlar

a) Varsayımlar ve Esaslar

Betonarme çubuk elemanların iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntılarının elde edilmesinde şu temel varsayımlar ve esaslar gözönünde tutulmaktadır.

- 1- Dik kesit şekildeğiştirdikten sonra da düzlem kalmaktadır.
- 2- Beton ve donatı arasında tam aderans bulunmaktadır.
- 3- Çatlamış betonun çekme dayanımı terk edilmektedir.
- 4- Betonun σ - ε diyagramı için Şekil 2.7’de verilen parabol + dikdörtgen veya benzeri bir beton modeli, örneğin Mander modeli esas alınmaktadır.
- 5- Beton çeliğinin σ - ε diyagramı için ideal elastoplastik malzeme varsayımı yapılmaktadır, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 (b).

b) Eğilme Momenti ve Normal Kuvvet Etkisindeki Çubuklar

b1) Eğilme Momenti– Birim Dönme ($M - \chi$) Bağıntısı

Sabit normal kuvvet ($N=N_0$) altında, artan eğilme momenti ile zorlanan betonarme bir kesitte M eğilme momenti ile χ birim dönmesi (eğriliği) arasındaki bağıntı üç bölgeden oluşmaktadır, Şekil 2.12. Bu bölgeleri sınırlayan L_0 , L_1 ve L_2 noktalarına karşı gelen durumlar aşağıda açıklanmıştır, [22].

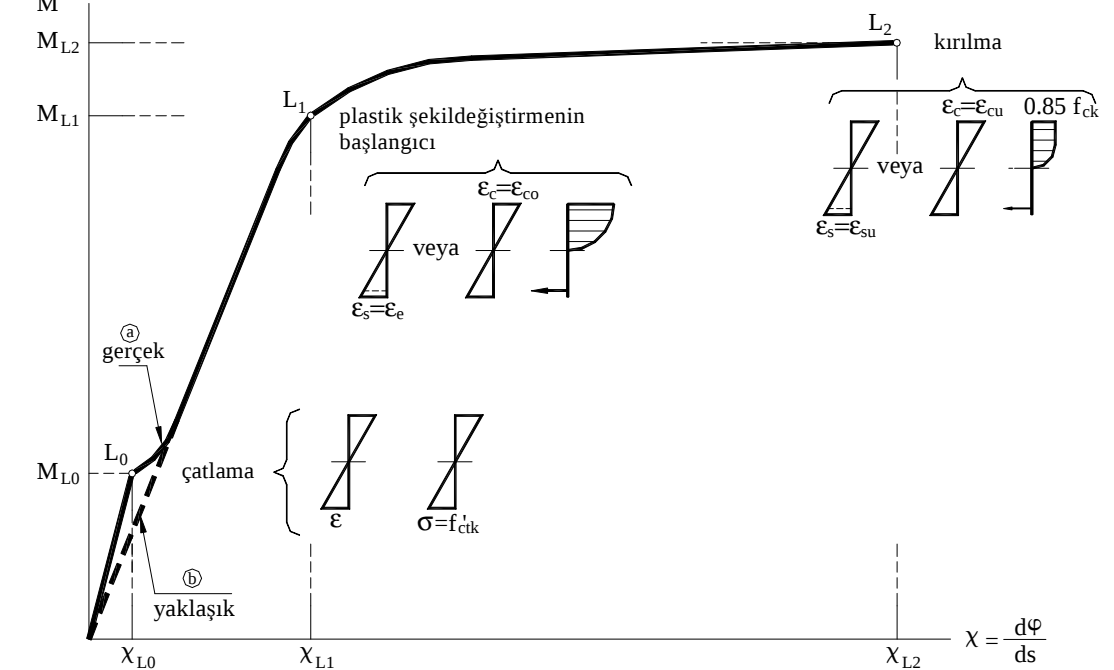
L_0 : Beton kesitin dış çekme lifinde çatlakların başladığı durumdur. Dış çekme lifindeki normal gerilme, eğilmedeki betonun çekme dayanımına eşit olunca betonda çatlakların meydana geldiği varsayılmaktadır. Eğilmede betonun çekme dayanımı ise

$$f'_{ctk} = 0.70\sqrt{f_{ck}} \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad (2.14)$$

değerini almaktadır.

L_0 çatlama noktasına karşı gelen M_{L0} momentinin hesabında, beton kesitin homojen olduğu varsayılmakta ve betonun σ - ε bağıntısı doğrusal-elastik olarak alınmaktadır.

L_1 : Betonun dış basınç lifinde veya çekme donatısında plastik şekildeğiştirmelerin başlamasına karşı gelen durumdur. Plastik şekildeğiştirmelerin betonda $\varepsilon_{co} = 0.002$ birim kısalmasında, çelikte ise ε_e akma sınırında başladığı gözönünde tutulmaktadır. M_{L1} eğilme momentinin hesabında betonun çekme dayanımı gözönüne alınmaz.



Şekil 2.12 : Betonarme kesitlerde $(M - \chi)$ diyagramı

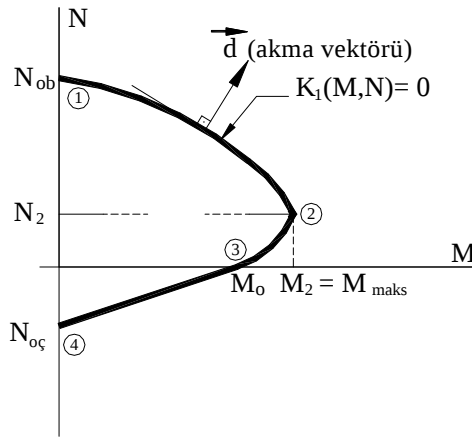
Betonunun çekme dayanımının terk edildiği durumlarda, $M - \chi$ bağıntısının çatlamadan önceki bölümü yaklaşık olarak (b) eğrisi ile temsil edilmektedir.

Betonarme kesitlerin taşıma gücü esasına göre boyutlandırılmasında, betonarme betonu ve beton çeliğinin karakteristik dayanımları malzeme güvenlik katsayılarına bölünerek küçültülür. Buna karşılık, betonarme sistemlerin dış yükler altındaki davranışlarının incelenmesinde, örneğin kapasite diyagramlarının elde edilmesinde, malzeme güvenlik katsayılarının kullanılmasına ve çelikteki birim uzamanın $\varepsilon_{su} = 0.010$ değeri ile sınırlandırılmasına gerek olmamaktadır.

b2) Akma Koşulu (Karşılıklı Etki Diyagramı)

Eğilme Momenti ve normal kuvvet etkisindeki betonarme bir kesitte taşıma gücünü ifade eden karşılıklı etki diyagramı 2.13' te şematik olarak gösterilmiştir.

Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli kesitlerde toplandığı varsayılan betonarme sistemlerde, iç kuvvet durumunun bu eğri üzerinde bulunması bir plastik kesitin oluştuğunu ve bu kesitte sonlu plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiğini (yani kesitin aktığı) ifade etmektedir. Bu nedenle, karşılıklı etki diyagramına akma eğrisi de denilmektedir. Denklem (2.9) daki bağıntı ile tanımlanan akma eğrisi N normal kuvvetinin çeşitli değerleri için hesaplanan $M_{L2}=M_P$ eğilme momentleri yardımı ile elde edilebilir.



Şekil 2.13 : Betonarme kesitlerde karşılıklı etki diyagramı (Akma Eğrisi)

Akma eğrisi dört karakteristik noktası ile tanımlanmaktadır. Akma eğrisinin idealleştirilmesinde de yararlanılabilecek olan bu noktalar eksenel basınç, basit eğilme ve eksenel çekme hallerine karşı gelen (1), (3) ve (4) noktaları ile kesitin en büyük eğilme momenti taşıma gücüne sahip olduğu dengeli duruma karşı gelen (2) noktasıdır.

Bileşik eğilme etkisindeki betonarme kesitlerde, plastik şekildeğiştirme bileşenlerini içeren akma vektörünün bazı koşullar altında ve yaklaşık olarak akma eğrisine dik olduğu bilinmektedir.

2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Betonarme Sistemlerin Hesabı

Malzeme bakımından doğrusal olmayan betonarme sistemlerin hesabı, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde yayılı olması ve plastik kesit adı

verilen belirli kesitlerde toplandığının varsayılması halleri için ayrı ayrı incelenecektir. Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde yayılı olması hali hakkında kısa ön bilgi verildikten sonra, bu çalışmanın kapsamı içinde olan plastik mafsallık hipotezi ve bu hipoteze dayanan hesap yöntemi ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.3.1 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde yayılı olması hali

Malzeme bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin sistem üzerinde sürekli olarak yayıldığı gözönüne alınması halinde, yük parametresi-yerdeğiştirme bağıntılarının (kapasite eğrilerinin) belirlenmesi ve göçme yüklerinin hesabı için, ardışık yaklaşım yöntemlerinden veya yük artımı yöntemlerinden yararlanılabilir, [9,].

2.3.2 Doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin belirli kesitlerde toplandığının varsayılması hali

Malzeme bakımından doğrusal olmayan ve yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsallık (veya genel anlamda plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, sistemin diğer bölümlerinin ise doğrusal-elastik davrandığı varsayımı yapılabilir, [9].

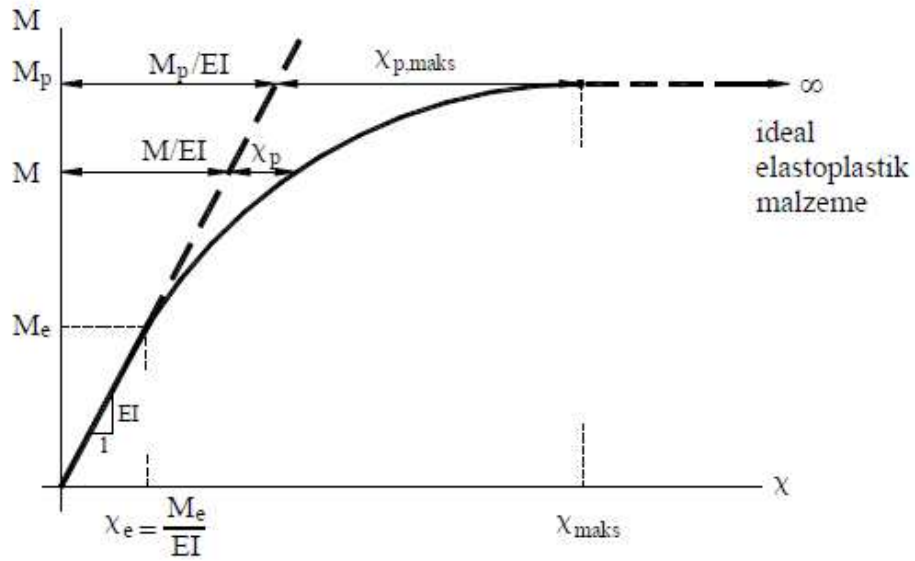
2.3.2.1 Plastik mafsallık hipotezi

Toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğu ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin plastik mafsallık adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde ise sistemin doğrusal-elastik davrandığı kabul edilebilir. Bu hipoteze, plastik mafsallık (plastik kesit) hipotezi adı verilir.

Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren sistemlerde (çelik yapılar ve bazı koşullar altında betonarme yapılar), plastik mafsallık hipotezi uygulanarak sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir.

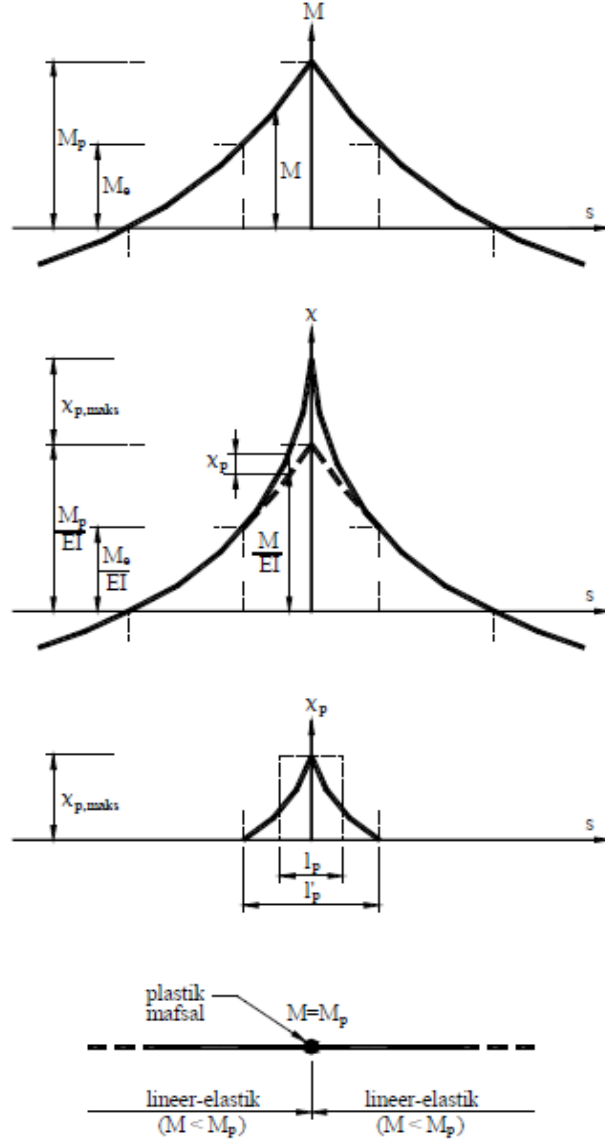
Doğrusal olmayan malzemeden yapılan ve bir kesitindeki gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısı 2.14'te verilen bir düzlem çubuk elemanın bir bölgesine ait eğilme

momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler Şekil 2.15'te gösterilmişlerdir.



Şekil 2.14 : Eğilme-moment eğrilik diyagramı

Yeterli düzeyde sünekliliğe sahip olan betonarme kesitlerin eğilme momenti-eğrilik bağıntılarını incelendiğinde, bu bağıntılarının esas olarak iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenir. Birinci bölgede, eğilme momentinin küçük değerleri için eğilme momenti-eğrilik ilişkisi yaklaşık olarak doğrusal-elastik varsayılabilir. Betonarme kesitlerde, bu bölgede beton ve beton çeliği doğrusal davranış bölgesinde kaldığı için, eğilme momenti-eğrilik bağıntısında da benzer özellik ortaya çıkar. Ancak beton ve çelik gerilmelerinin artmasına paralel olarak, doğrusal olmayan gerilme-şekildeğiştirme ilişkisinin kesitin davranışında etkili olmaya başlaması, eğilme momenti-eğrilik bağıntısının da doğrusal davranıştan ayrılmasına neden olur. Eğilme momenti-eğrilik bağıntısının ikinci bölgesinde eğrinin eğimi giderek azalır. Bu bölgede elastik ötesi, elastoplastik davranış etkilidir. Kesite etkiyen eğilme momentinde çok küçük artım meydana gelirken, eğrilik belirgin bir şekilde artar ve eğrililiğin sınır değerine erişmesi ile kesitte güç tükenmesi meydana gelir.



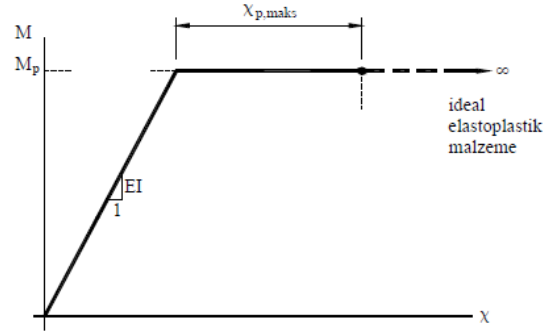
Şekil 2.15 : Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler

Plastik mafsal hipotezinin uygulaması, gerçek eğilme momenti-eğrilik bağıntısının

$$M \leq M_p \quad \text{için} \quad \chi = \frac{M}{EI} \quad (2.15)$$

$$M = M_p \quad \text{için} \quad \chi \rightarrow \chi_{p,maks} \quad (2.16)$$

şeklinde iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir, Şekil 2.16.



Şekil 2.16 : İdealleştirilmiş eğilme momenti-eğrilik bağıntısı

Artan dış yükler altında, plastik mafsalsalın dönmesi artarak *dönme kapasitesi* adı verilen bir sınır değere ulaşınca, meydana gelen büyük plastik şekildeğiştirmeler nedeniyle kesit kullanılamaz hale gelebilir. Yapı sisteminin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsalsal dönmelerinin dönme kapasitelerine ulaşması halinde ise, yapının tümünün kullanılmaz hale gelmesine (işletme dışı olmasına) diyer bir deyişle göçmesine neden olmaktadır.

Şekil 2.16'da görüldüğü gibi, doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler çubuk üzerindeki l_p uzunluğundaki bir bölgede yoğunlaşmakta ve en büyük plastik eğrilik $\chi_{p,maks}$ değerine eşit olmaktadır. Bu hipotezde doğrusal olmayan (plastik) şekildeğiştirmelerin çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğunda bir bölgede sürekli olarak düzgün yayıldığı varsayılmaktadır. Buna göre plastikleşen bölgedeki toplam plastik dönme

$$\varphi_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (2.17)$$

şeklinde, eğilme momenti diyagramının şekline ve (M- χ) bağıntısına bağlı olarak belirlenir.

Plastik mafsalsalın dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı ise

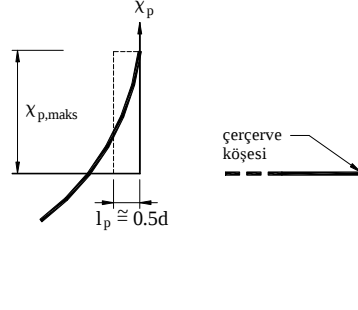
$$maks\varphi_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (2.18)$$

$$maks\varphi_p = l_p \chi_{p,maks} \quad (2.19)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada l_p eşdeğer plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsalsal boyu) göstermektedir ve yaklaşık olarak

$$l_p \cong 0.5d \quad (d: \text{enkesit yüksekliği}) \quad (2.20)$$

formülü ile ifade edilir, Şekil 2.17.



Şekil 2.17 : Plastik mafsall boyu

Betonarme yapı sistemlerinde dönme kapasitesi çeşitli etkenlere bağıdır. Bunların başlıcaları

- betonarme betonu ve beton çeliğinin σ - ϵ diyagramlarını belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değışmeleri,
- betonarme betonunun ϵ_{cu} birim boy değışmesini etkileyen sargı donatısının miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,
- plastik bölge uzunluğunu etkileyen enkesit boyutları,
- eğilme momenti diyagramının şekli,
- kesitteki normal kuvvettir.

Diğer taraftan, performansa dayanan tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, yukarıdaki bu faktörlerin yanında, yapıdan beklenen performans düzeyi de dönme kapasitesinin belirlenmesinde etken olmaktadır.

Yukarıda ayrıntılı olarak açıklanan plastik mafsall hipotezinin esasları aşağıda özetlenmiştir.

- Bir kesitteki eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsall oluşur. Daha sonra, kesitteki eğilme momenti ($M=M_p$) sabit olarak kalır ve kesit serbestçe döner. Böylece kesitteki eğilme momentinin $M=M_p$ değerinde sabit kalması sağlanır. Plastik mafsaldaki ϕ_p plastik dönmesi artarak dönme kapasitesine ($\text{maks}\phi_p$) erişince kesitte güç tükenmesi meydana gelir.

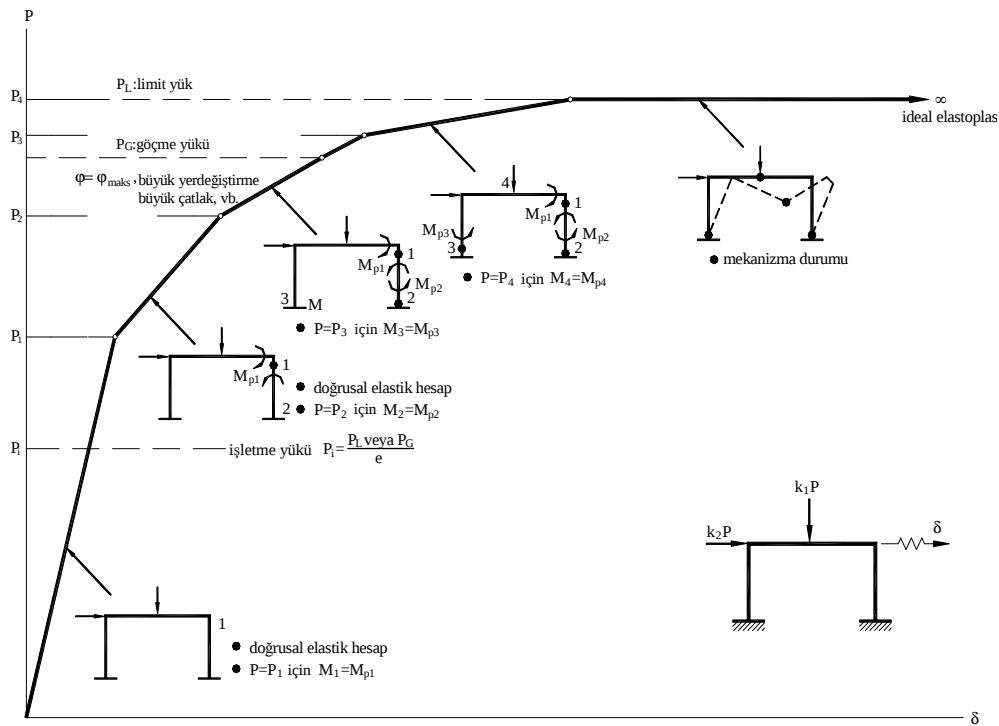
2. Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal-elastik olarak davranır.
3. Düzlem sistemlerde, kesite eğilme momenti ile birlikte normal kuvvetin de etkimesi halinde, M_p plastik momentini yerine, kesitteki N normal kuvvetine bağlı olarak akma koşulundan bulunan indirgenmiş plastik moment (M_p') değeri kullanılır.

2.3.2.2 Yük artımı yöntemi

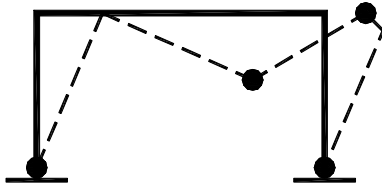
Plastik mafsallı hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan dış yükler altındaki davranışı Şekil 2.18'de şematik olarak gösterilmiştir.

Artan dış yükler altında, her plastik mafsallın oluşumundan sonra, o noktaya bir adi mafsal koymak ve M_p plastik momentini dış yük olarak etkitmek suretiyle elde edilen sistem doğrusal-elastik teoriye göre hesaplanır.

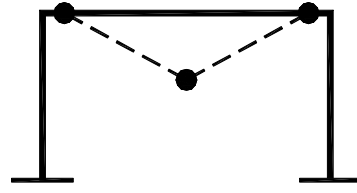
Sistem belirli sayıda plastik mafsallın oluşumundan sonra, kısmen veya tamamen mekanizma durumuna ulaşır, diğer bir deyişle, stabilitesini yitirerek yük taşıyamaz hale gelir, Şekil 2.19. Bu duruma karşı gelen P_L yük parametresi *limit yük (birinci mertebe limit yük)* olarak tanımlanır. Bu tanıma göre, birinci mertebe limit yük sistemin tümünü veya bir bölümünü mekanizma durumuna getiren yüküdür.



Şekil 2.18 : Plastik mafsallı hipotezinin geçerli olduğu bir yapı sisteminin artan yükler altındaki davranışı



tümşel mekanizma



bölgesel mekanizma

Şekil 2.19 : Tümşel ve bölgesel mekanizma durumları

Limit yük (veya göçme yükü) bulunduktan sonra, yapının yeter güvenlikle taşıyabileceği yük, yani işletme yükü

$$P_i = \frac{P_G \text{ veya } P_L}{e} \quad (e: \text{güvenlik katsayısı}) \quad (2.21)$$

şeklinde hesaplanır. Ayrıca işletme yükleri altında doğrusal-elastik sınırın pek aşılmaması, zararlı yerdeğiştirme ve çatlakların oluşmaması istenir.

Bir yapı sisteminin artan yükler altındaki hesabı iki şekilde yapılabilir.

- i. Sistem, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde artan düşey ve yatay yükler altında hesaplanarak bu yükler için ortak bir göçme güvenliği belirlenir.
- ii. Düşey yükler, bu yükler için öngörülen bir güvenlik katsayısı ile çarpılarak sisteme etkitildikten sonra, artan yatay yükler için hesap yapılır ve yatay yüklere ait limit yük (veya göçme yükü) parametresi bulunur. Böylece, düşey yükler için öngörülen belirli bir güvenlik altında, sistemin yatay yükler altındaki davranışı izlenir ve yatay yük taşıma kapasitesi belirlenir.

Büyük oranda yapı ağırlığından oluşan düşey yüklerin daha belirgin olduğu, buna karşılık rüzgar ve deprem etkilerini temsil eden yatay yüklerin değişme olasılığının daha fazla olduğu gözönünde tutulduğunda, yapı sisteminin gerçek göçme güvenliğinin belirlenmesi açısından, ikinci yolun daha gerçekçi sonuç vereceği görülmektedir. Diğer taraftan, doğrusal olmayan yöntemlerle deprem performansının belirlenmesinde esas alınan statik itme analizi, artan yatay yükler altında gerçekleştirilmektedir.

Plastik mafsallarda eğilme momentinin yanında normal kuvvetin de bulunması halinde, akma koşulunu sağlayacak şekilde belirlenen indirgenmiş eğilme momenti (M_p') esas alınarak hesap yapılması gerekmektedir. Plastik mafsallardaki normal kuvvetler başlangıçta bilinmediğinden, bir ardışık yaklaşım yolu uygulanması

gerekebilir. Bileşik iç kuvvetler etkisindeki sistemlerin, ardışık yaklaşıma gerek kalmaksızın, yük artımı yöntemi ile doğrudan doğruya hesabı için geliştirilen bir yöntem kaynak [7] de verilmiştir.

2.4 Binaların Deprem Davranışı

Yapı sistemini zorlayıcı etkilerden biri olan deprem, yapı kütlesi ile orantılı eylemsizlik kuvvetlerinin oluşmasına ve dolayısı ile yapı içinde zorlanmalara yol açar. Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkesi, yapının sık meydana gelen küçük şiddetteki depremleri elastik sınırlar içinde kalarak; orta şiddetteki depremleri elastik sınırların ötesinde fakat taşıyıcı sistemde onarılabilecek hasarlarla; çok seyrek ve şiddetli depremleri ise, büyük hasarla fakat taşıyıcı sistem tamamen göçmeden ve can kaybı olmaksızın karşılayabilmesidir. Bu anlayışla boyutlandırılan yapılarda, şiddetli bir depremde yapıya etki edebilecek deprem kuvvetleri azaltılarak uygulanır. Yapılan azaltma büyük ölçüde olarak yapının sünekliğine ve elemanların birbiri ile yardımlaşma özelliğine bağlıdır. Bu nedenle, yapıların elastik ötesi davranışları önem kazanmaktadır.

2.4.1 Yapı sistemlerinde sönüm

Sönümün en önemli etkisi, deprem ve benzeri nedenlerle sisteme yüklenen enerjiinin sistemden alınarak, uzaklaştırılmasıdır. Titreşim hareketi yapan sistemlerde enerji sönümü birçok mekanizma ile gerçekleşebilir. Yapı elemanlarındaki içsel sürtünme, yapı elemanları ve yapısal olmayan elemanlar arasındaki sürtünme, bu mekanizmalara örnek olarak verilebilir. Yapı için bu sönüm mekanizmalarının hepsinin gözönüne alınması mümkün olmadığından bütün mekanizmalar sebebiyle yapıda oluşacak sönüm için idealleştirme yapılarak tek bir sönüm katsayısı (c) kullanılır. Ancak, yapı elemanlarının her biri için sönüm katsayısı hesaplayarak yapı için sönüm matrisinin oluşturulması da pratik olmadığından, genellikle sönüm modal sönüm oranlarına bağlı olarak sayısal şekilde hesaplanır. Genelde yapılarda sönümün, her bir doğal titreşim periyodu için kritik viskoz sönümün %5' i dolayında olduğu varsayılır.

Eğer yapı genelinde benzer sönüm mekanizmaları oluşuyor ise klasik sönüm, sönüm mekanizmaları benzer değilse ise klasik olmayan sönüm söz konusudur. Klasik

sönümde sönüm matrisi diagonal iken, klasik olmayan sönümde bu matris diagonal değildir. Farklı modal sönüm oranlarına sahip olan yapı ve zemin analiz sisteminin etkileşimli incelenmesi klasik olmayan sönüme örnek olarak verilebilir, [17].

2.4.2 Yapı sistemlerinde süneklik

Süneklik, bir yapının, bir elemanın veya bir kesitin, taşıma kapasitesinde önemli bir azalma olmadan, büyük şekildeğiştirme yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu tanım büyük şekildeğiştirme yeteneği ile birlikte histerik çevrimlerle enerji tüketebilme kapasitesine sahip olmayı da kapsamaktadır. Bir yapının deprem etkilerine karşı dayanımında, plastik mafsallardan oluşan kesitlerde tüketilen enerji çok önemli bir rol oynar. Yeterli enerjinin tüketilmesi, büyük ölçüde plastik mafsalların oluştuğu kesitlerin sünekliğine bağlıdır.

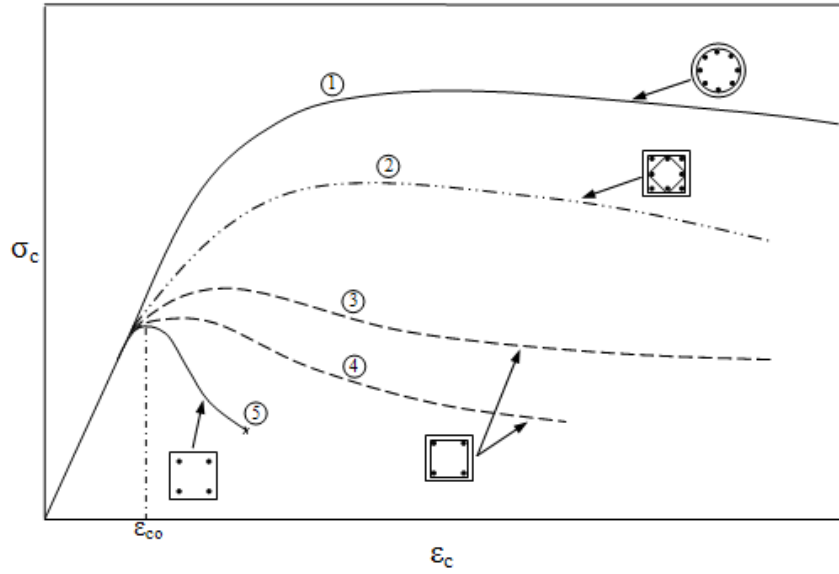
Sünekliğin önemi;

- Deprem dinamik etkisinin, elastik ve geri dönüşümlü olmayan enerji türüne dönüştürülerek yutulması ve sönümlenmesi,
- Yapıda büyük hasarların ve toptan göçmenin önlenmesi,
- R_a deprem yükü azaltma katsayısı ile, taşıyıcı sistemde elastik ötesi davranışı gözönüne alınması olarak sıralanabilir.

2.4.3 Sargı etkisi ve önemi

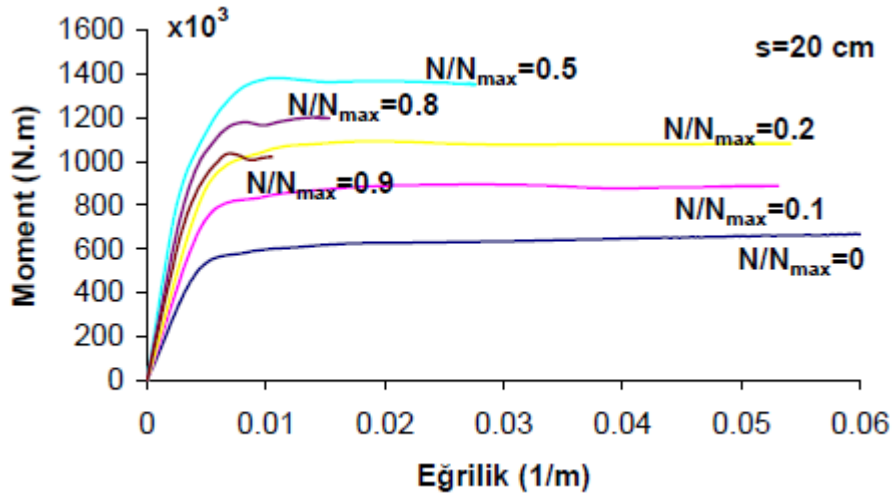
Betonarme bir kesitin, sargı donatısı ile sarılması, çekirdekteki betonun dayanımını yükseltmekte ve sünekliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Oluşma olasılığı düşük, büyük depremler altında, genelde betonarme binalardaki eleman kesitlerinin elastik sınırlar içinde kalması beklenmektedir. Kiriş ve kolonların uçlarındaki donatının akması, dolayısıyla bu bölgelerde plastik mafsalların oluşması olasıdır. Elastik sınırlar içinde kalan deformasyonla enerjinin tüketimi çok düşük düzeyde kaldığından, enerjinin büyük ölçüde oluşan plastik mafsallarda tüketilmesi gerekmektedir. Bir plastik mafsaldaki enerji tüketimi, mafsallın dönme kapasitesine, başka bir deyişle, kesitin sünekliğine bağlıdır. Kesitin sünekliğini önemli ölçüde arttıran sargı donatısı bu nedenle gereklidir, [7,9].

Şekil 2.20’de sargılı ve sargısız betonların σ - ϵ ilişkileri gösterilmiştir. 5 numaralı eğri sargısız, diğerleri sargılı beton için geçerlidir. 3 ve 4 numaralı eğriler, kesitinde tek bir dikdörtgen etriye olan elemanlar içindir. Bu eğriler arasındaki tek fark, 3 numaralı elemandaki etriye aralığının daha az olmasıdır. Görüleceği gibi dikdörtgen etriye, etriyesiz duruma kıyasla sünekliği önemli ölçüde artırmakta, ancak dayanım artışı az olmaktadır. Şekilde 2 ile gösterilen elemanda ise, çift etriye konularak, etriye açıklığı 3 ve 4’e kıyasla yarı yarıya indirilmiştir. Görüldüğü gibi etriye serbest açıklığının azaltılması çok etkili olmuş, sünekliğin artmasının yanı sıra dayanımda da önemli ölçüde artmıştır. 1 numaralı eğriden de görüleceği gibi, en etkili sargı türü şekildegıştirmelerin aksel rijitliğe bağlı olduğu dairesel frettir, [33].

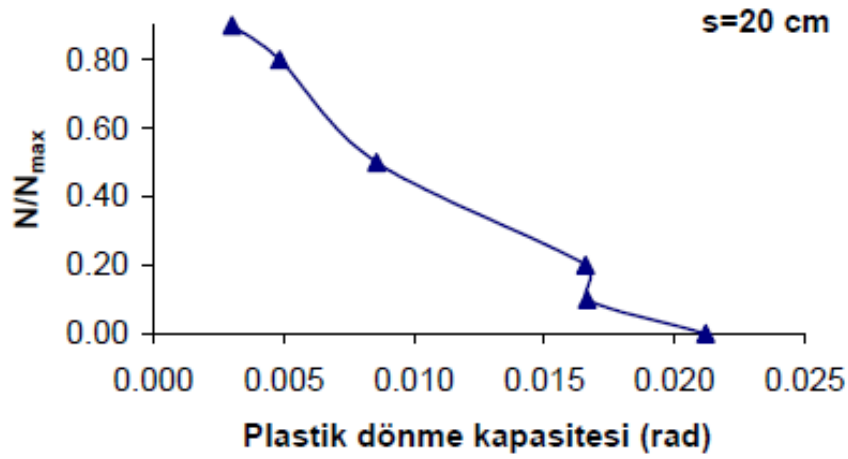


Şekil 2.20 : Sargılı ve sargısız betonların σ - ϵ ilişkileri

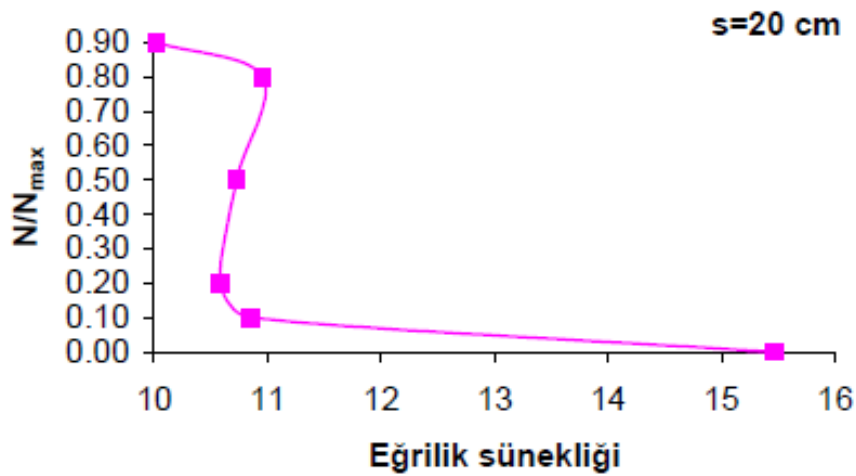
Betonarme kesit davranışında aksel kuvvet, malzeme modeli ve sargı donatısı oranının incelendiği parametrik bir çalışmada [34], N/N_{max} oranının farklı değerleri için moment-eğrilik ilişkisi Şekil 2.21’de, aksel yük artması nedeniyle kesitin eğrilik sünekliği ve dönme kapasitesinin azaldığı durumlar ise Şekil 2.22 ve Şekil 2. 23’te gösterilmiştir.



Şekil 2.21 : Moment-eğrilik diyagramı (etriye aralığı sabit, eksenel yük değişken)



Şekil 2.22 : Plastik dönme kapasitesinin eksenel yük ile değişimi ($s=20$ cm etriye aralığı için)



Şekil 2.23 : Eğrilik sünekliğinin eksenel yük ile değişimi ($s=20$ cm etriye aralığı için)

$N/N_{\max} = 0$ hali için kesite sadece eğilme momenti etkimektedir. Bu durumda kesit kiriş gibi davranmaktadır. Eksenel yükün artmasıyla süneklik azalmaktadır. Bu sınırın üzerinde kolon davranışı başlamaktadır. Bu başlangıç $N=0.1 \cdot A_c \cdot f_c$ değeri ile sınırlanmaktadır.

Kolonlar şiddetli deprem etkileri nedeniyle yüksek eksenel kuvvetlere maruz kalabilirler. Yüksek eksenel kuvvet düzeyi, önceki paragraflarda belirtildiği gibi, kesitin hem sünekliğini hem de moment taşıma kapasitesini azaltır. Sargı bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması için gereklidir. Sargı etkisi ise ancak kayma donatısının artırılması ve detaylandırma açısından uygun şekilde yerleştirilmesi ile sağlanabilir.

2.4.4 Mander modeli

Yüksek eksenel kuvvet etkisindeki kesitin tarafsız eksen derinliği büyük olduğundan, kolonların eğilme kapasiteleri betonun basınç altındaki gerilme dağılımına daha çok bağlıdır. Bu nedenle yapının performansını belirlemek için kullanılan analiz modellerinde gerçekçi eğilme momenti–eğrilik ilişkileri tanımlamak için, sargı etkisini de gözönüne alan beton modelleri kullanılmalıdır. Modelde kabuk betonu için sargısız, çekirdek betonu için sargılı model esas alınır. Mander 1988 yılında beton için sargı etkisini de gözönüne alan gerilme–şekildeğiştirme modeli önermiştir, [21].

Mander modelinde beton basınç gerilmesi

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \quad (2.37)$$

bağıntısı ile verilir. Denklemden f_{cc} sargılı beton dayanımını, x ise

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad (2.38)$$

şeklinde tanımlanan bir oranı göstermektedir. Burada ε_c beton basınç birim şekildeğiştirmesi, ε_{cc} ise, λ_c sargılı beton dayanımı ile sargısız beton dayanımı arasındaki ilişkiyi kuran bir katsayı ve $\varepsilon_{c0}=0.002$ olmak üzere

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} [1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad (2.39)$$

ile tanımlanan birim şekildeğiştirme.

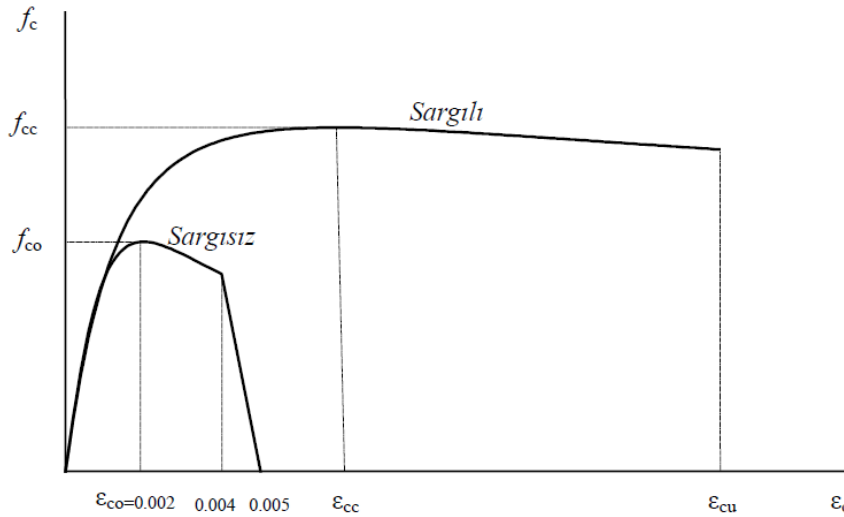
$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad (2.40)$$

ile tanımlanırken, bağıntıda

$$E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}} \quad [MPa] \quad (2.41)$$

beton elastisite modülünü, denklem (2.42) de sekant modülünü göstermektedir.

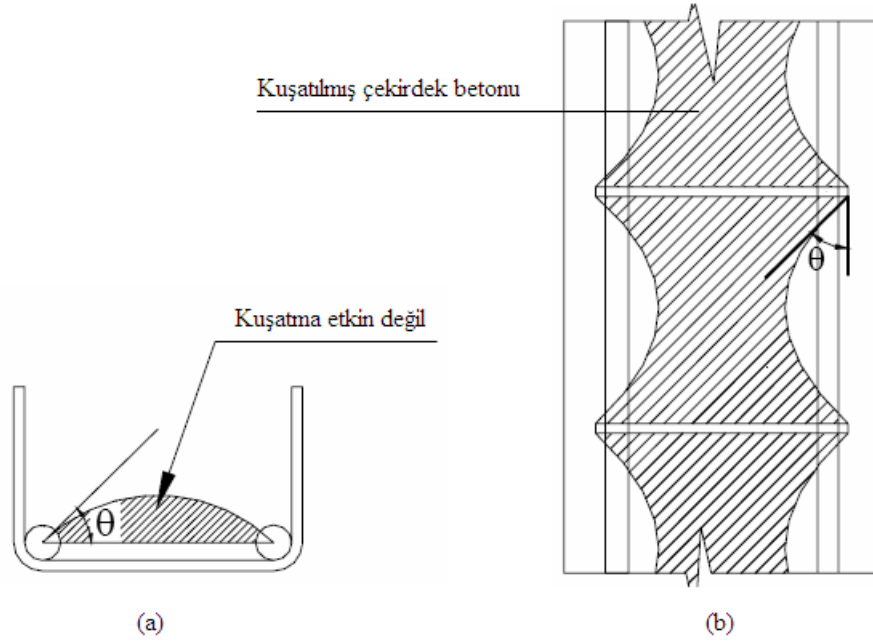
$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{sec}} \quad (2.42)$$



Şekil 2.24 : Mander beton modeli

Sargısız kabuk betonu için $\varepsilon_c > 2\varepsilon_{co}$ olan bölgede gerilme – birim şekildeğiştirme bağıntısının doğrusal olarak azaldığı varsayılarak betonun dökülmesine karşı gelen birim şekildeğiştirme değerinde gerilme sıfır değerini alır.

Mander, betonarme kesitte sargı basıncının etkili olduğu bölgeleri belirlemek için Sheikh ve Üzümeri'nin yaklaşımını kullanmış, düşeyde etriyeler arasındaki ve yatayda mesnetlenmiş boyuna donatı çubukları arasındaki bölgede, kesitteki sargı gerilmelerinin ikinci derece parabolü şeklinde değişeceği varsayımını yapmıştır, Şekil 2.25.



Şekil 2.25 : Kesitte ve Boyuna Doğrultuda Etkin Sargı Alanının Hesaplanması

Mander ikinci derece parabollerinin başlangıç teğet eğimini $\theta = 45^\circ$ olarak, kuşatmanın etkin olmadığı parabol alanlarını hesaplayarak bu değerleri çekirdek beton alanından çıkarmış ve etkin sargılanmış beton alanını bulmuştur. Bulunan etkin sargılanmış çekirdek beton alanını, çevre etriye eksenleri arasında kalan ve boyuna donatı alanı içermeyen çekirdek betonu alanına oranlayarak k_e sargılama etkinlik katsayısını belirlemiştir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0 h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_0 h_0}\right)^{-1} \quad (2.43)$$

Bu katsayı kullanılarak, x ve y doğrultularındaki etkili sargılama basıncı

$$f_{ex} = k_e \rho_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \rho_y f_{yw} \quad (2.44)$$

ile hesaplanır.

Sargılanmış beton dayanımını veren

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad (2.45)$$

denkleminde, f_{co} sargısız betonun basınç dayanımıdır. λ_c ise denklem (2.46) ile belirlenir.

$$\lambda_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}}} - 1.254 \quad (2.46)$$

2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre f_e etkili sargılama basıncı için dikdörtgen kesitlerde Denklem (2.44) de verilen değerlerin ortalaması olarak alınabilir, [16].

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi,

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4 \rho_s f_{yw} \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \quad (2.47)$$

formülü ile hesaplanır. Formülde ρ_s enine donatının hacimsel oranını, ε_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim uzama şekildeğiştirmesini göstermektedir.

2.5 Deprem İvme Kayıtlarının Belirlenmesi ve Ölçeklenmesi

Yapısal analiz ve sistem hesabına yönelik olanaklardaki hızlı gelişmeler sonucunda, zaman tanım alanında hesap yöntemleri sismik analizde ve yapıların tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler kullanılırken ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri, yönetmelik gereksinimlerini karşılayan deprem kayıtlarının sağlanmasıdır. Deprem ivme kayıtları;

- 1) tasarım ivme spektrumu uyumlu yapay deprem kayıtları
- 2) simule edilmiş (benzeştirilmiş) kayıtlar
- 3) deprem sırasında kaydedilen ivme kayıtları

olmak üzere üç kaynaktan elde edilebilir, [26]. Mevcut olan kuvvetli yer hareketi veri bankalarının her geçen gün zenginleşmesi ve bunlara ulaşmanın ilerleyen teknoloji ile birlikte daha da kolaylaşması, gerçek depremlerden alınan kayıtların kullanılmasını ve ölçeklenmesini en güncel araştırma konularından biri haline getirmiştir.

2.5.1 Yapay olarak üretilmiş deprem kayıtları

Geniş bir periyod aralığında, tepki spektrumu, elastik tasarım spektrumuna aynen benzeyen yapay kayıtlar üretilebilir. Yapay kayıtları kullanmaktaki en büyük zorluk,

çok sayıda kaydedilmiş hareketin ortalamasını simgeleyen tasarım spektrumuna uygun tek bir kayıt elde etmeye çalışmaktır [27]. Tasarım spektrumu, genellikle, pek çok sismik kaynağın etkisini eş zamanlı olarak gözönüne alan istatistiksel bir analizin sonucu olduğundan, farklı periyotlara karşı gelen spektrum ivme değerleri de değişik kaynaklarda oluşan depremlerden elde edilmiş olabilir. Ayrıca, yapay kayıtlardaki temel problem, kuvvetli yer hareketindeki çevrim sayısının artması sonucunda, gerçeğe aykırı olacak kadar büyük miktarda enerjinin açığa çıkmasıdır.

2.5.2 Simüle edilmiş deprem kayıtları

Bu tür kayıtlar yayılım ortamını ve zemin özelliklerini dikkate alan sismolojik kaynak modellerinden elde edilir. Buradaki en büyük zorluk, uygun kaynak, yayılım ortamı ve zemin özelliklerinin tanımlanmasıdır. Kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş (simüle edilmiş) kayıtları elde etmekte kullanılan analizlerde, inceleme yapılacak alan için, senaryo depreminin büyüklük ve mesafeye bağlı olarak tanımlanmış olması gerekir. Özellikle sismik tasarım yönetmeliklerinin kullanıldığı durumlarda, bu bilgilerin çoğu genellikle mevcut değildir.

2.5.3 Gerçek depremlerden elde edilen kayıtlar

Gerçek deprem kayıtları, yer sarsıntısının doğası ve belli başlı özellikleri (genliği, süresi, faz özellikleri ve frekans içeriği) hakkında sağlıklı bilgiler verebilir. Ayrıca, kayıtları etkileyen kaynak, yayılım ortamı ve zemin gibi bütün faktörleri de yansıtır. Bu nedenle, sahanın sismolojik parametrelerini de gözönünde bulundurarak gerçek kayıtların kullanılması diğer alternatiflere göre büyük üstünlük sağlar. Ayrıca, mevcut olan kuvvetli yer hareketi veri bankalarının her geçen gün zenginleşmesi ve bunlara ulaşmanın ilerleyen teknoloji ile birlikte daha da kolaylaşması depremlerde kaydedilmiş ivme kayıtlarının kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

2.6 Deprem hareketini ölçekleme metodları

Gerçek deprem kayıtlarının tasarım ivme spektrumuna uygun olacak şekilde ölçeklenmesi için pek çok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler, zaman tanım alanındaki yöntemler ve frekans tanım alanındaki yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

2.6.1 Deprem hareketinin zaman tanım alanında ölçeklenmesi

Bu yöntemde, yer hareketi kaydı aynı miktarda yukarı veya aşağı yönde ölçeklenerek (1'den büyük veya 1'den küçük, sabit bir katsayı ile çarpılarak), istenilen periyot aralığında, hedef tasarım ivme spektrumuna en uygun eşleştirme yapılır. Bu işlem kaydın frekans içeriğini değiştirmez. Birden fazla deprem kaydı kullanılmak istendiğinde ise, her bir kayıt için ayrı ayrı ölçekleme işlemi yapılabileceği gibi hedef tasarım ivme spektrumuna en iyi uyan kayıtların ortalaması da kullanılabilir. Tek bir deprem kaydı ya da birden çok deprem kaydı kullanılarak yer hareketinin zaman tanım alanında ölçeklenmesi mümkündür.

2.6.1.1 Tek bir deprem kaydı için genel yöntem

Bu yöntem, en küçük kareler tekniğini kullanarak, ölçeklenmiş hareketin davranış spektrumu ile tasarım ivme spektrumu arasındaki farkın küçültülmesi esasına dayanır. Önerilen metodoloji “Fark” olarak isimlendirilen, ölçeklenmiş ve hedef spektrum genlikleri arasındaki farkın karesinin, aşağıda verilen integrale tanımlanmasıdır.

$$|Fark| = \int_{T_A}^{T_B} \left[\alpha S_a^{gercek}(T) - S_a^{hedef}(T) \right]^2 dT \quad (2.48)$$

Burada

S_a^{hedef} hedef ivme davranış spektrumu,

S_a^{gercek} kullanılacak gerçek deprem kaydının ivme spektrumu,

α doğrusal ölçekleme katsayısı,

T salınımın periyodu,

T_A ölçeklemenin yapılacağı periyot aralığının alt sınırı,

T_B ölçeklemenin yapılacağı periyot aralığının üst sınırıdır.

Fark miktarının küçülmesi için, “Fark” fonksiyonunun doğrusal ölçekleme katsayısına göre türevi sıfır olmalıdır.

$$\min |Fark| \Rightarrow \frac{d |Fark|}{d \alpha} = 0 \quad (2.49)$$

Denklem (2.48) deki “Fark” fonksiyonunun $d\alpha$ ’ya göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse Denklem (2.49) elde edilir. Denklem (2.48) deki integraller ayrık forma çevrilerek T_A ’dan ΔT artımlarla T_B ’ye kadar devam eden toplam haline dönüştürülür. Buradaki ΔT periyot adım miktarıdır. Böylece, Denklem (2.50) elde edilir:

$$\alpha = \frac{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{gerçek}(T) S_a^{hedef}(T))}{\sum_{T=T_A}^{T_B} (S_a^{gerçek}(T))^2} \quad (2.50)$$

2.6.1.2 Birden çok deprem kaydı için genel yöntem

Birden fazla deprem kaydı kullanarak ölçekleme yapılmak istenmesi durumunda uygulanabilecek yöntemler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Bütün kayıtlar için tek bir ölçekleme katsayısı kullanılarak (N) adet deprem kaydının ortalaması tasarım spektrumuna eşleştirilmeye çalışılır. Üretilen ortalama spektrum, tasarım spektrumu ile oldukça iyi eşleşse de, bütün kayıtlar aynı katsayı ile ölçeklenmiş olur.

Tek bir kayıt için kullanılan yöntem, (N) adet kaydın herbiri için tek tek uygulanır. Herbir hareket tek başına en iyi şekilde ölçeklenmiş olmasına rağmen sonuçta alınan ortalama tasarım spektrumu ile mükemmel şekilde eşleşmez.

(N) adet kaydın spektrumunun ortalaması tasarım spektrumuna eşleştirilmeye çalışılır. (N) defa türev alınarak “Fark” fonksiyonu minimize edilir. Elde edilen (N) adet doğrusal cebirsel denklem çözülerek (N) adet optimum ölçekleme katsayısı bulunur. Bu yöntemde kayıtlar en optimum şekilde ölçeklenmiş olmasına rağmen çıkan ölçekleme katsayıları çok küçük veya çok büyük hatta negatif değerler alabilir.

2.6.2 Yer hareketinin frekans tanım alanında ölçeklenmesi

Bu yöntemde de, deprem esnasında kaydedilmiş ivme kayıtlarından tasarım ivme spektrumuna uyan kayıtlar türetilir. Frekans tanım alanında yapılan ölçekleme sırasında deprem hareketi fiziksel özelliklerini yitirmediği için, klasik yapay deprem kaydı üretme metotları ile karşılaştırıldığında daha etkili bir yöntemdir.

2.7 Gerçek kayıtların tasarım spekturumuna uygun seçilmesi ve ölçeklenmesi

Fahjan ve Özdemir tarafından yapılan çalışma kapsamında [26], Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi [28] veri bankasında bulunan kayıtlar; 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen zemin sınıflarına göre ayrılmıştır. Elde edilen bu kayıtlara zaman tanım alanında ölçekleme yöntemi uygulanmıştır. Yönetmeliğimizde belirtilen, seçilecek kayıtların taşıması gereken özellikler gözönünde bulundurularak, her bir zemin tipi için tanımlanan tasarım ivme spektrumuna en iyi uyumu sağlayan gerçek kayıtlar seçilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Fahjan ve Özdemir [26] tarafından yapılan çalışmadan alınan deprem yer hareketi kayıtlarının verileri alınarak, aralarından üç tanesi hesaplarda kullanılmak üzere seçilmiştir.

3. PERFORMANSA DAYALI TASARIM VE DEĞERLENDİRME

Yerdeğiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı, özellikle son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde, 1989 Loma Prieta ve 1994 Northridge depremlerinin neden olduğu büyük hasar, deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yerdeğiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

Bu gereksinimi karşılamaya yönelik olarak, Applied Technology Council (ATC) tarafından Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings - ATC 40 [10] ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings – FEMA 273 [11], FEMA 356 [12] raporları yayınlanmıştır. Daha sonra, bu çalışmaların sonuçlarının irdelenerek geliştirilmesi amacıyla ATC 55 projesi yürütülmüş ve projenin bulgularını içeren FEMA 440 taslak raporu [13] hazırlanmıştır.

Ülkemizde, özellikle 1999 Adapazarı-Kocaeli ve Düzce depremlerinin ardından, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesini ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesini amaçlayan pratik uygulamalara hız verilmiştir. Ancak o tarihlerde, diğer bir çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik bir yönetmeliğin henüz mevcut olmaması nedeniyle, bu uygulamaların önemli bir bölümü yeni yapılacak yapılar için geçerli olan yönetmelik (1998 Türk Deprem Yönetmeliği) esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu durumun oluşturduğu sakıncaları ortadan kaldırmak amacıyla, 2003 yılından başlayarak, deprem yönetmeliğine

mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm eklenmesi ve buna paralel olarak yönetmeliğin diğer bölümlerinin de güncelleştirilmesi çalışmaları yürütülerek tamamlanmıştır.

Aşağıdaki bölümlerde, 2007 Deprem Yönetmeliği'nin, mevcut betonarme binaların deprem performans ve güvenliklerinin değerlendirmesine ilişkin bölümünün (Bölüm7) temel ilkelerine ve uygulanmasına yönelik bilgi verilecektir, [16].

3.1 Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere, taşıyıcı sistem geometrisine, elemanların enkesit özelliklerine, malzeme karakteristiklerine ve zemin özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden, ilgili raporlardan, binada yapılacak gözlem ve ölçümler ile binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilebilir. Yapıdaki belirsizliği temsil eden bu katsayı ile kesit kapasitelerinin azaltılması öngörülmüyor. Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre; sınırlı, orta ve kapsamlı bilgi düzeyi olmak üzere, yönetmelikte üç bilgi düzeyi tanımlanmış ve bu bilgi düzeyleri için eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir, Çizelge 3.1.

Çizelge 3.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

3.2 Yapı Elemanlarının Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Doğrusal elastik değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan ve *dayanım* (kuvvet) *esaslı* değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapı elemanlarının dayanım kapasiteleri elastik deprem yüklerinden oluşan ve doğrusal teoriye göre hesaplanan etkilerle karşılaştırılmakta ve yapı elemanının sünekliğini gözönüne alan, eleman bazındaki bir tür deprem yükü azaltma katsayıları çerçevesinde, binadan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinin esasını oluşturan, *yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme esaslı değerlendirme*nin esas alındığı ve genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından doğrusal olmayan sistem hesabına dayanan yöntemlerde ise, belirli bir deprem etkisi için binadaki yerdeğiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

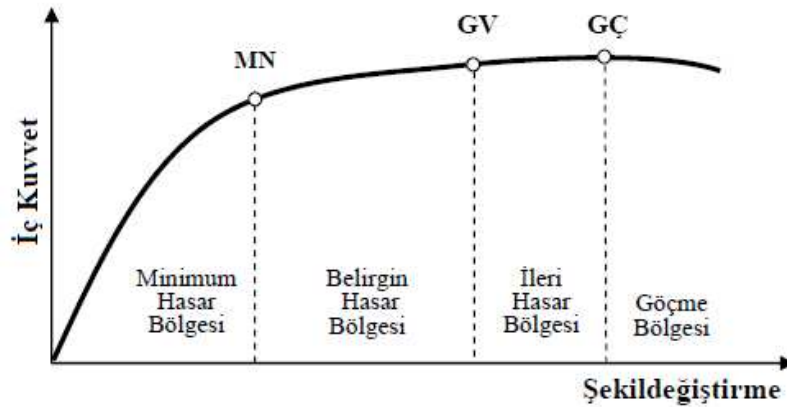
Her iki yaklaşımda da, yapı elemanları için hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Hasar sınırlarının belirlenmesinde, yapı elemanları “*sünek*” ve “*gevrek*” olarak iki sınıfa ayrılırlar. Sünek ve gevrek eleman tanımları, elemanların kapasitelerine hangi kırılma türü ile ulaşıldıkları ile ilgilidir.

Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışa izin verilmemektedir.

Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *Belirgin Hasar Bölgesi*’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*’nde kabul edilirler, Şekil 3.1.



Şekil 3.1 : Kesit hasar bölgeleri

3.3 Bina Deprem Performans Düzeyleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması beklenen hasarın durumu ile ilişkilidir. Bu hasar durumları, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturmamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir, [9].

2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile binanın deprem performans seviyesi belirlenir.

3.3.1 Hemen kullanım performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanlarda oluşan hasar minimum düzeydedir ve elemanlar rijitlik ve dayanım özelliklerini korumaktadırlar. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmamıştır. Az sayıda elemanda akma sınırı aşılmış olabilir. Yapısal olmayan elemanlarda çatlamlar görülebilir; ancak bunlar onarılabilir düzeydedir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü minimum hasar bölgesindedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, bu durumdaki binaların *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'nde olduğu kabul edilir.

3.3.2 Can güvenliği performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların bir kısmında hasar görülür; ancak bu elemanlar yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü korumaktadırlar. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınması için yeterlidir. Yapısal olmayan elemanlarda hasar bulunmakla birlikte dolgu duvarları yıkılmamıştır. Yapıda az miktarda kalıcı ötelenmeler oluşabilir; ancak gözle farkedilebilir değerlerde değildir.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak ileri hasar bölgesindeki kolonların, tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında olmalıdır. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir. Bu durumda, eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, bina *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'nde kabul edilir. Can güvenliği performans düzeyinin kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. En üst katta ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Binanın güçlendirilmesine, güvenlik sınırını aşan elemanların sayısına ve yapı içindeki dağılımına göre karar verilir.

3.3.3 Göçme öncesi performans düzeyi

Uygulanan deprem etkisi altında yapısal elemanların önemli bir kısmında hasar görülür. Bu elemanların bazıları yatay rijitliklerinin ve dayanımlarının önemli bölümünü yitirmişlerdir. Düşey elemanlar düşey yüklerin taşınmasında yeterlidir; ancak bazıları eksenel kapasitelerine ulaşmıştır. Yapısal olmayan elemanlar hasarlıdır, dolgu duvarların bir bölümü yıkılmıştır. Yapıda kalıcı ötelenmeler oluşmuştur.

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi, belirgin hasar bölgesi veya ileri hasar bölgesindedir. Bu durumda bina, eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri koşulu ile, *Göçmenin Öncesi Performans Düzeyi*'nde kabul edilir. Göçmenin önlenmesi durumunun kabul edilebilmesi için herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kat kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır ve bina güçlendirilmelidir. Ancak güçlendirmenin ekonomik verimliliği değerlendirilmelidir.

3.3.4 Göçme durumu

Yapı uygulanan deprem etkisi altında göçme durumuna ulaşır. Düşey elemanların bir bölümü göçmüştür. Göçmeyenler düşey yükleri taşıyabilmektedir; ancak rijitlikleri ve dayanımları çok azalmıştır. Yapısal olmayan elemanların büyük çoğunluğu göçmüştür. Yapıda belirgin kalıcı ötelenmeler oluşmuştur. Yapı tamamen göçmüştür veya yıkılmanın eşiğindedir ve daha sonra meydana gelebilecek hafif şiddette bir yer hareketi altında bile yıkılma olasılığı yüksektir.

Bina göçme öncesi performans düzeyini sağlamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binanın güçlendirme uygulanmadan, mevcut durumu ile kullanılması can güvenliği bakımından sakıncalıdır. Bununla beraber, güçlendirme de çok kere ekonomik olmayabilir.

3.4 Performans Belirlemede Esas Alınacak Deprem Hareketleri

Performansa dayalı değerlendirme ve tasarımda gözönüne alınmak üzere, farklı düzeyde üç deprem hareketi tanımlanmıştır. Bu deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ile ve benzer depremelerin oluşumu arasındaki zaman aralığı (dönüş periyodu) ile ifade edilirler.

1- *Servis (kullanım) depremi* : 50 yılda aşılma olasılığı % 50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin spektrum eğrisi tasarım depreminin yarısı kadardır.

2- *Tasarım depremi* : 50 yılda aşılma olasılığı % 10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem, yeni yapıların tasarımında, Türk Deprem Yönetmelikleri'nde esas alınmaktadır.

3- *En büyük deprem* : 50 yılda aşılma olasılığı % 2, dönüş periyodu yaklaşık 2475 yıl olan bir depremdir. Bu depremin spektrum eğrisi tasarım depreminin yaklaşık olarak 1.50 katıdır.

3.5 Performans Hedefi ve Çok Seviyeli Performans Hedefleri

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans düzeyi, *performans hedefi* olarak tanımlanır. Bir bina için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri öngörülebilir. Buna *çok seviyeli performans hedefi* denir.

Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb.	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

3.6 Performans Belirlenmesi ve Kullanılan Analiz Yöntemleri

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki temel parametresi istem (talep) ve kapasitedir. İstem yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.

Mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi için uygulanan yöntemler dayanım bazlı doğrusal elastik hesap yöntemleri ile şekildeğiştirme ve yerdeğiştirme bazlı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleridir.

Bu bölümde ilk olarak, 2007 Deprem Yönetmeliği’ne göre mevcut ve güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla uygulanan doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için öngörülen genel ilke ve kurallar açıklanacaktır. Daha sonra, 2007 Türk Deprem Yönetmeliğinin 7. bölümünde verilen doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile deprem performansının belirlenmesi hakkında detaylı bilgi verilecek ve hesap adımları incelenecektir.

3.6.1 Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri için genel ilke ve kurallar

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansının belirlenmesinde kullanılan doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanmasında, deprem hesabına ilişkin olarak, aşağıdaki ilke ve kurallar gözönünde tutulur, [16].

- Deprem etkilerinin tanımında, yönetmelikte aynı zamanda tasarım için de verilmiş olan 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremin elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır. Çok seviyeli performans değerlendirmesi gerekli olan binalarda, 50 yılda aşılma olasılıkları %50 ve %2 olan depremler için spektrum ordinatları sırası ile 0.5 ve 1.5 katsayıları ile çarpılır, buna karşılık bina önem katsayısı uygulanmaz ($I = 1.0$).
- Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak tanımlanır.
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki etkilir.
- Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri bina alanının geoteknik raporuna ve deprem yönetmeliğinin ilgili bölümüne göre belirlenir.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem kuvvetleri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanmalıdır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır ve ek dışmerkezlilik uygulanmaz.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen bilgilerin kapsamına göre, bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılır.

- Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanır.
- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması aşağıda verilen ilkelere göre yapılır.
 - i. Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır.
 - ii. Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirilmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değıştirmesi ise 0.01 olarak alınabilir.
 - iii. Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlı diyagramlar olarak modellenenebilir.
- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için;
 - i. kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - ii. kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

değerleri kullanılır. N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı, çatlamış kesit için tanımlanan etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılır.
- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksiklik oranında azaltılabilir.
- Zemindeki şekildeğişirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılır.

3.6.2 Doğrusal elastik hesap yöntemleri

3.6.2.1 Yöntemin esasları

2007 Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen ve binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemleri, *Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Mod Birleştirme Yöntemi*' dir. Dayanım bazlı olan bu yöntemlerin amacı, verilen bir deprem etkisi altında, deprem yükü azaltma katsayısının $R_a=1$ değeri için hesaplanan etkiler ile yapı elemanlarının artık kapasiteleri arasındaki *etki/kapasite* (r) oranlarının hesaplanması ve bu değerlerin ilgili sınır değerler ile karşılaştırılması suretiyle yapı elemanlarının kesit hasar bölgelerinin belirlenmesi ve bunlardan yararlanarak bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapılmasıdır.

3.6.2.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanır. Bu yöntemde, toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) hesabında $R_a=1$ alınır ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 değerini almaktadır.

3.6.2.3 Mod birleştirme yöntemi

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta $R_a=1$ alınır, diğer bir deyişle, elastik deprem spektrumları azaltılmadan, aynen kullanılır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınır.

3.6.3 Yapı elemanlarının hasar düzeylerinin belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde, gözönüne alınan elemanın etki/kapasite oranı (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılır.

Kesit hasar bölgelerinin belirlenmesinde betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise sünek, kesme ise gevrek olarak sınıflandırılırlar. Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar, kirişler ve perdeler için yönetmelikte belirtilen ilgili bölümlere göre yapılır, ancak perdelerde kesme kuvveti dinamik büyütme katsayısı $\beta_v=1$ alınır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır. Düşey yükler ile birlikte, elastik deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılır. Ek koşul olarak perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmesi için ayrıca $H_w / \ell_w > 2.0$ koşulunu sağlaması gerekir. Bu koşulları sağlamayan betonarme elemanlar gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak nitelendirilir.

Kırılma türü eğilme olan sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında elastik deprem yükü azaltma katsayısı $R_a = 1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir. Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir. Sarılma bölgesindeki enine donatının düzeni ve miktarı bakımından yönetmeliğin ilgili bölümlerindeki koşulları sağlayan betonarme kolonlar, betonarme kirişler ve betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yönetmelikte belirtilen koşulları sağlaması gereklidir.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite (r) oranları, yönetmelikte verilen ilgili sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir.

Kiriş, kolon ve perdelerde etki/kapasite oranlarının sınır değerleri Çizelge 3.3, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5'te verilmiştir. Çizelge 3.3, Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5' teki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 3.3 : Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 3.4 : Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	–	–	1	1	1

Çizelge 3.5 : Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

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

3.6.4 Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri

3.6.4.1 Tanım

Deprem etkileri altındaki mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır.

2007 Türk Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi*, *Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi*'dir. İlk iki yöntem, mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesinde ve güçlendirilmesinde artımsal itme analizinin esas alındığı yöntemlerdir. Aşağıda tez kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'ne yer verilecektir.

3.6.4.2 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirilmesinde izlenecek hesap adımları

Artımsal İtme Analizi uygulanarak yapılan doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenen yolun adımları aşağıda özetlenmiştir.

(a) Genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesine ve analiz modelinin oluşturulmasına yönelik kurallar esas alınır.

(b) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözönüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

(c) Artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kapsamında yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

(d) Artımsal itme analizinin artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılması durumunda, gözönüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilir. Bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

(e) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış olan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve son olarak toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra, bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için yönetmeliğin ilgili bölümünde tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, yönetmelikte tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır.

3.6.4.3 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

2007 Deprem Yönetmeliği’nde, doğrusal elastik olmayan analiz için *yığılı plastik davranış modeli*’nin (plastik kesit kavramı) kullanılması öngörülmüştür. Basit eğilme durumunda *plastik mafsal hipotezi*’ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde turu taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Basit eğilme

durumunda plastik mafsall boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi'nin uzunluğu (l_p), çalışan doğrultudaki en kesit yüksekliği (h)'nın yarısına eşit alınmaktadır, **(3.1)**.

$$l_p = 0.5h \quad (3.1)$$

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır.

Yığılı plastik şekildeğiştirmeyi temsil eden plastik kesitin, teorik olarak plastik şekildeğiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmeler yapılabilir:

(a) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.

(b) Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanması aşağıda verilen ilkelere göre yapılır.

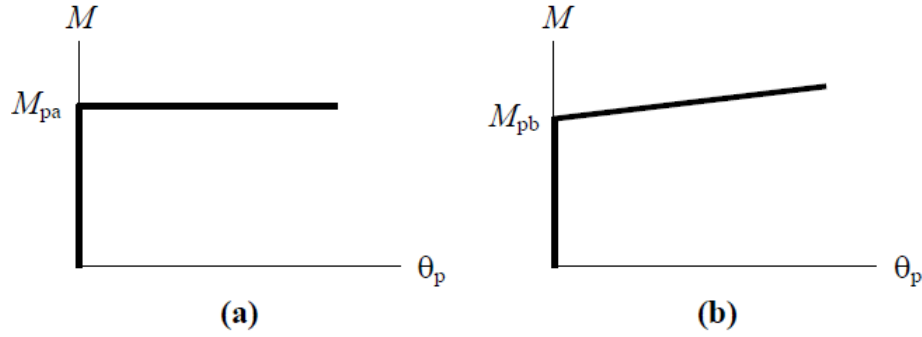
- Analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır.
- Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenebilir.

İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet - plastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak, aşağıdaki idealleştirmeler yapılabilir.

- İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk

edilebilir, Şekil 3.2a. Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınır.

- Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 3.2b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanır.



Şekil 3.2 : Eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları

3.6.4.4 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında *doğrusal olmayan itme analizi*'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her adımında, taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit

perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınır.

Sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “*tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti*” olan *itme eğrisi* elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda, her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “*modal yerdeğiştirme – modal ivme*” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

(a) (i)’nci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme $a_1^{(i)}$ aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.2)$$

denklemden $V_{x1}^{(i)}$; x deprem doğrultusunda (i)’inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvvetini, M_{x1} ; x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütleyi göstermektedir.

(b) (i)’inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yer değiştirme $d_1^{(i)}$ ’nin hesabı için ise, aşağıdaki bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.3)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımı ilgili bölümde yapılan L_{x1} ve 1. doğal titreşim moduna ait modal kütle M_1 'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir, (3.4).

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.4)$$

İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, elastik davranış spektrumu gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle, *modal yerdeğiştirme istemi* hesaplanır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.5)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, S_{di1} , itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) moda ait $T_1^{(1)}$ başlangıç periyoduna karşı gelen doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e bağlı olarak Denklem (3.6) ile elde edilir.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.6)$$

Doğrusal elastik (linear) spektral yerdeğiştirme S_{de1} , itme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme S_{ae1} 'den hesaplanır.

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2} \quad (3.7)$$

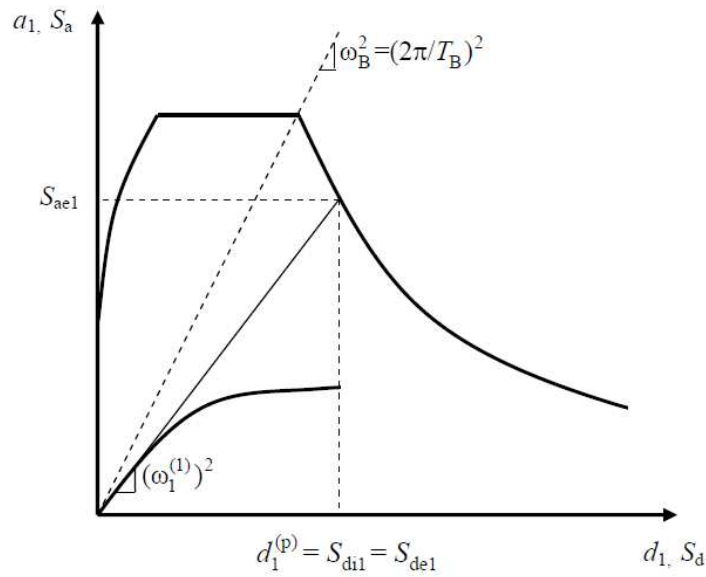
Denklem (3.6) da yer alan spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , başlangıç periyodu $T_1^{(1)}$ 'in değerine $(T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)})$ bağlı olarak aşağıdaki şekilde belirlenir.

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1^{(1)} \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$), doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} , *eşit yerdeğiştirme kuralı* uyarınca doğal periyodu yine $T_1^{(1)}$ olan *eşlenik doğrusal elastik sistem*'e ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} 'e eşit alınır. Buna göre denklem (3.6) daki spektral yerdeğiştirme oranı

$$C_{R1} = 1 \quad (3.8)$$

değerini almaktadır.

Şekil 3.3'te, birinci (hakim) titreşim moduna ait ve koordinatları (d_1, a_1) olan *modal kapasite diyagramı* ile koordinatları "*spektral yerdeğiştirme (S_d) - spektral ivme (S_a)*" olan davranış spektrumu birarada çizilmiştir.

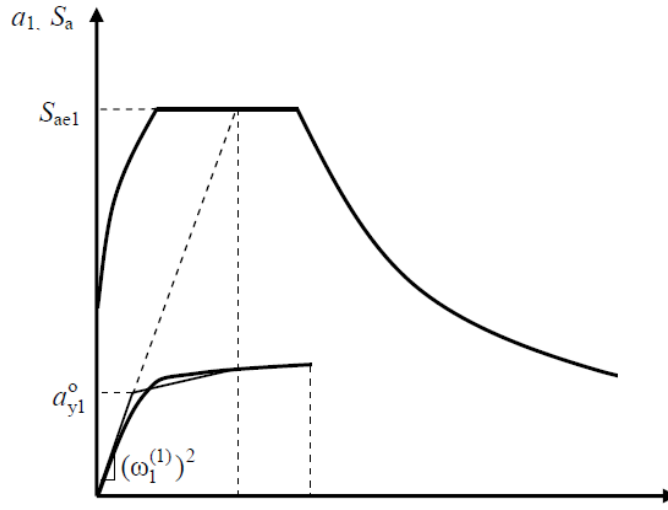


Şekil 3.3 : Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \geq T_B$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1^{(1)} < T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 > \omega_B^2$) ise, spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} , ardışık yaklaşımla hesaplanır. Hesap adımları şu şekildedir.

(a) İtme analizi sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı, Şekil 3.4'te görüldüğü gibi, yaklaşık olarak iki doğrusal (bi-lineer) bir diyagrama dönüştürülür.

Bu diyagramın başlangıç doğrusunun eğimi, itme analizinin ilk adımındaki ($i=1$) doğrunun eğimi olan birinci moda ait özdeğere, $(\omega_1^{(1)})^2$, eşit alınır ($T_1^{(1)} = 2\pi / \omega_1^{(1)}$).



Şekil 3.4 : Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \leq T_B$

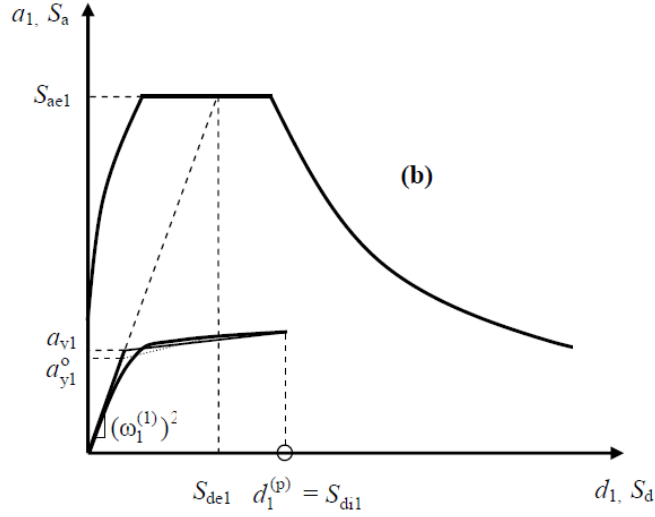
(b) Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1} = 1$ varsayımı yapılarak, eşdeğer akma noktası'nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.4'te görülen a_{y1}^o esas alınarak C_{R1} aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_{y1} - 1) T_B / T_1^{(1)}}{R_{y1}} \geq 1 \quad (3.9)$$

Bu bağıntıda R_{y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısını göstermektedir.

$$R_{y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.10)$$

Denklem (3.9) dan bulunan C_{R1} kullanılarak, Denklem (3.6) ya göre hesaplanan S_{di1} esas alınarak bulunan eşdeğer akma noktasının koordinatları, Şekil 3.5'te gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 3.5 : Performans noktasının belirlenmesi $T^{(1)} \leq T_B$

Son itme adımı $i = p$ için Denklem (3.5) e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem (3.3) de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.11)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilir veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılan yeni bir itme analizi ile hesaplanır.

3.6.4.5 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak, sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analizde, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet şekildeğiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile, ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi

yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım ve değerlendirme için esas alınır.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesapta yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilir.

- a) Kuvvetli yer hareketinin süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmamalıdır.
- b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{og} 'den daha küçük olmamalıdır.
- c) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, yönetmelikte tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmamalıdır.

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde gözönüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilir ve bunların yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda verilen tüm koşulları sağlaması gerekir.

3.6.4.6 Kesitteki birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

İtme analizi sonucunda herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönmesine bağlı olarak *plastik eğrilik istemi*, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{l_p} \quad (3.12)$$

Beton ve donatı çeliği modelleri kullanılarak elde edilen iki doğrulu eğilme momenti eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, yukarıda tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik elde edilir.

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.13)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denklem (3.13) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit bazında hasar bölgesi belirlenir.

3.6.4.7 Betonarme elemanların kesit birim şekildeğiştirme kapasiteleri

Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiğ i sünek betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında, performans düzeylerine göre izin verilen şekildeğiştirme sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır.

(a) *Minimum Hasar Sınırı* (MN) için beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliğ i birim şekildeğiştirmesi üst sınırları için:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.14)$$

(b) *Kesit Güvenlik Sınırı* (GV) için beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliğ i birim şekildeğiştirmesi üst sınırları için:

$$(\epsilon_{cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.15)$$

(c) *Kesit Göçme Sınırı* (GÇ) için beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliğ i birim şekildeğiştirmesi üst sınırları için:

$$(\epsilon_{cu})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.16)$$

4. SAYISAL İNCELEMELER

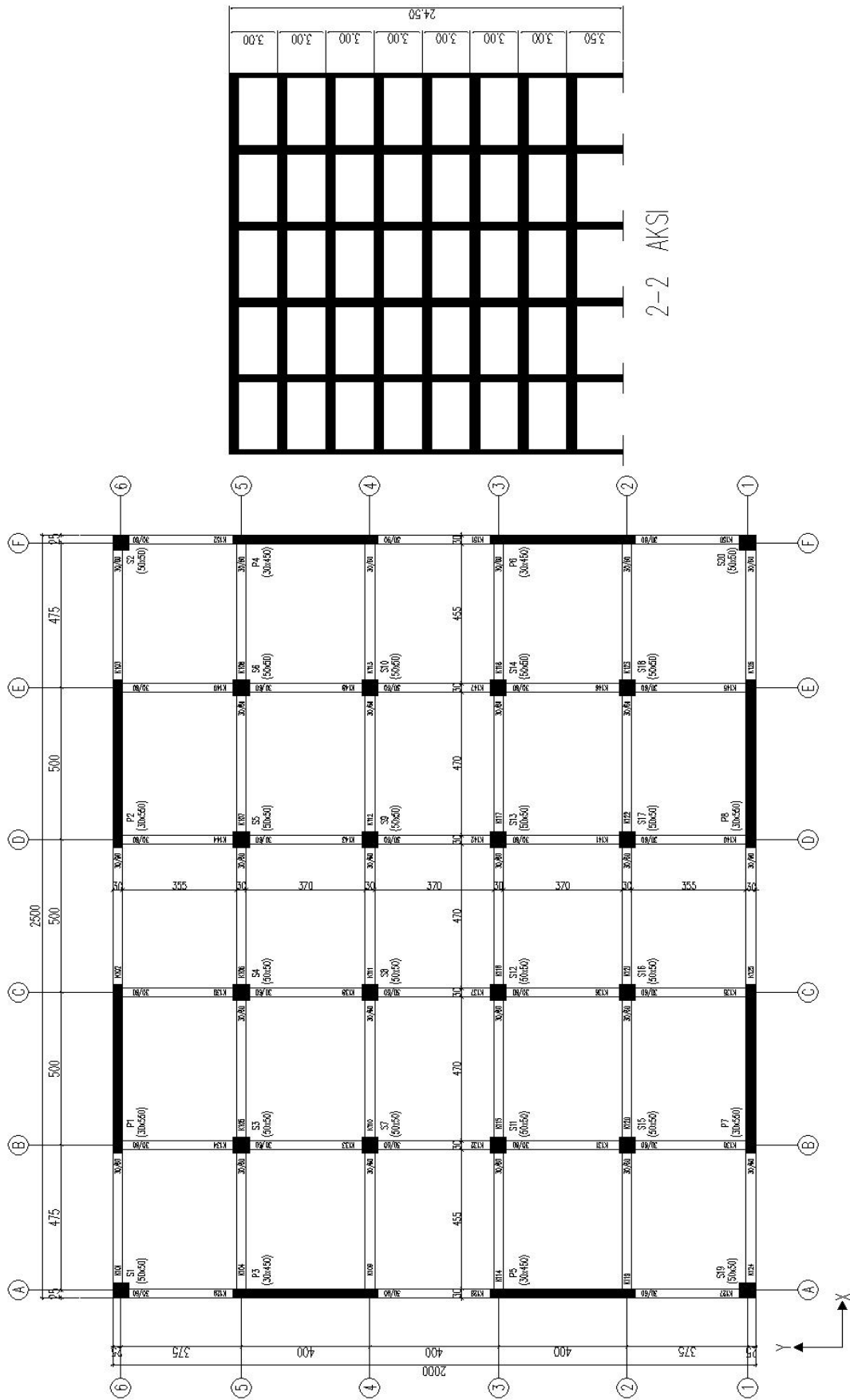
Bu bölümde, betonarme bina taşıyıcı sistemlerinin malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışlarının ve deprem etkileri altındaki kesit hasar bölgelerinin, farklı analiz yöntemleri uygulanarak değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen parametrik sayısal incelemelere yer verilmiştir.

Mevcut betonarme binayı temsil etmek üzere seçilen 8 katlı betonarme perdeli/çerçeve bina sistemi düşey yükler ve 2007 Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen yatay deprem etkileri altında boyutlandırılmıştır. Uygulamadaki yapım kusurlarını ifade etmek üzere, daha sonra bu sistemin beton dayanımları ve enine donatıları (sargı etkisi) değiştirilmiştir. Bu şekilde tanımlanan taşıyıcı sistemin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile analizinde, seçilen farklı eşdeğer deprem yükü dağılımları esas alınarak alternatif çözümler oluşturulmuştur.

Bölüm içinde, incelenen taşıyıcı sistem modeli tanıtılmış, bu sistemin 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre tasarımı ve 2007 Deprem Yönetmeliği kapsamında yer alan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile değerlendirilmesine ilişkin hesap adımları anlatılmış, her iki değerlendirme yöntemiyle bulunan sonuçlar, kesit hasar bölgeleri, tepe yerdeğiştirmeleri ve taban kesme kuvvetleri açılarından karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çalışmada yapılan varsayımlar ve kullanılan bilgisayar programları hakkında bilgi verilmiştir.

4.1 Model

Taşıyıcı sistem modeli (TSM), 8 katlı binayı temsil edecek şekilde seçilen üç boyutlu perdeli/çerçeve bina sistemidir. Yapıda ilk katın yüksekliği 3.5 m, diğer kat yükseklikleri 3 m olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sistem modelinin plan ve kesiti Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 : Taşıyıcı sistem planı ve kat yükseklikleri

4.2 Tasarım

4.2.1 Malzeme bilgileri

Taşıyıcı sistem modelinin boyutlandırılmasında esas alınan beton ve donatı çeliği karakteristiklerinin TS-500 standartındaki malzeme tanımları cinsinden karşılıkları aşağıda verilmiştir, [29].

Beton (Tüm Betonarme Elemanlar)	C30 (30 MPa)
Donatı Çeliği Sınıfı S420	S420 ($f_{ym} = 420$ MPa)
Betonarme Elastisite Modülü, $[E_c]$	32000 MPa
Donatı Çeliği Elastisite Modülü, $[E_s]$	200000 MPa

4.2.2 Boyutlandırmada esas alınan yükler

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında aşağıda verilen düşey yükler gözönüne alınmıştır.

Beton yoğunluğu	25.00 kN/m ³
Dış duvar yükü (20cm+sıva)	3.80 kN/m ²
İç duvar yükü (10cm+sıva)	2.50 kN/m ²
Sıva + kaplama	1.50 kN/m ²
Hareketli yük	5.00 kN/m ²

4.2.3 Modellemede yapılan varsayımlar

Taşıyıcı sistem modellerinin oluşturulmasında ve boyutlandırılmasında yapılan başlıca varsayımlar şunlardır.

- Boyutlandırmaya esas olan sistem analizleri doğrusal teoriye göre gerçekleştirilmiştir. Buna karşılık, tüm taşıyıcı sistem modellerinin betonarme kesit hesaplarında taşıma gücü yöntemi kullanılmıştır.
- Düğüm noktaları rijit olarak alınmış, perde ve kolonların temele ankastre olarak mesnetlendikleri varsayılmıştır.
- Düşey yükler döşemelerden kirişlere trapez yayılı yük olarak aktarılmıştır.

- Modelde kirişler, kolonlar ve perdeler çubuk elemanlar kullanılarak idealize edilmiştir.
- Binada bulunan perdelerin modellenmesinde, kirişler perdelerle rijit elemanlar kullanılarak bağlanmıştır.
- Her katta döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalıştığı kabul edilmiştir ve artımsal eşdeğer deprem yükleri her katta rijit diyaframlara ait kütle merkezlerine uygulanmıştır.
- Betonarme elemanların bütün kesitlerinde çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri dikkate alınmıştır.

4.2.4 Boyutlandırmada esas alınan yükleme kombinasyonları

Tüm taşıyıcı sistem modellerinin boyutlandırılmasında, düşey yükler ve düşey yükler + deprem yükleri altında yapılan sistem analizleri sonucunda hesaplanan kesit tesirleri gözönüne alınmıştır.

4.2.5 Eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Eşdeğer deprem yükleri 2007 Türk Deprem Yönetmeliğine [16] uygun olarak belirlenmiştir. Aşağıda, yönetmeliğin ilgili maddeleri kısaca gözden geçirilecektir. Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binanın tümüne etkiyen *Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü* (taban kesme kuvveti) V_t , Denklem (4.1) ile belirlenecektir.

$$V_t = W \cdot \frac{A_o \cdot I \cdot S(T)}{R_a(T)} \geq 0.10 \cdot A_o \cdot I \cdot W \quad (4.1)$$

Bu denklemde, A_o terimi etkin yer ivmesi katsayısı olup Çizelge 4.1’de, I bina önem katsayısı ise Çizelge 4.2’de tanımlanmıştır. Bu çalışmada $A_o = 0.4$, $I = 1.5$ alınmıştır.

Çizelge 4.1 : Etkin yer ivme katsayısı (A_o)

<i>Deprem Bölgesi</i>	A_o
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Çizelge 4.2 : Bina önem katsayısı (I)

<i>Binanın Kullanım Amacı veya Türü</i>	<i>Bina Önem Katsayısı (I)</i>
<u>1. Deprem sonrası kullanımı gereken binalar ve tehlikeli madde içeren binalar</u> a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri; vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
<u>2. İnsanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu ve değerli esvanın saklandığı binalar</u> a) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. b) Müzeler	1.4
<u>3. İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar</u> Spor tesisleri, sinema, tiyatro ve konser salonları, vb.	1.2
<u>4. Diğer binalar</u> Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb)	1.0

$R_a(T)$ deprem yükü azaltma katsayısı, Çizelge 4.3'ten alınan R taşıyıcı sistem davranış katsayısı kullanılarak, Denklem (4.2) ile hesaplanacaktır. Bu çalışma kapsamında incelenecek olan sistemler yerinde dökme betonarme binalar olduğundan, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ndeki çizelgenin sadece ilgili kısmı Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A \leq T) \quad (4.2)$$

Çizelge 4.3 : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)

<i>BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ</i>	<i>Süneklik Düzeyi Normal Sistemler</i>	<i>Süneklik Düzeyi Yüksek Sistemler</i>
<u>(1) YERİNDE DÖKME BETONARME BİNALAR</u>		
(1.1) Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8
(1.2) Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar.....	4	7
(1.3) Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar.....	4	6
(1.4) Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar..	4	7

$S(T)$ spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve binanın birinci (hakim) doğal titreşim periyodu T ye bağlı olarak Denklem (4.3) ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} S(T) &= 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} & (0 \leq T \leq T_A) \\ S(T) &= 2.5 & (T_A \leq T \leq T_B) \\ S(T) &= 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} & (T_B < T) \end{aligned} \quad (4.3)$$

Denklem (4.3) teki T_A ve T_B büyüklükleri spektrum karakteristik periyotları olup, değerleri yerel zemin sınıfına bağlı olarak Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 : Spektrum karakteristik periyotları (T_A , T_B)

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	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

Denklem (4.1)'de yer alan toplam bina ağırlığı W , Denklem (4.4) ile hesaplanır.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4.4)$$

Bu denklemde N binanın toplam kat sayısıdır. w_i kat ağırlıkları ise Denklem (4.5) ile hesaplanacaktır.

$$w_i = g_i + nq_i \quad (4.5)$$

Denklem (4.5)'te yer alan hareketli yük katılım katsayısı n , binanın kullanım amacına bağlı olarak, Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bu çalışmada, $n = 0.3$ alınmıştır. (hastane yapısı)

Çizelge 4.5 : Hareketli yük katılım katsayısı (n)

<i>Binanın Kullanım Amacı</i>	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Denklem (4.1) kullanılarak hesaplanan toplam eşdeğer deprem yükü, bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin toplamı olarak, Denklem (4.6) ile ifade edilir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^N F_i \quad (4.6)$$

Binanın N inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N nin değeri Denklem (4.7) ile belirlenir.

$$\Delta F_N = 0.0075 \cdot N \cdot V_t \quad (4.7)$$

Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_N dışında geri kalan kısmı, N inci kat dahil olmak üzere, bina katlarına Denklem (4.8) ile dağıtılır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^N w_j H_j} \quad (4.8)$$

Taşıyıcı sistem modellerinin 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmasında, yukarıda ayrıntıları verilen deprem yükleri gözönüne alınmıştır.

Sabit yükler (yapı yükleri), hareketli yükler (ilave yükler) ve çerçeve doğrultusunda hesaplanan bu deprem etkileri altında, SAP2000 yapısal analiz programı [31] sonuçlarından alınan kesit tesiri değerleri kullanılarak, Bölüm 4.2.2'de belirtilen yüklemeler için betonarme kesit hesapları yapılmış ve kiriş, kolon enkesit boyutları ile boyuna donatıları belirlenmiştir.

4.2.6 Bina genel özellikleri

Taşıyıcı sistem modelinin boyutlandırılmasında esas alınan malzeme özellikleri, deprem karakteristikleri ve bina geometrisine ilişkin bilgiler Çizelge 4.6’da özetlenmiştir.

Çizelge 4.6 : Bina genel özellikleri

<u>Bina Bilgileri</u>		<u>Malzeme Özellikleri</u>	
Kat Adedi :	8	Beton Sınıfı :	C30
Bina Kat Yüksekliği :	1x3.5m + 7x3.0m	f_{ck} :	30 Mpa
Bina Toplam Yüksekliği :	24.5 m	f_{cd} :	20 Mpa
Bina Oturma Alanı :	500 m ²	E_c :	32000 Mpa
Kullanım Amacı :	Hastane	Çelik Sınıfı :	S420
		f_{yk} :	420 Mpa
		f_{yd} :	365 Mpa
		E_s :	200000 Mpa
<u>Deprem Karakteristikleri</u>			
Deprem Bölgesi :	I.Derece		
Etkin Yer İvmesi Katsayısı :	$A_o = 0.4$		
Yerel Zemin Sınıfı :	Z3		
Spektrum Karakteristik :	$T_A = 0.15$ sn		
Periyotları :	$T_B = 0.60$ sn		
Yapı Davranış Katsayısı :	$R = 7$		
Bina Önem Katsayısı :	$I = 1.5$		
Hareketli Yük Katılım Katsayısı :	$n = 0.3$		

4.2.7 Düşey yüklerin hesabı

Döşemelerden kirişlere aktarılan düşey yüklerin belirlenmesi için gözönüne alınan, normal kat ve çatı katı döşemelerinin yük analizleri aşağıda özetlenmiştir, Çizelge4.7

Döşemelerden kirişlere aktarılan sabit ve hareketli yükler trapez yük olarak modele etkilmiştir. Normal kat döşeme yüklerinin hesabında, bölme duvar yükleri de gözönüne alınmıştır.

Çizelge 4.7 : Döşeme yük analizi

Normal Kat Döşemeleri

	h (m)	γ (kN/m ³)	Toplam
Betonarme Plak:	0.12	25	3 kN/m ²
Sıva :	0.02	20	0.4 kN/m ²
Kaplama :	0.05	22	1.1 kN/m ²
		g =	4.5 kN/m ²

$$g = 4.50 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

Çatı Katı Döşemeleri

	h (m)	γ (kN/m ³)	Toplam
Betonarme Plak:	0.12	25	3 kN/m ²
Sıva :	0.02	20	0.4 kN/m ²
Kaplama + İzolasyon:			2 kN/m ²
		g =	5.4 kN/m ²

$$g = 5.40 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 5.00 \text{ kN/m}^2$$

4.2.8 Deprem yükü hesabında kullanılacak olan bina ağırlığının hesabı

Kat ağırlıkları hesaplanırken, yapı elemanlarının öz ağırlıkları ile dış duvar ve iç bölme duvarı ağırlıkları ölü yük olarak tanımlanmış, hareketli yük katılım katsayısı olarak $n=0.3$ değeri (hastane tipi yapı) kullanılmıştır.

Yük analizinden elde edilen yük değerleri kullanılarak hesaplanan kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlığı Çizelge 4.8 üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Kat ağırlıkları ve toplam bina ağırlığı hesabı

KAT	G(kN)	Q(kN)	G+nQ (kN)
8	6955	2400	7675
7	6955	2400	7675
6	6955	2400	7675
5	6955	2400	7675
4	6955	2400	7675
3	6955	2400	7675
2	6955	2400	7675
1	6955	2400	7675
Σ	55640	19200	61400

4.2.9 Deprem Yüklerinin Hesabı

Çizelge 4.8'den elde edilen toplam bina ağırlığı kullanılarak, toplam eşdeğer deprem yükü aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$A_0 = 0.4 \quad \text{Zemin sınıfı : Z3} \quad R = 7 \quad I = 1.0 \quad W = 61400 \text{ kN}$$

$$\text{Bina hakim periyodu (1. mod) : } T = 0.953 \text{ s için spektrum katsayısı } S(T) = 1.727$$

$$\text{Taban kesme kuvveti : } V_t = 61400 \times 0.4 \times 1 \times 1.727 / 7 = 6059 \text{ kN}$$

$$\text{Tepe kuvveti : } F_N = 0.0075 \times 8 \times 6059 = 363.5 \text{ kN}$$

$$\text{Katlara dağıtılacak kesme kuvveti : } V_t - F_N = 6059 - 363.5 = 5695.5 \text{ kN}$$

Yukarıda hesaplanan taban kesme kuvveti, Denklem (4.8) uyarınca katlara dağıtılmış ve sonuçlar Çizelge 4.9 üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.9 : Katlara gelen eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

KAT	W _i (kN)	H _i (m)	W _i *H _i (kNm)	W _i H _i / $\sum W_i H_i$	V _t (kN)	ΔF_N	F _i (kN)
8.KAT	7675	24.5	188038	0.219	6059	363.5	1245.9
7.KAT	7675	21.5	165013	0.192			1093.3
6.KAT	7675	18.5	141988	0.165			940.8
5.KAT	7675	15.5	118963	0.138			788.2
4.KAT	7675	12.5	95938	0.112			635.7
3.KAT	7675	9.5	72913	0.085			483.1
2.KAT	7675	6.5	49888	0.058			330.5
1.KAT	7675	3.5	26863	0.031			178.0
Σ			859600	1.000			5695.5

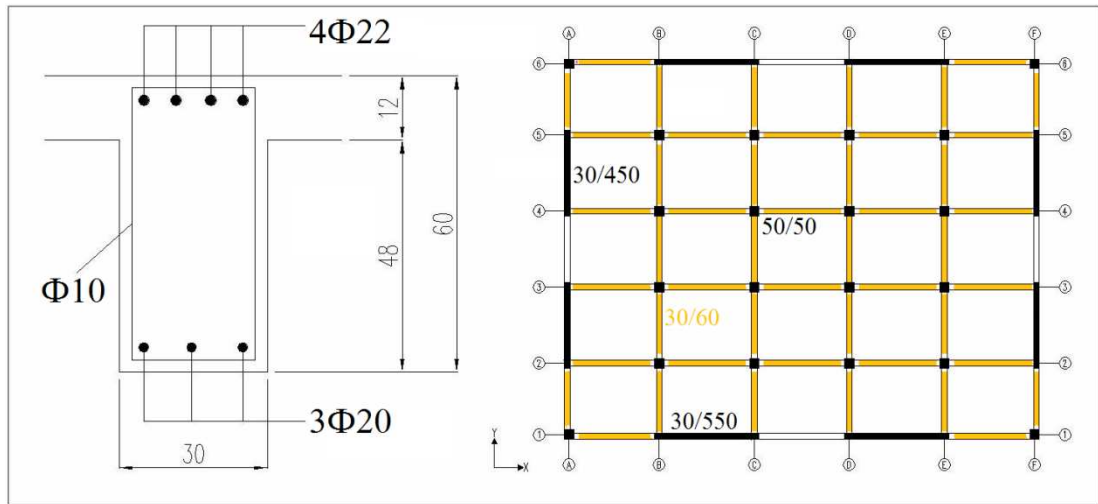
4.2.10 Taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılması ve betonarme hesap sonuçları

Taşıyıcı sistem modelinin 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'ne göre boyutlandırılmasında, yukarıda ayrıntıları verilen deprem yükleri gözönüne alınmıştır.

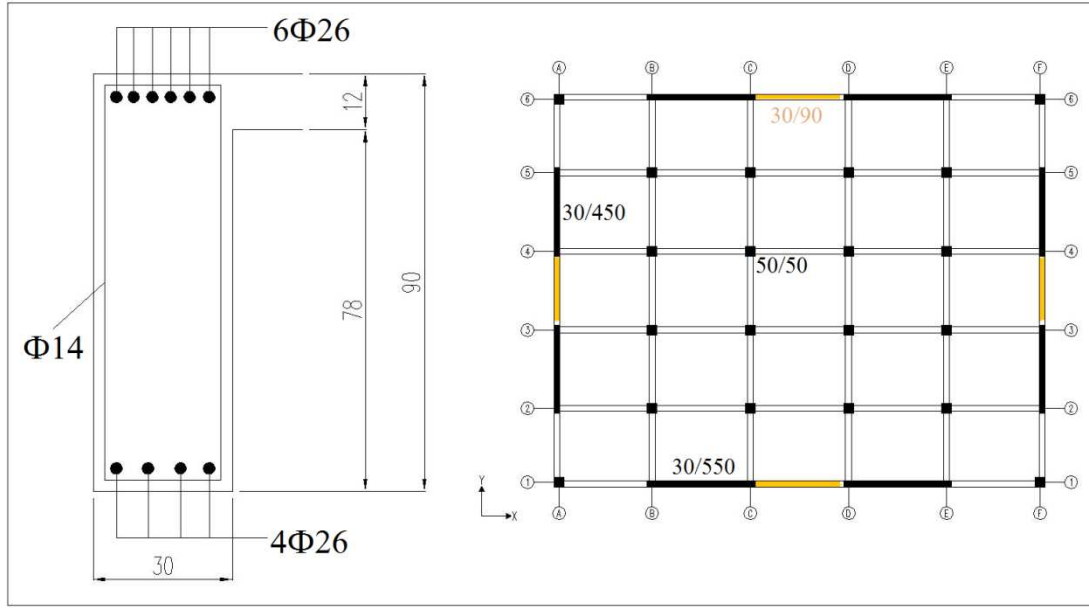
Sabit yükler (yapı yükleri), hareketli yükler (ilave yükler) ve çerçeve doğrultusunda hesaplanan bu deprem etkileri altında, SAP2000 yapısal analiz programı [31] sonuçlarından alınan kesit tesiri değerleri kullanılarak, Bölüm 4.2.2'de belirtilen yüklemeler için betonarme kesit hesapları yapılmış ve kiriş, kolon enkesit boyutları ile boyuna donatıları belirlenmiştir.

Tez çalışmasını kısa tutmak amacıyla, tüm kiriş, kolon ve perde kesitleri bina yüksekliği boyunca aynı seçilmiştir.

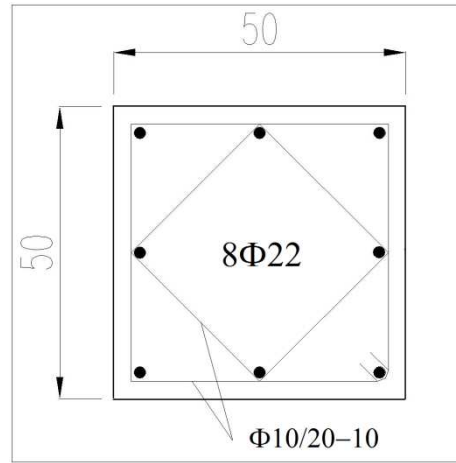
Gerçekleştirilen sistem analizleri ve betonarme kesit hesapları sonucunda elde edilen perde, kolon ve kiriş enkesit boyutları ile boyuna donatıları Şekil 4.2 , Şekil 4.3 , Şekil 4.4 , Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da plandaki yerleri işaretlenerek verilmiştir.



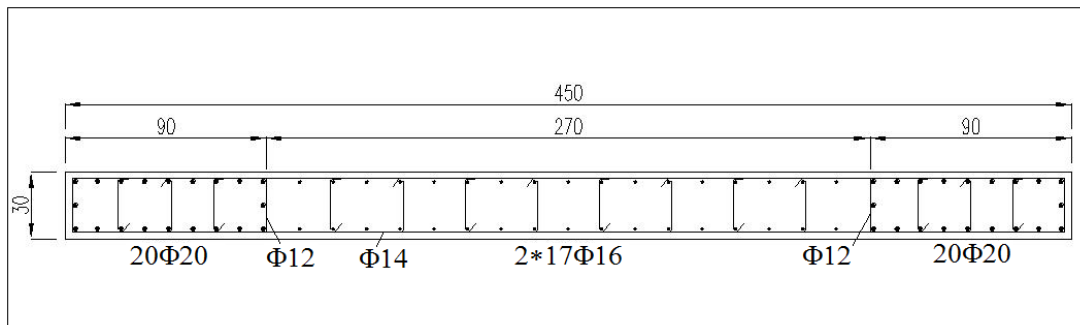
Şekil 4.2 : 30/60 kiriş tipik enkesit ve boyuna donatısı



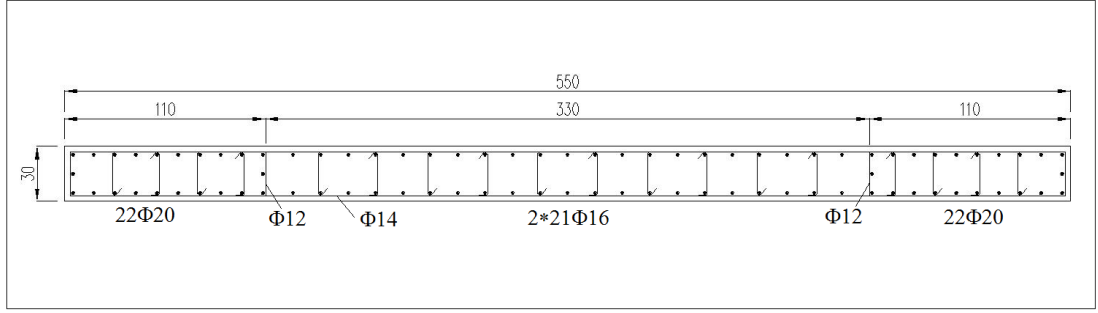
Şekil 4.3 : 30/90 kiriş tipik enkesit ve boyuna donatısı



Şekil 4.4 : 50/50 kolon tipik enkesit ve boyuna donatısı



Şekil 4.5 : 30/450 perde tipik enkesit ve boyuna donatısı



Şekil 4.6 : 30/550 perde tipik enkesit ve boyuna donatısı

4.3 Mevcut Binanın Deprem Güvenliğinin İncelenmesi

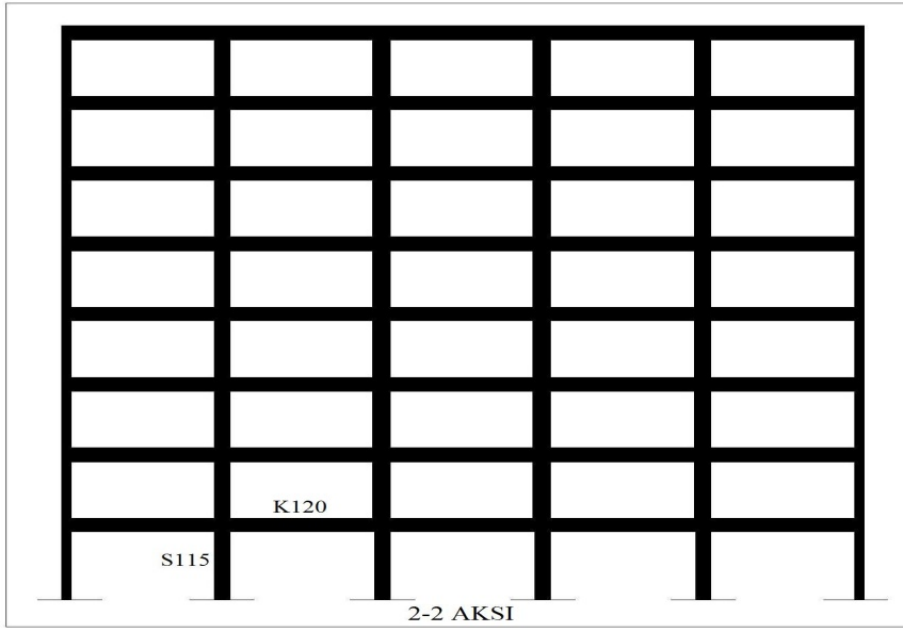
Bu bölümde tasarımı DBYBHY 2007 ilkelerine göre tasarlanmış 8 katlı betonarme hastane binasının deprem performansı doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi” (Yönetmelik 7.6.5.) yöntemi kullanılarak irdelenmiştir. Bu binanın tasarımında 50 yılda aşılma olasılığı %10 depremi ile 50 yılda aşılma olasılığı %2 depremi kullanılmıştır. Binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 deprem altında “Hemen Kullanım” , 50 yılda aşılma olasılığı %2 deprem altında “Can Güvenliği” performans hedefi sağlaması gerekmektedir. Bu depremler altında kesit hasar bölgelerinin belirlenmesinde izlenen yolun hesap adımları aşağıda sayısal olarak açıklanmıştır.

4.3.1 Bina bilgi düzeyi

Binanın yeni yapı olarak DBYBHY 2007 ilkelerine göre tasarlanmış olması nedeni ile projeleri mevcuttur. Malzeme özelliklerinin ve betonarme detaylarının projeye tamamen uyduğu kabul edilmiştir. Bu durumda Yönetmelik 7.2.6’ya göre bina bilgi düzeyi “kapsamlı” olarak belirlenmiş ve Bilgi Düzeyi Katsayısı 1.00 alınmıştır.

4.3.2 Elemanlarda doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi

Hesap adımları, örnek olarak seçilen ve Şekil 4.7’de gösterilen S115 kolonu (50/50) ile K120 kirişi (30/60) için ayrıntılı olarak açıklanmış diğer elemanlar için ise, sonuçlar tablolar halinde özetlenmiştir.



Şekil 4.7 : 2-2 aksı çerçevesi örnek kolon ve kiriş yerleri

4.3.2.1 Çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerinin tanımlanması

DBYBHY 2007 7.6.4.6'ya göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılmıştır. Buna göre sistem, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu olan düşey işletme yükleri altında hesaplanarak kolon normal kuvvetleri bulunur. Aşağıda verilen bağıntılar kullanılarak kolonların çatlamış kesit eğilme rijitlikleri hesaplanır. N_D nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılır. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ve deprem hesabında, bu etkin eğilme rijitlikleri kullanılır.

K120 Kirişi İçin Örnek Hesap:

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

$$I_o = 5.4E-03 \text{ m}^4 , E = 32000 \text{ MPa} \rightarrow EI_o = 172800 \text{ kNm}^2$$

$$\text{Yönetmelik 7.4.13 (a)'ya göre } (EI)_e = 0.4(EI)_o$$

$$0.4(EI)_o = 0.4 \cdot 172800 = 69120 \text{ kNm}^2$$

S115 Kolonu İçin Örnek Hesap:

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$f_{cm} = 30 \text{ MPa (Mevcut beton basınç dayanımı)}$$

Yönetmelik 7.4.13 (b)'ye göre :

$$\text{Kolon ve perdelerde, } N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \text{ olması durumunda: } 0.40 EI_o$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \text{ olması durumunda: } 0.80 EI_o$$

$$N_D = 1912.73 \text{ kN}$$

$$A_c = b \cdot h = 250000 \text{ mm}^2$$

$$A_c f_{cm} = 250000 \cdot 30 = 7500 \text{ kN}$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) = 1912.73 / 7500 = 0.255 > 0.10$$

$N_D / (A_c f_{cm})$ 'nin ara değeri için yapılan doğrusal enterpolasyon sonucu bulunan eğilme rijitliği $0.516EI_o$ 'dır. Buna göre kolonun çatlamış kesite ait eğilme rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$I_o = 5.2083E-03 \text{ m}^4, E = 32000 \text{ MPa} \rightarrow EI_o = 166665 \text{ kNm}^2$$

$$0.516(EI)_o = 0.516 \cdot 166665 = 85999 \text{ kNm}^2$$

4.3.2.2 Kiriş ve kolonlarda yığılı plastik davranışın tanımlanması

Kiriş, kolon ve perdeler için eleman uçlarında tanımlanacak olan plastik kesitlerin akma yüzeylerinin modellenmesinde Yönetmelik 7.4.11.(a) ve (b)'ye göre mevcut malzeme dayanımları ve maksimum birim şekil değiştirme değerleri aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

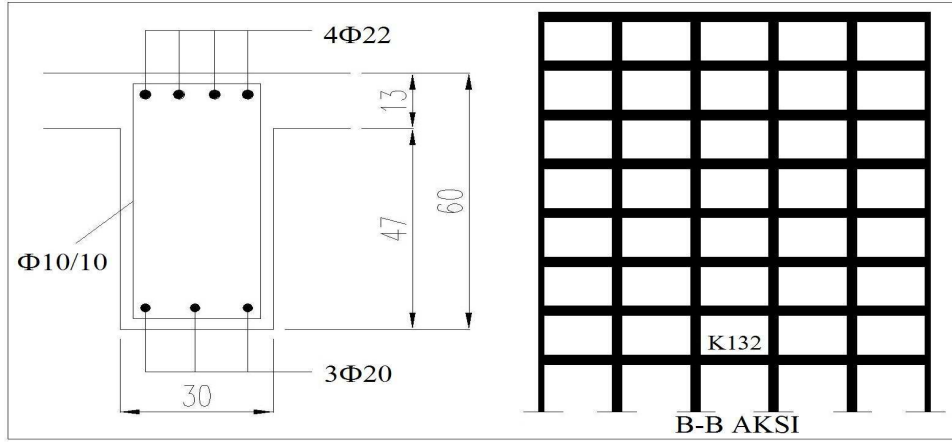
$$\text{Beton için : } f_{cm} = 30 \text{ MPa, } \varepsilon_c = 0.003$$

$$\text{Çelik için : } f_{ym} = 420 \text{ MPa, } \varepsilon_s = 0.01$$

Kirişler için Plastik Kesit (Plastik Mafsal) Tanımlanması

Kirişler için iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları tanımlamak amacıyla bir eksenli eğilme analizi yapıp kesitlere ait plastik moment (M_{pa}) değerleri hesaplanmıştır.

Aşağıda örnek hesap için seçilen kirişin yeri ve betonarme detayları gösterilmektedir. Kirişin sol ucundaki kesit için hesap yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda plastik moment değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



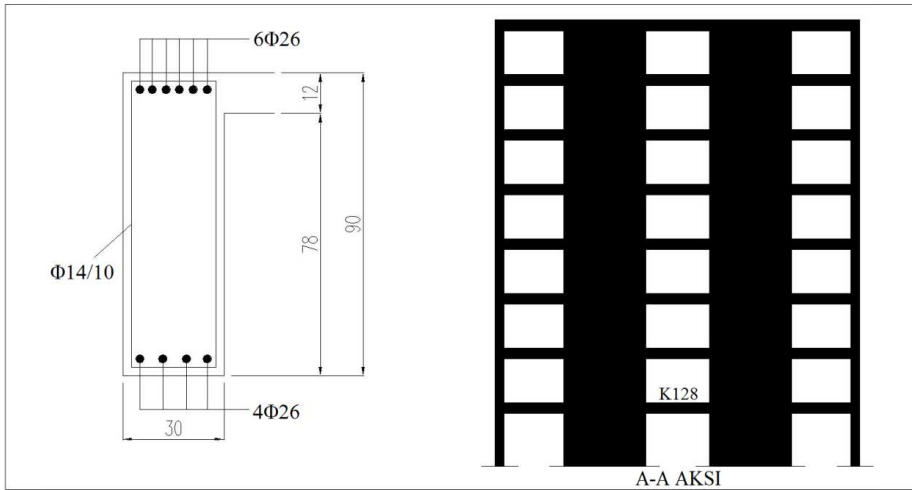
Şekil 4.8 : Örnek (30/60) kiriş kesiti ve betonarme detayı

Pozitif eğilme momenti (Altta çekme)

$$(+)\ M_{pa} = 204.2 \text{ kNm}$$

Negatif eğilme momenti (Üstte çekme)

$$(-)\ M_{pa} = 323.2 \text{ kNm}$$



Şekil 4.9 : Örnek (30/90) kiriş kesiti ve betonarme detayı

Pozitif eğilme momenti (Altta çekme)

$$(+)\ M_{pa} = 693.5 \text{ kNm}$$

Negatif eğilme momenti (Üstte çekme)

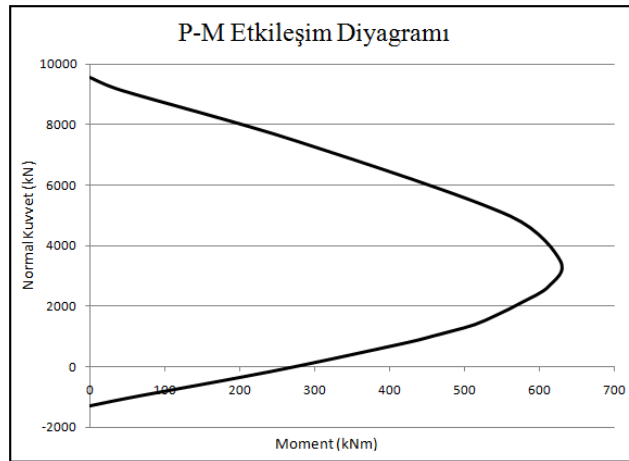
$$(-)\ M_{pa} = 1015.2 \text{ kNm}$$

Kolonlar ve Perdeler İçin Plastik Kesit Tanımı

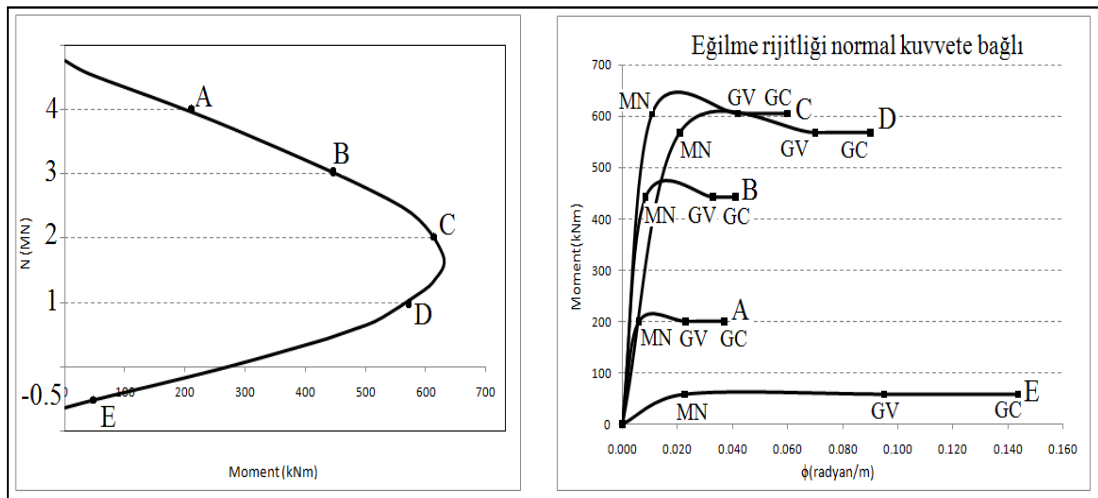
Yönetmelik 7.4.11'e göre kolonlar ve perdeler için etkileşim diyagramları (akma yüzeyleri) üç boyutlu olarak XTRACT kesit analiz programıyla [32] oluşturulmuştur. Performansı değerlendirilen betonarme çerçeve bina her iki doğrultuda da simetriktir. Dolayısıyla +Y yönünde yapılacak olan itme analizinde örnek kolon ve perdelerin akma yüzeyinin tanımlanmasında kesitin sadece düşey eksenini etrafındaki eğilme için etkileşim diyagramları analizi yapmak yeterli görülmüştür. Diğer kolonlar için de akma yüzeyleri bu şekilde tanımlanmıştır. Bu diyagramlar doğrusallaştırılarak analizin yapıldığı bilgisayar programına girilmiştir.

Örnek Kolon (50/50) İçin Hesap

Aşağıda örnek hesap için seçilen kolonun, yapılan analiz sonucunda elde edilen etkileşim diyagramı aşağıda sunulmaktadır.



Şekil 4.10 : S111 kolonu için karşılıklı etki diyagramı

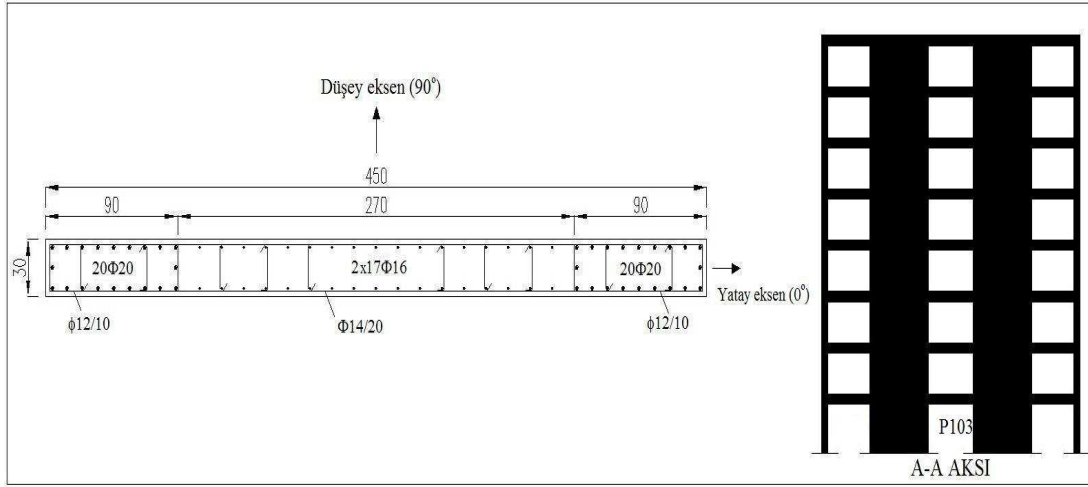


Şekil 4.11 : Kolon(50/50) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği

Örnek Perde (30/450) İçin Hesap

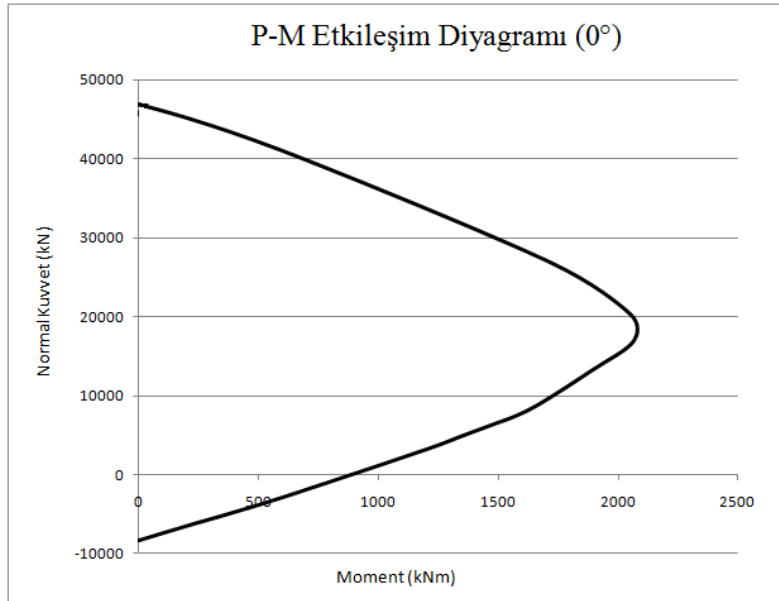
Perdeler için etkileşim diyagramları kolonlarda olduğu gibi hesaplanmıştır. Aşağıdaki örnekte de gösterildiği gibi kesitin yatay eksenini (0°) ve yatay eksene göre 90° (düşey eksen) açı yapan eksenler etrafındaki momentler için etkileşim diyagramları analizi yapılmıştır.

Aşağıdaki örnek hesap için seçilen P103 perdesinin yeri ve betonarme detayları gösterilmektedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen etkileşim diyagramları aşağıda sunulmaktadır.

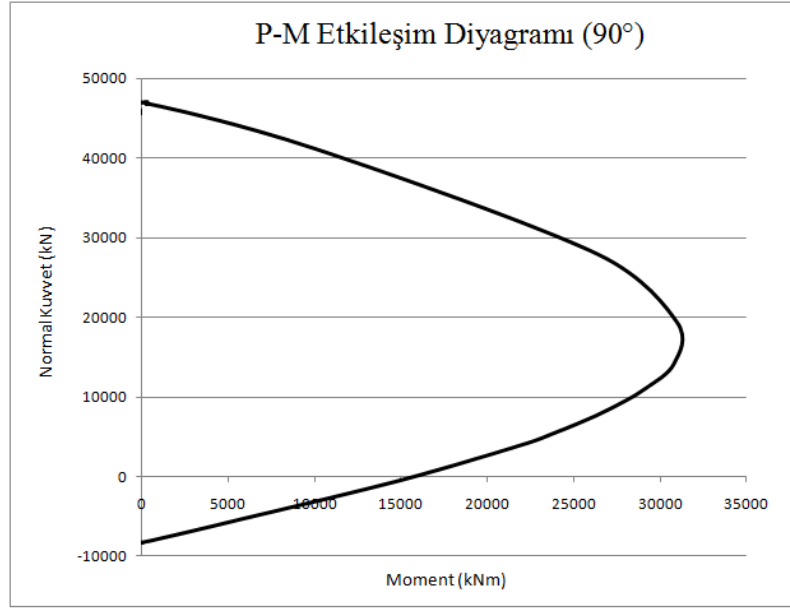


Şekil 4.12 : Örnek perde kesiti (30/450) yeri ve betonarme detayları

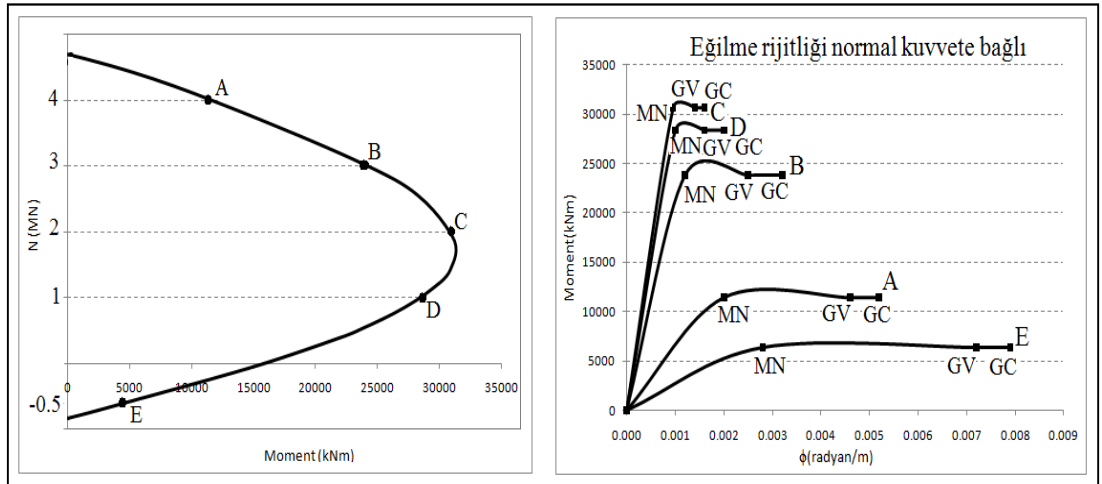
Yönetmelik 7.6.4.5 (a)'ya göre kolonlarda pekleşme etkisi dikkate alınmamıştır.



Şekil 4.13 : Örnek perde kesiti (30/450) yatay (0°) eksen etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı



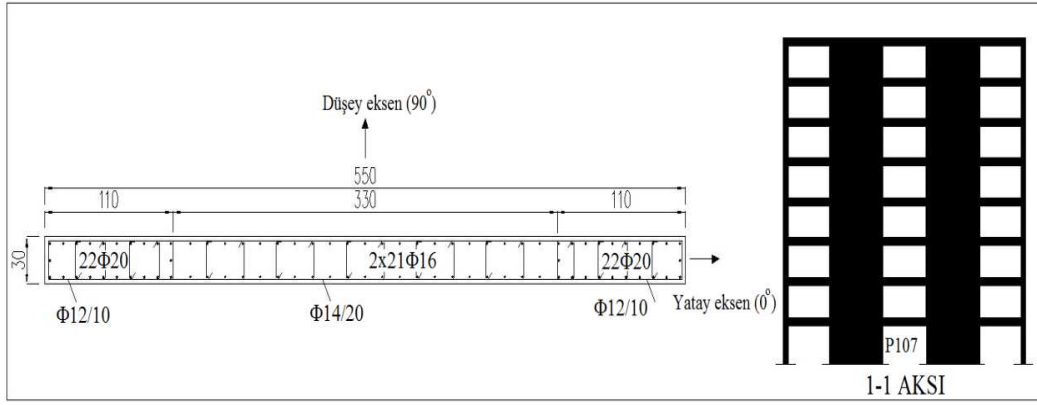
Şekil 4.14 : Örnek perde kesiti (30/450) düşey (90°) eksenini etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı



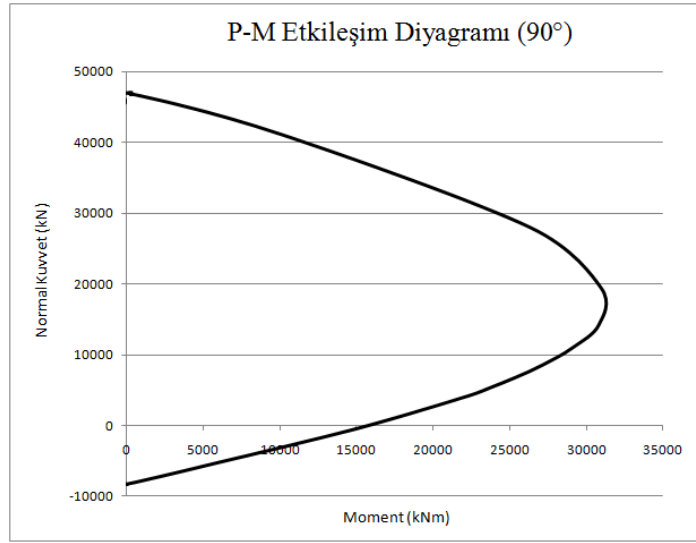
Şekil 4.15 : Örnek perde kesiti (30/450) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği

Örnek Perde (30/550) İçin Hesap

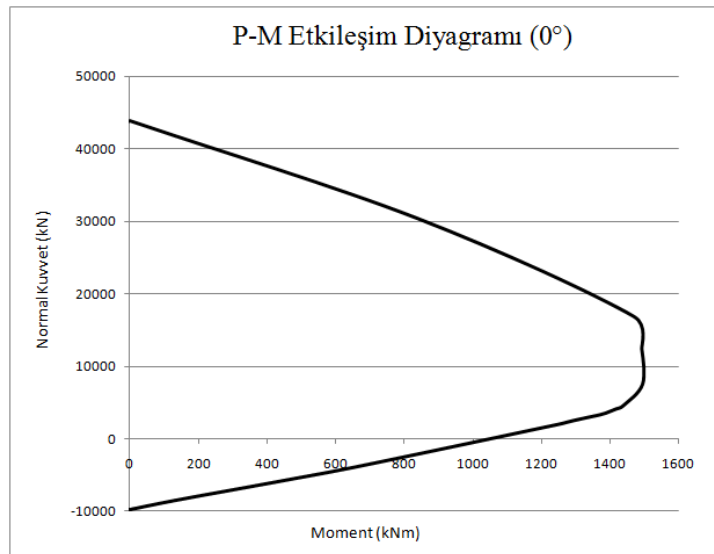
Aşağıdaki örnek hesap için seçilen P101 perdesinin yeri ve betonarme detayları gösterilmektedir. Yapılan analiz sonucunda elde edilen etkileşim diyagramları aşağıda sunulmaktadır.



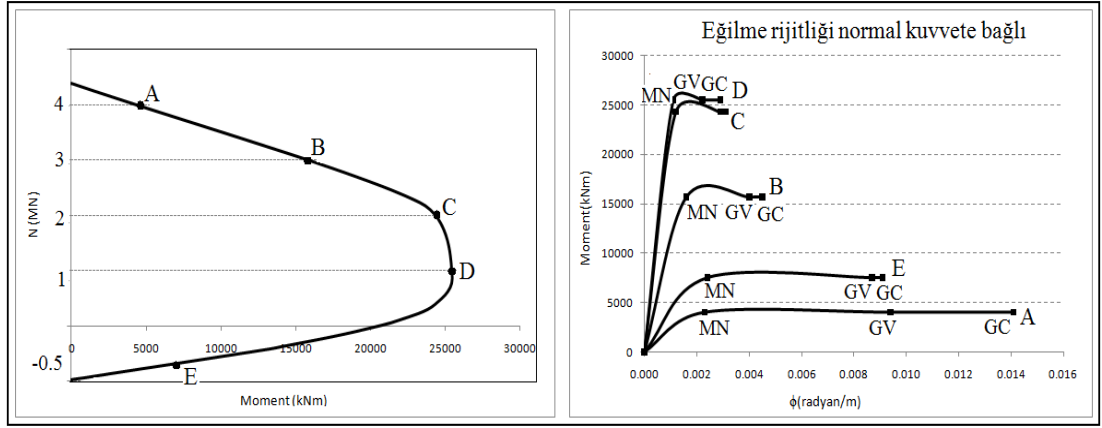
Şekil 4.16 : Örnek perde kesiti (30/550) yeri ve betonarme detayı



Şekil 4.17 : Örnek perde kesiti (30/550) düşey (90°) eksenini etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı



Şekil 4.18 : Örnek perde kesiti (30/550) yatay (0°) eksenini etrafında eğilme için karşılıklı etki diyagramı



Şekil 4.19 : Örnek perde kesiti (30/550) için normal kuvvete bağlı eğilme rijitliği

Yukarıda, plastik kesitlerdeki akma eğrilerinin tanımlanması için verilen örnek hesap adımları sistem üzerindeki her olası plastik mafsallık bölgesi için tekrarlanır. Tanımlanan plastik mafsallar kiriş, kolon ve perde uçlarında, çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olan plastik mafsallık boyunun ortasına yerleştirilir.

4.3.3 Artımsal İtme Analizi

4.3.3.1 Düşey yükler altında doğrusal olmayan statik analiz

Yönetmelik 7.6.3.(b)'ye göre artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılmıştır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan statik analiz hesabında düşey yükler aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

Düşey yük kombinasyonu : $G + nQ = G + 0.3Q$

4.3.3.2 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Kullanılabilirliği

Yönetmelik 7.6.5.2'ye göre binanın toplam kat sayısı 8'i aşmadığından ve eksenler merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayıları bütün katlarda $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağladığından (bina planda her iki ana eksene göre simetrik olduğundan bütün katlarda $\eta_{bi} = 1.0$ 'dir) , Yönetmelik 7.6.5.2'ye göre "Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi" ile itme analizi uygulanabilir.

Gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0.70 olması zorunludur.

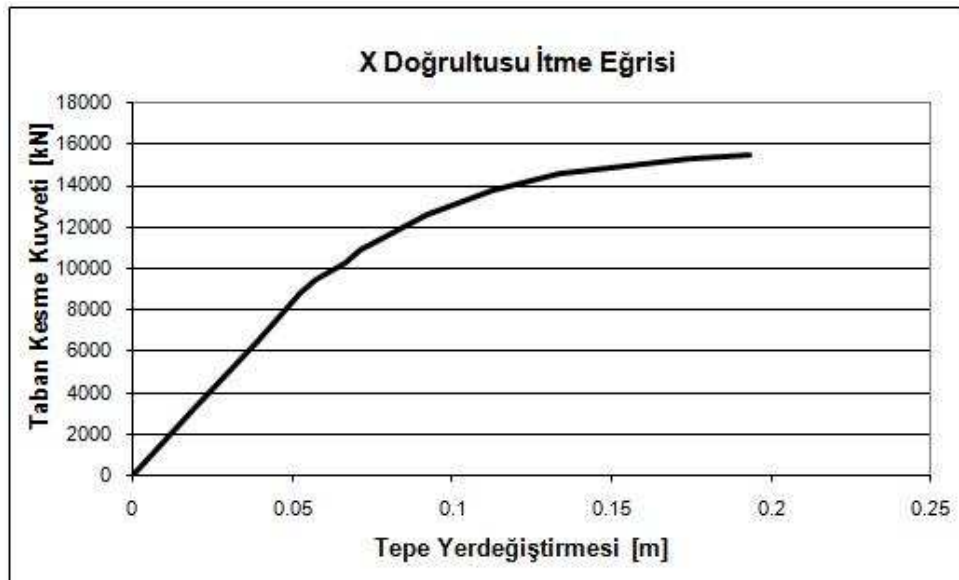
Çizelge 4.10 : Kütle katılım oranları

	Periyod	Etkin Kütle Oranları			
Mod	(s)	X Doğr.	Y Doğr.	Kontrol	
1	0.95	0	0.724	>	0.7
2	0.88	0.701	0	>	0.7

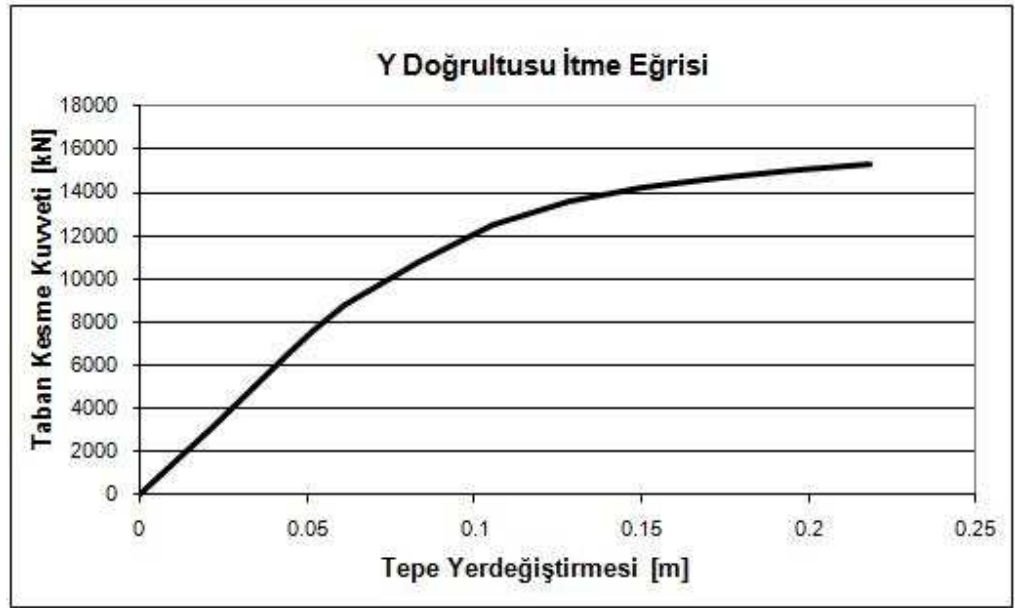
Her iki doğrultu için birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı 0.70'den büyüktür. Buna göre artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilir.

İtme Analizi

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılmıştır (Yönetmelik 7.6.5.3). Buna göre her iki doğrultuda birinci doğal titreşim modu ile orantılı olarak katlara gelen yükler altında yapılan itme analizinden elde edilen itme eğrileri aşağıdaki grafiklerde sunulmuştur.



Şekil 4.20 : X doğrultusu statik itme eğrisi



Şekil 4.21 : Y doğrultusu statik itme eğrisi

Modal Kapasite Diyagramlarının Elde Edilmesi

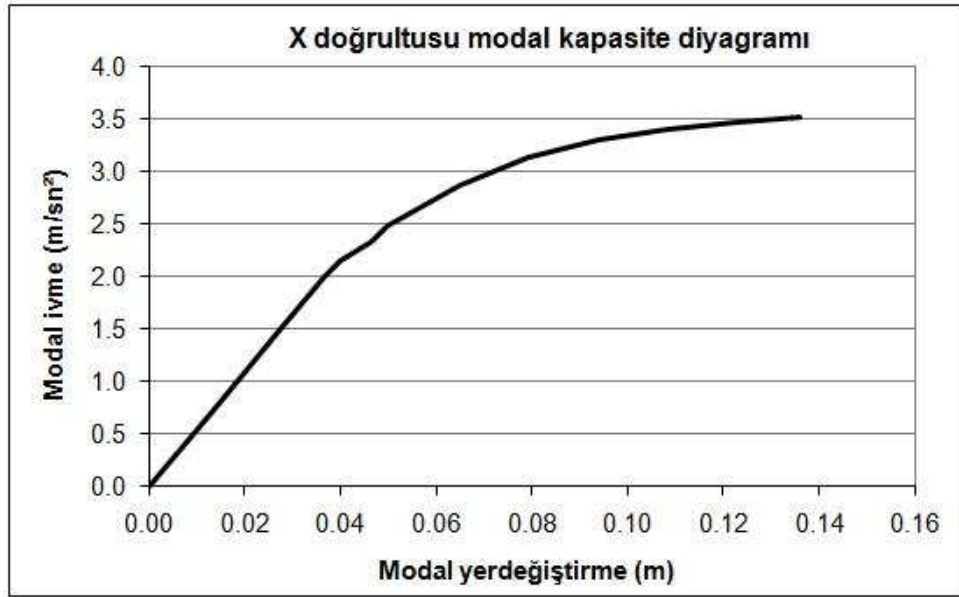
Her iki doğrultuda elde edilen statik itme eğrilerine koordinat dönüşümü uygulanarak, koordinatları birinci moda ait modal yerdeğiştirme ve modal ivme değerlerinden oluşan modal kapasite diyagramı Denklem (3.2) ve Denklem (3.3) den yararlanarak elde edilir. Denklemlerde yer alan, birinci (hakim) moda ait etkin kütle M_{x1} ve modal katkı çarpanı Γ_{x1} değerlerinin bulunmasına ilişkin hesap özeti Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

+X yönü için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{x1} &= 65.85 \\
 \Phi_{xN1} &= 0.0216 \\
 \Sigma M &= 6259 \times 10^3 \text{ kg (bina kütlesi)} \\
 \gamma_{x1} &= 70.12 \text{ (etkin kütle oranı)} \\
 M_{x1} &= 4390 \times 10^3 \text{ kg (etkin kütle)}
 \end{aligned}$$

Çizelge 4.11 : +X yönü modal kapasite diyagramının koordinatları

u^i_{xN1} (m)	V^i_{x1} (kN)	M_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}	a^i (m/s ²)	d^i (m)
0.000	0.0	4390.0	0.0216	65.85	0.000	0.000
0.019	3265.2	4390.0	0.0216	65.85	0.744	0.014
0.039	6530.4	4390.0	0.0216	65.85	1.488	0.027
0.052	8803.3	4390.0	0.0216	65.85	2.005	0.037
0.057	9477.2	4390.0	0.0216	65.85	2.159	0.040
0.066	10285.8	4390.0	0.0216	65.85	2.343	0.047
0.071	10928.0	4390.0	0.0216	65.85	2.489	0.050
0.092	12610.9	4390.0	0.0216	65.85	2.873	0.065
0.112	13788.4	4390.0	0.0216	65.85	3.141	0.079
0.133	14544.4	4390.0	0.0216	65.85	3.313	0.094
0.154	14981.0	4390.0	0.0216	65.85	3.413	0.108
0.174	15280.4	4390.0	0.0216	65.85	3.481	0.123
0.194	15494.8	4390.0	0.0216	65.85	3.530	0.136



Şekil 4.22 : X doğrultusu modal kapasite diyagramı

+Y yönü için modal kapasite diyagramının koordinatlarının hesabı aşağıda sunulmuştur.

$$\Gamma_{y1} = 66.90$$

$$\Phi_{yN1} = 0.021$$

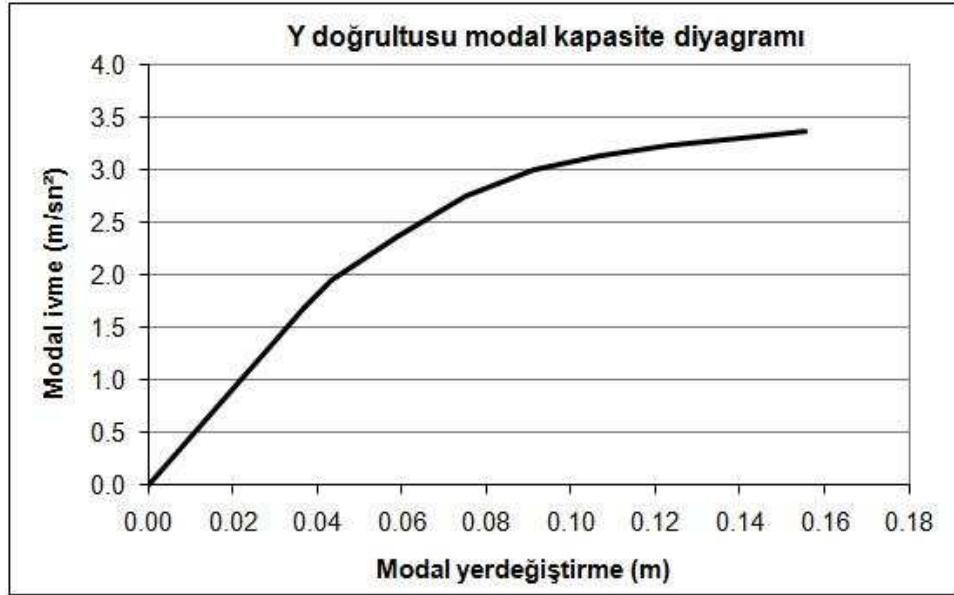
$$\Sigma M = 6259 \times 10^3 \text{ kg (bina kütlesi)}$$

$$\gamma_{y1} = 72.36 \text{ (etkin kütle oranı)}$$

$$M_{y1} = 4529 \times 10^3 \text{ kg (etkin kütle)}$$

Çizelge 4.12 : +Y yönü modal kapasite diyagramının koordinatları

u^i_{yN1} (m)	V^i_{y1} (kN)	M_{y1}	Φ_{yN1}	Γ_{y1}	a^i (m/s ²)	d^i (m)
0.000	0.0	4528.8	0.021	66.9	0.000	0.000
0.022	3221.1	4528.8	0.021	66.9	0.711	0.016
0.044	6442.2	4528.8	0.021	66.9	1.423	0.031
0.052	7644.3	4528.8	0.021	66.9	1.688	0.037
0.061	8841.2	4528.8	0.021	66.9	1.952	0.043
0.083	10782.1	4528.8	0.021	66.9	2.381	0.059
0.105	12472.6	4528.8	0.021	66.9	2.754	0.075
0.128	13623.3	4528.8	0.021	66.9	3.008	0.091
0.150	14244.9	4528.8	0.021	66.9	3.145	0.107
0.173	14672.4	4528.8	0.021	66.9	3.240	0.123
0.196	15012.0	4528.8	0.021	66.9	3.315	0.140
0.218	15307.1	4528.8	0.021	66.9	3.380	0.155



Şekil 4.23 : Y doğrultusu modal kapasite diyagramı

Modal Yerdeğiştirme İsteminin Hesabı

Her iki doğrultu için modal yerdeğiştirme istemleri aşağıdaki bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. (Yönetmelik 7.6.5.6)

$$d_1^{(p)} = S_{d11}$$

+X yönü için :

Yönetmelik 7C.1'e göre *doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme*, S_{di1} , aşağıdaki bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır.

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1}$$

Doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme:

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(\omega_1^{(1)})^2}$$

$$S_{ae1} = 6.95 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1^{(i)})^2 = 51.09$$

$S_{de1} = 0.136 \text{ m}$ şeklinde bulunur.

Yönetmelik 7C.2.1'e göre $T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun, ivme spektrumundaki karakteristik periyod T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda *spektral yerdeğiştirme* oranı :

$$T_1^{(1)} = 0.88\text{s} > T_B = 0.6\text{s} \text{ olduğu için,}$$

$$C_{R1} = 1$$

Dolayısıyla, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme :

$$S_{di1} = 1 \times 0.136 = 0.136 \text{ m}$$

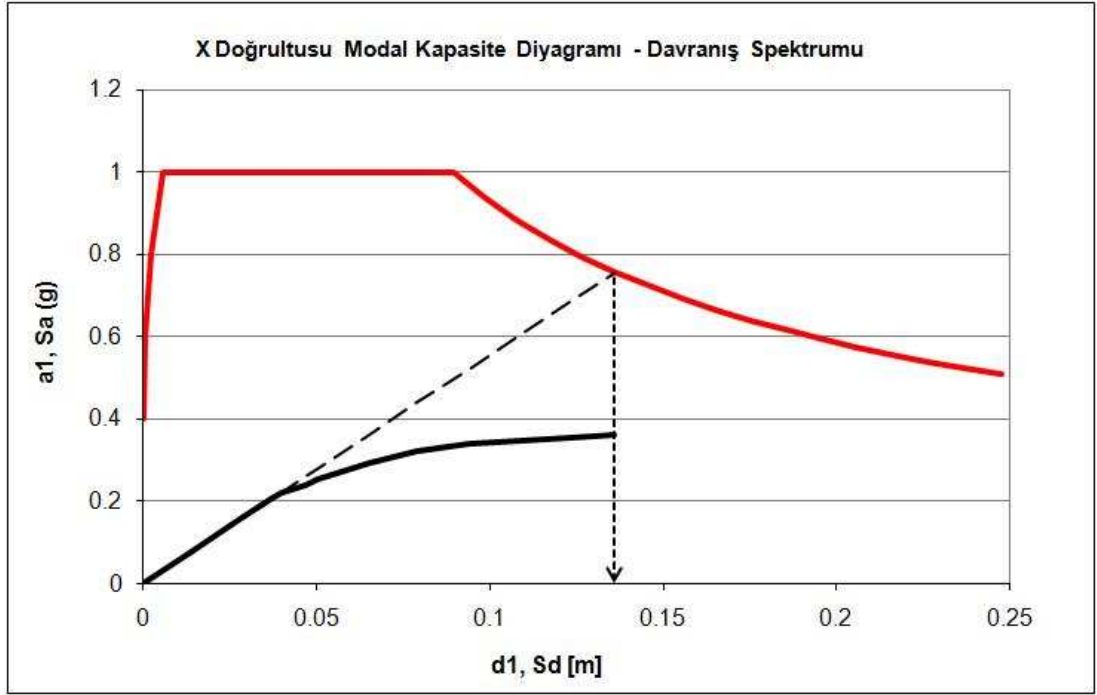
$$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.136 \text{ m bulunur.}$$

Yönetmelik 7.6.5.7'ye göre X deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi,

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)}$$

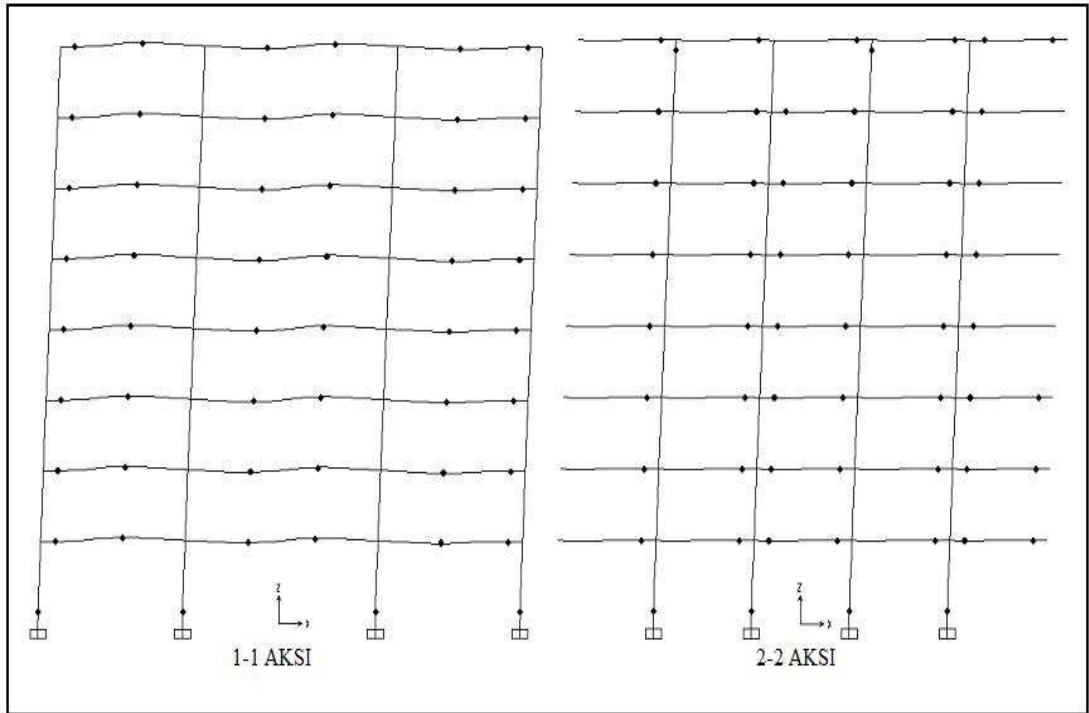
$$u_{xN1}^{(p)} = 0.0216 \cdot 65.85 \cdot 0.136 = 0.193 \text{ m}$$

Binanın +X yönünde tepe yerdeğiştirme istemi olan 0.193m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanır ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanır.



Şekil 4.24 : X doğrultusu modal kapasite diyagramı – davranış spektrumu

Aşağıda +X yönünde yapılan itme analizinde binanın tepe deplasman istemine ulaşıldığı adımda oluşan plastik kesitler görülmektedir.



Şekil 4.25 : +X yönü itme analizinde sistemde son adımda oluşan plastik mafsallar

+Y yönü için :

$$S_{ae1} = 6.75 \text{ m/s}^2$$

$$(\omega_1^{(i)})^2 = 43.43$$

$S_{de1} = 0.155 \text{ m}$ şeklinde bulunur.

$$T_1^{(1)} = 0.95s > T_B = 0.6s \text{ olduğu için,}$$

$$C_{R1} = 1$$

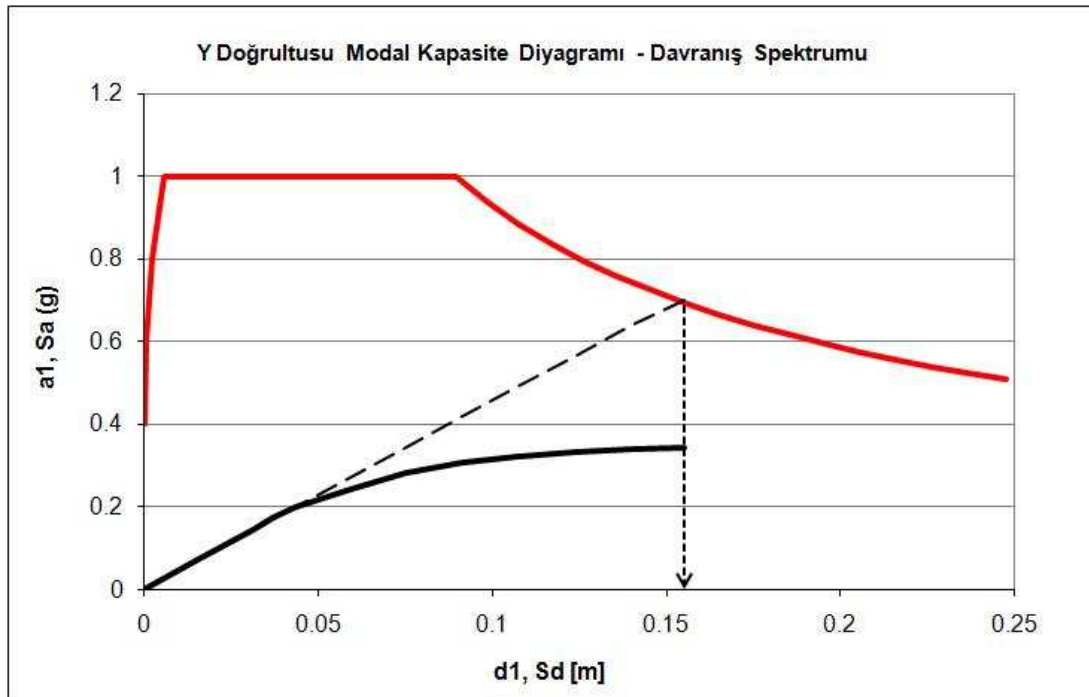
Dolayısıyla, doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme :

$$S_{di1} = 1 \times 0.155 = 0.155 \text{ m}$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} = 0.155 \text{ m bulunur.}$$

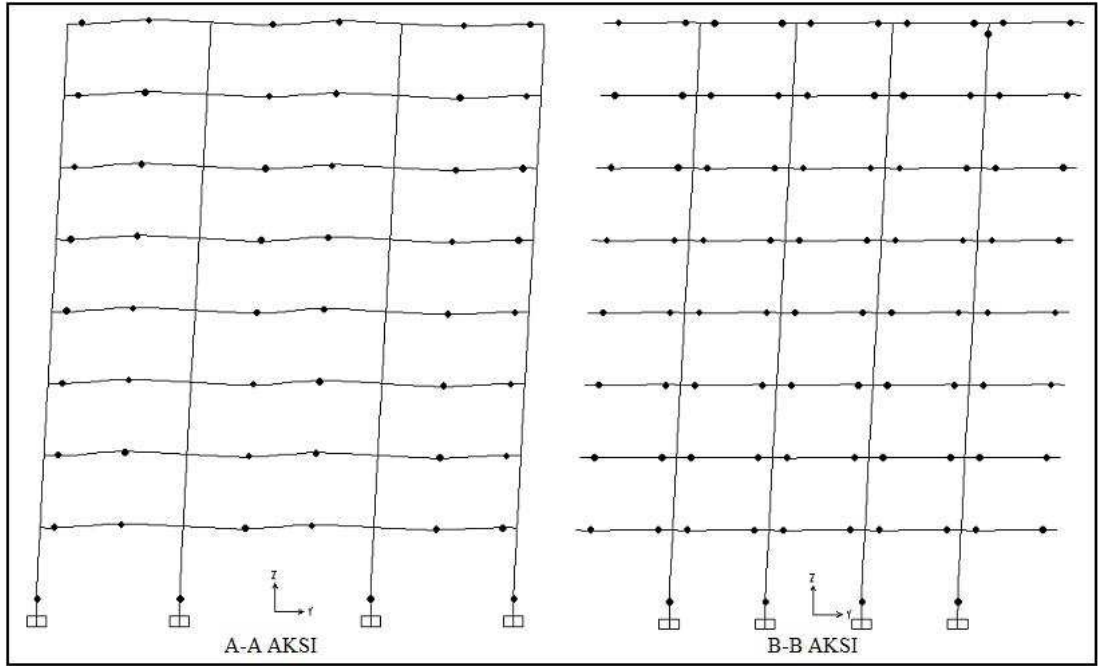
$$u_{yN1}^{(p)} = 0.0210 \cdot 66.90 \cdot 0.155 = 0.218 \text{ m}$$

Binanın +Y yönünde tepe yerdeğiştirme istemi olan 0.218m'ye eşit olana kadar itme analizi tekrarlanır ve bu değere karşılık gelen tüm istem büyüklükleri hesaplanır.



Şekil 4.26 : Y doğrultusu modal kapasite diyagramı – davranış spektrumu

Aşağıda +Y yönünde yapılan itme analizinde binanın tepe deplasman istemine ulaşıldığı adımda oluşan plastik kesitler görülmektedir.



Şekil 4.27 : +Y yönü itme analizinde sistemde son adımda oluşan plastik mafsallar

4.3.3.3 Kirişler İçin Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Hesabı

Her iki doğrultuda yapılan itme analizi sonucunda kirişlerde oluşan plastik mafsallara ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşı gelen plastik eğrilik istemleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır, Denklem (3.12).

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{l_p}$$

Eşdeğer akma eğriliği ϕ_y , Priestley formülü yardımıyla hesaplanır, [33].

$$\phi_y = \frac{2.1\epsilon_{sy}}{h} \quad (4.9)$$

Eşdeğer akma eğriliği plastik eğrilik istemine eklenerek toplam eğrilik istemi elde edilir, Denklem (3.13).

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p$$

İlgili kesite ait kesit analizinden elde edilen moment-eğrilik ilişkisine gidilerek toplam eğrilik istemine karşı gelen beton ve donatı çeliğine ait birim şekil

değiştirmeler elde edilmiştir. Elde edilen birim şekil değiştirmeler daha sonra birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak hasar durumu belirlenmiştir.

Kirişlere ait birim şekil değiştirme istemlerinin ve hasar durumlarının belirlenmesi aşağıdaki örnek hesap ile daha ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

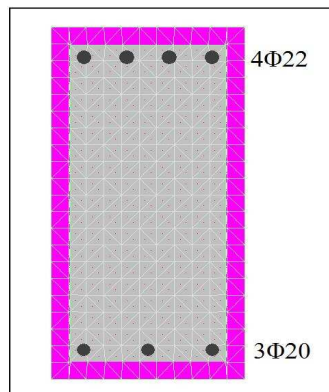
Kiriş İçin Birim şekildeğiştirme rnek Hesabı

Plastik mafsalların kesit hasar bölgelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan eğilme momenti - eğrilik analizleri kesit analiz programı XTRACT ile yapılmıştır. Analiz modelinde örnek olarak seçilen, şekil 4.8’de geometrisi ve donatı detayı verilen K132 kirişi ile şekil 4.9’da geometrisi ve donatı detayı verilen K128 kirişlerinin beton malzeme modeli için Mander beton modeli kullanılmıştır. Donatıeliğinde ise pekleşmeyi de gözönüne alan model kullanılmıştır.

Beton malzeme modelinde beton ezilme birim kısalması $\epsilon_{cu} = 0.004$, beton dağılma birim kısalması $\epsilon_c = 0.005$, maksimum gerilmeye karşılık gelen birim kısalması $\epsilon_{co} = 0.002$, sargısız beton dayanımı $f_{co} = 30$ MPa olarak alınmıştır. Sargılı beton için maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi $\epsilon_{cu} = 0.02$, sargılı beton dayanımı $f_{cc} = 34.61$ MPa bulunmuştur.

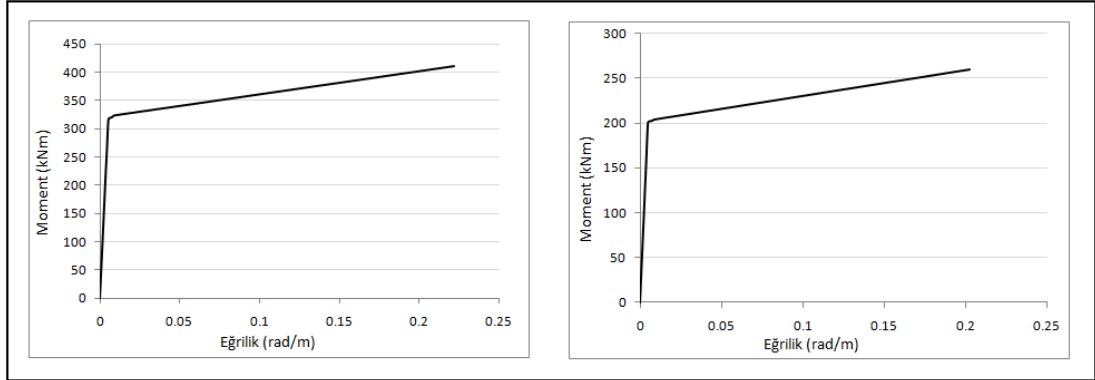
elik modelinde ise, S420eliği için akma birim uzaması $\epsilon_{sy} = 0.0021$, pekleşme başlangıcındaki birim uzama $\epsilon_{sy} = 0.008$, kopma birim uzaması, $\epsilon_{su} = 0.1$, donatıeliği akma dayanımı $f_{sy} = 420$ MPa, kopma dayanımı $f_{su} = 550$ MPa kullanılmıştır.

K132 Kirişi İçin rnek Hesap



şekil 4.28 : Eğilme analizi kiriş modeli (30x60), 4Φ22(st donatı), 3Φ20(alt donatı)

Yukarıda tanımlanan malzeme modelleri kullanılarak kesitin pozitif ve negatif eğilme yönleri için elde edilen moment-eğrilik diyagramları aşağıdaki şekillerde görülmektedir



Şekil 4.29 : K132 örnek kiriş için (a)negatif (altta basınç üstte çekme) ve (b)pozitif (altta çekme üstte basınç) moment-eğrilik ilişkileri ve idealizasyonları

Program yardımıyla bulunan bu diyagramlar, sayısal hesaplamalar neticesinde elde etmek istenirse;

Negatif (altta basınç üstte çekme durumu)

$$F_c + F_s' = F_s$$

$$\frac{1}{2}bx \frac{x}{d-x} \varepsilon_y E_c + A_s' \frac{x-d'}{d-x} \varepsilon_y E_s = A_s f_y$$

$$\frac{1}{2}300x \frac{x}{550-x} 0.0021 \times 30 \times 10^3 + 942 \frac{x-50}{550-x} 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 1520 \times 420$$

$x = 151mm$ bulunur.

$$\sigma_c = \frac{x}{d-x} \varepsilon_y E_c = \frac{151}{550-151} \times 0.0021 \times 30 \times 10^3 = 24 MPa$$

$$\sigma_s' = \frac{x-d'}{d-x} \varepsilon_y E_s = \frac{151-50}{550-151} \times 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 106 < f_y = 420MPa$$

$$M_y = \frac{1}{2} \sigma_c b x \left(d - \frac{x}{3} \right) + A_s' \sigma_s' (d - d')$$

$$M_y = \frac{1}{2} \times 24 \times 300 \times 151 \left(550 - \frac{151}{3} \right) + 942 \times 106 (550 - 50)$$

$$M_y = 293 \times 10^6 Nmm$$

$$\phi_y h = \frac{\varepsilon_y}{d-x} h = \frac{0.0021}{0.550-0.151} 0.6 = 3.157 \times 10^{-3} m/m$$

Bu şekil değıştirme durumunda kesitin orta seviyesindeki birim uzama

$$\varepsilon_{\text{eksenel } y \text{ uzama}} = \varepsilon_y \frac{0.5h - x}{d - x} = 0.0021 \times \frac{300 - 151}{550 - 151} = 0.78 \times 10^{-3} m/m$$

olarak bulunur. Bu şekil değıştirme durumu yaklaşık olarak eğilme momenti-eğrilik değışiminde plastik şekil değıştirmelerin başlangıcı olarak kabul edilebilir.

Pozitif (altta çekme üstte basınç durumu)

$$\frac{1}{2} 300x \frac{x}{550 - x} 0.0021 \times 30 \times 10^3 + 1520 \frac{x - 50}{550 - x} 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 942 \times 420$$

$x = 117mm$ bulunur.

$$\sigma_c = \frac{x}{d - x} \varepsilon_y E_c = \frac{117}{550 - 117} \times 0.0021 \times 30 \times 10^3 = 17 MPa$$

$$\sigma'_s = \frac{x - d'}{d - x} \varepsilon_y E_s = \frac{117 - 50}{550 - 117} \times 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 65 < f_y = 420 MPa$$

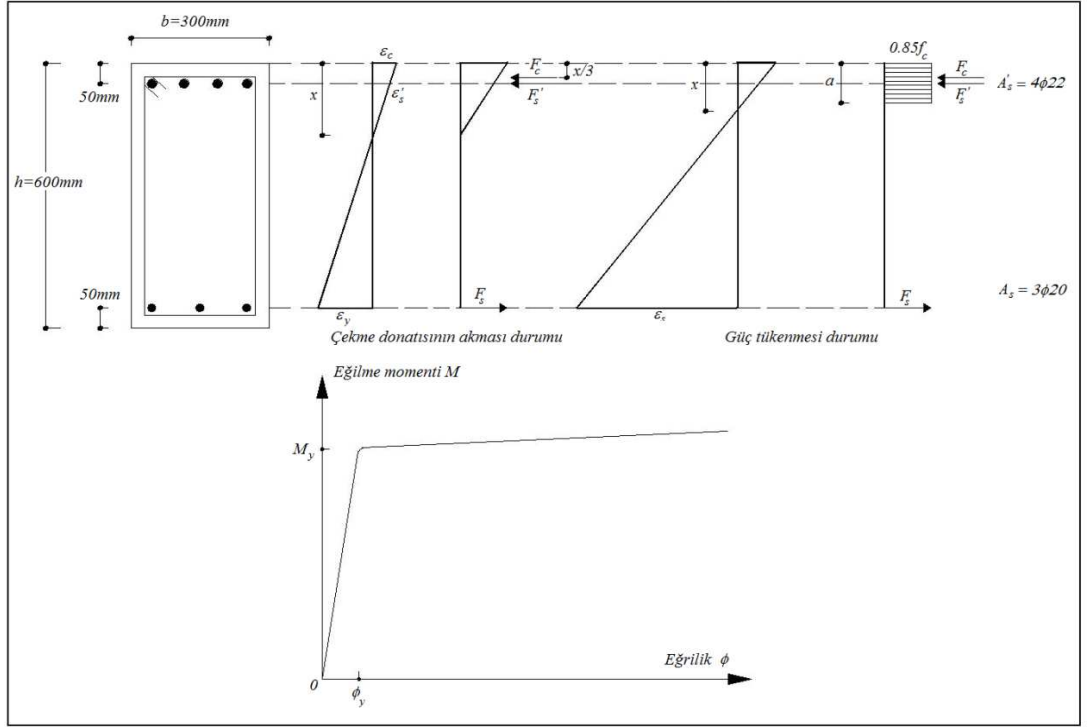
$$M_y = \frac{1}{2} \times 17 \times 300 \times 117 \left(550 - \frac{117}{3} \right) + 1520 \times 65 (550 - 50)$$

$$M_y = 187 \times 10^6 Nmm$$

$$\phi_y h = \frac{0.0021}{0.550 - 0.117} 0.6 = 2.909 \times 10^{-3} m/m$$

$$\varepsilon_{\text{eksenel } y \text{ uzama}} = 0.0021 \times \frac{300 - 117}{550 - 117} = 1.00 \times 10^{-3} m/m$$

olarak bulunur. Bu şekil değıştirme durumu yaklaşık olarak eğilme momenti-eğrilik değışiminde plastik şekil değıştirmelerin başlangıcı olarak kabul edilebilir.



Şekil 4.30 : Basit eğilmede kesitte çekme donatısının akması ve güç tükenmesine erişme durumları

Görüldüğü üzere hesaplanan moment-eğrilik ilişkisi, Şekil 4.29’da gösterilen program sonuçlarına oldukça yakın değerler almaktadır.

Statik itme analizi sonucunda K132 kirişinin sol ucu için elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsallara bölünerek plastik eğrilik istemi bulunur. Plastik mafsallara boyu olarak, çalışan doğrultudaki enkesit yüksekliğinin yarısı alınır.

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

$$l_p = 60 / 2 = 30 \text{ cm}$$

+Y yönünde itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme istemi :

$$\theta_p = 0.00565 \text{ radyan}$$

$$\theta_p / l_p = 0.0188 \text{ rad / m}$$

Hesaplanan eğrilik, akma eğriliği ile toplanarak toplam eğrilik istemi elde edilir. Akma eğriliğinin hesabı için Denklem (4.9) da verilen Priestley formülü kullanılır.

$$\phi_y = \frac{2.1\epsilon_{sy}}{h} = \frac{2.1 \times 0.0021}{0.6} = 0.00735 \text{ rad / m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.0262 \text{ rad / m}$$

Yapılan eğilme momenti - eğrilik analizi sonucunda, bulunan toplam eğriliklerden, beton basınç birim şekildeğiştirmesi ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme değerleri elde edilir.

$$\varepsilon_c = 0.00188 \quad , \quad \varepsilon_s = 0.0122$$

Bu istem değerleri kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak sünek davranışa ilişkin kesit hasar bölgeleri belirlenir.

$$\varepsilon_c = 0.00188 < (\varepsilon_c)_{MN} = 0.0035$$

$$(\varepsilon_s)_{MN} = 0.01 < \varepsilon_s = 0.0122 < (\varepsilon_s)_{GV} = 0.04$$

Buna göre, kesit hasar bölgesi *belirgin hasar bölgesi* olarak belirlenir.

Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{f_{cm}}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{cm} b_w d = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 600 = 179.4 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı : Enine donatı 2φ10/10 cm

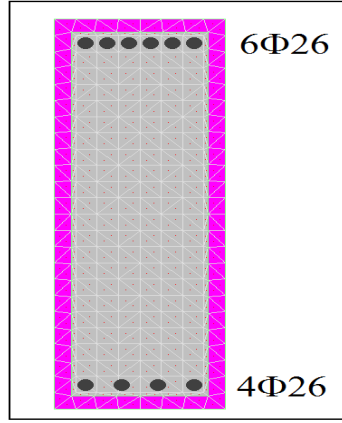
$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 157 \cdot 420 \cdot [(600-30) / 100] = 375.8 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V = 116 \text{ kN}$ (Y yönü itme analizinden)

$$V_r = V_c + V_s = 179.4 + 375.8 = 555.2 > 116 \text{ kN}$$

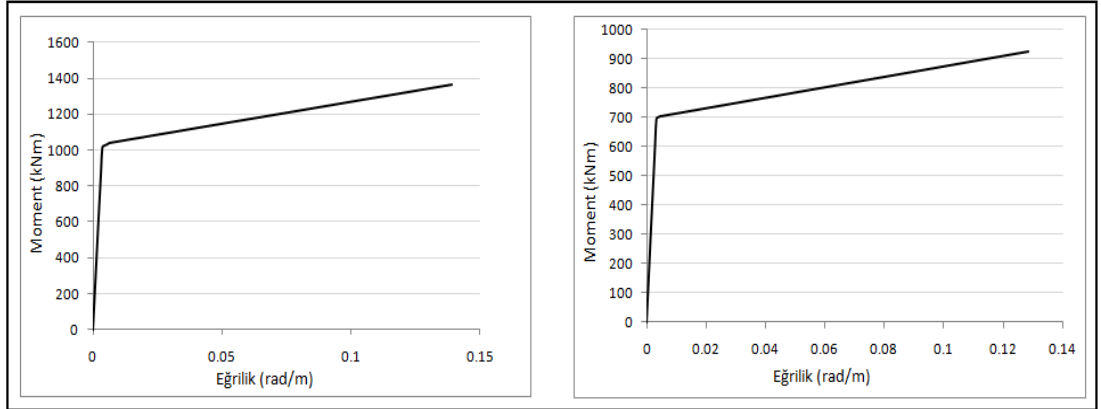
Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

K128 Kirişi İçin Örnek Hesap



Şekil 4.31 : Eğilme analizi kiriş modeli (30x90), 6Φ26(üst donatı), 4Φ26(alt donatı)

Yukarıda tanımlanan malzeme modelleri kullanılarak kesitin pozitif ve negatif eğilme yönleri için elde edilen moment-eğrilik diyagramları aşağıdaki şekillerde görülmektedir. İdealleştirme, orijinal diyagramın ve idealleştirilmiş diyagramların altında kalan alanlar eşit olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.32 : K128 örnek kiriş için (a)negatif (altta basınç üstte çekme) ve (b)pozitif (altta çekme üstte basınç) moment-eğrilik ilişkileri ve idealizasyonları

Program yardımıyla bulunan bu diyagramlar, sayısal hesaplamalar neticesinde elde etmek istenirse;

Negatif (altta basınç üstte çekme durumu)

$$F_c + F_s' = F_s$$

$$\frac{1}{2} 300x \frac{x}{847 - x} 0.0021 \times 30 \times 10^3 + 2123 \frac{x - 53}{847 - x} 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 3185 \times 420$$

$x = 255mm$ bulunur.

$$\sigma_c = \frac{x}{d-x} \varepsilon_y E_c = \frac{255}{847-255} \times 0.0021 \times 30 \times 10^3 = 20 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_s = \frac{x-d'}{d-x} \varepsilon_y E_s = \frac{255-53}{847-255} \times 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 143 < f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \times 20 \times 300 \times 255 \left(857 - \frac{255}{3} \right) + 2123 \times 143(847-53)$$

$$M_y = 832 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\phi_y h = \frac{\varepsilon_y}{d-x} h = \frac{0.0021}{0.847-0.255} 0.9 = 3.192 \times 10^{-3} \text{ m/m}$$

$$\varepsilon_{\text{eksenel y uzama}} = 0.0021 \times \frac{450-255}{847-255} = 0.69 \times 10^{-3} \text{ m/m}$$

Pozitif (altta çekme üstte basınç durumu)

$$\frac{1}{2} 300x \frac{x}{847-x} 0.0021 \times 30 \times 10^3 + 3185 \frac{x-53}{847-x} 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 2123 \times 420$$

$x = 200 \text{ mm}$ bulunur.

$$\sigma_c = \frac{x}{d-x} \varepsilon_y E_c = \frac{200}{847-200} \times 0.0021 \times 30 \times 10^3 = 19.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_s = \frac{x-d'}{d-x} \varepsilon_y E_s = \frac{200-53}{847-200} \times 0.0021 \times 200 \times 10^3 = 95 < f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$M_y = \frac{1}{2} \times 19.5 \times 300 \times 200 \left(857 - \frac{200}{3} \right) + 3185 \times 95(847-53)$$

$$M_y = 6978 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\phi_y h = \frac{\varepsilon_y}{d-x} h = \frac{0.0021}{0.847-0.200} 0.9 = 2.921 \times 10^{-3} \text{ m/m}$$

$$\varepsilon_{\text{eksenel y uzama}} = 0.0021 \times \frac{450-200}{847-200} = 0.81 \times 10^{-3} \text{ m/m}$$

Görüldüğü üzere hesaplanan moment-eğrilik ilişkisi, Şekil 4.32'de gösterilen program sonuçlarına oldukça yakın değerler almaktadır.

Statik itme analizi sonucunda K128 kirişinin sol ucu için elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsalsal boyuna bölünerek plastik eğrilik istemi bulunur. Plastik mafsalsal boyu olarak, çalışan doğrultudaki enkesit yüksekliğinin yarısı alınır.

$$b = 30 \text{ cm} , h = 90 \text{ cm} \quad l_p = 90 / 2 = 45 \text{ cm}$$

+Y yönünde itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme istemi :

$$\theta_p = 0.00672 \text{ radyan}$$

$$\theta_p / l_p = 0.01484 \text{ rad / m}$$

$$\phi_y = 0.00490 \text{ rad / m}$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.01984 \text{ rad / m}$$

Yapılan eğilme momenti - eğrilik analizi sonucunda, bulunan toplam eğriliklerden, beton basınç birim şekildeğiştirmesi ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme değerleri elde edilir.

$$\epsilon_c = 0.01499 \quad , \quad \epsilon_s = 0.01450$$

Bu istem değerleri kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak sünek davranışa ilişkin kesit hasar bölgeleri belirlenir.

$$(\epsilon_c)_{GV} = 0.0135 < \epsilon_c = 0.01499 < (\epsilon_c)_{GC} = 0.018$$

$$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01 < \epsilon_s = 0.01450 < (\epsilon_s)_{GV} = 0.04$$

Kesitte donatı şekil değiştirmesi belirgin hasar bölgesinde kalırken, beton şekildeğiştirmesi ileri hasar bölgesine geçmektedir.

Buna göre, kesit hasar bölgesi *ileri hasar bölgesi* olarak belirlenir.

Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{f_{cm}}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{cm} b_w d = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 900 = 269.15 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı : Enine donatı 2 ϕ 14/10 cm

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 307.8 \cdot 420 \cdot [(900-30) / 100] = 1124.7 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V = 507 \text{ kN}$ (Y yönü itme analizinden)

$$V_r = V_c + V_s = 269.4 + 1124.7 = 1394.1 > 507 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

4.3.3.4 Kolonlar ve perdeler için birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı

Her iki doğrultuda yapılan itme analizi sonucunda kolonlarda oluşan plastik kesitlere ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen plastik eğrilik istemleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır, Denklem (3.12).

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{l_p}$$

l_p boyu olarak, ilgili kolonun itme analizi doğrultusundaki boyunun yarısı alınmıştır. (Yönetmelik 7.6.4.1). Örneğin 50x50 kare kolonun her iki doğrultuda da çalışan boyut 50cm olduğundan $l_p = 50/2 = 25$ cm olarak dikkate alınmıştır. P3 Perdesinde (30x450 cm) ise +Y yönünde itme analizinde çalışan boyut 450 cm olduğundan $l_p = 450/2 = 225$ cm olarak dikkate alınmıştır.

Eşdeğer akma eğriliği ϕ_y , Priestley formülü yardımıyla hesaplanır, Denklem (4.9)

$$\phi_y = \frac{2.1\epsilon_{sy}}{h}$$

Eşdeğer akma eğriliği plastik eğrilik istemine eklenerek toplam eğrilik istemi elde edilir, Denklem (3.13).

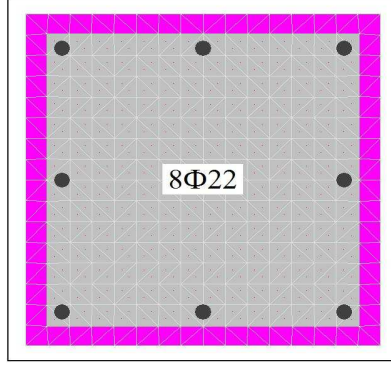
$$\phi_t = \phi_y + \phi_p$$

Kesitte hasar durumunun pratik bir yolla belirlenmesi için Yönetmelik (7.6.9)'da tanımlanan kesit birim şekil değiştirme kapasitelerine karşı gelen normal kuvvet – toplam eğrilik diyagramları kullanılmıştır.

Her normal kuvvet seviyesi için yukarıda belirtilen Mander beton modeli kullanılarak moment – eğrilik ilişkileri elde edilmiştir. Kesit analizi yapılan programa (XTRACT) performans düzeylerine göre izin verilen şekil değiştirme sınırları tanımlanarak ilgili kesitin, bu sınırlara karşılık gelen normal kuvvet – toplam eğrilik diyagramları elde edilir. Analiz sonucunda bulunan normal kuvvet – toplam eğrilik istemi değerleri bu diyagram üzerine yerleştirilerek kesitlerin hasar bölgeleri belirlenmiştir.

Kolon İçin Birim Şekildeğiştirme Örnek Hesabı

Şekil 4.5'te geometrisi ve donatısı verilen S111 kolonu için yukarıda belirtilen beton ve donatı çeliği modelleri kullanılmıştır. Enine donatı ile çevrelenen beton için sargılı ve kabuk betonu için ise sargısız beton modelleri kullanılmıştır.



Şekil 4.33 : Eğilme analizi kolon modeli (50x50 cm), 8Φ22

Toplam eğrilik hesabı :

Y doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 0.5 m'dir, dolayısıyla $l_p = 0.5/2 = 0.25\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.00236 \text{ rad}$

Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.00236 / 0.25 = 0.00945 \text{ rad/m}$

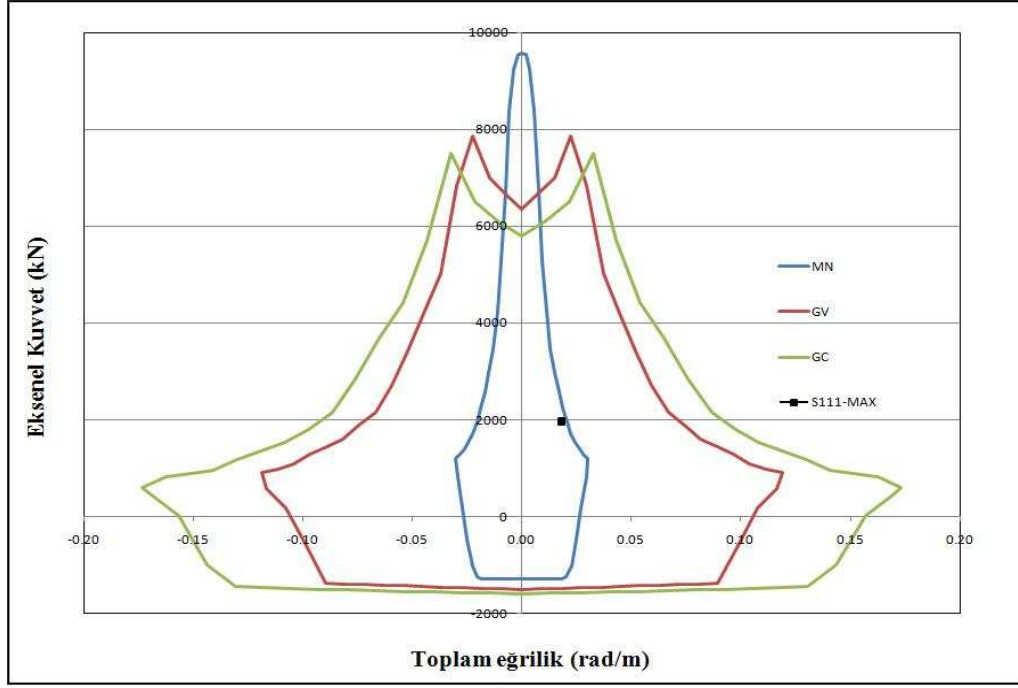
Örnek kolon için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 1965 \text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00882 \text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.00945 + 0.00882 = 0.01827 \text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.

Bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik Şekil 4.34'te gösterilmiştir.



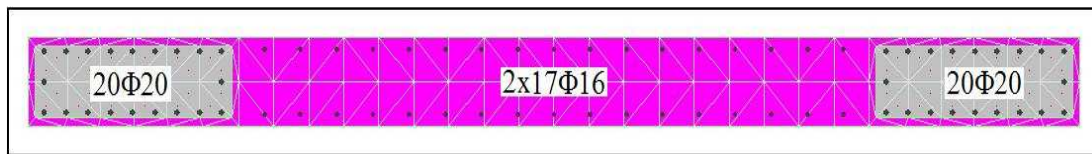
Şekil 4.34 : Örnek seçilen S111 kolonuna ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

S111 kolon kesiti için eksenel yük istemine karşı gelen toplam eğrilik MN ile gösterilen minimum hasar durumu için çizilen diyagram içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu kolonun alt ucundaki plastik kesit *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir. (Yönetmelik 7.3.3)

Perde İçin Birim Şekildeğiştirme Örnek Hesabı

P103 Perdesi Örnek Hesap

Şekil 4.14'te geometrisi ve donatı detayı verilen P103 perdesi için hesap yapılmıştır. Kolonlar için kullanılan malzeme modelleri perdeler için de kullanılmıştır. Perde uç bölgelerinde enine donatı ile çevrelenen beton için sargılı ve perde gövdesi ile kabuk betonu için ise sargısız beton modelleri kullanılmıştır.



Şekil 4.35 : Eğilme analizi perde modeli (30x450 cm)

Toplam eğrilik hesabı :

Y doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 4.5m'dir, dolayısıyla $l_p = 4.5/2 = 2.25\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.00559\text{ rad}$

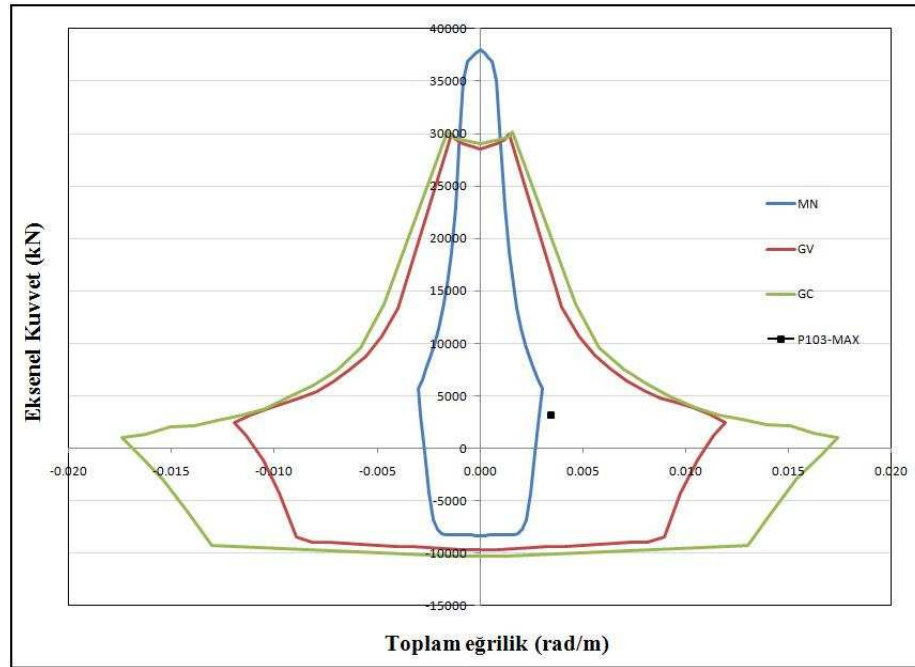
Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.00559 / 2.25 = 0.00248\text{ rad/m}$

Örnek perde için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 3160\text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00098\text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.00248 + 0.00098 = 0.00346\text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.

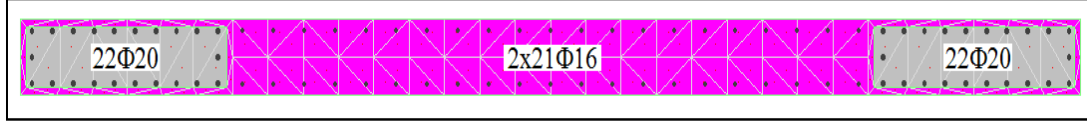


Şekil 4.36 : Örnek seçilen P103 perdesine ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik MN ile GV hasar durumları için çizilen diyagramların içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu perdenin alt ucundaki plastik kesit *Belirgin Hasar Bölgesi*'ndedir. (Yönetmelik 7.3.3)

P107 Perdesi İçin Örnek Hesap

Şekil 4.18’de geometrisi ve donatı detayı verilen P107 perdesi için hesap yapılmıştır. Kolonlar için kullanılan malzeme modelleri perdeler için de kullanılmıştır. Perde uç bölgelerinde enine donatı ile çevrelenen beton için sargılı ve perde gövdesi ile kabuk betonu için ise sargısız beton modelleri kullanılmıştır.



Şekil 4.37 : Eğilme analizi perde modeli (30x550 cm)

Toplam eğrilik hesabı :

X doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 5.5m’dir, dolayısıyla $l_p = 5.5/2 = 2.75\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.00578 \text{ rad}$

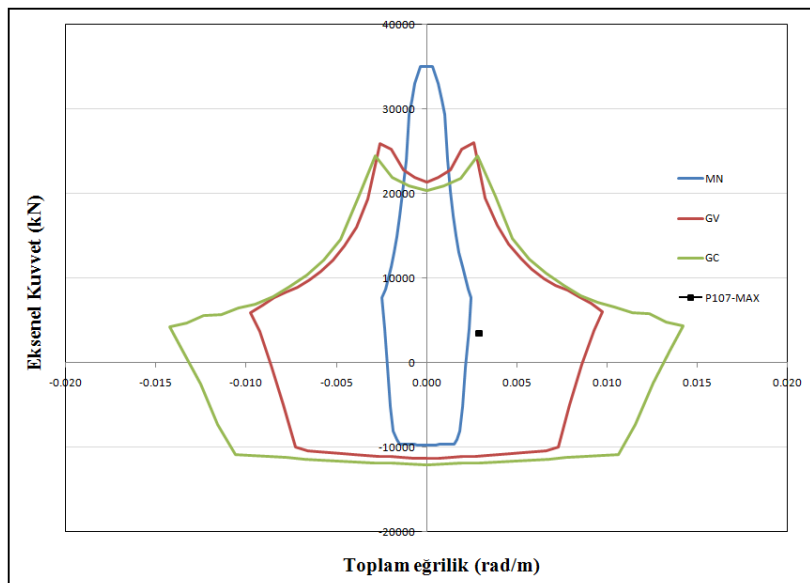
Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.00578 / 2.75 = 0.0021 \text{ rad/m}$

Örnek perde için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 3518 \text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00080 \text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.0021 + 0.00080 = 0.0029 \text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.



Şekil 4.38 : Örnek seçilen P107 perdesine ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik MN ile GV hasar durumları için çizilen diyagramların içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu perdenin alt ucundaki plastik kesit *Belirgin Hasar Bölgesi*'ndedir. (Yönetmelik 7.3.3)

Kolonda Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 1964.7 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{ctm} b_w d [(A_c + \gamma N) / A_c]$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 500 \cdot [(250000 + 0.07 \cdot 1964700) / 250000] = 386.3 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı (4φ10/10) :

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 314 \cdot 420 \cdot [(500-35) / 100] = 613.2 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V = 162.5 \text{ kN}$

$$V_t = V_c + V_s = 386.3 + 613.2 = 999.5 \text{ kN} > 162.5 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

Perdede Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

P103 Perdesi için örnek hesap

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 3159.95 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{ctm} b_w d [(A_c + \gamma N) / A_c]$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 4500 \cdot [(1350000 + 0.07 \cdot 3159950) / 1350000] = 1566.3 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı ($2\phi 14/10$) :

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 308 \cdot 420 \cdot [2700 / 100] = 3492.7 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V = 3440 \text{ kN}$

$$V_t = V_c + V_s = 1566.3 + 3492.7 = 5059 \text{ kN} > 3440 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

P107 Perdesi için örnek hesap

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 3518 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 5500 \cdot [(1650000 + 0.07 \cdot 3518000) / 1650000] = 1890.3 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı ($2\phi 14/10$) :

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 308 \cdot 420 \cdot [3300 / 100] = 4268.8 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti istemi $V = 3243 \text{ kN}$

$$V_t = V_c + V_s = 1890.3 + 4268.8 = 6159.1 \text{ kN} > 3243 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

4.3.3.5 Bina performans değerlendirmesi

Tüm örnek hesaplar 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için yapılmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %2'lik deprem için de %10'luk depremin 1.5 katı alınarak hesap yapılmış, tezin metin kısmını kısa tutmak amacıyla sonuçlar tablo halinde özetlenmiştir. Her iki deprem durumunda hesaplanan kesit hasar durumları ayrıntılı şekilde ek halinde verilmiştir.

Çizelge 4.13 : +X Yönü Depremde Kiriş Hasar Seviyeleri (EDYY)

EDYY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kiriş Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	26	6	19	1		23%	73%	4%		24		2		92%		8%	
7.K (+21.50)	26	7	18	1		27%	69%	4%		24		2		92%		8%	
6.K (+18.50)	26	14	11	1		54%	42%	4%		24		2		92%		8%	
5.K (+15.50)	26	15	10	1		58%	38%	4%		24		2		92%		8%	
4.K (+12.50)	26	14	12			54%	46%			24		2		92%		8%	
3.K (+9.50)	26	13	12	1		50%	46%	4%		24		2		92%		8%	
2.K (+6.50)	26	11	13	2		42%	50%	8%		24		2		92%		8%	
1.K (+3.50)	26		24	2			92%	8%		24		2		92%		8%	
TOPLAM	208	80	119	9	0	40%	57%	3%	0%	0	192	0	16	0%	92%	0%	8%

a) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 9 (3%) adet kirişte İleri Hasar olduğu, 119 (57%) adet kirişte Belirgin Hasar olduğu, geri kalan kirişlerde ise Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
- İleri Hasar alan kirişlerin (30/90) kesitinde, iki perde arasında kalan kirişler olduğunu, ileri hasar almalarının sebebinin ise bu kirişlerde fazla moment oluşması şeklinde açıklanabilir.

b) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 16 (8%) adet kirişin Göçme Bölgesi hasar durumuna geçtiği geri kalan 192 (92%) kirişte Belirgin Hasar olduğu belirlenmiştir.
- Bu deprem altında Göçme Bölgesine geçen kirişlerin 30/90 kesitinde perde arasında kirişler olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.14 : +X Yönü Depremde Kolon Hasar Seviyeleri (EDYY)

EDYY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kolon Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	20	20				100%				20				100%			
7.K (+21.50)	20	20				100%				20				100%			
6.K (+18.50)	20	20				100%				20				100%			
5.K (+15.50)	20	20				100%				20				100%			
4.K (+12.50)	20	20				100%				20				100%			
3.K (+9.50)	20	20				100%				20				100%			
2.K (+6.50)	20	20				100%				20				100%			
1.K (+3.50)	20	20				100%				20				100%			
TOPLAM	160	160	0	0	0	100%	0%	0%	0%	140	20	0	0	88%	12%	0%	0%

- a) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz
- Kolonların tamamı Minimum Hasar bölgesindedir.
 - Perdelerde, +X yönü itme analizinde çalışan kesiti 550cm olan (30/550) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/450cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.
- b) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz
- Kolonlarda, sadece 1.kat kolonları Belirgin Hasar Bölgesinde diğer kolonlar Minimum Hasar Bölgesindedir. En alt kat kolonlarının Belirgin Hasar Bölgesinde olması beklenmekle birlikte bu kat kolonlarının alt ucunda oluşan momentin fazla olması da bu duruma etken gösterilebilir. Aynı şekilde üst kat kolonlarında donatı alanının azalması, kolon kesit küçülmesi veya ani kat yüksekliği artışı gibi etkenler bulunmadığından Minimum Hasar Bölgesinde kalması beklenen bir durum olarak gösterilebilir.
 - Perdelerde, +X yönü itme analizinde çalışan kesiti 550cm olan (30/550) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/450cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.

Sonuç olarak;

- Tasarım depremi altında +X yönü itme analizi sonucunda binanın performans düzeyi **Can Güvenliği** olarak belirlenmekte ve hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'ni sağlayamamaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında bina performans düzeyinin, Göçme Bölgesine geçen kirişler göz ardı edildiğinde hedeflenen *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı ancak bu kirişler dikkate alındığında **Göçme Öncesi Performans Düzeyi**'ni sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.15 : +Y Yönü Depremde Kiriş Hasar Seviyeleri (EDYY)

EDYY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kiriş Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	26	9	15	2			58%	8%		24		2		92%		8%	
7.K (+21.50)	26	5	19	2		19%	73%	8%		24		2		92%		8%	
6.K (+18.50)	26	9	16	1		35%	61%	4%		24		2		92%		8%	
5.K (+15.50)	26	6	19	1		23%	73%	4%		24		2		92%		8%	
4.K (+12.50)	26	6	19	1		23%	73%	4%		24		2		92%		8%	
3.K (+9.50)	26	8	17	1		31%	65%	4%		24		2		92%		8%	
2.K (+6.50)	26	10	15	1		38%	58%	4%		24		2		92%		8%	
1.K (+3.50)	26		24	2			92%	8%		24		2		92%		8%	
TOPLAM	208	53	144	11		26%	69%	5%		192		16		92%		8%	

a) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 11 (5%) adet kirişte İleri Hasar olduğu, 144 (69%) adet kirişte Belirgin Hasar olduğu, geri kalan kirişlerde ise Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
- İleri Hasar alan kirişlerin (30/90) kesitinde, iki perde arasında kalan kirişler olduğunu, ileri hasar almalarının sebebini ise bu kirişlerde fazla moment oluşması şeklinde açıklanabilir.

b) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 16 (8%) adet kirişin Göçme Bölgesi hasar durumuna geçtiği geri kalan 192 (92%) kirişte Belirgin Hasar olduğu belirlenmiştir.
- Bu deprem altında Göçme Bölgesine geçen kirişlerin 30/90 kesitinde perde arasında kirişler olduğunu belirtmek gerekir.

Çizelge 4.16 : +Y Yönü Depremde Kolon Hasar Seviyeleri (EDYY)

EDYY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kolon Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	20	20				100%				20				100%			
7.K (+21.50)	20	20				100%				20				100%			
6.K (+18.50)	20	20				100%				20				100%			
5.K (+15.50)	20	20				100%				20				100%			
4.K (+12.50)	20	20				100%				20				100%			
3.K (+9.50)	20	20				100%				20				100%			
2.K (+6.50)	20	20				100%				20				100%			
1.K (+3.50)	20	18	2			90%	10%			2	18			10%	90%		
TOPLAM	160	158	2	0	0	99%	1%	0%	0%	142	18	0	0	89%	11%	0%	0%

- a) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz
- Kolonların tamamı Minimum Hasar bölgesindedir.
 - Perdelerde, +Y yönü itme analizinde çalışan kesiti 450cm olan (30/450) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/550cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.
- b) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz
- Kolonlarda, +X yönündeki analizde olduğu gibi sadece 1.kat kolonları Belirgin Hasar Bölgesinde diğer kolonlar Minimum Hasar Bölgesindedir.
 - Perdelerde, +Y yönü itme analizinde çalışan kesiti 450cm olan (30/450) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/550cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.

Sonuç olarak;

- Tasarım depremi altında +Y yönü itme analizi sonucunda binanın performans düzeyi **Can Güvenliği** olarak belirlenmekte ve hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'ni sağlayamamaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında bina performans düzeyinin, Göçme Bölgesine geçen kirişler göz ardı edildiğinde hedeflenen *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı ancak bu kirişler dikkate alındığında **Göçme Öncesi Performans Düzeyi**'ni sağladığı görülmektedir.

4.3.4 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemine Göre Deprem Performansının Belirlenmesi

Bu bölümde 2007 Deprem Yönetmeliğine göre tasarımı yapılan hastane yapısının deprem performansı doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerden “Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi” kullanılarak irdelenmiştir.

Sistemde oluşan elemanların çatlamış kesitlerine ait eğilme rijitlikleri çalışmanın başında irdelenmiştir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan bir statik analiz yapılmıştır. Bu analiz kuvvet kontrollüdür ve bu analizin sonuçları, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizin başlangıç koşulları olarak dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan statik analiz hesabında düşey yükler aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

Düşey yük kombinasyonu : $G + nQ = G + 0.3Q$

Zaman tanım alanında analiz için SAP 2000 [42] bilgisayar programı kullanılmıştır. Program dinamik analizde, Newmark-Beta sayısal integrasyon yöntemini esas almaktadır.

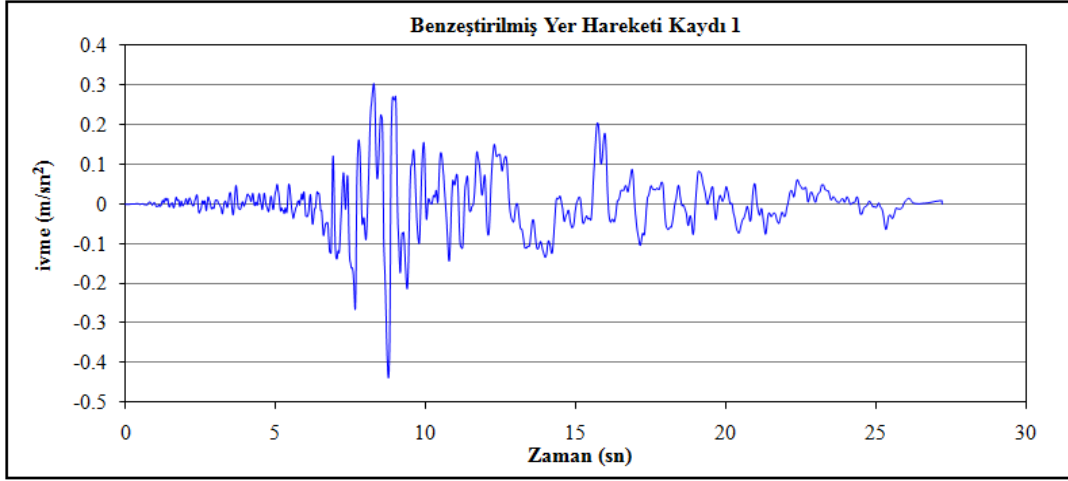
Analizde, aşağıdaki şekillerde verilen üç adet benzeştirilmiş yer hareketi kullanılmış olup Çizelge 4.17’de özellikleri listelenmiştir. Seçilen yer hareketleri Yönetmelik 2.9.1.(a) ve Yönetmelik 2.9.1.(b) koşullarını sağlamaktadır.

Çizelge 4.17 : Kaydedilmiş deprem kayıtlarına ait veriler

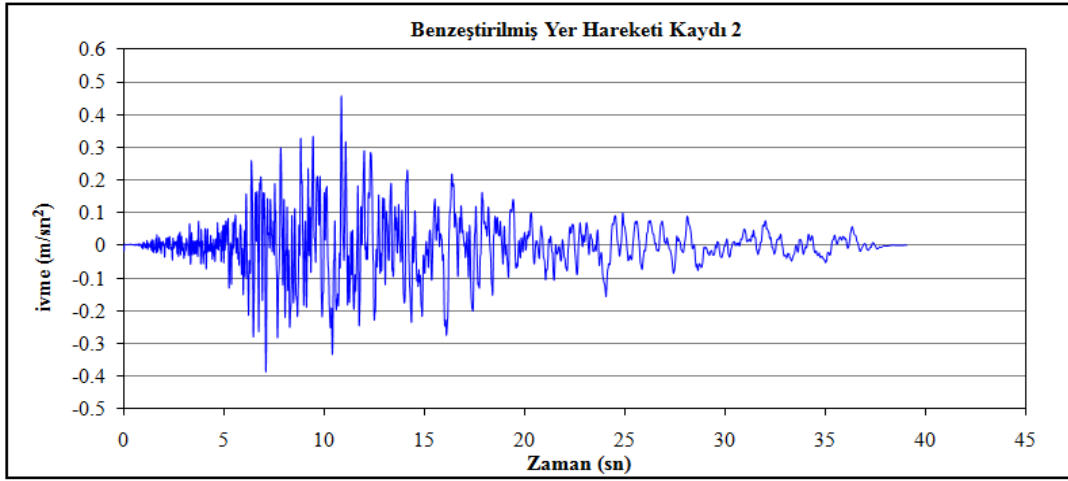
No	Kayıt	Deprem	Tarih	İstasyon	Kayıt	Fay Kırığına En Yakın Mesafe	Kayıt Süresi	Faylanma Mekanizması
1	P1096	Kocaeli	17.08.1999	Duzce	DZC180	12.7	27.2	SS
2	P0012	Imperial Valley	15.10.1979	931 El Centro Array #12	H-E12140	18.2	39	SS
3	P0013	Imperial Valley	15.10.1979	6605 Delta	H-DLT262	43.6	99.9	SS

Analizde, <http://peer.berkeley.edu/smcat>) kuvvetli yer hareketi veri bankasında bulunan deprem kayıtları kullanılmıştır.[28]

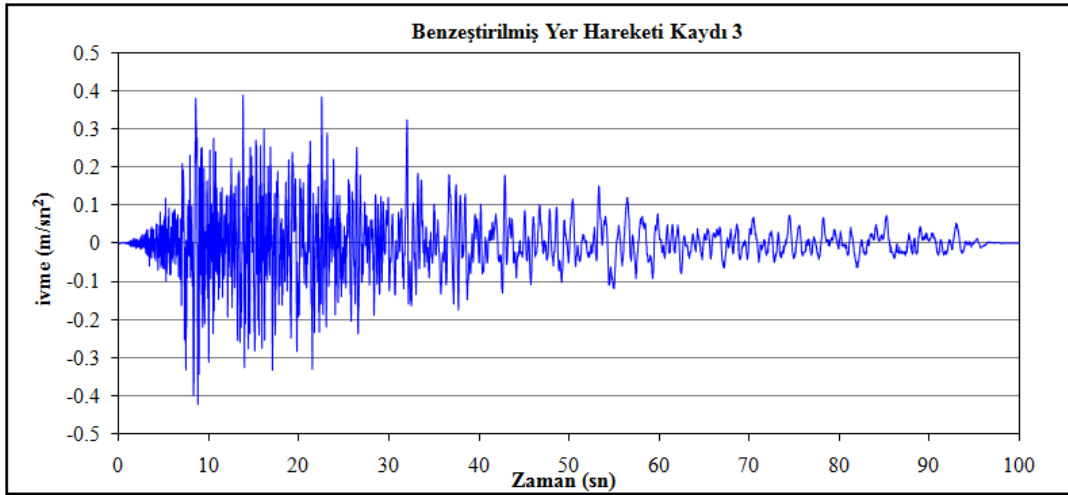
Kayıtların ivme-zaman grafikleri Şekil 4.39 , Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de görülmektedir.



Şekil 4.39 : Benzeştirilmiş 1. yer hareketi kaydı

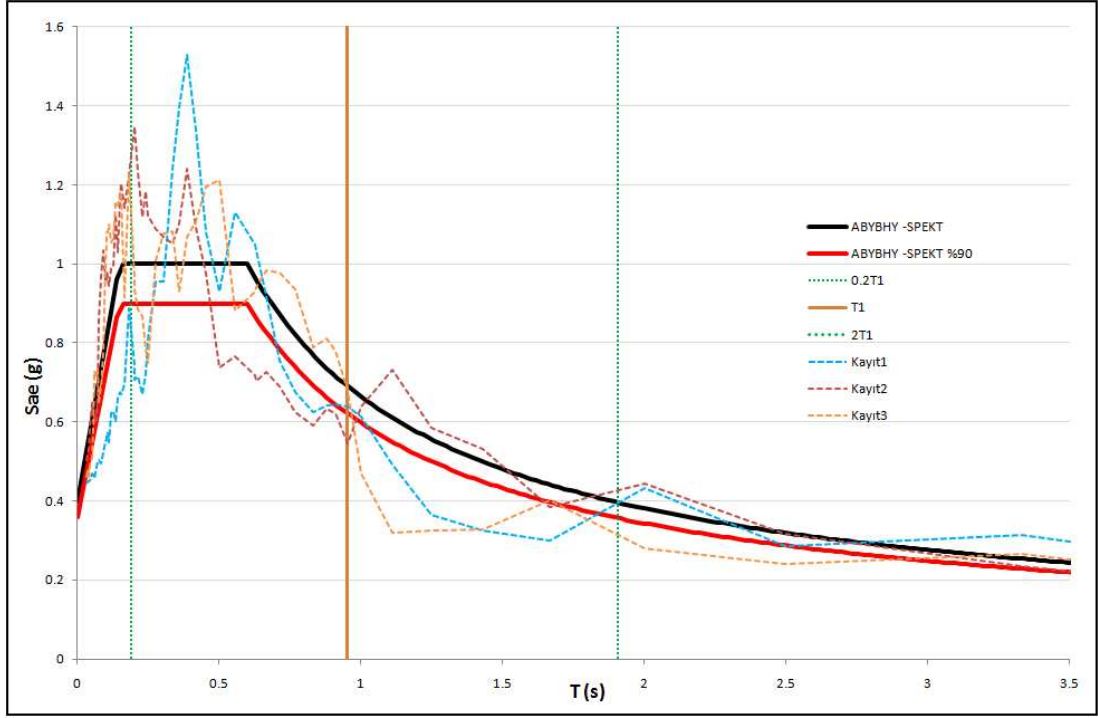


Şekil 4.40 : Benzeştirilmiş 2. yer hareketi kaydı



Şekil 4.41 : Benzeştirilmiş 3. yer hareketi kaydı

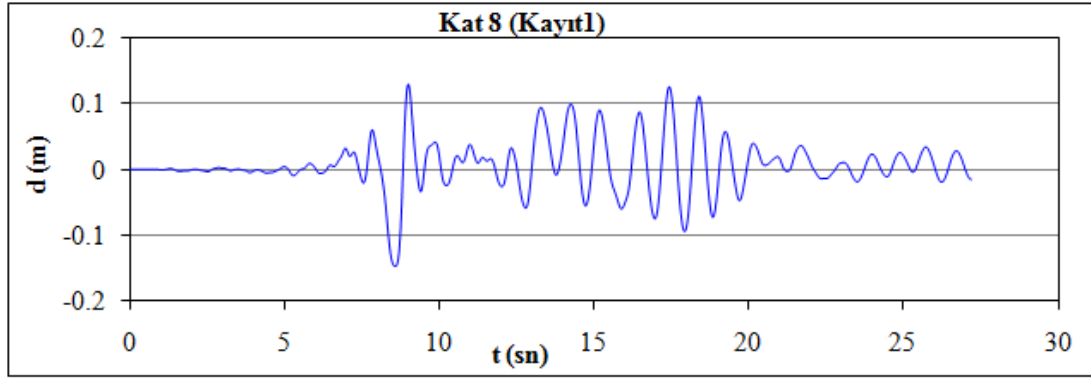
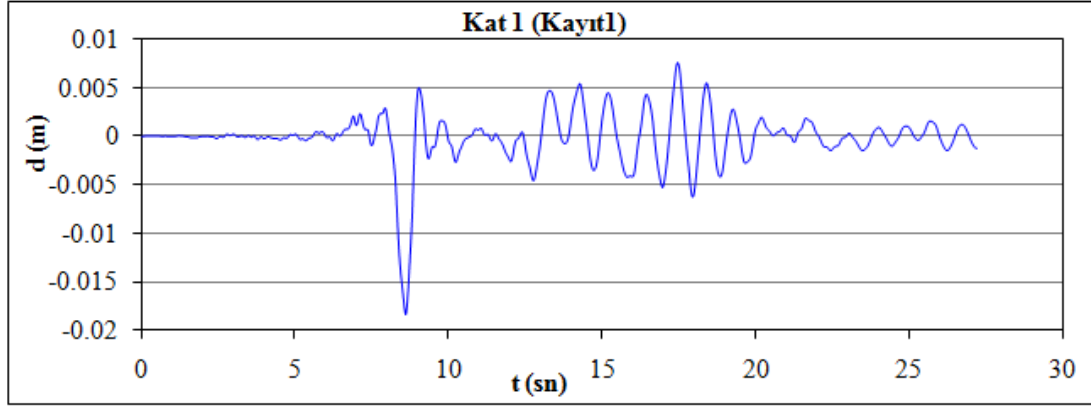
Seçilen bu yer hareketlerinin, Yönetmelik 2.9.1.(c)'ye göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 'e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için Yönetmelik 2.4'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerin %90'ından daha az olmaması koşulunu sağladığı aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



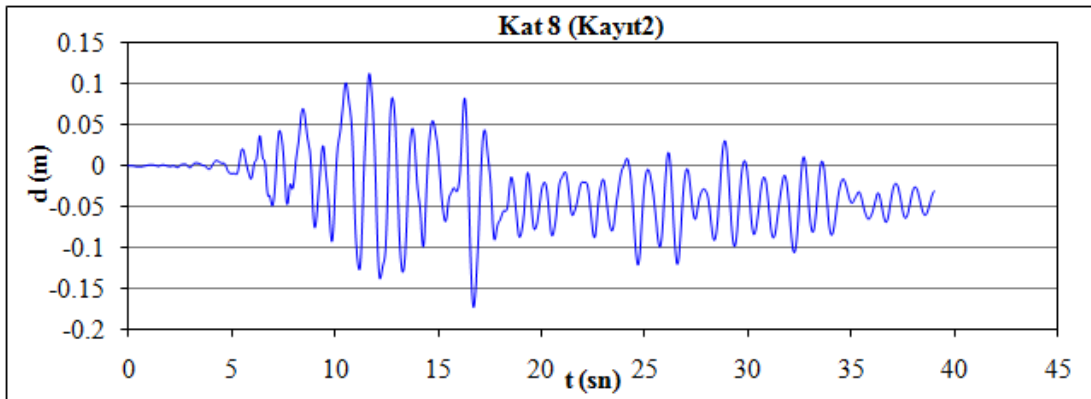
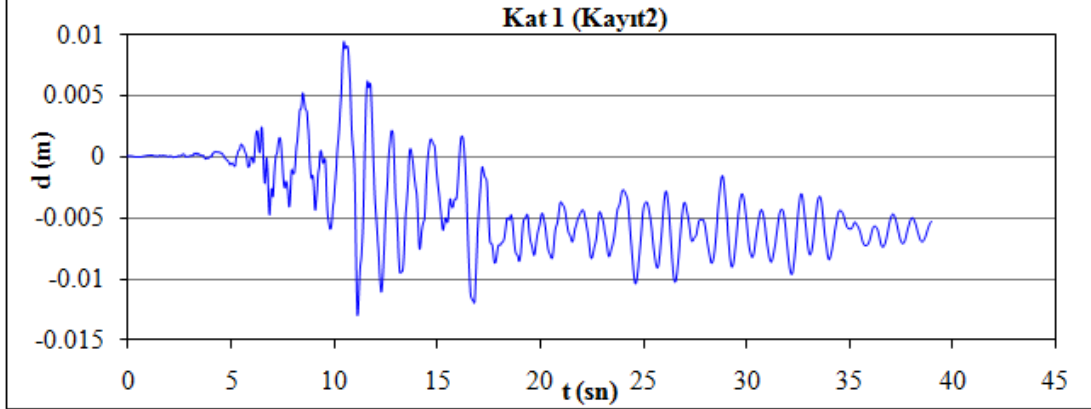
Şekil 4.42 : Deprem kayıtlarının tepki spektrumları ve tasarım spektrumu

Analizler Sonucu Elde Edilen Kat Yerdeğiştirme İstemleri

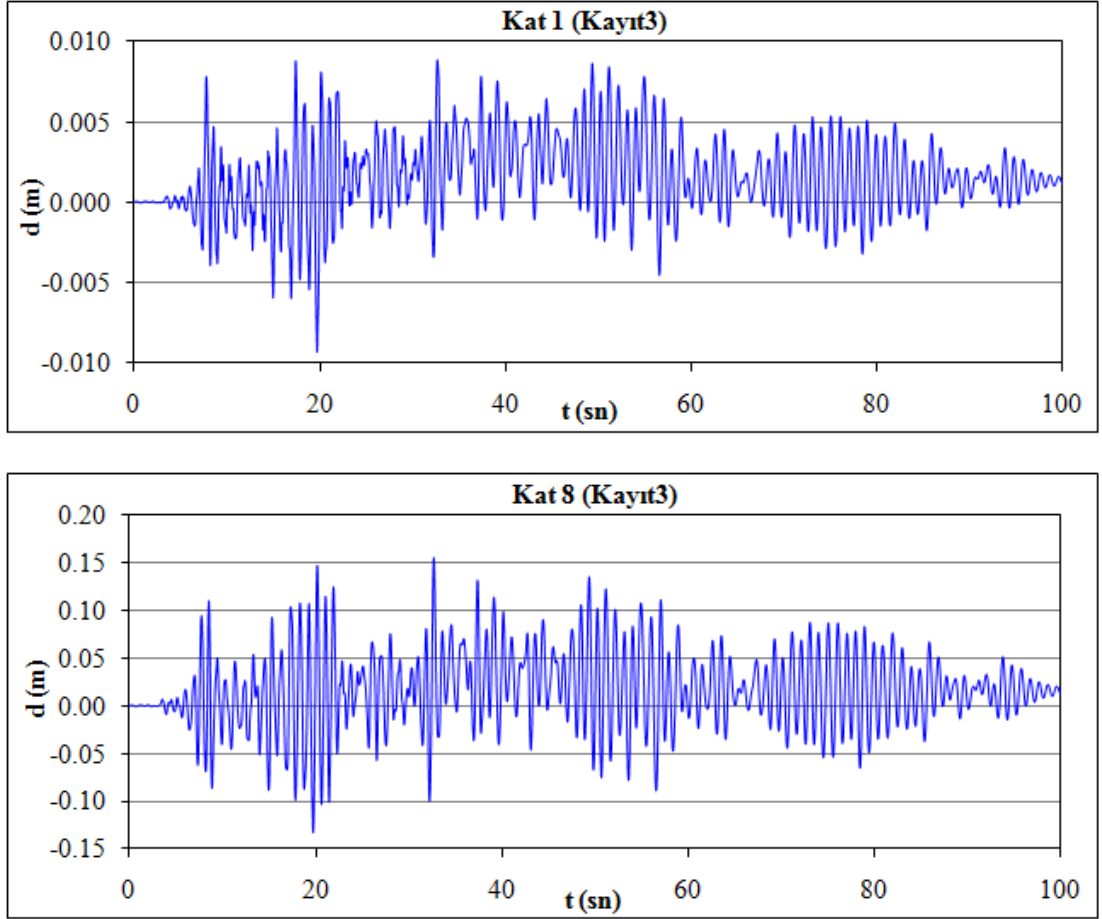
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile kat yerdeğiştirmeleri her bir kayıt için elde edilmiştir. Örnek olarak X doğrultusu 1. ve 8. katlarda (tepe noktasında) elde edilen yerdeğiştirme-zaman grafikleri aşağıdaki şekillerde görülmektedir. Analizlerde üç yer hareketi kullanıldığı için değerlendirmede sonuçların maksimumu esas alınmıştır (Yönetmelik 2.9.3). Buna göre 1. kat maksimum yerdeğiştirme istemi 0.018m (Kayıt1 yer hareketinden) , 8. kat maksimum yerdeğiştirme istemi 0.173m (Kayıt2 yer hareketinden) bulunmuştur.



Şekil 4.43 : Kayıt 1 için Y doğrultusu 1. ve 8. katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri



Şekil 4.44 : Kayıt 2 için Y doğrultusu 1. ve 8. katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri



Şekil 4.45 : Kayıt 3 için Y doğrultusu 1. ve 8. katta yerdeğiştirme-zaman grafikleri

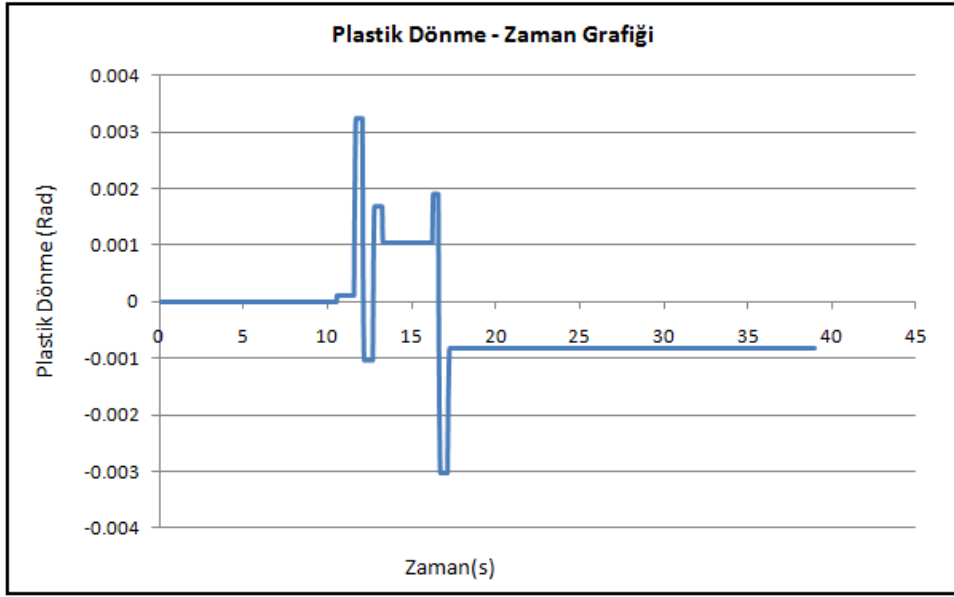
4.3.4.1 Kirişler için birim şekil değiştirmelerin hesabı

K527 Kirişi İçin Örnek Hesap

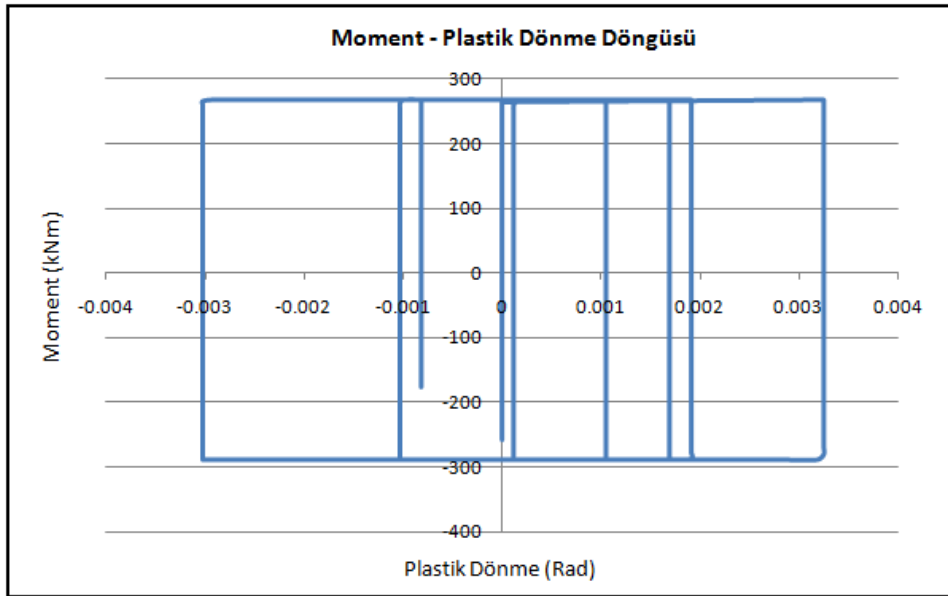
Plastik kesitlerin akma yüzeylerinin oluşturulmasında artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi hesap adımındaki yol izlenir. Yapılan idealizasyon sonucu akma eğriliği :

$\phi_y = 0.00735 \text{ rad / m}$ şeklinde bulunmuştur.

Y doğrultusunda yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucu her yer hareketi için örnek olarak seçilen K527 (30/60) kirişinin sağ ucunda elde edilen plastik dönme – zaman grafiği ve maksimum dönmeyi veren kayıda ait moment – plastik dönme döngüsü şekli ve maksimum plastik dönme değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.46 : K527(30/60) kirişi sağ ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait plastik dönme-zaman grafiği



Şekil 4.47 : K527(30/60) kirişi sağ ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait moment-plastik dönme döngüsü

Zaman tanım alanında hesap yapılan analiz modelinde plastik kesitlerin histeretik eğilme momenti-plastik dönme bağıntıları statik itme analiz modeline benzer şekilde, ideal-rijit plastik davranış esas alınarak tanımlanmıştır.

Akma yüzeyleri oluşturulan plastik mafsallar, kolon ve kirişlerin uçlarında, plastik kesitin çalışan doğrultudaki enkesit yüksekliğinin yarısına eşit olan plastik mafsallık boyunun ortasına yerleştirilir.

Y doğrultusunda, analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi

$$\theta_{p,max} = 0.00325 \text{ rad}$$

$$\text{Plastik eğrilik istemi : } \phi_p = \theta_p / L_p = 0.00325 / 0.30 = 0.01083 \text{ rad/m}$$

$$\text{Akma eğriliği : } \phi_y = 0.00735 \text{ rad/m}$$

$$\text{Toplam eğrilik istemi : } \phi_t = 0.01083 + 0.00735 = 0.01818 \text{ rad/m}$$

Moment-eğrilik ilişkisinden bu değere karşı gelen beton basınç birim şekil değiştirme istemi ile donatı çeliğinin birim şekildeğiştirme istemi bulunur ve kesit hasar bölgeleri belirlenir.

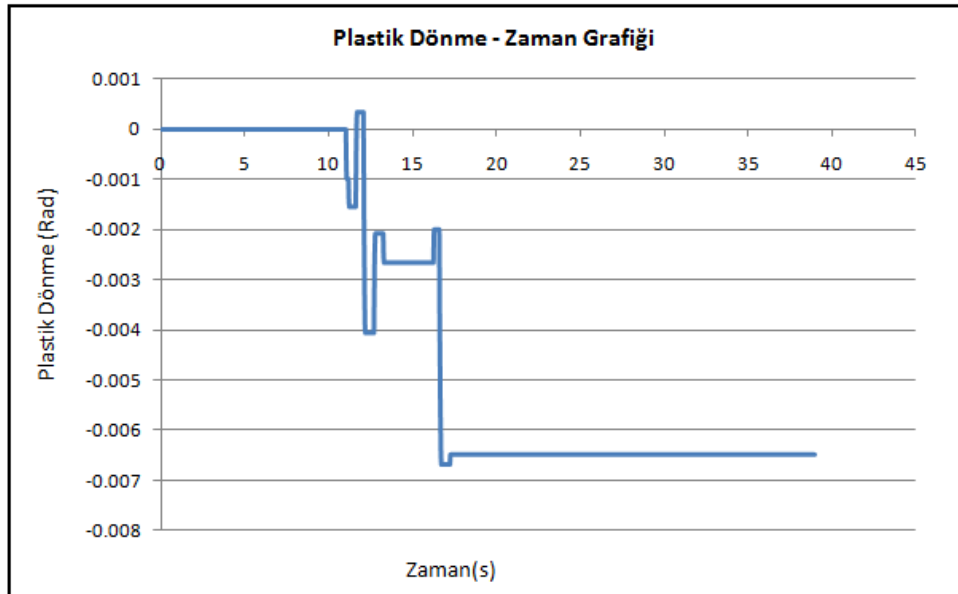
$$\epsilon_c = 0.00106 < (\epsilon_c)_{MN} = 0.0035$$

$$\epsilon_s = 0.00877 < (\epsilon_s)_{MN} = 0.01$$

Buna göre, kesit hasar bölgesi *minimum hasar bölgesi* olarak belirlenir.

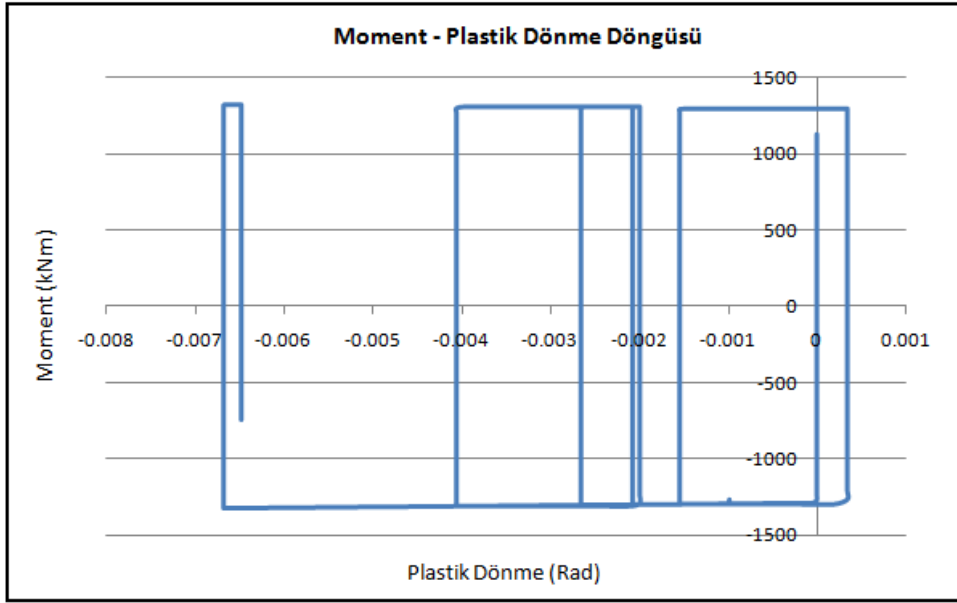
K528 İçin Örnek Hesap

Benzer şekilde K528 (30/90) kirişinin sol ucu için de işlemler tekrarlanır ise;



Şekil 4.48 : K528(30/90) kirişi sol ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait plastik dönme-zaman grafiği

Grafikten de görüldüğü üzere 2.kayıda ait yapılan analiz neticesinde kesitte kalıcı plastik dönme oluşmuştur.



Şekil 4.49 : K528(30/90) kirişi sol ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait moment-plastik dönme döngüsü

Y doğrultusunda, analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi

$$\theta_{p,max} = 0.00668 \text{ rad}$$

$$\text{Plastik eğrilik istemi : } \phi_p = \theta_p / L_p = 0.00668 / 0.45 = 0.01484 \text{ rad/m}$$

$$\text{Akma eğriliği : } \phi_y = 0.00490 \text{ rad/m}$$

$$\text{Toplam eğrilik istemi : } \phi_t = 0.01484 + 0.00490 = 0.01974 \text{ rad/m}$$

Moment-eğrilik ilişkisinden bu değere karşı gelen beton basınç birim şekil değiştirme istemi ile donatı çeliğinin birim şekil değiştirme istemi bulunur ve kesit hasar bölgeleri belirlenir.

$$(\epsilon_c)_{GV} = 0.0135 < \epsilon_c = 0.01419 < (\epsilon_c)_{GC} = 0.018$$

$$(\epsilon_s)_{MN} = 0.01 < \epsilon_s = 0.01365 < (\epsilon_s)_{GV} = 0.04$$

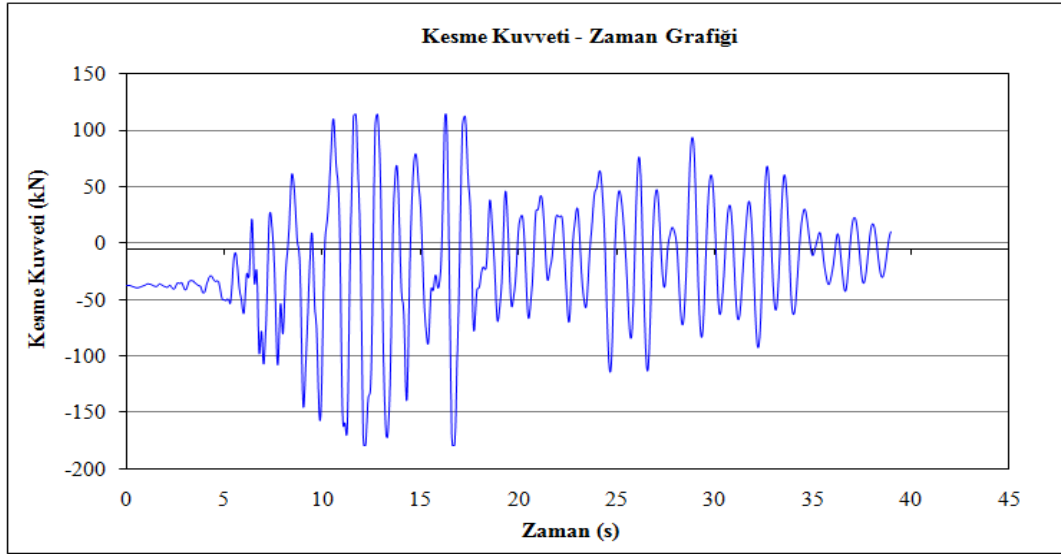
Kesitte donatı şekil değiştirmesi belirgin hasar bölgesinde kalırken, beton şekil değiştirmesi ileri hasar bölgesine geçmektedir.

Buna göre, kesit hasar bölgesi *ileri hasar bölgesi* olarak belirlenir.

Kirişlerde Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

K527 Kirişi İçin Örnek Hesap

Yukarıda hasar bölgesi belirlenen örnek K527 (30/60) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum kesme kuvveti değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.50 : K527(30/60) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği

Maksimum kesme kuvveti istemi :

$$V = 173 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{f_{cm}}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{cm} b_w d = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 600 = 180 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı : Enine donatı 2 ϕ 10/10 cm

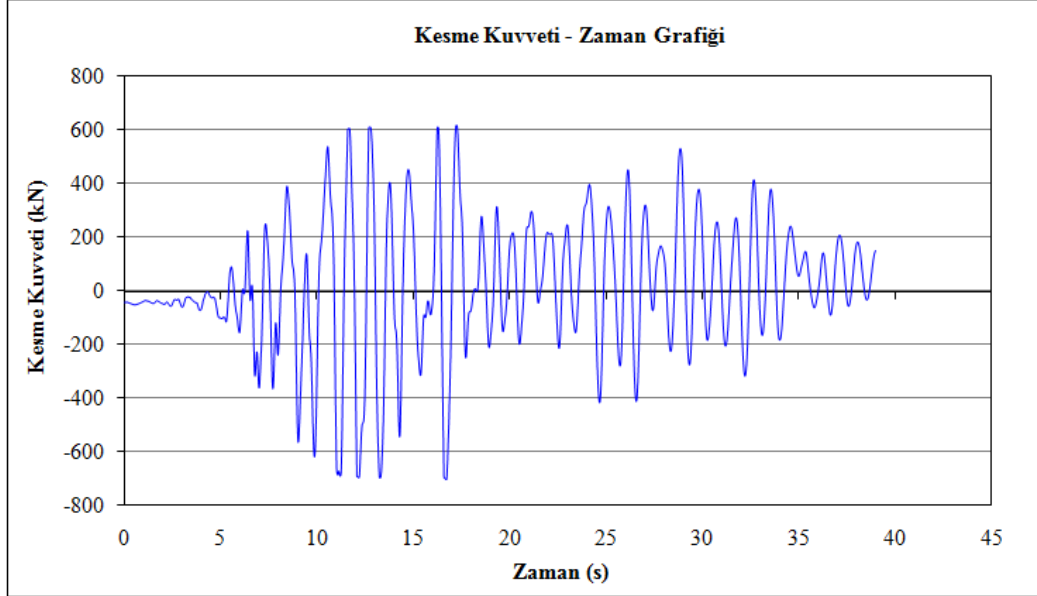
$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 157 \cdot 420 \cdot [(600-30) / 100] = 376 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_s = 180 + 376 = 556 > 173 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

K528 Kirişı İçin Örnek Hesap

Yukarıda hasar bölgesi belirlenen örnek K528 (30/90) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum kesme kuvveti değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.51 : K528(30/90) kirişine ait kesme kuvveti-zaman grafiği

Maksimum kesme kuvveti istemi :

$$V = 708 \text{ kN}$$

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

$$f_{ctm} = 0.35\sqrt{f_{cm}}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{cm} \cdot b_w \cdot d = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 900 = 269 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı : Enine donatı 2 ϕ 14/10 cm

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 307.8 \cdot 420 \cdot [(900-30) / 100] = 1125 \text{ kN}$$

$$V_r = V_c + V_s = 269 + 1125 = 1394 > 708 \text{ kN}$$

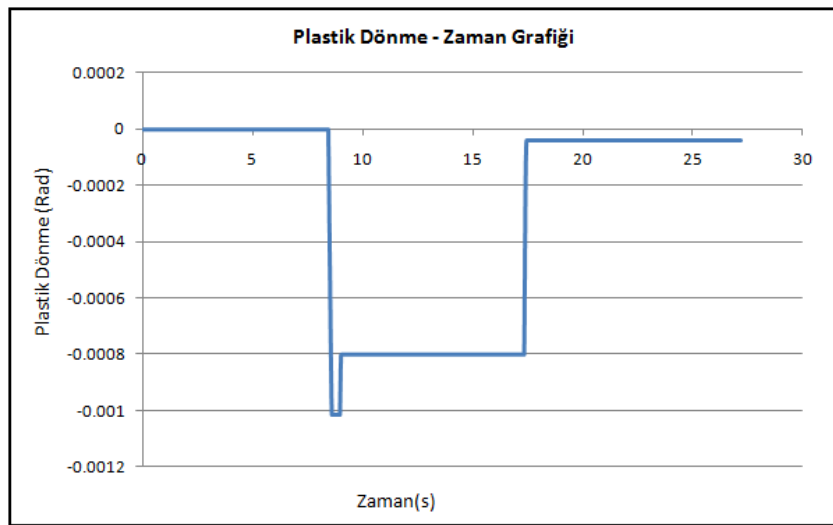
Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

4.3.4.2 Kolonlar ve perdeler için birim şekil değıştirmelerin hesabı

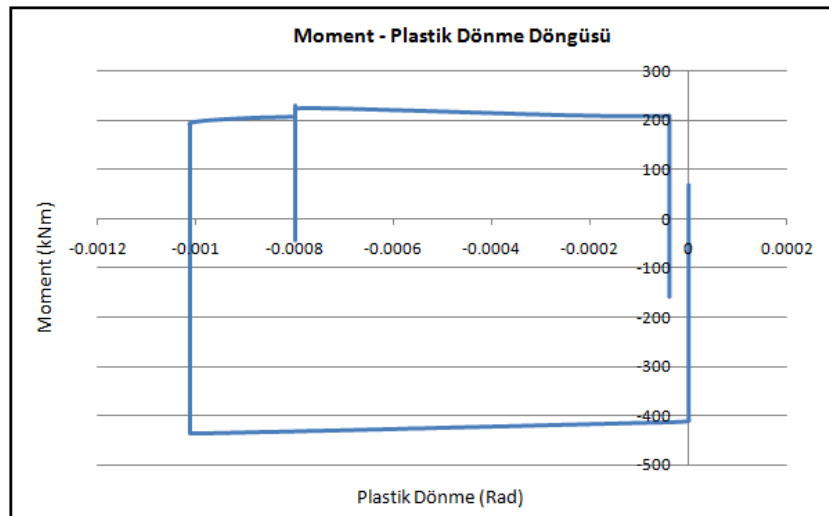
Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucunda kolonlarda ve perdelerde oluşan plastik kesitlere ait plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen plastik eğrilik istemlerinin hesap adımları, itme analizi bölümünde irdelenmişti. Benzer şekilde işlemler tekrarlanmış ve aşağıda gösterilen sonuçlara varılmıştır.

S119 Kolonu İçin Örnek Hesap

Y doğrultusunda yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucunda örnek seçilen S119 (50/50) kolonu alt ucu için elde edilen plastik dönme-zaman grafiğı ve moment-plastik dönme döngüsü aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.



Şekil 4.52 : S119 kolonu alt ucu için maksimum plastik dönme veren kayda ait plastik dönme-zaman grafiğı



Şekil 4.53 : S119 kolonu alt ucu için maksimum plastik dönme veren kayda ait moment-plastik dönme döngüsü

Toplam eğrilik hesabı :

Y doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 0.5 m'dir, dolayısıyla $l_p = 0.5/2 = 0.25\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.00101\text{ rad}$

Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.00101 / 0.25 = 0.004056\text{ rad/m}$

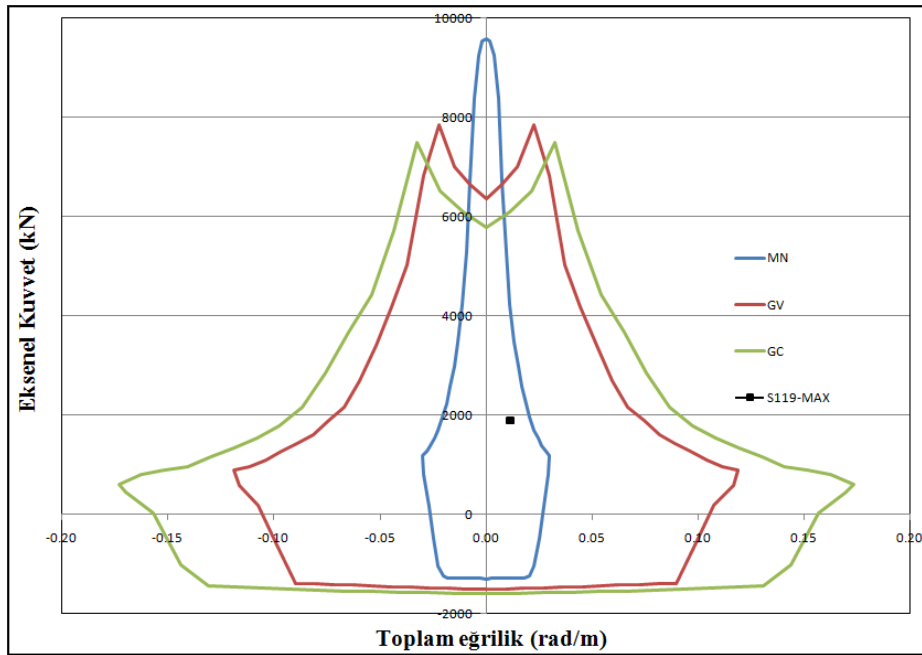
Örnek kolon için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 1865\text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00882\text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.004056 + 0.00882 = 0.01287\text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.

Bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik Şekil 4.54'te gösterilmiştir.

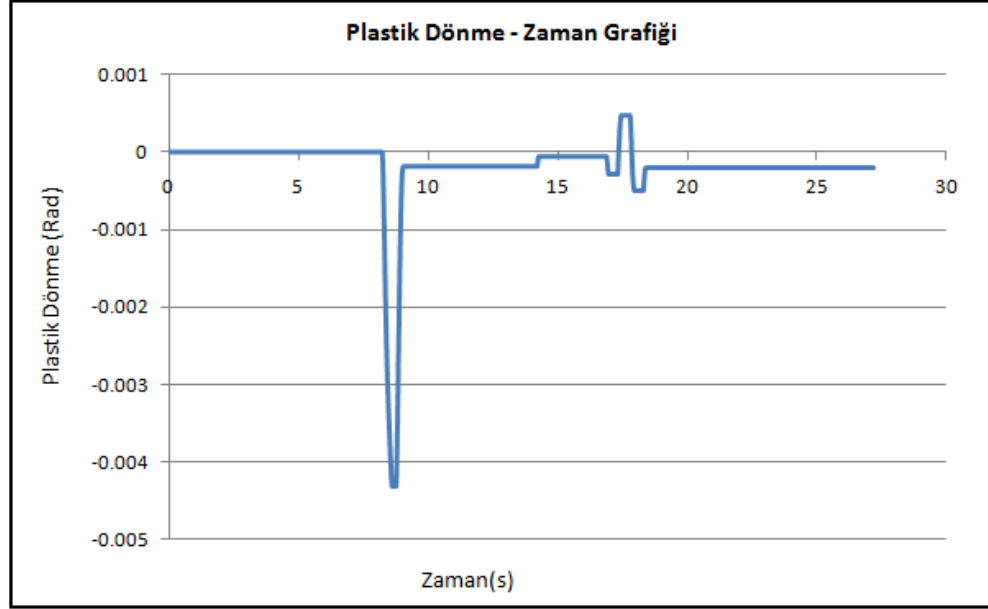


Şekil 4.54 : Örnek seçilen S119 kolonuna ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

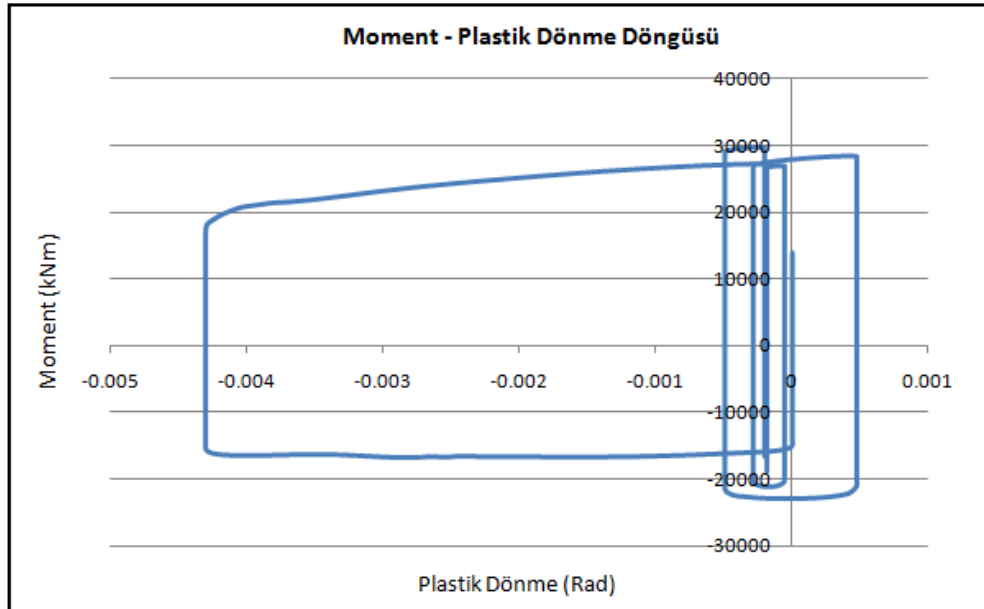
Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, S119 kolon kesiti alt ucu için eksenel yük istemine karşı gelen toplam eğrilik MN ile gösterilen minimum hasar durumu için çizilen diyagram içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu kolonun alt ucundaki plastik kesit *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir.

P103 Perdesi İçin Örnek Hesap

Y doğrultusunda yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucunda örnek seçilen P103 (30/450) perdesi alt ucu için elde edilen plastik dönme-zaman grafiği ve moment-plastik dönme döngüsü aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.



Şekil 4.55 : P103 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait plastik dönme-zaman grafiği



Şekil 4.56 : P103 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait moment-plastik dönme döngüsü

Toplam eğrilik hesabı :

Y doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 4.5m'dir, dolayısıyla $l_p = 4.5/2 = 2.25\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.0025\text{ rad}$

Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.0043 / 2.25 = 0.00191\text{ rad/m}$

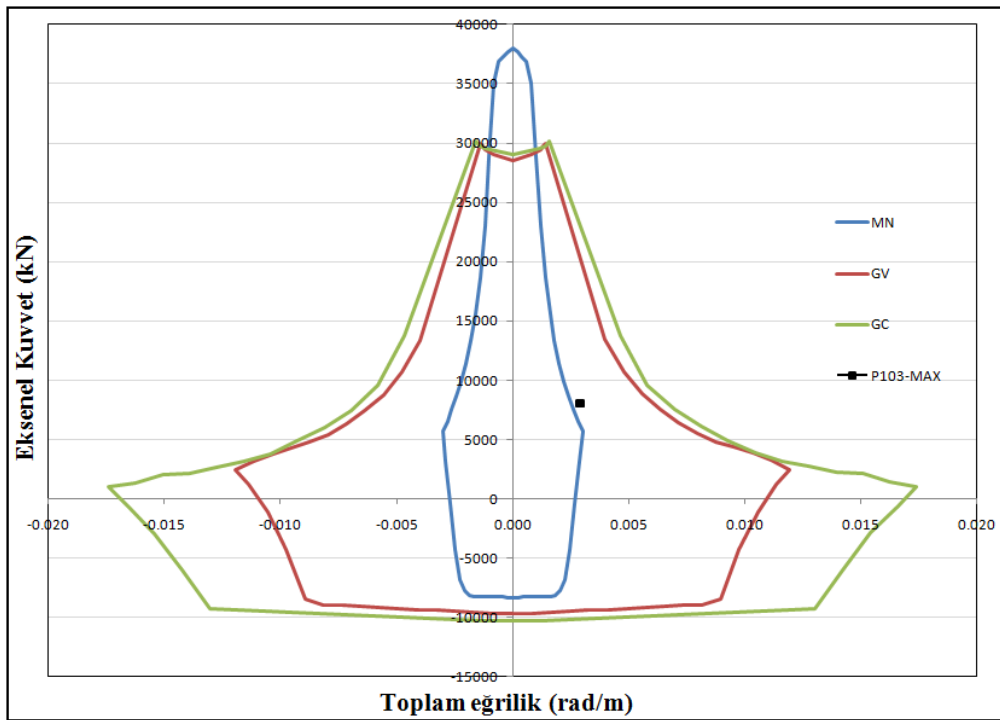
Örnek perde için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 8054\text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00098\text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.00191 + 0.00098 = 0.00289\text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.

Bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik Şekil 4.57'de gösterilmiştir.

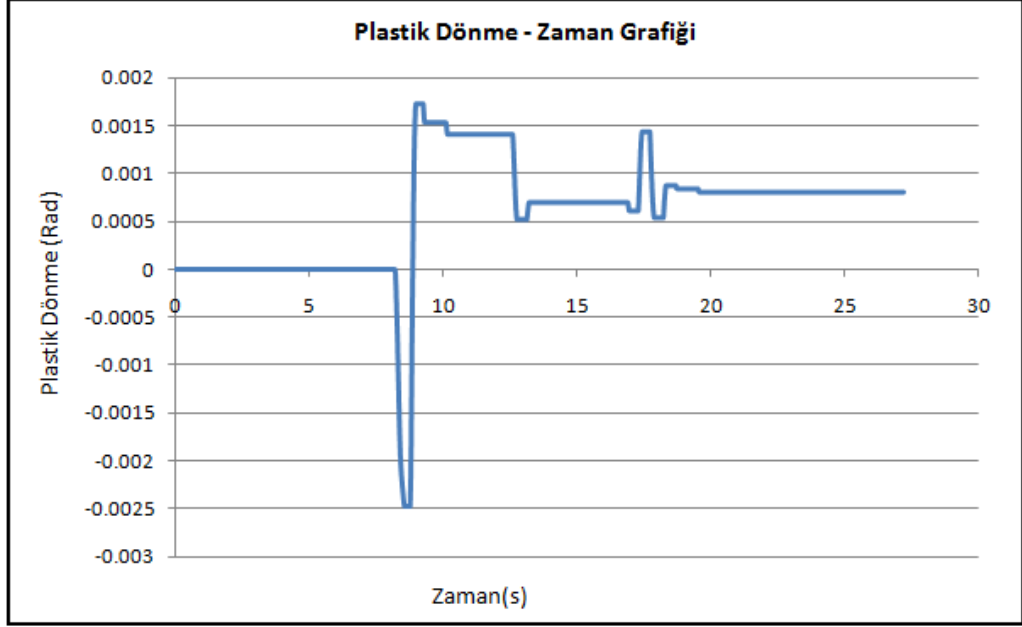


Şekil 4.57 : Örnek seçilen P103 perdesine ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

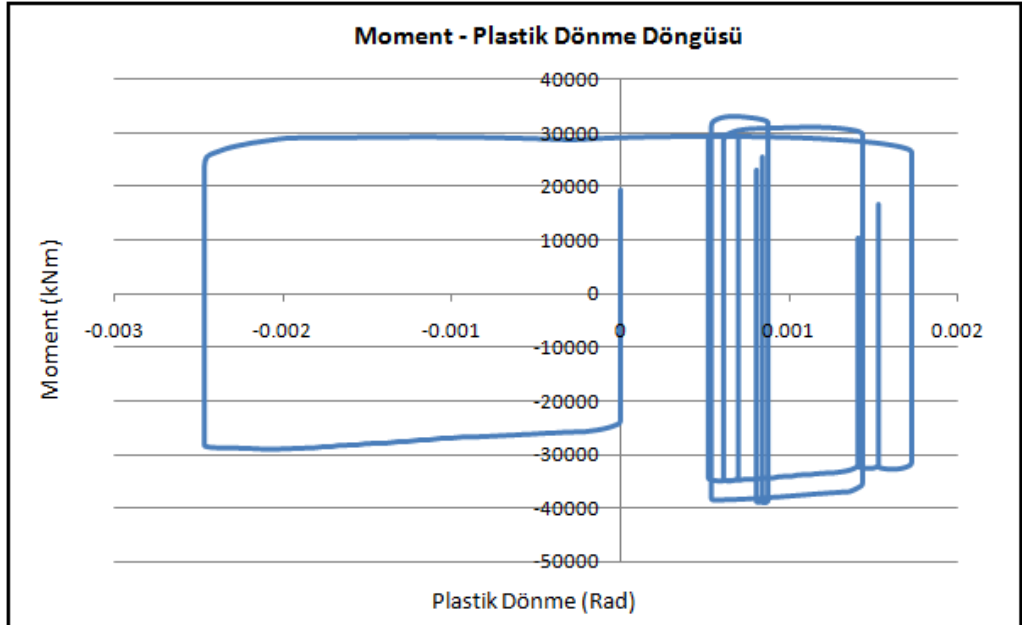
Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, P103 perde kesiti alt ucu için eksenel yük istemine karşı gelen toplam eğrilik MN ile GV hasar durumları içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu kolonun alt ucundaki plastik kesit *Belirgin Hasar Bölgesi*'ndedir.

P107 Perdesi İçin Örnek Hesap

X doğrultusunda yapılan doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz sonucunda örnek seçilen P107 (30/550) perdesi alt ucu için elde edilen plastik dönme-zaman grafiği ve moment-plastik dönme döngüsü aşağıdaki şekilde elde edilmiştir.



Şekil 4.58 : P107 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait plastik dönme-zaman grafiği



Şekil 4.59 : P107 perdesi alt ucu için maksimum plastik dönmeyi veren kayda ait moment-plastik dönme döngüsü

Toplam eğrilik hesabı :

X doğrultusunda itme analizi için çalışan boy 5.5m'dir, dolayısıyla $l_p = 5.5/2 = 2.75\text{m}$

Analiz sonucunda elde edilen maksimum plastik dönme istemi : $\theta_p = 0.00247\text{ rad}$

Plastik eğrilik istemi : $\phi_p = \theta_p / l_p = 0.00247 / 2.75 = 0.00090\text{ rad/m}$

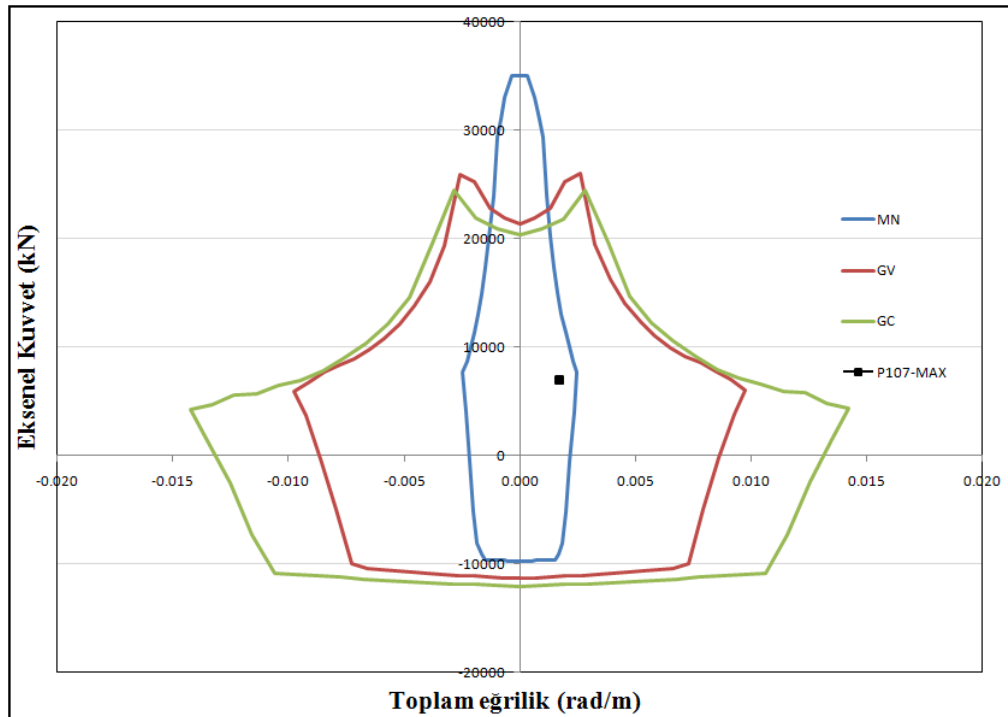
Örnek perde için eksenel kuvvet istemi altında hesaplanan moment – eğrilik ilişkisi kullanılarak toplam eğrilik istemi aşağıdaki şekilde bulunur :

Eksenel kuvvet istemi : $N = 6998\text{ kN}$ (basınç)

Akma eğriliği : $\phi_y = 0.00080\text{ rad/m}$

Toplam eğrilik istemi : $\phi_t = 0.00090 + 0.00080 = 0.0017\text{ rad/m}$ olarak hesaplanır.

Bu kesit için eksenel yük istemine karşılık gelen toplam eğrilik Şekil 4.60'ta gösterilmiştir.



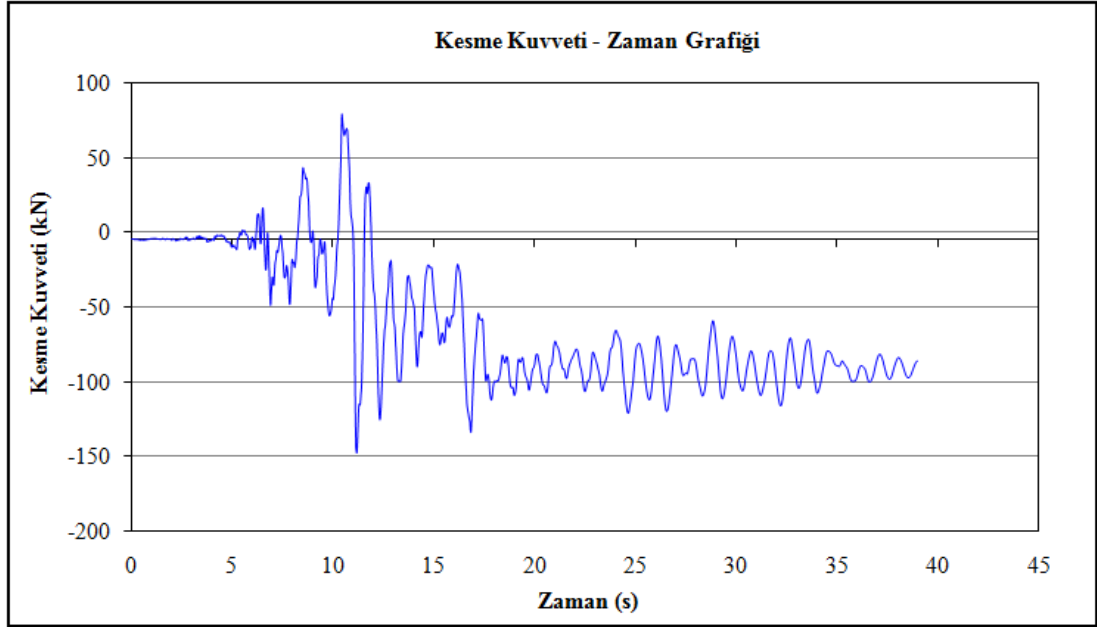
Şekil 4.60 : Örnek seçilen P107 perdesine ait eksenel kuvvet – toplam eğrilik ilişkisi

Yukarıdaki normal kuvvet-toplam eğrilik diyagramından görüldüğü üzere, P107 perde kesiti alt ucu için eksenel yük istemine karşı gelen toplam eğrilik MN ile gösterilen minimum hasar durumu için çizilen diyagram içinde kalmaktadır. Dolayısıyla bu kolonun alt ucundaki plastik kesit *Minimum Hasar Bölgesi*'ndedir.

Kolon ve Perdelerde Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolü

S119 Kolonu İçin Örnek Hesap

Kolon alt ucunda elde edilen maksimum kayda ait kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum kesme kuvveti değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.61 : S119 kolonuna ait kesme kuvveti-zaman grafiği

Maksimum kesme kuvveti istemi $V = 148 \text{ kN}$

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 1895 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{ctm} \cdot b_w \cdot d \cdot [(A_c + \gamma N) / A_c]$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 500 \cdot 500 \cdot [(250000 + 0.07 \cdot 1895000) / 250000] = 381 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı (4φ10/10) :

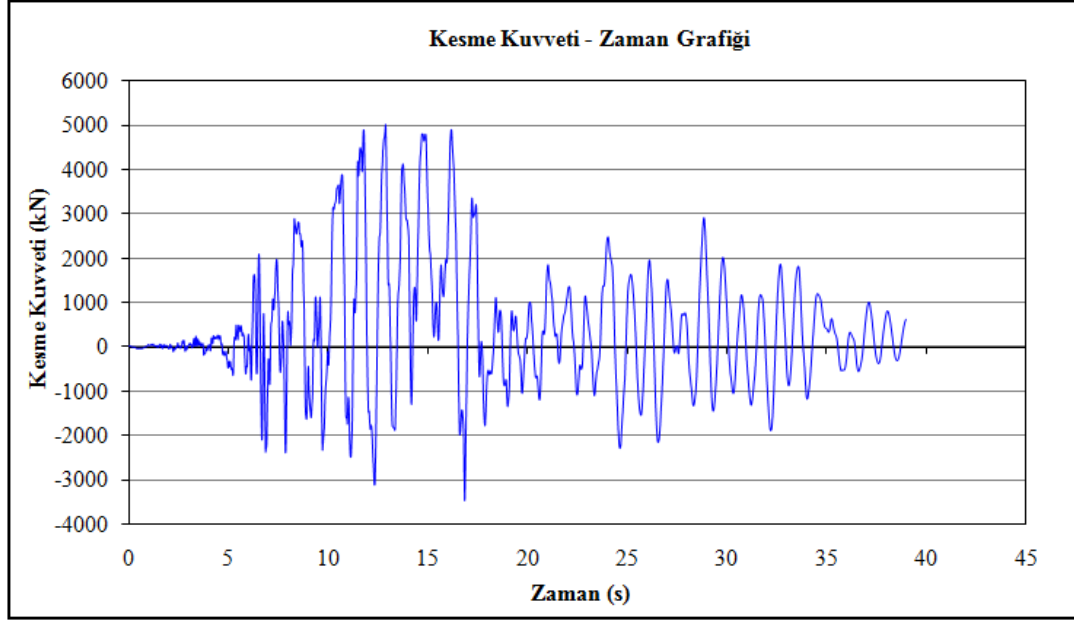
$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = 314 \cdot 420 \cdot [(500-35) / 100] = 613 \text{ kN}$$

$$V_t = V_c + V_s = 381 + 613 = 994 \text{ kN} > 148 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

P103 Perdesi İçin Örnek Hesap

Perde alt ucunda elde edilen maksimum kayda ait kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum kesme kuvveti değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.62 : P103 perdesine ait kesme kuvveti-zaman grafiği

Maksimum kesme kuvveti istemi $V = 5018 \text{ kN}$

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesapla dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 7700 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{ctm} b_w d [(A_c + \gamma N) / A_c]$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 4500 \cdot [(1350000 + 0.07 \cdot 7700000) / 1350000] = 1883 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı ($2\phi 14/10$) :

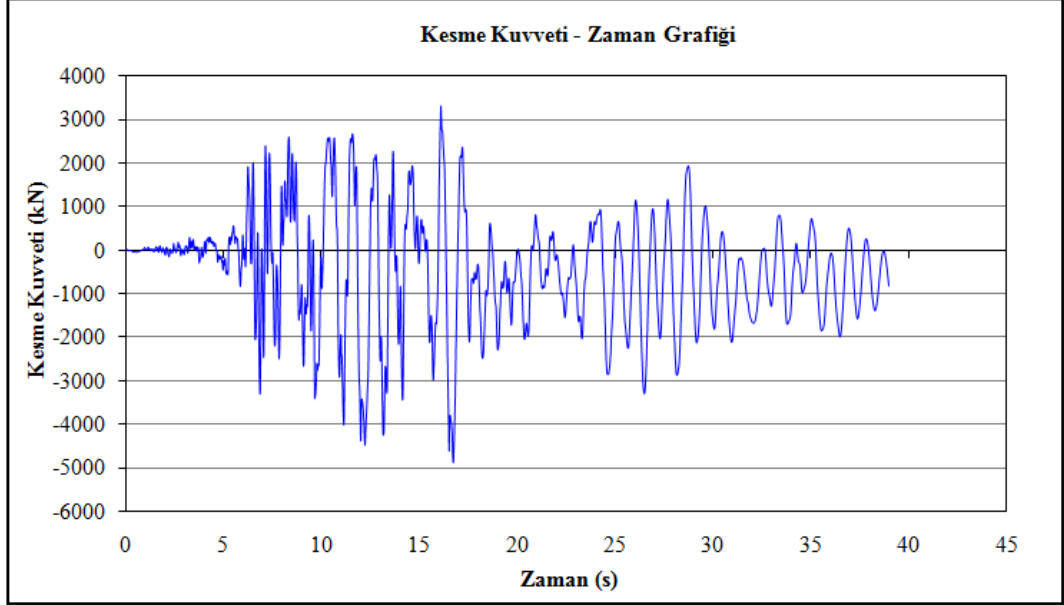
$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = [308 \cdot 420 \cdot (2700 / 100)] = 3493 \text{ kN}$$

$$V_t = V_c + V_s = 1883 + 3493 = 5376 \text{ kN} > 5018 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

P107 Perdesi İçin Örnek Hesap

Perde alt ucunda elde edilen maksimum kayda ait kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum kesme kuvveti değeri aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.63 : P107 perdesine ait kesme kuvveti-zaman grafiği

Maksimum kesme kuvveti istemi $V = 4880 \text{ kN}$

Kesme kuvveti kapasitesi hesabında betonun ve çeliğin katkısı aşağıdaki hesaplara dikkate alınmıştır.

Betonun katkısı :

$$\gamma = 0.07$$

$$N = 8319 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot f_{ctm} b_w d [(A_c + \gamma N) / A_c]$$

$$V_c = 0.8 \cdot 0.65 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{30} \cdot 300 \cdot 5500 \cdot [(1650000 + 0.07 \cdot 8319000) / 1650000] = 2225 \text{ kN}$$

Enine donatının katkısı ($2\phi 14/10$) :

$$V_s = A_s f_{ys} (d/s) = [308 \cdot 420 \cdot (3300 / 100)] = 4269 \text{ kN}$$

$$V_t = V_c + V_s = 2225 + 4269 = 6494 \text{ kN} > 4880 \text{ kN}$$

Kesit kesme kuvveti kapasitesi açısından yeterlidir.

4.3.4.3 Bina performans değerlendirmesi

Tüm örnek hesaplar 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem için yapılmıştır. 50 yılda aşılma olasılığı %2'lik deprem için de %10'luk depremin 1.5 katı alınarak hesap yapılmış, tezin metin kısmını kısa tutmak amacıyla sonuçlar tablo halinde özetlenmiştir. Her iki deprem durumunda hesaplanan kesit hasar durumları ayrıntılı şekilde ek halinde verilmiştir.

+X Yönü Zaman Tanım Alanında Analiz Sonucu Performans Değerlendirmesi

Çizelge 4.18 : +X Yönü Kiriş Hasar Seviyeleri (ZTAHY)

ZTADOHY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kiriş Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	26	14	12			54%	46%			24		2		92%		8%	
7.K (+21.50)	26	15	11			58%	42%			24		2		92%		8%	
6.K (+18.50)	26	20	6			77%	23%			24		2		92%		8%	
5.K (+15.50)	26	20	6			77%	23%			24		2		92%		8%	
4.K (+12.50)	26	24	2			92%	8%			24		2		92%		8%	
3.K (+9.50)	26	23	3			88%	12%			5	19	2	19%	73%		8%	
2.K (+6.50)	26	24	2			92%	8%			11	13	1	1	42%	50%	4%	4%
1.K (+3.50)	26	24	2			92%	8%			13	13			50%	50%		
TOPLAM	208	164	43			79%	21%			29	165	1	13	14%	79%	1%	6%

- a) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz
 - Binadaki toplam 208 kirişten 43 (21%) adet kirişte Belirgin Hasar olduğu, 164 (79%) adet kirişte Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
- b) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz
 - Binadaki toplam 208 kirişten 13 (6%) adet kirişte Göçme Hasar, 1 (1%) kirişte İleri Hasar, 165 (79%) adet kirişte Belirgin Hasar, geri kalan 29 (14%) adet kirişte de Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
 - İtme analizinde olduğu gibi ileri ve göçme hasar alan kirişlerin 30/90 kesitinde perde arasında kalan kirişler olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.19 : +X Yönü Kolon Hasar Seviyeleri (ZTAHY)

ZTADOHY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kolon Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	20	20				100%				20				100%			
7.K (+21.50)	20	20				100%				20				100%			
6.K (+18.50)	20	20				100%				20				100%			
5.K (+15.50)	20	20				100%				20				100%			
4.K (+12.50)	20	20				100%				20				100%			
3.K (+9.50)	20	20				100%				20				100%			
2.K (+6.50)	20	20				100%				20				100%			
1.K (+3.50)	20	20				100%				9	11			45%	55%		
TOPLAM	160	160				100%				149	11			93%	7%		

a) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analiz

- Kolonların tamamı Minimum Hasar düzeyindedir.
- Perdelerin tamamı Minimum Hasar düzeyindedir.

b) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analiz

- Kolonlarda, sadece 1.katta 20 adet kolondan 11 adet (55%) Belirgin Hasar Bölgesinde diğer kolonlar Minimum Hasar Bölgesindedir.
- Perdelerde, +X yönünde yapılan analizinde çalışan kesiti 550cm olan (30/550) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/450cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.

Sonuç olarak;

- Tasarım depremi altında +X yönü zaman tanım alanında analiz sonucunda binanın performans düzeyi **Can Güvenliği** olarak belirlenmekte ve hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'ni sağlayamamaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında bina performans düzeyinin, Göçme Bölgesine geçen kirişler göz ardı edildiğinde hedeflenen *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı ancak bu kirişler dikkate alındığında **Göçme Öncesi Performans Düzeyi**'ni sağladığı görülmektedir.

+Y Yönü Zaman Tanım Alanında Analiz Sonucu Performans Değerlendirmesi

Çizelge 4.20 : Y Doğrultusu Kiriş Hasar Seviyeleri (ZTAHY)

ZTADOHY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kiriş Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	26	9	15	2		34%	58%	8%			24		2		92%		8%
7.K (+21.50)	26	7	17	2		27%	65%	8%			24		2		92%		8%
6.K (+18.50)	26	14	11	1		54%	42%	4%			24		2		92%		8%
5.K (+15.50)	26	19	6	1		73%	23%	4%			24		2		92%		8%
4.K (+12.50)	26	19	7			73%	27%				24		2		92%		8%
3.K (+9.50)	26	22	4			85%	15%				24	1	1		92%	4%	4%
2.K (+6.50)	26	22	4			85%	15%			2	22	2		8%	84%	8%	
1.K (+3.50)	26	22	4			85%	15%			8	17	1		31%	65%	4%	
TOPLAM	208	134	68	6		64%	33%	3%		10	183	4	11	5%	88%	2%	5%

a) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 6 (3%) adet kirişte İleri Hasar, 68 (33%) adet kirişte Belirgin Hasar, 134 (64%) adet kirişte Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
- İleri Hasar alan kirişler 30/90 kesitinde perde arasında kalan kirişlerdir.

b) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında analiz

- Binadaki toplam 208 kirişten 11 (5%) adet kirişte Göçme Hasar, 4 (2%) adet kirişte İleri Hasar, 183 (88%) adet kirişte Belirgin Hasar, 10 (5%) adet kirişte Minimum Hasar olduğu belirlenmiştir.
- Göçme Hasar ve İleri Hasar alan kirişler 30/90 kesitindeki kirişler.

Çizelge 4.21 : Y Doğrultusu Kolon Hasar Seviyeleri (ZTAHY)

ZTADOHY		50 Yılda Aşılma Olasılığı %10								50 Yılda Aşılma Olasılığı %2							
KAT NO	Kattaki Kolon Sayısı	Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Adedi				Hasar Bölgelerine Ait Eleman Yüzdesi			
		MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB	MHB	BHB	İHB	GB
8.K (+24.50)	20	20				100%				16	4			80%	20%		
7.K (+21.50)	20	20				100%				20				100%			
6.K (+18.50)	20	20				100%				20				100%			
5.K (+15.50)	20	20				100%				20				100%			
4.K (+12.50)	20	20				100%				20				100%			
3.K (+9.50)	20	20				100%				20				100%			
2.K (+6.50)	20	20				100%				20				100%			
1.K (+3.50)	20	18	2			90%	10%				20				100%		
TOPLAM	160	158	2			99%	1%			136	24			85%	15%		

- a) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında analiz
- Kolonlarda, sadece 1.katta 20 adet kolondan 2 adet (10%) Belirgin Hasar Bölgesinde diğer kolonlar Minimum Hasar Bölgesindedir.
 - Perdelerde, +Y yönünde yapılan analizinde çalışan kesiti 450cm olan (30/450) kesitindeki 4 perdeden 2 tanesinde, sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Yine kesiti 30/450cm olan diğer 2 perde ile kesiti 30/550 olan 4 adet perde ise Minimum Hasar düzeyindedir.
- b) +Y yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında analiz
- Kolonlarda, 1.katın tamamı ve 8. katın %20'si Belirgin Hasar Bölgesinde diğer katlarda Minimum Hasar Bölgesindedir.
 - Perdelerde, +Y yönünde yapılan analizde, çalışan kesiti 450cm olan (30/450) kesitindeki perdelerde (4 adet) , sadece en alt ucunda hasar durumu vardır ve Belirgin Hasar düzeyindedir. Kesiti 30/550cm olan perdeler (4 adet) ise Minimum Hasar düzeyindedir.

Sonuç olarak;

- Tasarım depremi altında +Y yönü zaman tanım alanında analiz sonucunda binanın performans düzeyi **Can Güvenliği** olarak belirlenmekte ve hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Düzeyi*'ni sağlayamamaktadır.
- 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında bina performans düzeyinin, Göçme Bölgesine geçen kirişler göz ardı edildiğinde hedeflenen *Can Güvenliği Performans Düzeyi*'ni sağladığı ancak bu kirişler dikkate alındığında **Göçme Öncesi Performans Düzeyi**'ni sağladığı görülmektedir.

4.3.5 Performans Değerlendirmesi ve Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması

4.3.5.1 Kesit hasar bölgelerinin karşılaştırılması

Sistemin kiriş ve kolon uç kesitleri için, yukarıda açıklanan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine zaman tanım alanında hesap yöntemi ile belirlenen kesit hasar bölgeleri karşılaştırılmış ve tablo halinde özetlenmiştir. Metin kısmını kısa tutmak amacıyla, tablolar sadece +X yönü analizde 50 yılda aşılma olasılığı %10 ve 50 yılda aşılma olasılığı %2’lik deprem için sunulmuştur.

+X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremleri durum karşılaştırma

Kiriş Hasar Karşılaştırma

Çizelge 4.22 : X yönü %10 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması
1.-2.-3.-4. katlar

X Yönü 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10															
Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY
KAT 1	K101	BHB	MHB	KAT 2	K201	BHB	MHB	KAT 3	K301	BHB	MHB	KAT 4	K401	BHB	MHB
	K102	İHB	BHB		K202	İHB	İHB		K302	BHB	BHB		K402	İHB	BHB
	K103	BHB	MHB		K203	MHB	MHB		K303	MHB	MHB		K403	MHB	MHB
	K104	BHB	MHB		K204	MHB	MHB		K304	MHB	MHB		K404	MHB	MHB
	K105	BHB	MHB		K205	BHB	MHB		K305	BHB	MHB		K405	BHB	MHB
	K106	BHB	MHB		K206	MHB	MHB		K306	MHB	MHB		K406	MHB	MHB
	K107	BHB	MHB		K207	BHB	MHB		K307	BHB	MHB		K407	BHB	MHB
	K108	BHB	MHB		K208	MHB	MHB		K308	MHB	MHB		K408	MHB	MHB
	K109	BHB	MHB		K209	BHB	MHB		K309	BHB	MHB		K409	BHB	MHB
	K110	BHB	MHB		K210	BHB	MHB		K310	MHB	MHB		K410	BHB	MHB
	K111	BHB	MHB		K211	MHB	MHB		K311	MHB	MHB		K411	MHB	MHB
	K112	BHB	MHB		K212	MHB	MHB		K312	MHB	MHB		K412	MHB	MHB
	K113	BHB	MHB		K213	MHB	MHB		K313	MHB	MHB		K413	MHB	MHB
	K114	BHB	MHB		K214	BHB	MHB		K314	BHB	MHB		K414	BHB	MHB
	K115	BHB	MHB		K215	BHB	MHB		K315	BHB	MHB		K415	BHB	MHB
	K116	BHB	MHB		K216	BHB	MHB		K316	MHB	MHB		K416	BHB	MHB
	K117	BHB	MHB		K217	BHB	MHB		K317	BHB	MHB		K417	BHB	MHB
	K118	BHB	MHB		K218	MHB	MHB		K318	MHB	MHB		K418	MHB	MHB
	K119	BHB	MHB		K219	BHB	MHB		K319	BHB	MHB		K419	BHB	MHB
	K120	BHB	MHB		K220	BHB	MHB		K320	BHB	MHB		K420	BHB	MHB
	K121	BHB	MHB		K221	MHB	MHB		K321	MHB	MHB		K421	MHB	MHB
	K122	BHB	MHB		K222	BHB	MHB		K322	BHB	MHB		K422	BHB	MHB
	K123	BHB	MHB		K223	MHB	MHB		K323	MHB	MHB		K423	MHB	MHB
	K124	BHB	MHB		K224	BHB	MHB		K324	BHB	MHB		K424	BHB	MHB
	K125	İHB	BHB		K225	İHB	BHB		K325	İHB	BHB		K425	İHB	BHB
	K126	BHB	MHB		K226	MHB	MHB		K326	MHB	BHB		K426	MHB	BHB

Çizelge 4.23 : X yönü %10 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması
5.-6.-7.-8. katlar

X Yönü 50 Yılda Aşılma Olasılığı %10															
Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY
KAT 5	K501	BHB	MHB	KAT 6	K601	BHB	MHB	KAT 7	K701	BHB	MHB	KAT 8	K801	BHB	BHB
	K502	BHB	BHB		K602	BHB	BHB		K702	BHB	BHB		K802	BHB	BHB
	K503	MHB	BHB		K603	MHB	BHB		K703	MHB	BHB		K803	BHB	BHB
	K504	MHB	MHB		K604	BHB	MHB		K704	BHB	MHB		K804	BHB	MHB
	K505	BHB	MHB		K605	BHB	MHB		K705	BHB	BHB		K805	BHB	BHB
	K506	MHB	MHB		K606	MHB	MHB		K706	MHB	MHB		K806	MHB	MHB
	K507	BHB	MHB		K607	BHB	MHB		K707	BHB	BHB		K807	BHB	BHB
	K508	MHB	MHB		K608	MHB	MHB		K708	MHB	MHB		K808	MHB	MHB
	K509	BHB	MHB		K609	BHB	MHB		K709	BHB	MHB		K809	BHB	MHB
	K510	MHB	MHB		K610	MHB	MHB		K710	MHB	MHB		K810	MHB	BHB
	K511	MHB	MHB		K611	MHB	MHB		K711	BHB	MHB		K811	BHB	MHB
	K512	MHB	MHB		K612	MHB	MHB		K712	MHB	MHB		K812	MHB	MHB
	K513	MHB	BHB		K613	MHB	BHB		K713	MHB	BHB		K813	MHB	MHB
	K514	BHB	MHB		K614	BHB	MHB		K714	BHB	MHB		K814	BHB	MHB
	K515	MHB	MHB		K615	MHB	MHB		K715	MHB	MHB		K815	MHB	BHB
	K516	MHB	MHB		K616	MHB	MHB		K716	MHB	MHB		K816	MHB	MHB
	K517	MHB	MHB		K617	MHB	MHB		K717	MHB	MHB		K817	MHB	MHB
	K518	MHB	BHB		K618	MHB	BHB		K718	MHB	BHB		K818	MHB	MHB
	K519	BHB	MHB		K619	BHB	MHB		K719	BHB	MHB		K819	BHB	MHB
	K520	BHB	MHB		K620	BHB	MHB		K720	BHB	BHB		K820	BHB	BHB
	K521	MHB	MHB		K621	MHB	MHB		K721	MHB	MHB		K821	MHB	MHB
	K522	BHB	MHB		K622	BHB	MHB		K722	BHB	BHB		K822	BHB	BHB
	K523	MHB	MHB		K623	MHB	MHB		K723	MHB	BHB		K823	MHB	MHB
	K524	BHB	MHB		K624	BHB	MHB		K724	BHB	MHB		K824	BHB	BHB
	K525	İHB	BHB		K625	İHB	BHB		K725	İHB	BHB		K825	İHB	BHB
	K526	MHB	BHB		K626	MHB	BHB		K726	MHB	BHB		K826	MHB	BHB

Bu karşılaştırma neticesinde doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan sonuçların zaman tanım alanında hesap yöntemine göre kiriş hasar seviyelerinin daha yüksek olduğu ve alt katlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak da zaman tanım alanında yapılan analiz sonucunda tepe yerdeğiştirme isteminin daha az olduğu gösterilebilir.

Kolon ve Perde Hasar Karşılaştırma

50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında yapılan analizde, her iki yöntemde de kolon hasar seviyeleri Minimum Hasar Bölgesi olarak belirlenmiştir. Buna karşılık artımsal itme analizinde 30/550 kesitindeki perdelerin Belirgin Hasar aldığı, zaman tanım alanında Minimum Hasarda kaldığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, her iki analiz yönteminde de tasarım depremi altında hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Seviyesi* karşılanamamakta ve **Can Güvenliği Performans Seviyesi** olarak belirlenmektedir.

a) +X yönü 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremli durum karşılaştırma

Çizelge 4.24 : X yönü %2 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması
1.-2.-3.-4. katlar

X Yönü 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2															
Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY
KAT 1	K101	BHB	MHB	KAT 2	K201	BHB	MHB	KAT 3	K301	BHB	BHB	KAT 4	K401	BHB	BHB
	K102	GB	BHB		K202	GB	GB		K302	GB	GB		K402	GB	GB
	K103	BHB	BHB		K203	BHB	BHB		K303	BHB	BHB		K403	BHB	BHB
	K104	BHB	MHB		K204	BHB	MHB		K304	BHB	MHB		K404	BHB	MHB
	K105	BHB	MHB		K205	BHB	BHB		K305	BHB	BHB		K405	BHB	BHB
	K106	BHB	MHB		K206	BHB	MHB		K306	BHB	MHB		K406	BHB	BHB
	K107	BHB	BHB		K207	BHB	BHB		K307	BHB	BHB		K407	BHB	BHB
	K108	BHB	MHB		K208	BHB	MHB		K308	BHB	BHB		K408	BHB	BHB
	K109	BHB	MHB		K209	BHB	MHB		K309	BHB	MHB		K409	BHB	BHB
	K110	BHB	MHB		K210	BHB	BHB		K310	BHB	BHB		K410	BHB	BHB
	K111	BHB	MHB		K211	BHB	MHB		K311	BHB	BHB		K411	BHB	BHB
	K112	BHB	MHB		K212	BHB	MHB		K312	BHB	BHB		K412	BHB	BHB
	K113	BHB	BHB		K213	BHB	BHB		K313	BHB	BHB		K413	BHB	BHB
	K114	BHB	MHB		K214	BHB	MHB		K314	BHB	MHB		K414	BHB	BHB
	K115	BHB	BHB		K215	BHB	BHB		K315	BHB	BHB		K415	BHB	BHB
	K116	BHB	BHB		K216	BHB	BHB		K316	BHB	BHB		K416	BHB	BHB
	K117	BHB	BHB		K217	BHB	BHB		K317	BHB	BHB		K417	BHB	BHB
	K118	BHB	BHB		K218	BHB	BHB		K318	BHB	BHB		K418	BHB	BHB
	K119	BHB	MHB		K219	BHB	MHB		K319	BHB	MHB		K419	BHB	BHB
	K120	BHB	BHB		K220	BHB	BHB		K320	BHB	BHB		K420	BHB	BHB
	K121	BHB	MHB		K221	BHB	MHB		K321	BHB	BHB		K421	BHB	BHB
	K122	BHB	BHB		K222	BHB	BHB		K322	BHB	BHB		K422	BHB	BHB
	K123	BHB	MHB		K223	BHB	MHB		K323	BHB	BHB		K423	BHB	BHB
	K124	BHB	BHB		K224	BHB	BHB		K324	BHB	BHB		K424	BHB	BHB
	K125	GB	BHB		K225	GB	İHB		K325	GB	GB		K425	GB	GB
	K126	BHB	BHB		K226	BHB	BHB		K326	BHB	BHB		K426	BHB	BHB

Çizelge 4.25 : X yönü %2 deprem altında kiriş hasar bölgelerinin karşılaştırılması
5.-6.-7.-8. katlar

X Yönü 50 Yılda Aşılma Olasılığı %2															
Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY	Kat	Kiriş Adı	AEDYY	ZTAHY
KAT 5	K501	BHB	BHB	KAT 6	K601	BHB	BHB	KAT 7	K701	BHB	BHB	KAT 8	K801	BHB	BHB
	K502	GB	GB		K602	GB	GB		K702	GB	GB		K802	GB	GB
	K503	BHB	BHB		K603	BHB	BHB		K703	BHB	BHB		K803	BHB	BHB
	K504	BHB	BHB		K604	BHB	BHB		K704	BHB	BHB		K804	BHB	BHB
	K505	BHB	BHB		K605	BHB	BHB		K705	BHB	BHB		K805	BHB	BHB
	K506	BHB	BHB		K606	BHB	BHB		K706	BHB	BHB		K806	BHB	BHB
	K507	BHB	BHB		K607	BHB	BHB		K707	BHB	BHB		K807	BHB	BHB
	K508	BHB	BHB		K608	BHB	BHB		K708	BHB	BHB		K808	BHB	BHB
	K509	BHB	BHB		K609	BHB	BHB		K709	BHB	BHB		K809	BHB	BHB
	K510	BHB	BHB		K610	BHB	BHB		K710	BHB	BHB		K810	BHB	BHB
	K511	BHB	BHB		K611	BHB	BHB		K711	BHB	BHB		K811	BHB	BHB
	K512	BHB	BHB		K612	BHB	BHB		K712	BHB	BHB		K812	BHB	BHB
	K513	BHB	BHB		K613	BHB	BHB		K713	BHB	BHB		K813	BHB	BHB
	K514	BHB	BHB		K614	BHB	BHB		K714	BHB	BHB		K814	BHB	BHB
	K515	BHB	BHB		K615	BHB	BHB		K715	BHB	BHB		K815	BHB	BHB
	K516	BHB	BHB		K616	BHB	BHB		K716	BHB	BHB		K816	BHB	BHB
	K517	BHB	BHB		K617	BHB	BHB		K717	BHB	BHB		K817	BHB	BHB
	K518	BHB	BHB		K618	BHB	BHB		K718	BHB	BHB		K818	BHB	BHB
	K519	BHB	BHB		K619	BHB	BHB		K719	BHB	BHB		K819	BHB	BHB
	K520	BHB	BHB		K620	BHB	BHB		K720	BHB	BHB		K820	BHB	BHB
	K521	BHB	BHB		K621	BHB	BHB		K721	BHB	BHB		K821	BHB	BHB
	K522	BHB	BHB		K622	BHB	BHB		K722	BHB	BHB		K822	BHB	BHB
	K523	BHB	BHB		K623	BHB	BHB		K723	BHB	BHB		K823	BHB	BHB
	K524	BHB	BHB		K624	BHB	BHB		K724	BHB	BHB		K824	BHB	BHB
	K525	GB	GB		K625	GB	GB		K725	GB	GB		K825	GB	GB
	K526	BHB	BHB		K626	BHB	BHB		K726	BHB	BHB		K826	BHB	BHB

Bu karşılaştırma ile her iki yöntemde de 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremli durumda yapılan analiz neticesinde kiriş hasar seviyelerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

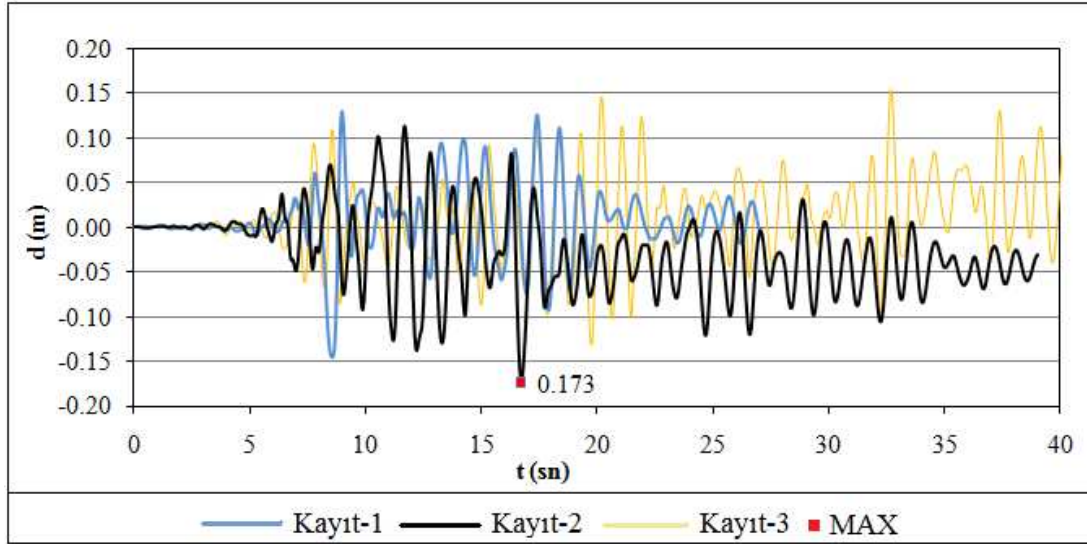
Kolon ve Perde Hasar Karşılaştırma

50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında yapılan analizde, her iki yöntemde de kolonların sadece 1. katta Belirgin Hasar aldıkları üst katlarda ise Minimum Hasarda kaldıkları belirlenmiştir. 1.kat kolonlarında itme analizde tamamı Belirgin Hasar alırken zaman tanım alanında hesap yönteminde %55'inin Belirgin Hasar aldığı görülmüştür. Perdelerde ise her iki yöntemde de 30/550 kesitindeki perdelerin (4 adet) en alt ucunda Belirgin Hasar aldığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, her iki analiz yönteminde de 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında hedeflenen *Can Güvenliği Performans Seviyesi* karşılanamamakta ve **Göçme Öncesi Performans Seviyesi** olarak belirlenmektedir. Göçme Hasar alan kirişler (30/90) göz ardı edildiğinde (itme analizinde 208 kirişte 16 adet, zaman tanım alanında analizde 13 adet) hedeflenen performans seviyesine ulaşılmaktadır.

4.3.5.2 Tepe yatay yerdeğıştirmelerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz neticesinde X doğrultusunda üç deprem yer hareketinden elde edilen tepe yatay yerdeğıştirmeleri Şekil 4.64'te gösterilmiştir. Buna göre en büyük yatay yerdeğıştirme istemi 0.173 m'dir.



Şekil 4.64 : Zaman tanım alanında analiz sonucu bulunan tepe deplasman

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X doğrultusunda yapılan analizde bulunan tepe yatay yerdeğıştirme istemi 0.193m bulunmuştur.

4.3.5.3 Taban kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz neticesinde X doğrultusunda üç deprem yer hareketinden elde edilen taban kesme kuvvetleri Çizelge 4.26’da gösterilmiştir. Buna göre en büyük taban kesme kuvveti 19560 kN’dur.

Çizelge 4.26 : X doğrultusu zaman tanım alanında analiz sonucunda bulunan taban kesme kuvvetleri

Deprem Kaydı	$V_{max}(kN)$
1	16591
2	19560
3	15552

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analiz sonucunda ise taban kesme kuvveti ise 15494 kN elde edilmiştir.

4.4 Sayısal İncelemelere İlişkin Değerlendirmeler

Sayısal incelemeler, yurdumuzdaki mevcut binaları temsil etmesi bakımından 8 katlı, her iki doğrultuda 5 açıklıklı bir betonarme bina üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kesit, eleman hasar bölgeleri ve bina performansının belirlenmesinde, 2007 Deprem Yönetmeliği’nde öngörülen doğrusal olmayan yöntemlerden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi* esas alınmış ve bu yöntemlerle elde edilen sayısal sonuçlar karşılaştırılarak şu sonuçlara varılmıştır :

1) İncelenen model üzerinde, artımsal eşdeğer deprem yükü analiz yöntemiyle zaman tanım alanında hesap yöntemi sonuçları karşılaştırıldığında, X doğrultusunda tasarım depremi altında kiriş uçlarındaki toplam 416 adet olası plastik mafsallık bölgesinin 330’unda her iki analiz yönteminin aynı sonuç verdiği görülmektedir. Oransal olarak, iki farklı yöntemle bulunan sonuçların %79.3’ü birbiri ile uyum içindedir. X doğrultusu 50/%2 depremi altında kiriş uçlarındaki toplam 416 adet olası plastik mafsallık bölgesinin 383’ünde (%92) her iki analiz yönteminin aynı sonuç verdiği görülmektedir. Y doğrultusu tasarım depremi altında her iki analiz neticesinde uyumlu hasar bölgelerinin oranı %80.5 iken 50/%2 deprem altında bu oran %94 olmaktadır.

Kolonlar için, X doğrultusu tasarım depremi altında olası 320 plastik mafsallık bölgesinin tamamı birbiri ile uyum içinde ve minimum hasar bölgesindedir. 50/2 deprem altında bu oran %94.4 olmaktadır. Y doğrultusunda da 50/10 depremde plastik mafsallık bölgelerinin tamamı uyumludur ve sadece iki kolonun alt ucunda belirgin hasar oluşmakla birlikte geri kalan kolonlar minimum hasar seviyesindedir. Perdelerde de X doğrultusunda tasarım depremi altında mevcut 8 perdeden %50'si uyum içindedir, zaman tanım alanında minimum hasar alan 4 adet perde artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde belirgin hasar almaktadır. Y doğrultusunda bu oran %75'tir. 50/2 deprem altında ise her iki doğrultuda da tamamı uyum içindedir.

Analiz sonuçları bina tepe yerdeğiştirmesi bakımından karşılaştırıldığında, artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile +X yönü 0.193 m olarak bulunan bina tepe yerdeğiştirmesi, zaman tanım alanında yapılan analizde maksimum 0.173 m değerini almaktadır. Bulunan sonuçlar arasındaki göreceli (rölatif) farkın % 11.5 olduğu görölmektedir. +Y yönünde itme analizinde 0.218 m olarak bulunan tepe yerdeğiştirmesi, zaman tanım alanında yapılan analizde 0.198 m değerini almaktadır ki bu da rölatif farkın % 9.1 olduğunu göstermektedir.

Taban kesme kuvvetleri karşılaştırıldığında artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde bulunan taban kesme kuvvetinin zaman tanım alanında yapılan analiz ile bulunan en büyük taban kesme kuvvetine oranının X doğrultusunda % 79.2, Y doğrultusunda ise % 78.7 olduğu belirlenmiştir.

2) Sayısal incelemelerin sonuçları üzerine yapılan genel değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır.

a) Tepe yatay yerdeğiştirmeleri açısından yapılan değerlendirmede, artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde hesaplanan tepe deplasman istemi, zaman tanım alanında hesap yöntemine göre daha fazladır aralarındaki göreceli farkın her iki yönde de yaklaşık % 10 olduğu saptanmıştır.

b) Taban kesme kuvvetleri açısından yapılan değerlendirmede, zaman tanım alanındaki analizden elde edilen taban kesme kuvvetinin artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yaklaşık %20 oranından daha büyük olduğu belirlenmiştir.

c) İki yöntemin sonuçlarının farklılık gösterdiği elemanlardaki değişim bir hasar bölgesi aralığı mertebesinde.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, 2007 Türk Deprem Yönetmeliği'nde mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performanlarının belirlenmesi amacıyla önerilen doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi*'nin karşılaştırılmasına yönelik olarak, sayısal bir inceleme gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sayısal incelemede esas alınan perdeli/çerçevesi bina modeli 2007 Deprem Yönetmeliği tasarım esaslarına göre boyutlandırılmıştır. Boyutlandırılan bu bina, olası yapım kusurları gibi unsurlar da dikkate alınarak mevcut bina olarak ele alınmıştır. Daha sonra, 2007 Deprem Yönetmeliği'nde öngörülen doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılarak bu binanın deprem performansı belirlenmiş ve her iki yöntemle elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Şekildeğiştirme esaslı doğrusal olmayan yöntem ile bina performansının belirlenmesinde kesitte meydana gelen toplam dönme istemine karşılık beton ve çelikte oluşan birim şekildeğiştirmeler esas alınmıştır.

Çalışmanın sayısal incelemeleri ile elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- 1) 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemlerinden *Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi* ve *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile belirlenen kesit hasar bölgeleri ve bina tepe yerdeğiştirmeleri önemli ölçüde benzerlik göstermektedir. Buna göre *Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi* ile belirlenen kesit hasar bölgeleri daha elverişli sonuçlar gözlemlenmiştir. Ancak iki yöntemin farklılık gösterdiği kesitlerdeki değişim en çok bir hasar bölgesi kadardır.
- 2) Mevcut bina olarak ele alınan binanın, tasarım depremi altında her iki hesap yönteminde de hedeflenen *Hemen Kullanım Performans Seviyesi*'ni sağlayamadığı ve *Can Güvenliği Performans Seviyesi*'nde olduğu belirlenmiştir. En büyük deprem altında ise yine her iki hesap yöntemine göre

göçme hasar alan kirişler (%6) göz ardı edildiğinde hedeflenen performans seviyesi olan *Can Güvenliği Performans Seviyesi*'ni sağladığı belirlenmiştir.

2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri karşılaştırıldığında şu sonuçlara varılmıştır.

- a) Zaman tanım alanında dinamik analizde doğal deprem hareketinden doğan dinamik yükler yapıya direkt aktarılabilir.
- b) Statik itme analizinde, yapı elemanlarındaki rijitlik değişiminin etkileri daha hassas bir şekilde görülebilmektedir.
- c) Zaman tanım alanında dinamik analiz her yapıya uygulanabilirken, statik itme analizinin yüksek yapılarda yapının gerçek davranışından daha farklı hatta bazen tamamen yanlış sonuçlar verdiği daha önceki çalışmalardan bilinmektedir.
- d) Zaman tanım alanında dinamik analiz daha gerçekçi sonuçlar vermektedir ancak bilgisayar çözümü statik itme analizine göre daha karmaşık ve zaman alıcıdır.

Analiz yöntemlerinin daha etkin bir şekilde karşılaştırılabilmesi ve elde edilen sonuçların birbirine daha yakın olmasının sağlanması amacıyla, artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin her itme adımında sistem üzerinde oluşan plastikleşmeleri de gözönüne alan uyarlamalı yük dağılımları uygulamak suretiyle benzeri sayısal incelemeler gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Fajfar, P. and Krawinkler, H.**, 1997. Seismic Design Methodologies for the Next Generation of Codes, Proceedings of International Workshop held in Bled (Slovenia), Balkema, The Netherlands.
- [2] **Priestley, M.J.N.**, 2000, Performance Based Seismic Design, 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, January-February 2000.
- [3] **Beskos, D.E. and Anagnostopoulos, S.A.**, Computer analysis and design of earthquake resistant structures - a handbook, CMP, (1997).
- [4] **Mwafy, A.M. and Elnashai, A.S.**, "Static pushover versus dynamic collapse analysis of RC buildings", Engineering Structures, (2001) 23, p.407.
- [5] **Krawinkler, H. and Seneviratna, G.D.P.K.**, "Pross and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation", Engineering Structures, (1998), p.452.
- [6] **Celep, Z., Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- [7] **Celep, Z.**, 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- [8] **Comartin C.D.**, "ATC-55: Evaluation and improvement of inelastic seismic analysis procedures", 10th US-Japan Workshop on Improvement of Structural Design and Construction Practices, Hawaii, (2003), p.227.
- [9] **Özer, E.**, 2007. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, www.itu.edu.tr/eozar, İstanbul.
- [10] **ATC-40**, 1996. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, *Applied Technology Council*, California.
- [11] **FEMA-273**, 1997. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [12] **FEMA-356**, 2000. Prestandart and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [13] **FEMA-440**, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, *Federal Emergency Management Agency*, Washington.
- [14] **ASCE 41-06**, 2007. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, California.
- [15] **European Committee for Standardization**, 2004. Design of Structures for Earthquake Resistance-Assessment and Retrofitting of Buildings, Eurocode 8-3.
- [16] **DBYBHY**, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.

- [17] **Chopra, A.K.**, 2000. Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey.
- [18] **Newmark, N.M.**, 1959. A Method of Computation for Structural Dynamics, *Journal of the Engineering Mechanics Division (ASCE)*, 85, 67-94.
- [19] **Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.**, 1992. Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt I, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [20] **Çakıroğlu, A., Özden, E., Özmen, G.**, 1992. Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Matris Metotları ve Elektronik Hesap Makinası Programları, Cilt II, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [21] **Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R.** (1988). Theoretical Stress-Strain Confined Concrete, *Journal of Structural Division (ASCE)*, 114(8), 1804-1826.
- [22] **Çakıroğlu, A., Özer, E.**, 1980. Malzeme ve Geometri Değişimleri Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, Cilt I, İ.T.Ü. Kütüphanesi, İstanbul.
- [23] **Aydınoğlu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H.**, 2009. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar Ve Örnekler Kitabı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- [24] **Celep, Z., Kumbasar N.**, 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Yayıncılık, İstanbul.
- [25] **Ersoy, U., Özcebe G.**, 2001. Betonarme: Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap, Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [26] **Fahjan, M. Y., Özdemir, Z.**, 2007. Gerçek Deprem Kayıtlarının Tasarım Spektrumlarına Uygun Olarak Zaman ve Frekans Tanım Alanlarında Ölçekleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim.
- [27] **Naeim F., Kelly J. M.**, 1999 Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice, John Wiley & Sons
- [28] **Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center**, PEER Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>, 2006.
- [29] **TS-500**, 2000. Betoarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [30] **ABYYHY**, 1998. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- [31] **SAP 2000**, 2005. Structural Analysis Program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [32] **XTRACT**, 2001, Section Analysis Program, Imbsen Software Systems.
- [33] **Priestley, M.J.N.**, 2003. Myths and Fallacies in Earthquake Engineering, Revisited, IUSS Press, Italy.

EK A

Çizelge A.1 : AEDYY +X yönü 1.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

1.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K101	K101H1	0.00697	0.02322	0.00735	0.03057	0.01503	0.00150	BHB	BHB
	K101H2	0.00700	0.02334	0.00735	0.03069	0.01444	0.00211	BHB	
K102	K102H1	0.00668	0.01484	0.00490	0.01974	0.01443	0.01491	IHB	IHB
	K102H2	0.00728	0.01617	0.00490	0.02107	0.01464	0.01521	IHB	
K103	K103H1	0.00300	0.01001	0.00735	0.01736	0.00836	0.00102	MHB	BHB
	K103H2	0.00603	0.02011	0.00735	0.02746	0.01287	0.00194	BHB	
K104	K104H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K104H2	0.00542	0.01806	0.00735	0.02541	0.01187	0.00184	BHB	
K105	K105H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K105H2	0.00582	0.01940	0.00735	0.02675	0.01252	0.00191	BHB	
K106	K106H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K106H2	0.00553	0.01843	0.00735	0.02578	0.01205	0.00186	BHB	
K107	K107H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K107H2	0.00580	0.01934	0.00735	0.02669	0.01249	0.00191	BHB	
K108	K108H1	0.00028	0.00092	0.00735	0.00827	0.00378	0.00069	MHB	BHB
	K108H2	0.00469	0.01562	0.00735	0.02297	0.01068	0.00171	BHB	
K109	K109H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K109H2	0.00619	0.02062	0.00735	0.02797	0.01312	0.00197	BHB	
K110	K110H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K110H2	0.00585	0.01951	0.00735	0.02686	0.01258	0.00191	BHB	
K111	K111H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K111H2	0.00587	0.01956	0.00735	0.02691	0.01260	0.00192	BHB	
K112	K112H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K112H2	0.00589	0.01964	0.00735	0.02699	0.01264	0.00192	BHB	
K113	K113H1	0.00070	0.00235	0.00735	0.00970	0.00450	0.00074	MHB	BHB
	K113H2	0.00508	0.01695	0.00735	0.02430	0.01132	0.00178	BHB	
K114	K114H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K114H2	0.00619	0.02063	0.00735	0.02798	0.01312	0.00197	BHB	
K115	K115H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K115H2	0.00597	0.01989	0.00735	0.02724	0.01276	0.00193	BHB	
K116	K116H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K116H2	0.00598	0.01994	0.00735	0.02729	0.01278	0.00194	BHB	
K117	K117H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K117H2	0.00600	0.01998	0.00735	0.02733	0.01281	0.00194	BHB	
K118	K118H1	0.00071	0.00235	0.00735	0.00970	0.00450	0.00074	MHB	BHB
	K118H2	0.00499	0.01663	0.00735	0.02398	0.01117	0.00177	BHB	
K119	K119H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K119H2	0.00602	0.02006	0.00735	0.02741	0.01284	0.00194	BHB	
K120	K120H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K120H2	0.00607	0.02022	0.00735	0.02757	0.01292	0.00195	BHB	
K121	K121H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K121H2	0.00583	0.01942	0.00735	0.02677	0.01253	0.00191	BHB	
K122	K122H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K122H2	0.00607	0.02022	0.00735	0.02757	0.01292	0.00195	BHB	
K123	K123H1	0.00054	0.00179	0.00735	0.00914	0.00422	0.00072	MHB	BHB
	K123H2	0.00513	0.01710	0.00735	0.02445	0.01140	0.00179	BHB	
K124	K124H1	0.00673	0.02243	0.00735	0.02978	0.01463	0.00147	BHB	BHB
	K124H2	0.00806	0.02686	0.00735	0.03421	0.01616	0.00230	BHB	
K125	K125H1	0.00747	0.01659	0.00490	0.02149	0.01577	0.01630	IHB	IHB
	K125H2	0.00786	0.01746	0.00490	0.02236	0.01559	0.01621	IHB	
K126	K126H1	0.00269	0.00898	0.00735	0.01633	0.00784	0.00099	MHB	BHB
	K126H2	0.00700	0.02333	0.00735	0.03068	0.01444	0.00211	BHB	

Çizelge A.2 : AEDYY +X yönü 2.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

2.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		rad	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K201	K201H1	0.00615	0.02049	0.00735	0.02784	0.01365	0.00140	BHB	BHB
	K201H2	0.00533	0.01775	0.00735	0.02510	0.01172	0.00182	BHB	
K202	K202H1	0.00384	0.00854	0.00490	0.01344	0.00960	0.00993	BHB	IHB
	K202H2	0.00635	0.01411	0.00490	0.01901	0.01312	0.01364	IHB	
K203	K203H1	0.00265	0.00885	0.00735	0.01620	0.00777	0.00098	MHB	MHB
	K203H2	0.00342	0.01139	0.00735	0.01874	0.00861	0.00150	MHB	
K204	K204H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K204H2	0.00372	0.01239	0.00735	0.01974	0.00910	0.00155	MHB	
K205	K205H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K205H2	0.00444	0.01480	0.00735	0.02215	0.01028	0.00167	BHB	
K206	K206H1	0.00014	0.00046	0.00735	0.00781	0.00355	0.00067	MHB	MHB
	K206H2	0.00376	0.01252	0.00735	0.01987	0.00916	0.00156	MHB	
K207	K207H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K207H2	0.00457	0.01525	0.00735	0.02260	0.01050	0.00169	BHB	
K208	K208H1	0.00173	0.00577	0.00735	0.01312	0.00622	0.00087	MHB	MHB
	K208H2	0.00024	0.00081	0.00735	0.00816	0.00344	0.00096	MHB	
K209	K209H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K209H2	0.00489	0.01629	0.00735	0.02364	0.01101	0.00175	BHB	
K210	K210H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K210H2	0.00431	0.01435	0.00735	0.02170	0.01006	0.00165	BHB	
K211	K211H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K211H2	0.00421	0.01404	0.00735	0.02139	0.00991	0.00163	MHB	
K212	K212H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K212H2	0.00426	0.01418	0.00735	0.02153	0.00998	0.00164	MHB	
K213	K213H1	0.00104	0.00347	0.00735	0.01082	0.00507	0.00078	MHB	MHB
	K213H2	0.00145	0.00482	0.00735	0.01217	0.00539	0.00117	MHB	
K214	K214H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K214H2	0.00477	0.01591	0.00735	0.02326	0.01082	0.00173	BHB	
K215	K215H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K215H2	0.00443	0.01475	0.00735	0.02210	0.01025	0.00167	BHB	
K216	K216H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K216H2	0.00432	0.01440	0.00735	0.02175	0.01008	0.00165	BHB	
K217	K217H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K217H2	0.00445	0.01484	0.00735	0.02219	0.01030	0.00167	BHB	
K218	K218H1	0.00104	0.00347	0.00735	0.01082	0.00507	0.00078	MHB	MHB
	K218H2	0.00138	0.00460	0.00735	0.01195	0.00528	0.00116	MHB	
K219	K219H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K219H2	0.00458	0.01528	0.00735	0.02263	0.01051	0.00170	BHB	
K220	K220H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K220H2	0.00479	0.01596	0.00735	0.02331	0.01084	0.00173	BHB	
K221	K221H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K221H2	0.00427	0.01422	0.00735	0.02157	0.00999	0.00164	MHB	
K222	K222H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K222H2	0.00482	0.01606	0.00735	0.02341	0.01089	0.00174	BHB	
K223	K223H1	0.00144	0.00481	0.00735	0.01216	0.00574	0.00083	MHB	MHB
	K223H2	0.00118	0.00393	0.00735	0.01128	0.00496	0.00113	MHB	
K224	K224H1	0.00695	0.02316	0.00735	0.03051	0.01499	0.00149	BHB	BHB
	K224H2	0.00627	0.02089	0.00735	0.02824	0.01325	0.00199	BHB	
K225	K225H1	0.00532	0.01183	0.00490	0.01673	0.01212	0.01253	BHB	IHB
	K225H2	0.00709	0.01576	0.00490	0.02066	0.01433	0.01489	IHB	
K226	K226H1	0.00347	0.01157	0.00735	0.01892	0.00914	0.00108	MHB	MHB
	K226H2	0.00424	0.01415	0.00735	0.02150	0.00996	0.00164	MHB	

Çizelge A.3 : AEDYY +X yönü 3.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

3.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K301	K301H1	0.00547	0.01822	0.00735	0.02557	0.01250	0.00132	BHB	BHB
	K301H2	0.00452	0.01507	0.00735	0.02242	0.01041	0.00168	BHB	
K302	K302H1	0.00277	0.00615	0.00490	0.01105	0.00780	0.00807	BHB	BHB
	K302H2	0.00531	0.01180	0.00490	0.01670	0.01142	0.01188	BHB	
K303	K303H1	0.00173	0.00576	0.00735	0.01311	0.00622	0.00087	MHB	MHB
	K303H2	0.00313	0.01042	0.00735	0.01777	0.00813	0.00145	MHB	
K304	K304H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K304H2	0.00387	0.01291	0.00735	0.02026	0.00935	0.00157	MHB	
K305	K305H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K305H2	0.00465	0.01550	0.00735	0.02285	0.01062	0.00171	BHB	
K306	K306H1	0.00134	0.00446	0.00735	0.01181	0.00557	0.00082	MHB	MHB
	K306H2	0.00304	0.01015	0.00735	0.01750	0.00800	0.00144	MHB	
K307	K307H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K307H2	0.00461	0.01537	0.00735	0.02272	0.01055	0.00170	BHB	
K308	K308H1	0.00152	0.00508	0.00735	0.01243	0.00588	0.00084	MHB	MHB
	K308H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K309	K309H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K309H2	0.00548	0.01826	0.00735	0.02561	0.01196	0.00185	BHB	
K310	K310H1	0.00038	0.00126	0.00735	0.00861	0.00395	0.00070	MHB	MHB
	K310H2	0.00417	0.01389	0.00735	0.02124	0.00984	0.00162	MHB	
K311	K311H1	0.00038	0.00126	0.00735	0.00861	0.00395	0.00070	MHB	MHB
	K311H2	0.00408	0.01361	0.00735	0.02096	0.00970	0.00161	MHB	
K312	K312H1	0.00052	0.00174	0.00735	0.00909	0.00420	0.00072	MHB	MHB
	K312H2	0.00413	0.01375	0.00735	0.02110	0.00977	0.00162	MHB	
K313	K313H1	0.00249	0.00831	0.00735	0.01566	0.00750	0.00096	MHB	MHB
	K313H2	0.00035	0.00117	0.00735	0.00852	0.00361	0.00099	MHB	
K314	K314H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K314H2	0.00532	0.01773	0.00735	0.02508	0.01171	0.00182	BHB	
K315	K315H1	0.00038	0.00126	0.00735	0.00861	0.00395	0.00070	MHB	BHB
	K315H2	0.00429	0.01431	0.00735	0.02166	0.01004	0.00165	BHB	
K316	K316H1	0.00038	0.00126	0.00735	0.00861	0.00395	0.00070	MHB	MHB
	K316H2	0.00419	0.01397	0.00735	0.02132	0.00987	0.00163	MHB	
K317	K317H1	0.00039	0.00128	0.00735	0.00863	0.00396	0.00070	MHB	BHB
	K317H2	0.00441	0.01469	0.00735	0.02204	0.01022	0.00166	BHB	
K318	K318H1	0.00250	0.00833	0.00735	0.01568	0.00751	0.00096	MHB	MHB
	K318H2	0.00036	0.00120	0.00735	0.00855	0.00363	0.00099	MHB	
K319	K319H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K319H2	0.00480	0.01598	0.00735	0.02333	0.01085	0.00173	BHB	
K320	K320H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K320H2	0.00503	0.01678	0.00735	0.02413	0.01124	0.00177	BHB	
K321	K321H1	0.00126	0.00421	0.00735	0.01156	0.00544	0.00081	MHB	MHB
	K321H2	0.00361	0.01202	0.00735	0.01937	0.00892	0.00153	MHB	
K322	K322H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K322H2	0.00503	0.01676	0.00735	0.02411	0.01123	0.00177	BHB	
K323	K323H1	0.00238	0.00794	0.00735	0.01529	0.00732	0.00095	MHB	MHB
	K323H2	0.00026	0.00088	0.00735	0.00823	0.00347	0.00097	MHB	
K324	K324H1	0.00652	0.02173	0.00735	0.02908	0.01428	0.00144	BHB	BHB
	K324H2	0.00564	0.01880	0.00735	0.02615	0.01223	0.00188	BHB	
K325	K325H1	0.00406	0.00903	0.00490	0.01393	0.00998	0.01032	BHB	IHB
	K325H2	0.00650	0.01445	0.00490	0.01935	0.01336	0.01389	IHB	
K326	K326H1	0.00288	0.00961	0.00735	0.01696	0.00815	0.00101	MHB	MHB
	K326H2	0.00400	0.01334	0.00735	0.02069	0.00956	0.00160	MHB	

Çizelge A.4 : AEDYY +X yönü 4.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

4.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K401	K401H1	0.00512	0.01707	0.00735	0.02442	0.01192	0.00128	BHB	BHB
	K401H2	0.00427	0.01424	0.00735	0.02159	0.01001	0.00164	BHB	
K402	K402H1	0.00256	0.00568	0.00490	0.01058	0.00744	0.00770	BHB	IHB
	K402H2	0.00492	0.01094	0.00490	0.01584	0.01079	0.01122	IHB	
K403	K403H1	0.00131	0.00437	0.00735	0.01172	0.00552	0.00081	MHB	MHB
	K403H2	0.00291	0.00969	0.00735	0.01704	0.00778	0.00142	MHB	
K404	K404H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K404H2	0.00400	0.01335	0.00735	0.02070	0.00957	0.00160	MHB	
K405	K405H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K405H2	0.00472	0.01574	0.00735	0.02309	0.01074	0.00172	BHB	
K406	K406H1	0.00177	0.00590	0.00735	0.01325	0.00629	0.00087	MHB	MHB
	K406H2	0.00283	0.00944	0.00735	0.01679	0.00765	0.00140	MHB	
K407	K407H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K407H2	0.00475	0.01583	0.00735	0.02318	0.01078	0.00172	BHB	
K408	K408H1	0.00113	0.00376	0.00735	0.01111	0.00521	0.00079	MHB	MHB
	K408H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K409	K409H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K409H2	0.00597	0.01989	0.00735	0.02724	0.01276	0.00193	BHB	
K410	K410H1	0.00067	0.00224	0.00735	0.00959	0.00445	0.00074	MHB	BHB
	K410H2	0.00408	0.01360	0.00735	0.02095	0.00969	0.00161	BHB	
K411	K411H1	0.00068	0.00225	0.00735	0.00960	0.00445	0.00074	MHB	MHB
	K411H2	0.00398	0.01326	0.00735	0.02061	0.00953	0.00159	MHB	
K412	K412H1	0.00079	0.00264	0.00735	0.00999	0.00465	0.00075	MHB	MHB
	K412H2	0.00401	0.01338	0.00735	0.02073	0.00958	0.00160	MHB	
K413	K413H1	0.00276	0.00919	0.00735	0.01654	0.00794	0.00099	MHB	MHB
	K413H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K414	K414H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K414H2	0.00578	0.01926	0.00735	0.02661	0.01245	0.00190	BHB	
K415	K415H1	0.00067	0.00225	0.00735	0.00960	0.00445	0.00074	MHB	BHB
	K415H2	0.00422	0.01406	0.00735	0.02141	0.00992	0.00163	BHB	
K416	K416H1	0.00068	0.00226	0.00735	0.00961	0.00446	0.00074	MHB	BHB
	K416H2	0.00411	0.01368	0.00735	0.02103	0.00973	0.00161	BHB	
K417	K417H1	0.00069	0.00229	0.00735	0.00964	0.00447	0.00074	MHB	BHB
	K417H2	0.00429	0.01431	0.00735	0.02166	0.01004	0.00165	BHB	
K418	K418H1	0.00259	0.00865	0.00735	0.01600	0.00767	0.00097	MHB	MHB
	K418H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K419	K419H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K419H2	0.00505	0.01684	0.00735	0.02419	0.01127	0.00178	BHB	
K420	K420H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K420H2	0.00518	0.01726	0.00735	0.02461	0.01148	0.00180	BHB	
K421	K421H1	0.00163	0.00542	0.00735	0.01277	0.00605	0.00085	MHB	MHB
	K421H2	0.00342	0.01139	0.00735	0.01874	0.00861	0.00150	MHB	
K422	K422H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K422H2	0.00515	0.01716	0.00735	0.02451	0.01143	0.00179	BHB	
K423	K423H1	0.00225	0.00749	0.00735	0.01484	0.00709	0.00093	MHB	MHB
	K423H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K424	K424H1	0.00638	0.02127	0.00735	0.02862	0.01404	0.00142	BHB	BHB
	K424H2	0.00533	0.01776	0.00735	0.02511	0.01172	0.00182	BHB	
K425	K425H1	0.00380	0.00844	0.00490	0.01334	0.00953	0.00986	BHB	IHB
	K425H2	0.00617	0.01371	0.00490	0.01861	0.01282	0.01333	IHB	
K426	K426H1	0.00270	0.00898	0.00735	0.01633	0.00784	0.00099	MHB	MHB
	K426H2	0.00388	0.01292	0.00735	0.02027	0.00936	0.00158	MHB	

Çizelge A.5 : AEDYY +X yönü 5.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

5.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K501	K501H1	0.00521	0.01738	0.00735	0.02473	0.01208	0.00129	BHB	BHB
	K501H2	0.00423	0.01408	0.00735	0.02143	0.00993	0.00163	MHB	
K502	K502H1	0.00253	0.00562	0.00490	0.01052	0.00740	0.00765	BHB	BHB
	K502H2	0.00523	0.01161	0.00490	0.01651	0.01128	0.01173	BHB	
K503	K503H1	0.00130	0.00432	0.00735	0.01167	0.00549	0.00081	MHB	MHB
	K503H2	0.00313	0.01043	0.00735	0.01778	0.00814	0.00145	MHB	
K504	K504H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K504H2	0.00422	0.01406	0.00735	0.02141	0.00992	0.00163	MHB	
K505	K505H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K505H2	0.00470	0.01566	0.00735	0.02301	0.01070	0.00172	BHB	
K506	K506H1	0.00151	0.00503	0.00735	0.01238	0.00585	0.00084	MHB	MHB
	K506H2	0.00279	0.00930	0.00735	0.01665	0.00758	0.00140	MHB	
K507	K507H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K507H2	0.00469	0.01562	0.00735	0.02297	0.01068	0.00171	BHB	
K508	K508H1	0.00085	0.00284	0.00735	0.01019	0.00475	0.00076	MHB	MHB
	K508H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K509	K509H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K509H2	0.00633	0.02111	0.00735	0.02846	0.01335	0.00200	BHB	
K510	K510H1	0.00037	0.00124	0.00735	0.00859	0.00394	0.00070	MHB	MHB
	K510H2	0.00410	0.01365	0.00735	0.02100	0.00972	0.00161	MHB	
K511	K511H1	0.00026	0.00088	0.00735	0.00823	0.00376	0.00069	MHB	MHB
	K511H2	0.00397	0.01324	0.00735	0.02059	0.00951	0.00159	MHB	
K512	K512H1	0.00038	0.00127	0.00735	0.00862	0.00395	0.00070	MHB	MHB
	K512H2	0.00411	0.01371	0.00735	0.02106	0.00975	0.00161	MHB	
K513	K513H1	0.00257	0.00858	0.00735	0.01593	0.00764	0.00097	MHB	MHB
	K513H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K514	K514H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K514H2	0.00623	0.02075	0.00735	0.02810	0.01318	0.00198	BHB	
K515	K515H1	0.00037	0.00124	0.00735	0.00859	0.00394	0.00070	MHB	MHB
	K515H2	0.00423	0.01410	0.00735	0.02145	0.00994	0.00163	MHB	
K516	K516H1	0.00026	0.00088	0.00735	0.00823	0.00376	0.00069	MHB	MHB
	K516H2	0.00409	0.01362	0.00735	0.02097	0.00970	0.00161	MHB	
K517	K517H1	0.00038	0.00127	0.00735	0.00862	0.00395	0.00070	MHB	MHB
	K517H2	0.00424	0.01413	0.00735	0.02148	0.00995	0.00164	MHB	
K518	K518H1	0.00247	0.00823	0.00735	0.01558	0.00746	0.00096	MHB	MHB
	K518H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K519	K519H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K519H2	0.00534	0.01779	0.00735	0.02514	0.01173	0.00183	BHB	
K520	K520H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K520H2	0.00509	0.01697	0.00735	0.02432	0.01134	0.00178	BHB	
K521	K521H1	0.00133	0.00443	0.00735	0.01178	0.00555	0.00082	MHB	MHB
	K521H2	0.00341	0.01136	0.00735	0.01871	0.00860	0.00150	MHB	
K522	K522H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K522H2	0.00510	0.01698	0.00735	0.02433	0.01134	0.00178	BHB	
K523	K523H1	0.00196	0.00655	0.00735	0.01390	0.00661	0.00090	MHB	MHB
	K523H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K524	K524H1	0.00641	0.02136	0.00735	0.02871	0.01409	0.00143	BHB	BHB
	K524H2	0.00538	0.01794	0.00735	0.02529	0.01181	0.00183	BHB	
K525	K525H1	0.00397	0.00882	0.00490	0.01372	0.00982	0.01016	BHB	IHB
	K525H2	0.00649	0.01443	0.00490	0.01933	0.01335	0.01388	IHB	
K526	K526H1	0.00272	0.00906	0.00735	0.01641	0.00788	0.00099	MHB	MHB
	K526H2	0.00391	0.01304	0.00735	0.02039	0.00942	0.00158	MHB	

Çizelge A.6 : AEDYY +X yönü 6.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

6.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K601	K601H1	0.00565	0.01884	0.00735	0.02619	0.01281	0.00134	BHB	BHB
	K601H2	0.00419	0.01395	0.00735	0.02130	0.00986	0.00163	MHB	
K602	K602H1	0.00306	0.00679	0.00490	0.01169	0.00828	0.00857	BHB	BHB
	K602H2	0.00536	0.01191	0.00490	0.01681	0.01150	0.01196	BHB	
K603	K603H1	0.00177	0.00590	0.00735	0.01325	0.00629	0.00087	MHB	MHB
	K603H2	0.00319	0.01064	0.00735	0.01799	0.00824	0.00146	MHB	
K604	K604H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K604H2	0.00439	0.01464	0.00735	0.02199	0.01020	0.00166	BHB	
K605	K605H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K605H2	0.00450	0.01498	0.00735	0.02233	0.01037	0.00168	BHB	
K606	K606H1	0.00081	0.00268	0.00735	0.01003	0.00467	0.00075	MHB	MHB
	K606H2	0.00272	0.00908	0.00735	0.01643	0.00748	0.00139	MHB	
K607	K607H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K607H2	0.00441	0.01471	0.00735	0.02206	0.01024	0.00167	BHB	
K608	K608H1	0.00072	0.00241	0.00735	0.00976	0.00453	0.00074	MHB	MHB
	K608H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K609	K609H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K609H2	0.00660	0.02200	0.00735	0.02935	0.01379	0.00204	BHB	
K610	K610H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K610H2	0.00400	0.01332	0.00735	0.02067	0.00956	0.00160	MHB	
K611	K611H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K611H2	0.00375	0.01251	0.00735	0.01986	0.00916	0.00156	MHB	
K612	K612H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K612H2	0.00394	0.01314	0.00735	0.02049	0.00946	0.00159	MHB	
K613	K613H1	0.00198	0.00660	0.00735	0.01395	0.00664	0.00090	MHB	MHB
	K613H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K614	K614H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K614H2	0.00657	0.02189	0.00735	0.02924	0.01374	0.00204	BHB	
K615	K615H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K615H2	0.00412	0.01372	0.00735	0.02107	0.00975	0.00162	MHB	
K616	K616H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K616H2	0.00388	0.01292	0.00735	0.02027	0.00936	0.00158	MHB	
K617	K617H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K617H2	0.00412	0.01375	0.00735	0.02110	0.00976	0.00162	MHB	
K618	K618H1	0.00199	0.00665	0.00735	0.01400	0.00667	0.00090	MHB	MHB
	K618H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K619	K619H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K619H2	0.00548	0.01826	0.00735	0.02561	0.01197	0.00185	BHB	
K620	K620H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K620H2	0.00487	0.01624	0.00735	0.02359	0.01098	0.00175	BHB	
K621	K621H1	0.00061	0.00203	0.00735	0.00938	0.00434	0.00073	MHB	MHB
	K621H2	0.00342	0.01141	0.00735	0.01876	0.00862	0.00150	MHB	
K622	K622H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K622H2	0.00482	0.01608	0.00735	0.02343	0.01090	0.00174	BHB	
K623	K623H1	0.00181	0.00602	0.00735	0.01337	0.00635	0.00088	MHB	MHB
	K623H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K624	K624H1	0.00664	0.02212	0.00735	0.02947	0.01447	0.00146	BHB	BHB
	K624H2	0.00546	0.01819	0.00735	0.02554	0.01193	0.00185	BHB	
K625	K625H1	0.00447	0.00993	0.00490	0.01483	0.01067	0.01104	BHB	IHB
	K625H2	0.00707	0.01570	0.00490	0.02060	0.01428	0.01485	IHB	
K626	K626H1	0.00288	0.00960	0.00735	0.01695	0.00815	0.00101	MHB	MHB
	K626H2	0.00425	0.01416	0.00735	0.02151	0.00997	0.00164	MHB	

Çizelge A.7 : AEDYY +X yönü 7.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

7.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K701	K701H1	0.00573	0.01911	0.00735	0.02646	0.01295	0.00135	BHB	BHB
	K701H2	0.00458	0.01526	0.00735	0.02261	0.01050	0.00169	BHB	
K702	K702H1	0.00369	0.00820	0.00490	0.01310	0.00935	0.00967	BHB	BHB
	K702H2	0.00625	0.01388	0.00490	0.01878	0.01295	0.01346	BHB	
K703	K703H1	0.00205	0.00684	0.00735	0.01419	0.00676	0.00091	MHB	MHB
	K703H2	0.00325	0.01082	0.00735	0.01817	0.00833	0.00147	MHB	
K704	K704H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K704H2	0.00518	0.01725	0.00735	0.02460	0.01147	0.00180	BHB	
K705	K705H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K705H2	0.00498	0.01659	0.00735	0.02394	0.01115	0.00176	BHB	
K706	K706H1	0.00063	0.00211	0.00735	0.00946	0.00438	0.00073	MHB	MHB
	K706H2	0.00324	0.01081	0.00735	0.01816	0.00832	0.00147	MHB	
K707	K707H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K707H2	0.00499	0.01664	0.00735	0.02399	0.01118	0.00177	BHB	
K708	K708H1	0.00112	0.00375	0.00735	0.01110	0.00521	0.00079	MHB	MHB
	K708H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K709	K709H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K709H2	0.00717	0.02391	0.00735	0.03126	0.01472	0.00214	BHB	
K710	K710H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K710H2	0.00455	0.01515	0.00735	0.02250	0.01045	0.00169	BHB	
K711	K711H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K711H2	0.00429	0.01429	0.00735	0.02164	0.01003	0.00164	BHB	
K712	K712H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K712H2	0.00436	0.01455	0.00735	0.02190	0.01015	0.00166	BHB	
K713	K713H1	0.00211	0.00705	0.00735	0.01440	0.00687	0.00091	MHB	MHB
	K713H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K714	K714H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K714H2	0.00713	0.02378	0.00735	0.03113	0.01466	0.00213	BHB	
K715	K715H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K715H2	0.00467	0.01557	0.00735	0.02292	0.01065	0.00171	BHB	
K716	K716H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K716H2	0.00443	0.01478	0.00735	0.02213	0.01027	0.00167	BHB	
K717	K717H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K717H2	0.00458	0.01528	0.00735	0.02263	0.01051	0.00170	BHB	
K718	K718H1	0.00212	0.00706	0.00735	0.01441	0.00687	0.00091	MHB	MHB
	K718H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K719	K719H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K719H2	0.00617	0.02055	0.00735	0.02790	0.01308	0.00197	BHB	
K720	K720H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K720H2	0.00533	0.01776	0.00735	0.02511	0.01172	0.00182	BHB	
K721	K721H1	0.00054	0.00181	0.00735	0.00916	0.00423	0.00072	MHB	MHB
	K721H2	0.00389	0.01296	0.00735	0.02031	0.00938	0.00158	MHB	
K722	K722H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K722H2	0.00531	0.01768	0.00735	0.02503	0.01168	0.00182	BHB	
K723	K723H1	0.00221	0.00737	0.00735	0.01472	0.00703	0.00093	MHB	MHB
	K723H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	
K724	K724H1	0.00677	0.02258	0.00735	0.02993	0.01470	0.00147	BHB	BHB
	K724H2	0.00570	0.01901	0.00735	0.02636	0.01233	0.00189	BHB	
K725	K725H1	0.00527	0.01172	0.00490	0.01662	0.01204	0.01245	BHB	IHB
	K725H2	0.00713	0.01584	0.00490	0.02074	0.01438	0.01495	IHB	
K726	K726H1	0.00313	0.01043	0.00735	0.01778	0.00857	0.00104	MHB	BHB
	K726H2	0.00433	0.01442	0.00735	0.02177	0.01009	0.00165	BHB	

Çizelge A.8 : AEDYY +X yönü 8.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

8.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K801	K801H1	0.00707	0.02357	0.00735	0.03092	0.01520	0.00151	BHB	BHB
	K801H2	0.00456	0.01521	0.00735	0.02256	0.01048	0.00169	BHB	
K802	K802H1	0.00431	0.00957	0.00490	0.01447	0.01039	0.01075	BHB	BHB
	K802H2	0.00624	0.01387	0.00490	0.01877	0.01294	0.01345	BHB	
K803	K803H1	0.00213	0.00711	0.00735	0.01446	0.00690	0.00092	MHB	BHB
	K803H2	0.00513	0.01708	0.00735	0.02443	0.01139	0.00179	BHB	
K804	K804H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K804H2	0.00461	0.01537	0.00735	0.02272	0.01056	0.00170	BHB	
K805	K805H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K805H2	0.00477	0.01589	0.00735	0.02324	0.01081	0.00173	BHB	
K806	K806H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K806H2	0.00355	0.01184	0.00735	0.01919	0.00883	0.00152	MHB	
K807	K807H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K807H2	0.00460	0.01533	0.00735	0.02268	0.01054	0.00170	BHB	
K808	K808H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K808H2	0.00142	0.00473	0.00735	0.01208	0.00535	0.00117	MHB	
K809	K809H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K809H2	0.00544	0.01813	0.00735	0.02548	0.01190	0.00184	BHB	
K810	K810H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K810H2	0.00440	0.01466	0.00735	0.02201	0.01021	0.00166	BHB	
K811	K811H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K811H2	0.00434	0.01445	0.00735	0.02180	0.01011	0.00165	BHB	
K812	K812H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K812H2	0.00494	0.01646	0.00735	0.02381	0.01109	0.00176	BHB	
K813	K813H1	0.00201	0.00670	0.00735	0.01405	0.00669	0.00090	MHB	MHB
	K813H2	0.00164	0.00546	0.00735	0.01281	0.00570	0.00121	MHB	
K814	K814H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K814H2	0.00543	0.01810	0.00735	0.02545	0.01189	0.00184	BHB	
K815	K815H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K815H2	0.00449	0.01496	0.00735	0.02231	0.01036	0.00168	BHB	
K816	K816H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K816H2	0.00444	0.01478	0.00735	0.02213	0.01027	0.00167	BHB	
K817	K817H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K817H2	0.00503	0.01677	0.00735	0.02412	0.01124	0.00177	BHB	
K818	K818H1	0.00192	0.00641	0.00735	0.01376	0.00655	0.00089	MHB	MHB
	K818H2	0.00164	0.00545	0.00735	0.01280	0.00570	0.00121	MHB	
K819	K819H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K819H2	0.00573	0.01909	0.00735	0.02644	0.01237	0.00189	BHB	
K820	K820H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K820H2	0.00507	0.01688	0.00735	0.02423	0.01129	0.00178	BHB	
K821	K821H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K821H2	0.00400	0.01334	0.00735	0.02069	0.00956	0.00160	MHB	
K822	K822H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	BHB
	K822H2	0.00485	0.01616	0.00735	0.02351	0.01094	0.00174	BHB	
K823	K823H1	0.00077	0.00257	0.00735	0.00992	0.00332	0.00073	MHB	MHB
	K823H2	0.00190	0.00633	0.00735	0.01368	0.00613	0.00125	MHB	
K824	K824H1	0.00787	0.02622	0.00735	0.03357	0.01653	0.00161	BHB	BHB
	K824H2	0.00569	0.01895	0.00735	0.02630	0.01230	0.00189	BHB	
K825	K825H1	0.00572	0.01272	0.00490	0.01762	0.01280	0.01324	BHB	IHB
	K825H2	0.00732	0.01626	0.00490	0.02116	0.01470	0.01528	IHB	
K826	K826H1	0.00301	0.01004	0.00735	0.01739	0.00837	0.00103	MHB	BHB
	K826H2	0.00601	0.02003	0.00735	0.02738	0.01283	0.00194	BHB	

Çizelge A.9 : ZTADOHY +X yönü 1.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

1.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K101	K101H1	0.00139	0.00465	0.00735	0.01200	0.00531	0.00117	MHB	MHB
	K101H2	0.00140	0.00467	0.00735	0.01202	0.00532	0.00117	MHB	
K102	K102H1	0.00138	0.00306	0.00490	0.00796	0.00505	0.00526	BHB	BHB
	K102H2	0.00069	0.00154	0.00490	0.00644	0.00432	0.00447	BHB	
K103	K103H1	0.00273	0.00909	0.00735	0.01644	0.00748	0.00139	MHB	MHB
	K103H2	0.00292	0.00972	0.00735	0.01707	0.00821	0.00101	MHB	
K104	K104H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K104H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00184	MHB	
K105	K105H1	0.00116	0.00385	0.00735	0.01120	0.00492	0.00113	MHB	MHB
	K105H2	0.00005	0.00016	0.00735	0.00751	0.00313	0.00092	MHB	
K106	K106H1	0.00070	0.00234	0.00735	0.00969	0.00418	0.00105	MHB	MHB
	K106H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00186	MHB	
K107	K107H1	0.00127	0.00422	0.00735	0.01157	0.00510	0.00114	MHB	MHB
	K107H2	0.00014	0.00046	0.00735	0.00781	0.00327	0.00094	MHB	
K108	K108H1	0.00027	0.00089	0.00735	0.00824	0.00348	0.00097	MHB	MHB
	K108H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00171	MHB	
K109	K109H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K109H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00197	MHB	
K110	K110H1	0.00100	0.00334	0.00735	0.01069	0.00467	0.00110	MHB	MHB
	K110H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00191	MHB	
K111	K111H1	0.00106	0.00354	0.00735	0.01089	0.00476	0.00111	MHB	MHB
	K111H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00192	MHB	
K112	K112H1	0.00107	0.00356	0.00735	0.01091	0.00477	0.00111	MHB	MHB
	K112H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00192	MHB	
K113	K113H1	0.00116	0.00386	0.00735	0.01121	0.00492	0.00113	MHB	MHB
	K113H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00178	MHB	
K114	K114H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K114H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00197	MHB	
K115	K115H1	0.00110	0.00368	0.00735	0.01103	0.00483	0.00112	MHB	MHB
	K115H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00193	MHB	
K116	K116H1	0.00114	0.00381	0.00735	0.01116	0.00490	0.00112	MHB	MHB
	K116H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00194	MHB	
K117	K117H1	0.00116	0.00385	0.00735	0.01120	0.00492	0.00113	MHB	MHB
	K117H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00194	MHB	
K118	K118H1	0.00111	0.00369	0.00735	0.01104	0.00484	0.00112	MHB	MHB
	K118H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00177	MHB	
K119	K119H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	MHB
	K119H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00194	MHB	
K120	K120H1	0.00133	0.00445	0.00735	0.01180	0.00521	0.00116	MHB	MHB
	K120H2	0.00027	0.00089	0.00735	0.00824	0.00348	0.00097	MHB	
K121	K121H1	0.00097	0.00324	0.00735	0.01059	0.00462	0.00110	MHB	MHB
	K121H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00191	MHB	
K122	K122H1	0.00149	0.00495	0.00735	0.01230	0.00546	0.00118	MHB	MHB
	K122H2	0.00033	0.00111	0.00735	0.00846	0.00358	0.00098	MHB	
K123	K123H1	0.00075	0.00251	0.00735	0.00986	0.00426	0.00106	MHB	MHB
	K123H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00179	MHB	
K124	K124H1	0.00211	0.00703	0.00735	0.01438	0.00647	0.00128	MHB	MHB
	K124H2	0.00230	0.00765	0.00735	0.01500	0.00678	0.00131	MHB	
K125	K125H1	0.00187	0.00415	0.00490	0.00905	0.00583	0.00608	BHB	BHB
	K125H2	0.00140	0.00312	0.00490	0.00802	0.00550	0.00570	BHB	
K126	K126H1	0.00366	0.01218	0.00735	0.01953	0.00900	0.00154	MHB	MHB
	K126H2	0.00253	0.00842	0.00735	0.01577	0.00756	0.00097	MHB	

Çizelge A.10 : ZTADOHY +X yönü 2.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

2.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K201	K201H1	0.00124	0.00414	0.00735	0.01149	0.00541	0.00081	MHB	MHB
	K201H2	0.00059	0.00196	0.00735	0.00931	0.00399	0.00103	MHB	
K202	K202H1	0.00135	0.00299	0.00490	0.00789	0.00500	0.00521	BHB	IHB
	K202H2	0.00000	0.00000	0.00490	0.00490	MHB	0.01364	IHB	
K203	K203H1	0.00213	0.00711	0.00735	0.01446	0.00651	0.00129	MHB	MHB
	K203H2	0.00287	0.00956	0.00735	0.01691	0.00813	0.00101	MHB	
K204	K204H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K204H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00155	MHB	
K205	K205H1	0.00108	0.00360	0.00735	0.01095	0.00479	0.00111	MHB	MHB
	K205H2	0.00008	0.00025	0.00735	0.00760	0.00318	0.00093	MHB	
K206	K206H1	0.00024	0.00079	0.00735	0.00814	0.00343	0.00096	MHB	MHB
	K206H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00156	MHB	
K207	K207H1	0.00114	0.00380	0.00735	0.01115	0.00489	0.00112	MHB	MHB
	K207H2	0.00018	0.00058	0.00735	0.00793	0.00333	0.00095	MHB	
K208	K208H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00087	MHB	MHB
	K208H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00096	MHB	
K209	K209H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K209H2	0.00016	0.00053	0.00735	0.00788	0.00331	0.00095	MHB	
K210	K210H1	0.00074	0.00248	0.00735	0.00983	0.00424	0.00106	MHB	MHB
	K210H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00165	MHB	
K211	K211H1	0.00072	0.00239	0.00735	0.00974	0.00420	0.00105	MHB	MHB
	K211H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00163	MHB	
K212	K212H1	0.00073	0.00243	0.00735	0.00978	0.00422	0.00106	MHB	MHB
	K212H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00164	MHB	
K213	K213H1	0.00133	0.00443	0.00735	0.01178	0.00520	0.00116	MHB	MHB
	K213H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00117	MHB	
K214	K214H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K214H2	0.00008	0.00025	0.00735	0.00760	0.00317	0.00093	MHB	
K215	K215H1	0.00089	0.00295	0.00735	0.01030	0.00448	0.00108	MHB	MHB
	K215H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00167	MHB	
K216	K216H1	0.00083	0.00276	0.00735	0.01011	0.00438	0.00107	MHB	MHB
	K216H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00165	MHB	
K217	K217H1	0.00085	0.00283	0.00735	0.01018	0.00442	0.00108	MHB	MHB
	K217H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00167	MHB	
K218	K218H1	0.00124	0.00414	0.00735	0.01149	0.00506	0.00114	MHB	MHB
	K218H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00116	MHB	
K219	K219H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K219H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00170	MHB	
K220	K220H1	0.00147	0.00489	0.00735	0.01224	0.00543	0.00118	MHB	MHB
	K220H2	0.00040	0.00133	0.00735	0.00868	0.00368	0.00100	MHB	
K221	K221H1	0.00060	0.00199	0.00735	0.00934	0.00401	0.00103	MHB	MHB
	K221H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00164	MHB	
K222	K222H1	0.00157	0.00522	0.00735	0.01257	0.00559	0.00119	MHB	MHB
	K222H2	0.00049	0.00164	0.00735	0.00899	0.00384	0.00101	MHB	
K223	K223H1	0.00067	0.00222	0.00735	0.00957	0.00412	0.00104	MHB	MHB
	K223H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00113	MHB	
K224	K224H1	0.00193	0.00642	0.00735	0.01377	0.00655	0.00089	MHB	MHB
	K224H2	0.00128	0.00428	0.00735	0.01163	0.00513	0.00115	MHB	
K225	K225H1	0.00237	0.00527	0.00490	0.01017	0.00665	0.00693	BHB	BHB
	K225H2	0.00049	0.00108	0.00490	0.00598	0.00398	0.00413	BHB	
K226	K226H1	0.00288	0.00959	0.00735	0.01694	0.00773	0.00141	MHB	MHB
	K226H2	0.00359	0.01196	0.00735	0.01931	0.00934	0.00110	MHB	

Çizelge A.11 : ZTADOHY +X yönü 3.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

3.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K301	K301H1	0.00136	0.00453	0.00735	0.01188	0.00560	0.00082	MHB	MHB
	K301H2	0.00051	0.00169	0.00735	0.00904	0.00386	0.00102	MHB	
K302	K302H1	0.00155	0.00345	0.00490	0.00835	0.00533	0.00556	BHB	BHB
	K302H2	0.00000	0.00000	0.00490	0.00490	MHB	0.01188	BHB	
K303	K303H1	0.00217	0.00724	0.00735	0.01459	0.00658	0.00129	MHB	MHB
	K303H2	0.00307	0.01022	0.00735	0.01757	0.00846	0.00103	MHB	
K304	K304H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K304H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00157	MHB	
K305	K305H1	0.00219	0.00731	0.00735	0.01466	0.00661	0.00130	MHB	MHB
	K305H2	0.00066	0.00220	0.00735	0.00955	0.00411	0.00104	MHB	
K306	K306H1	0.00080	0.00265	0.00735	0.01000	0.00433	0.00107	MHB	MHB
	K306H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00144	MHB	
K307	K307H1	0.00226	0.00752	0.00735	0.01487	0.00671	0.00131	MHB	MHB
	K307H2	0.00077	0.00257	0.00735	0.00992	0.00429	0.00106	MHB	
K308	K308H1	0.00075	0.00248	0.00735	0.00983	0.00425	0.00106	MHB	MHB
	K308H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K309	K309H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K309H2	0.00113	0.00375	0.00735	0.01110	0.00487	0.00112	MHB	
K310	K310H1	0.00148	0.00495	0.00735	0.01230	0.00545	0.00118	MHB	MHB
	K310H2	0.00008	0.00025	0.00735	0.00760	0.00318	0.00093	MHB	
K311	K311H1	0.00145	0.00483	0.00735	0.01218	0.00540	0.00118	MHB	MHB
	K311H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00161	MHB	
K312	K312H1	0.00150	0.00500	0.00735	0.01235	0.00548	0.00118	MHB	MHB
	K312H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00162	MHB	
K313	K313H1	0.00256	0.00852	0.00735	0.01587	0.00721	0.00136	MHB	MHB
	K313H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00099	MHB	
K314	K314H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K314H2	0.00105	0.00350	0.00735	0.01085	0.00474	0.00111	MHB	
K315	K315H1	0.00169	0.00563	0.00735	0.01298	0.00579	0.00121	MHB	MHB
	K315H2	0.00020	0.00065	0.00735	0.00800	0.00336	0.00095	MHB	
K316	K316H1	0.00161	0.00536	0.00735	0.01271	0.00566	0.00120	MHB	MHB
	K316H2	0.00009	0.00030	0.00735	0.00765	0.00320	0.00093	MHB	
K317	K317H1	0.00167	0.00557	0.00735	0.01292	0.00576	0.00121	MHB	MHB
	K317H2	0.00010	0.00032	0.00735	0.00767	0.00321	0.00093	MHB	
K318	K318H1	0.00246	0.00820	0.00735	0.01555	0.00705	0.00134	MHB	MHB
	K318H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00099	MHB	
K319	K319H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K319H2	0.00036	0.00119	0.00735	0.00854	0.00362	0.00099	MHB	
K320	K320H1	0.00258	0.00860	0.00735	0.01595	0.00724	0.00136	MHB	MHB
	K320H2	0.00102	0.00340	0.00735	0.01075	0.00470	0.00110	MHB	
K321	K321H1	0.00122	0.00405	0.00735	0.01140	0.00502	0.00114	MHB	MHB
	K321H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00153	MHB	
K322	K322H1	0.00273	0.00909	0.00735	0.01644	0.00748	0.00139	MHB	MHB
	K322H2	0.00111	0.00370	0.00735	0.01105	0.00484	0.00112	MHB	
K323	K323H1	0.00157	0.00523	0.00735	0.01258	0.00559	0.00120	MHB	MHB
	K323H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00097	MHB	
K324	K324H1	0.00219	0.00731	0.00735	0.01466	0.00700	0.00092	MHB	MHB
	K324H2	0.00134	0.00446	0.00735	0.01181	0.00522	0.00116	MHB	
K325	K325H1	0.00303	0.00672	0.00490	0.01162	0.00771	0.00803	BHB	BHB
	K325H2	0.00044	0.00097	0.00490	0.00587	0.00389	0.00404	BHB	
K326	K326H1	0.00302	0.01007	0.00735	0.01742	0.00796	0.00143	MHB	BHB
	K326H2	0.00399	0.01331	0.00735	0.02066	0.01002	0.00114	BHB	

Çizelge A.12 : ZTADOHY +X yönü 4.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

4.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		radyan	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K401	K401H1	0.00167	0.00555	0.00735	0.01290	0.00611	0.00086	MHB	MHB
	K401H2	0.00072	0.00241	0.00735	0.00976	0.00421	0.00105	MHB	
K402	K402H1	0.00255	0.00566	0.00490	0.01056	0.00693	0.00722	BHB	BHB
	K402H2	0.00000	0.00000	0.00490	0.00490	MHB	0.01122	BHB	
K403	K403H1	0.00250	0.00832	0.00735	0.01567	0.00710	0.00135	MHB	MHB
	K403H2	0.00347	0.01157	0.00735	0.01892	0.00914	0.00108	MHB	
K404	K404H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K404H2	0.00033	0.00111	0.00735	0.00846	0.00358	0.00098	MHB	
K405	K405H1	0.00331	0.01104	0.00735	0.01839	0.00844	0.00148	MHB	MHB
	K405H2	0.00139	0.00463	0.00735	0.01198	0.00530	0.00117	MHB	
K406	K406H1	0.00131	0.00435	0.00735	0.01170	0.00516	0.00115	MHB	MHB
	K406H2	0.00011	0.00038	0.00735	0.00773	0.00351	0.00067	MHB	
K407	K407H1	0.00336	0.01120	0.00735	0.01855	0.00852	0.00149	MHB	MHB
	K407H2	0.00148	0.00494	0.00735	0.01229	0.00545	0.00118	MHB	
K408	K408H1	0.00157	0.00524	0.00735	0.01259	0.00560	0.00120	MHB	MHB
	K408H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K409	K409H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K409H2	0.00216	0.00720	0.00735	0.01455	0.00656	0.00129	MHB	
K410	K410H1	0.00253	0.00842	0.00735	0.01577	0.00716	0.00135	MHB	MHB
	K410H2	0.00068	0.00227	0.00735	0.00962	0.00414	0.00105	MHB	
K411	K411H1	0.00235	0.00783	0.00735	0.01518	0.00686	0.00132	MHB	MHB
	K411H2	0.00056	0.00186	0.00735	0.00921	0.00394	0.00103	MHB	
K412	K412H1	0.00242	0.00807	0.00735	0.01542	0.00698	0.00134	MHB	MHB
	K412H2	0.00053	0.00178	0.00735	0.00913	0.00390	0.00102	MHB	
K413	K413H1	0.00369	0.01229	0.00735	0.01964	0.00905	0.00154	MHB	MHB
	K413H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K414	K414H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K414H2	0.00209	0.00697	0.00735	0.01432	0.00645	0.00128	MHB	
K415	K415H1	0.00274	0.00913	0.00735	0.01648	0.00750	0.00139	MHB	MHB
	K415H2	0.00081	0.00271	0.00735	0.01006	0.00436	0.00107	MHB	
K416	K416H1	0.00253	0.00843	0.00735	0.01578	0.00716	0.00135	MHB	MHB
	K416H2	0.00068	0.00227	0.00735	0.00962	0.00414	0.00105	MHB	
K417	K417H1	0.00262	0.00872	0.00735	0.01607	0.00730	0.00137	MHB	MHB
	K417H2	0.00067	0.00224	0.00735	0.00959	0.00413	0.00105	MHB	
K418	K418H1	0.00360	0.01199	0.00735	0.01934	0.00890	0.00153	MHB	MHB
	K418H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K419	K419H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K419H2	0.00117	0.00391	0.00735	0.01126	0.00494	0.00113	MHB	
K420	K420H1	0.00374	0.01247	0.00735	0.01982	0.00914	0.00155	MHB	MHB
	K420H2	0.00178	0.00595	0.00735	0.01330	0.00594	0.00123	MHB	
K421	K421H1	0.00185	0.00616	0.00735	0.01351	0.00605	0.00124	MHB	MHB
	K421H2	0.00020	0.00068	0.00735	0.00803	0.00338	0.00095	MHB	
K422	K422H1	0.00377	0.01257	0.00735	0.01992	0.00919	0.00156	MHB	MHB
	K422H2	0.00185	0.00615	0.00735	0.01350	0.00604	0.00124	MHB	
K423	K423H1	0.00246	0.00820	0.00735	0.01555	0.00705	0.00134	MHB	MHB
	K423H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K424	K424H1	0.00264	0.00879	0.00735	0.01614	0.00774	0.00098	MHB	MHB
	K424H2	0.00160	0.00533	0.00735	0.01268	0.00564	0.00120	MHB	
K425	K425H1	0.00364	0.00808	0.00490	0.01298	0.00870	0.00905	BHB	BHB
	K425H2	0.00106	0.00236	0.00490	0.00726	0.00493	0.00511	BHB	
K426	K426H1	0.00338	0.01126	0.00735	0.01861	0.00855	0.00149	MHB	MHB
	K426H2	0.00453	0.01511	0.00735	0.02246	0.01093	0.00121	BHB	

Çizelge A.13 : ZTADOHY +X yönü 5.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

5.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K501	K501H1	0.00213	0.00710	0.00735	0.01445	0.00689	0.00092	MHB	MHB
	K501H2	0.00105	0.00350	0.00735	0.01085	0.00475	0.00111	MHB	
K502	K502H1	0.00330	0.00734	0.00490	0.01224	0.00816	0.00849	BHB	BHB
	K502H2	0.00075	0.00166	0.00490	0.00656	0.00441	0.00457	BHB	
K503	K503H1	0.00290	0.00968	0.00735	0.01703	0.00777	0.00142	MHB	BHB
	K503H2	0.00403	0.01342	0.00735	0.02077	0.01007	0.00115	BHB	
K504	K504H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K504H2	0.00089	0.00296	0.00735	0.01031	0.00448	0.00108	MHB	
K505	K505H1	0.00381	0.01270	0.00735	0.02005	0.00925	0.00156	MHB	MHB
	K505H2	0.00188	0.00626	0.00735	0.01361	0.00610	0.00125	MHB	
K506	K506H1	0.00148	0.00492	0.00735	0.01227	0.00544	0.00118	MHB	MHB
	K506H2	0.00017	0.00055	0.00735	0.00790	0.00360	0.00067	MHB	
K507	K507H1	0.00379	0.01264	0.00735	0.01999	0.00922	0.00156	MHB	MHB
	K507H2	0.00194	0.00647	0.00735	0.01382	0.00620	0.00126	MHB	
K508	K508H1	0.00221	0.00737	0.00735	0.01472	0.00664	0.00130	MHB	MHB
	K508H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K509	K509H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K509H2	0.00295	0.00984	0.00735	0.01719	0.00785	0.00142	MHB	
K510	K510H1	0.00292	0.00974	0.00735	0.01709	0.00780	0.00142	MHB	MHB
	K510H2	0.00094	0.00315	0.00735	0.01050	0.00457	0.00109	MHB	
K511	K511H1	0.00267	0.00889	0.00735	0.01624	0.00739	0.00138	MHB	MHB
	K511H2	0.00074	0.00246	0.00735	0.00981	0.00424	0.00106	MHB	
K512	K512H1	0.00285	0.00951	0.00735	0.01686	0.00769	0.00141	MHB	MHB
	K512H2	0.00083	0.00276	0.00735	0.01011	0.00438	0.00107	MHB	
K513	K513H1	0.00455	0.01516	0.00735	0.02251	0.01045	0.00169	BHB	BHB
	K513H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K514	K514H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K514H2	0.00289	0.00962	0.00735	0.01697	0.00774	0.00141	MHB	
K515	K515H1	0.00313	0.01043	0.00735	0.01778	0.00814	0.00145	MHB	MHB
	K515H2	0.00113	0.00376	0.00735	0.01111	0.00487	0.00112	MHB	
K516	K516H1	0.00288	0.00958	0.00735	0.01693	0.00772	0.00141	MHB	MHB
	K516H2	0.00091	0.00304	0.00735	0.01039	0.00452	0.00109	MHB	
K517	K517H1	0.00304	0.01014	0.00735	0.01749	0.00800	0.00144	MHB	MHB
	K517H2	0.00102	0.00341	0.00735	0.01076	0.00470	0.00110	MHB	
K518	K518H1	0.00447	0.01491	0.00735	0.02226	0.01033	0.00168	BHB	BHB
	K518H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K519	K519H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K519H2	0.00175	0.00583	0.00735	0.01318	0.00588	0.00122	MHB	
K520	K520H1	0.00406	0.01353	0.00735	0.02088	0.00966	0.00161	MHB	MHB
	K520H2	0.00229	0.00764	0.00735	0.01499	0.00677	0.00131	MHB	
K521	K521H1	0.00205	0.00684	0.00735	0.01419	0.00638	0.00127	MHB	MHB
	K521H2	0.00034	0.00113	0.00735	0.00848	0.00359	0.00098	MHB	
K522	K522H1	0.00406	0.01354	0.00735	0.02089	0.00966	0.00161	MHB	MHB
	K522H2	0.00229	0.00763	0.00735	0.01498	0.00677	0.00131	MHB	
K523	K523H1	0.00315	0.01050	0.00735	0.01785	0.00817	0.00146	MHB	MHB
	K523H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00094	MHB	
K524	K524H1	0.00309	0.01031	0.00735	0.01766	0.00851	0.00104	MHB	MHB
	K524H2	0.00196	0.00654	0.00735	0.01389	0.00624	0.00126	MHB	
K525	K525H1	0.00450	0.00999	0.00490	0.01489	0.01009	0.01050	BHB	BHB
	K525H2	0.00218	0.00485	0.00490	0.00975	0.00635	0.00661	BHB	
K526	K526H1	0.00382	0.01272	0.00735	0.02007	0.00926	0.00157	MHB	BHB
	K526H2	0.00508	0.01692	0.00735	0.02427	0.01184	0.00127	BHB	

Çizelge A.14 : ZTADOHY +X yönü 6.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

6.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K601	K601H1	0.00270	0.00898	0.00735	0.01633	0.00784	0.00099	MHB	MHB
	K601H2	0.00141	0.00470	0.00735	0.01205	0.00533	0.00117	MHB	
K602	K602H1	0.00403	0.00896	0.00490	0.01386	0.00933	0.00971	BHB	BHB
	K602H2	0.00148	0.00329	0.00490	0.00819	0.00521	0.00544	BHB	
K603	K603H1	0.00331	0.01103	0.00735	0.01838	0.00843	0.00148	MHB	BHB
	K603H2	0.00468	0.01559	0.00735	0.02294	0.01117	0.00122	BHB	
K604	K604H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K604H2	0.00133	0.00443	0.00735	0.01178	0.00520	0.00116	MHB	
K605	K605H1	0.00397	0.01323	0.00735	0.02058	0.00951	0.00159	MHB	MHB
	K605H2	0.00210	0.00699	0.00735	0.01434	0.00645	0.00128	MHB	
K606	K606H1	0.00152	0.00508	0.00735	0.01243	0.00552	0.00119	MHB	MHB
	K606H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00139	MHB	
K607	K607H1	0.00396	0.01318	0.00735	0.02053	0.00949	0.00159	MHB	MHB
	K607H2	0.00209	0.00696	0.00735	0.01431	0.00644	0.00128	MHB	
K608	K608H1	0.00264	0.00879	0.00735	0.01614	0.00734	0.00137	MHB	MHB
	K608H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K609	K609H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K609H2	0.00354	0.01178	0.00735	0.01913	0.00880	0.00152	MHB	
K610	K610H1	0.00290	0.00965	0.00735	0.01700	0.00776	0.00141	MHB	MHB
	K610H2	0.00100	0.00333	0.00735	0.01068	0.00956	0.00160	MHB	
K611	K611H1	0.00265	0.00884	0.00735	0.01619	0.00736	0.00137	MHB	MHB
	K611H2	0.00076	0.00254	0.00735	0.00989	0.00427	0.00106	MHB	
K612	K612H1	0.00290	0.00965	0.00735	0.01700	0.00776	0.00141	MHB	MHB
	K612H2	0.00083	0.00276	0.00735	0.01011	0.00438	0.00107	MHB	
K613	K613H1	0.00514	0.01713	0.00735	0.02448	0.01141	0.00179	BHB	BHB
	K613H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K614	K614H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K614H2	0.00349	0.01162	0.00735	0.01897	0.00872	0.00151	MHB	
K615	K615H1	0.00312	0.01041	0.00735	0.01776	0.00813	0.00145	MHB	MHB
	K615H2	0.00118	0.00392	0.00735	0.01127	0.00495	0.00113	MHB	
K616	K616H1	0.00284	0.00948	0.00735	0.01683	0.00767	0.00141	MHB	MHB
	K616H2	0.00093	0.00310	0.00735	0.01045	0.00455	0.00109	MHB	
K617	K617H1	0.00310	0.01032	0.00735	0.01767	0.00809	0.00145	MHB	MHB
	K617H2	0.00101	0.00338	0.00735	0.01073	0.00469	0.00110	MHB	
K618	K618H1	0.00507	0.01691	0.00735	0.02426	0.01131	0.00178	BHB	BHB
	K618H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K619	K619H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K619H2	0.00218	0.00727	0.00735	0.01462	0.00659	0.00130	MHB	
K620	K620H1	0.00421	0.01403	0.00735	0.02138	0.00990	0.00163	MHB	MHB
	K620H2	0.00251	0.00837	0.00735	0.01572	0.00713	0.00135	MHB	
K621	K621H1	0.00214	0.00712	0.00735	0.01447	0.00652	0.00129	MHB	MHB
	K621H2	0.00033	0.00110	0.00735	0.00845	0.00358	0.00098	MHB	
K622	K622H1	0.00419	0.01396	0.00735	0.02131	0.00987	0.00163	MHB	MHB
	K622H2	0.00239	0.00795	0.00735	0.01530	0.00693	0.00133	MHB	
K623	K623H1	0.00357	0.01190	0.00735	0.01925	0.00886	0.00152	MHB	MHB
	K623H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K624	K624H1	0.00356	0.01187	0.00735	0.01922	0.00929	0.00109	MHB	MHB
	K624H2	0.00234	0.00781	0.00735	0.01516	0.00685	0.00132	MHB	
K625	K625H1	0.00541	0.01203	0.00490	0.01693	0.01159	0.01205	BHB	BHB
	K625H2	0.00307	0.00681	0.00490	0.01171	0.00777	0.00810	BHB	
K626	K626H1	0.00425	0.01415	0.00735	0.02150	0.00996	0.00164	MHB	BHB
	K626H2	0.00559	0.01864	0.00735	0.02599	0.01272	0.00133	BHB	

Çizelge A.15 : ZTADOHY +X yönü 7.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

7.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K701	K701H1	0.00293	0.00975	0.00735	0.01710	0.00823	0.00102	MHB	MHB
	K701H2	0.00179	0.00598	0.00735	0.01333	0.00596	0.00123	MHB	
K702	K702H1	0.00495	0.01101	0.00490	0.01591	0.01084	0.01127	BHB	BHB
	K702H2	0.00273	0.00607	0.00490	0.01097	0.00723	0.00754	BHB	
K703	K703H1	0.00371	0.01237	0.00735	0.01972	0.00909	0.00155	MHB	BHB
	K703H2	0.00497	0.01657	0.00735	0.02392	0.01167	0.00126	BHB	
K704	K704H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K704H2	0.00207	0.00689	0.00735	0.01424	0.00641	0.00128	MHB	
K705	K705H1	0.00461	0.01535	0.00735	0.02270	0.01055	0.00170	BHB	BHB
	K705H2	0.00302	0.01005	0.00735	0.01740	0.00795	0.00143	MHB	
K706	K706H1	0.00226	0.00754	0.00735	0.01489	0.00672	0.00131	MHB	MHB
	K706H2	0.00037	0.00124	0.00735	0.00859	0.00364	0.00099	MHB	
K707	K707H1	0.00442	0.01472	0.00735	0.02207	0.01024	0.00167	BHB	BHB
	K707H2	0.00296	0.00988	0.00735	0.01723	0.00787	0.00143	MHB	
K708	K708H1	0.00358	0.01193	0.00735	0.01928	0.00887	0.00153	MHB	MHB
	K708H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K709	K709H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K709H2	0.00409	0.01364	0.00735	0.02099	0.00971	0.00161	MHB	
K710	K710H1	0.00378	0.01259	0.00735	0.01994	0.00920	0.00156	MHB	MHB
	K710H2	0.00179	0.00597	0.00735	0.01332	0.00595	0.00123	MHB	
K711	K711H1	0.00360	0.01201	0.00735	0.01936	0.00891	0.00153	MHB	MHB
	K711H2	0.00154	0.00512	0.00735	0.01247	0.00554	0.00119	MHB	
K712	K712H1	0.00379	0.01263	0.00735	0.01998	0.00922	0.00156	MHB	MHB
	K712H2	0.00168	0.00561	0.00735	0.01296	0.00578	0.00121	MHB	
K713	K713H1	0.00579	0.01929	0.00735	0.02664	0.01247	0.00190	BHB	BHB
	K713H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K714	K714H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K714H2	0.00409	0.01362	0.00735	0.02097	0.00970	0.00161	MHB	
K715	K715H1	0.00389	0.01297	0.00735	0.02032	0.00938	0.00158	MHB	MHB
	K715H2	0.00195	0.00650	0.00735	0.01385	0.00621	0.00126	MHB	
K716	K716H1	0.00378	0.01260	0.00735	0.01995	0.00920	0.00156	MHB	MHB
	K716H2	0.00170	0.00567	0.00735	0.01302	0.00581	0.00122	MHB	
K717	K717H1	0.00389	0.01297	0.00735	0.02032	0.00938	0.00158	MHB	MHB
	K717H2	0.00186	0.00621	0.00735	0.01356	0.00607	0.00124	MHB	
K718	K718H1	0.00578	0.01928	0.00735	0.02663	0.01246	0.00190	BHB	BHB
	K718H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K719	K719H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00065	MHB	MHB
	K719H2	0.00292	0.00974	0.00735	0.01709	0.00780	0.00142	MHB	
K720	K720H1	0.00481	0.01605	0.00735	0.02340	0.01089	0.00174	BHB	BHB
	K720H2	0.00341	0.01137	0.00735	0.01872	0.00860	0.00150	MHB	
K721	K721H1	0.00282	0.00939	0.00735	0.01674	0.00763	0.00140	MHB	MHB
	K721H2	0.00085	0.00284	0.00735	0.01019	0.00442	0.00108	MHB	
K722	K722H1	0.00466	0.01552	0.00735	0.02287	0.01063	0.00171	BHB	BHB
	K722H2	0.00336	0.01121	0.00735	0.01856	0.00852	0.00149	MHB	
K723	K723H1	0.00448	0.01494	0.00735	0.02229	0.01035	0.00168	BHB	BHB
	K723H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00091	MHB	
K724	K724H1	0.00378	0.01259	0.00735	0.01994	0.00966	0.00112	MHB	MHB
	K724H2	0.00269	0.00898	0.00735	0.01633	0.00743	0.00138	MHB	
K725	K725H1	0.00568	0.01261	0.00490	0.01751	0.01202	0.01249	BHB	BHB
	K725H2	0.00380	0.00845	0.00490	0.01335	0.00954	0.00986	BHB	
K726	K726H1	0.00462	0.01541	0.00735	0.02276	0.01058	0.00170	BHB	BHB
	K726H2	0.00583	0.01944	0.00735	0.02679	0.01312	0.00136	BHB	

Çizelge A.16 : ZTADOHY +X yönü 8.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

8.KAT X YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		radyan	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K801	K801H1	0.00433	0.01444	0.00735	0.02179	0.01059	0.00118	BHB	BHB
	K801H2	0.00187	0.00624	0.00735	0.01359	0.00609	0.00125	MHB	
K802	K802H1	0.00506	0.01125	0.00490	0.01615	0.01102	0.01146	BHB	BHB
	K802H2	0.00303	0.00672	0.00490	0.01162	0.00823	0.00851	BHB	
K803	K803H1	0.00380	0.01268	0.00735	0.02003	0.00924	0.00156	MHB	BHB
	K803H2	0.00643	0.02144	0.00735	0.02879	0.01413	0.00143	BHB	
K804	K804H1	0.00056	0.00186	0.00735	0.00921	0.00394	0.00103	MHB	MHB
	K804H2	0.00166	0.00554	0.00735	0.01289	0.00575	0.00121	MHB	
K805	K805H1	0.00482	0.01605	0.00735	0.02340	0.01089	0.00174	BHB	BHB
	K805H2	0.00330	0.01100	0.00735	0.01835	0.00842	0.00148	MHB	
K806	K806H1	0.00168	0.00559	0.00735	0.01294	0.00577	0.00121	MHB	MHB
	K806H2	0.00044	0.00148	0.00735	0.00883	0.00376	0.00100	MHB	
K807	K807H1	0.00512	0.01706	0.00735	0.02441	0.01138	0.00179	BHB	BHB
	K807H2	0.00310	0.01034	0.00735	0.01769	0.00810	0.00145	MHB	
K808	K808H1	0.00309	0.01031	0.00735	0.01766	0.00808	0.00145	MHB	MHB
	K808H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00117	MHB	
K809	K809H1	0.00068	0.00227	0.00735	0.00962	0.00414	0.00105	MHB	MHB
	K809H2	0.00252	0.00840	0.00735	0.01575	0.00714	0.00135	MHB	
K810	K810H1	0.00433	0.01444	0.00735	0.02179	0.01010	0.00165	BHB	BHB
	K810H2	0.00213	0.00711	0.00735	0.01446	0.00651	0.00129	MHB	
K811	K811H1	0.00339	0.01131	0.00735	0.01866	0.00857	0.00150	MHB	MHB
	K811H2	0.00192	0.00640	0.00735	0.01375	0.00616	0.00125	MHB	
K812	K812H1	0.00394	0.01313	0.00735	0.02048	0.00946	0.00159	MHB	MHB
	K812H2	0.00240	0.00799	0.00735	0.01534	0.00694	0.00133	MHB	
K813	K813H1	0.00390	0.01301	0.00735	0.02036	0.00940	0.00158	MHB	MHB
	K813H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00121	MHB	
K814	K814H1	0.00070	0.00233	0.00735	0.00968	0.00417	0.00105	MHB	MHB
	K814H2	0.00247	0.00823	0.00735	0.01558	0.00706	0.00134	MHB	
K815	K815H1	0.00450	0.01501	0.00735	0.02236	0.01038	0.00168	BHB	BHB
	K815H2	0.00227	0.00758	0.00735	0.01493	0.00674	0.00131	MHB	
K816	K816H1	0.00351	0.01169	0.00735	0.01904	0.00875	0.00151	MHB	MHB
	K816H2	0.00202	0.00674	0.00735	0.01409	0.00633	0.00127	MHB	
K817	K817H1	0.00399	0.01330	0.00735	0.02065	0.00954	0.00159	MHB	MHB
	K817H2	0.00254	0.00845	0.00735	0.01580	0.00717	0.00135	MHB	
K818	K818H1	0.00384	0.01281	0.00735	0.02016	0.00931	0.00157	MHB	MHB
	K818H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00121	MHB	
K819	K819H1	0.00097	0.00324	0.00735	0.01059	0.00462	0.00110	MHB	MHB
	K819H2	0.00257	0.00855	0.00735	0.01590	0.00722	0.00136	MHB	
K820	K820H1	0.00502	0.01672	0.00735	0.02407	0.01121	0.00177	BHB	BHB
	K820H2	0.00343	0.01144	0.00735	0.01879	0.00864	0.00150	MHB	
K821	K821H1	0.00224	0.00746	0.00735	0.01481	0.00668	0.00131	MHB	MHB
	K821H2	0.00094	0.00312	0.00735	0.01047	0.00456	0.00109	MHB	
K822	K822H1	0.00507	0.01689	0.00735	0.02424	0.01130	0.00178	BHB	BHB
	K822H2	0.00308	0.01027	0.00735	0.01762	0.00806	0.00144	MHB	
K823	K823H1	0.00389	0.01296	0.00735	0.02031	0.00938	0.00158	MHB	MHB
	K823H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	MHB	0.00125	MHB	
K824	K824H1	0.00495	0.01649	0.00735	0.02384	0.01163	0.00126	BHB	BHB
	K824H2	0.00277	0.00924	0.00735	0.01659	0.00756	0.00139	MHB	
K825	K825H1	0.00585	0.01299	0.00490	0.01789	0.01229	0.01278	BHB	BHB
	K825H2	0.00435	0.00966	0.00490	0.01456	0.01046	0.01082	BHB	
K826	K826H1	0.00469	0.01564	0.00735	0.02299	0.01069	0.00171	BHB	BHB
	K826H2	0.00711	0.02370	0.00735	0.03105	0.01527	0.00152	BHB	

Çizelge A.17 : AEDYY +Y yönü 1.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

1.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K127	K127H1	0.00915	0.03050	0.00735	0.03785	0.01868	0.00177	BHB	BHB
	K127H2	0.00832	0.02774	0.00735	0.03509	0.01659	0.00234	BHB	
K128	K128H1	0.00672	0.01494	0.00490	0.01984	0.01450	0.01499	IHB	IHB
	K128H2	0.00801	0.01779	0.00490	0.02269	0.01584	0.01646	IHB	
K129	K129H1	0.00569	0.01897	0.00735	0.02632	0.01288	0.00134	BHB	BHB
	K129H2	0.00727	0.02422	0.00735	0.03157	0.01487	0.00216	BHB	
K130	K130H1	0.00402	0.01341	0.00735	0.02076	0.01007	0.00115	BHB	BHB
	K130H2	0.00586	0.01952	0.00735	0.02687	0.01258	0.00191	BHB	
K131	K131H1	0.00385	0.01282	0.00735	0.02017	0.00977	0.00113	MHB	BHB
	K131H2	0.00571	0.01904	0.00735	0.02639	0.01235	0.00189	BHB	
K132	K132H1	0.00391	0.01302	0.00735	0.02037	0.00987	0.00113	MHB	BHB
	K132H2	0.00566	0.01885	0.00735	0.02620	0.01225	0.00188	BHB	
K133	K133H1	0.00408	0.01361	0.00735	0.02096	0.01017	0.00116	BHB	BHB
	K133H2	0.00565	0.01884	0.00735	0.02619	0.01225	0.00188	BHB	
K134	K134H1	0.00459	0.01530	0.00735	0.02265	0.01103	0.00121	BHB	BHB
	K134H2	0.00378	0.01259	0.00735	0.01994	0.00920	0.00156	MHB	
K135	K135H1	0.00379	0.01262	0.00735	0.01997	0.00967	0.00112	MHB	BHB
	K135H2	0.00574	0.01912	0.00735	0.02647	0.01238	0.00189	BHB	
K136	K136H1	0.00383	0.01275	0.00735	0.02010	0.00974	0.00113	MHB	BHB
	K136H2	0.00558	0.01860	0.00735	0.02595	0.01213	0.00187	BHB	
K137	K137H1	0.00384	0.01281	0.00735	0.02016	0.00977	0.00113	MHB	BHB
	K137H2	0.00547	0.01825	0.00735	0.02560	0.01196	0.00185	BHB	
K138	K138H1	0.00375	0.01250	0.00735	0.01985	0.00961	0.00112	MHB	BHB
	K138H2	0.00555	0.01850	0.00735	0.02585	0.01208	0.00186	BHB	
K139	K139H1	0.00446	0.01488	0.00735	0.02223	0.01081	0.00120	BHB	BHB
	K139H2	0.00357	0.01190	0.00735	0.01925	0.00886	0.00152	MHB	
K140	K140H1	0.00381	0.01270	0.00735	0.02005	0.00971	0.00112	MHB	BHB
	K140H2	0.00593	0.01978	0.00735	0.02713	0.01271	0.00193	BHB	
K141	K141H1	0.00361	0.01203	0.00735	0.01938	0.00937	0.00110	MHB	BHB
	K141H2	0.00553	0.01844	0.00735	0.02579	0.01205	0.00186	BHB	
K142	K142H1	0.00367	0.01225	0.00735	0.01960	0.00948	0.00111	MHB	BHB
	K142H2	0.00531	0.01769	0.00735	0.02504	0.01169	0.00182	BHB	
K143	K143H1	0.00360	0.01199	0.00735	0.01934	0.00936	0.00110	MHB	BHB
	K143H2	0.00539	0.01796	0.00735	0.02531	0.01182	0.00183	BHB	
K144	K144H1	0.00442	0.01474	0.00735	0.02209	0.01074	0.00120	BHB	BHB
	K144H2	0.00372	0.01239	0.00735	0.01974	0.00910	0.00155	MHB	
K145	K145H1	0.00394	0.01313	0.00735	0.02048	0.00993	0.00114	MHB	BHB
	K145H2	0.00499	0.01662	0.00735	0.02397	0.01117	0.00176	BHB	
K146	K146H1	0.00348	0.01161	0.00735	0.01896	0.00916	0.00108	MHB	BHB
	K146H2	0.00540	0.01799	0.00735	0.02534	0.01183	0.00184	BHB	
K147	K147H1	0.00344	0.01146	0.00735	0.01881	0.00909	0.00108	MHB	BHB
	K147H2	0.00525	0.01749	0.00735	0.02484	0.01159	0.00181	BHB	
K148	K148H1	0.00356	0.01187	0.00735	0.01922	0.00930	0.00109	MHB	BHB
	K148H2	0.00542	0.01807	0.00735	0.02542	0.01187	0.00184	BHB	
K149	K149H1	0.00429	0.01431	0.00735	0.02166	0.01053	0.00118	BHB	BHB
	K149H2	0.00301	0.01004	0.00735	0.01739	0.00795	0.00143	MHB	
K150	K150H1	0.00818	0.02727	0.00735	0.03462	0.01706	0.00165	BHB	BHB
	K150H2	0.00724	0.02415	0.00735	0.03150	0.01484	0.00215	BHB	
K151	K151H1	0.00522	0.01161	0.00490	0.01651	0.01195	0.01236	BHB	IHB
	K151H2	0.00656	0.01458	0.00490	0.01948	0.01346	0.01399	IHB	
K152	K152H1	0.00456	0.01519	0.00735	0.02254	0.01097	0.00121	BHB	BHB
	K152H2	0.00643	0.02144	0.00735	0.02879	0.01352	0.00201	BHB	

Çizelge A.18 : AEDYY +Y yönü 2.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

2.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		radyan	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K227	K227H1	0.00827	0.02756	0.00735	0.03491	0.01721	0.00166	BHB	BHB
	K227H2	0.00751	0.02503	0.00735	0.03238	0.01527	0.00220	BHB	
K228	K228H1	0.00570	0.01267	0.00490	0.01757	0.01277	0.01320	BHB	IHB
	K228H2	0.00672	0.01494	0.00490	0.01984	0.01372	0.01427	IHB	
K229	K229H1	0.00458	0.01526	0.00735	0.02261	0.01101	0.00121	BHB	BHB
	K229H2	0.00587	0.01957	0.00735	0.02692	0.01260	0.00192	BHB	
K230	K230H1	0.00260	0.00868	0.00735	0.01603	0.00769	0.00097	MHB	BHB
	K230H2	0.00532	0.01773	0.00735	0.02508	0.01171	0.00182	BHB	
K231	K231H1	0.00352	0.01174	0.00735	0.01909	0.00923	0.00109	MHB	BHB
	K231H2	0.00476	0.01585	0.00735	0.02320	0.01079	0.00173	BHB	
K232	K232H1	0.00423	0.01410	0.00735	0.02145	0.01042	0.00117	BHB	BHB
	K232H2	0.00410	0.01367	0.00735	0.02102	0.00973	0.00161	MHB	
K233	K233H1	0.00369	0.01229	0.00735	0.01964	0.00950	0.00111	MHB	BHB
	K233H2	0.00451	0.01503	0.00735	0.02238	0.01039	0.00168	BHB	
K234	K234H1	0.00367	0.01223	0.00735	0.01958	0.00947	0.00111	MHB	MHB
	K234H2	0.00079	0.00264	0.00735	0.00999	0.00432	0.00107	MHB	
K235	K235H1	0.00228	0.00759	0.00735	0.01494	0.00714	0.00093	MHB	BHB
	K235H2	0.00507	0.01689	0.00735	0.02424	0.01130	0.00178	BHB	
K236	K236H1	0.00395	0.01316	0.00735	0.02051	0.00994	0.00114	MHB	MHB
	K236H2	0.00424	0.01414	0.00735	0.02149	0.00995	0.00164	MHB	
K237	K237H1	0.00394	0.01314	0.00735	0.02049	0.00994	0.00114	MHB	MHB
	K237H2	0.00415	0.01382	0.00735	0.02117	0.00980	0.00162	MHB	
K238	K238H1	0.00410	0.01368	0.00735	0.02103	0.01021	0.00116	BHB	BHB
	K238H2	0.00385	0.01282	0.00735	0.02017	0.00931	0.00157	MHB	
K239	K239H1	0.00336	0.01120	0.00735	0.01855	0.00896	0.00107	MHB	MHB
	K239H2	0.00056	0.00185	0.00735	0.00920	0.00394	0.00102	MHB	
K240	K240H1	0.00238	0.00793	0.00735	0.01528	0.00731	0.00095	MHB	BHB
	K240H2	0.00523	0.01745	0.00735	0.02480	0.01157	0.00181	BHB	
K241	K241H1	0.00389	0.01297	0.00735	0.02032	0.00985	0.00113	MHB	MHB
	K241H2	0.00403	0.01342	0.00735	0.02077	0.00961	0.00160	MHB	
K242	K242H1	0.00398	0.01328	0.00735	0.02063	0.01001	0.00114	BHB	BHB
	K242H2	0.00389	0.01298	0.00735	0.02033	0.00939	0.00158	MHB	
K243	K243H1	0.00401	0.01336	0.00735	0.02071	0.01005	0.00115	BHB	BHB
	K243H2	0.00367	0.01225	0.00735	0.01960	0.00903	0.00154	MHB	
K244	K244H1	0.00360	0.01201	0.00735	0.01936	0.00936	0.00110	MHB	MHB
	K244H2	0.00054	0.00178	0.00735	0.00913	0.00391	0.00102	MHB	
K245	K245H1	0.00170	0.00567	0.00735	0.01302	0.00618	0.00086	MHB	BHB
	K245H2	0.00440	0.01467	0.00735	0.02202	0.01022	0.00166	BHB	
K246	K246H1	0.00362	0.01205	0.00735	0.01940	0.00939	0.00110	MHB	MHB
	K246H2	0.00408	0.01359	0.00735	0.02094	0.00969	0.00161	MHB	
K247	K247H1	0.00385	0.01282	0.00735	0.02017	0.00977	0.00113	MHB	MHB
	K247H2	0.00360	0.01199	0.00735	0.01934	0.00890	0.00153	MHB	
K248	K248H1	0.00370	0.01234	0.00735	0.01969	0.00953	0.00111	MHB	MHB
	K248H2	0.00390	0.01301	0.00735	0.02036	0.00940	0.00158	MHB	
K249	K249H1	0.00272	0.00907	0.00735	0.01642	0.00788	0.00099	MHB	MHB
	K249H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00102	MHB	
K250	K250H1	0.00672	0.02239	0.00735	0.02974	0.01461	0.00147	BHB	BHB
	K250H2	0.00614	0.02047	0.00735	0.02782	0.01304	0.00196	BHB	
K251	K251H1	0.00384	0.00854	0.00490	0.01344	0.00961	0.00994	BHB	BHB
	K251H2	0.00515	0.01145	0.00490	0.01635	0.01116	0.01161	BHB	
K252	K252H1	0.00273	0.00909	0.00735	0.01644	0.00789	0.00099	MHB	BHB
	K252H2	0.00460	0.01532	0.00735	0.02267	0.01053	0.00170	BHB	

Çizelge A.19 : AEDYY +Y yönü 3.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

3.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K327	K327H1	0.00780	0.02601	0.00735	0.03336	0.01643	0.00160	BHB	BHB
	K327H2	0.00734	0.02446	0.00735	0.03181	0.01499	0.00217	BHB	
K328	K328H1	0.00547	0.01215	0.00490	0.01705	0.01237	0.01279	BHB	IHB
	K328H2	0.00684	0.01520	0.00490	0.02010	0.01391	0.01446	IHB	
K329	K329H1	0.00398	0.01326	0.00735	0.02061	0.00999	0.00114	BHB	BHB
	K329H2	0.00612	0.02040	0.00735	0.02775	0.01301	0.00196	BHB	
K330	K330H1	0.00286	0.00954	0.00735	0.01689	0.00812	0.00101	MHB	BHB
	K330H2	0.00571	0.01902	0.00735	0.02637	0.01233	0.00189	BHB	
K331	K331H1	0.00437	0.01458	0.00735	0.02193	0.01066	0.00119	BHB	BHB
	K331H2	0.00479	0.01596	0.00735	0.02331	0.01084	0.00173	BHB	
K332	K332H1	0.00446	0.01486	0.00735	0.02221	0.01080	0.00120	BHB	BHB
	K332H2	0.00437	0.01455	0.00735	0.02190	0.01016	0.00166	BHB	
K333	K333H1	0.00447	0.01490	0.00735	0.02225	0.01082	0.00120	BHB	BHB
	K333H2	0.00453	0.01511	0.00735	0.02246	0.01043	0.00169	BHB	
K334	K334H1	0.00354	0.01180	0.00735	0.01915	0.00926	0.00109	MHB	MHB
	K334H2	0.00049	0.00163	0.00735	0.00898	0.00383	0.00101	MHB	
K335	K335H1	0.00236	0.00788	0.00735	0.01523	0.00729	0.00095	MHB	BHB
	K335H2	0.00554	0.01848	0.00735	0.02583	0.01207	0.00186	BHB	
K336	K336H1	0.00425	0.01417	0.00735	0.02152	0.01046	0.00118	BHB	BHB
	K336H2	0.00443	0.01478	0.00735	0.02213	0.01027	0.00167	BHB	
K337	K337H1	0.00429	0.01430	0.00735	0.02165	0.01052	0.00118	BHB	BHB
	K337H2	0.00418	0.01392	0.00735	0.02127	0.00985	0.00163	MHB	
K338	K338H1	0.00425	0.01416	0.00735	0.02151	0.01045	0.00117	BHB	BHB
	K338H2	0.00399	0.01331	0.00735	0.02066	0.00955	0.00159	MHB	
K339	K339H1	0.00308	0.01027	0.00735	0.01762	0.00849	0.00103	MHB	MHB
	K339H2	0.00033	0.00111	0.00735	0.00846	0.00358	0.00098	MHB	
K340	K340H1	0.00236	0.00787	0.00735	0.01522	0.00728	0.00094	MHB	BHB
	K340H2	0.00582	0.01940	0.00735	0.02675	0.01252	0.00191	BHB	
K341	K341H1	0.00394	0.01314	0.00735	0.02049	0.00993	0.00114	MHB	MHB
	K341H2	0.00426	0.01419	0.00735	0.02154	0.00998	0.00164	MHB	
K342	K342H1	0.00409	0.01364	0.00735	0.02099	0.01019	0.00116	BHB	BHB
	K342H2	0.00398	0.01328	0.00735	0.02063	0.00953	0.00159	MHB	
K343	K343H1	0.00402	0.01340	0.00735	0.02075	0.01007	0.00115	BHB	BHB
	K343H2	0.00380	0.01265	0.00735	0.02000	0.00923	0.00156	MHB	
K344	K344H1	0.00336	0.01121	0.00735	0.01856	0.00896	0.00107	MHB	MHB
	K344H2	0.00032	0.00107	0.00735	0.00842	0.00356	0.00098	MHB	
K345	K345H1	0.00186	0.00621	0.00735	0.01356	0.00645	0.00088	MHB	BHB
	K345H2	0.00455	0.01516	0.00735	0.02251	0.01045	0.00169	BHB	
K346	K346H1	0.00388	0.01294	0.00735	0.02029	0.00983	0.00113	MHB	MHB
	K346H2	0.00419	0.01395	0.00735	0.02130	0.00986	0.00163	MHB	
K347	K347H1	0.00387	0.01290	0.00735	0.02025	0.00982	0.00113	MHB	MHB
	K347H2	0.00370	0.01234	0.00735	0.01969	0.00908	0.00155	MHB	
K348	K348H1	0.00387	0.01290	0.00735	0.02025	0.00981	0.00113	MHB	MHB
	K348H2	0.00397	0.01322	0.00735	0.02057	0.00951	0.00159	MHB	
K349	K349H1	0.00206	0.00685	0.00735	0.01420	0.00677	0.00091	MHB	MHB
	K349H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K350	K350H1	0.00578	0.01927	0.00735	0.02662	0.01303	0.00135	BHB	BHB
	K350H2	0.00564	0.01879	0.00735	0.02614	0.01222	0.00188	BHB	
K351	K351H1	0.00355	0.00789	0.00490	0.01279	0.00911	0.00942	BHB	BHB
	K351H2	0.00472	0.01049	0.00490	0.01539	0.01046	0.01088	BHB	
K352	K352H1	0.00172	0.00572	0.00735	0.01307	0.00620	0.00086	MHB	BHB
	K352H2	0.00452	0.01506	0.00735	0.02241	0.01040	0.00168	BHB	

Çizelge A.20 : AEDYY +Y yönü 4.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

4.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K427	K427H1	0.00808	0.02693	0.00735	0.03428	0.01689	0.00164	BHB	BHB
	K427H2	0.00732	0.02439	0.00735	0.03174	0.01496	0.00217	BHB	
K428	K428H1	0.00588	0.01307	0.00490	0.01797	0.01307	0.01351	IHB	IHB
	K428H2	0.00707	0.01570	0.00490	0.02060	0.01429	0.01485	IHB	
K429	K429H1	0.00415	0.01382	0.00735	0.02117	0.01028	0.00116	BHB	BHB
	K429H2	0.00613	0.02043	0.00735	0.02778	0.01302	0.00196	BHB	
K430	K430H1	0.00218	0.00727	0.00735	0.01462	0.00698	0.00092	MHB	BHB
	K430H2	0.00636	0.02120	0.00735	0.02855	0.01340	0.00200	BHB	
K431	K431H1	0.00437	0.01457	0.00735	0.02192	0.01066	0.00119	BHB	BHB
	K431H2	0.00501	0.01668	0.00735	0.02403	0.01120	0.00177	BHB	
K432	K432H1	0.00455	0.01517	0.00735	0.02252	0.01096	0.00121	BHB	BHB
	K432H2	0.00445	0.01485	0.00735	0.02220	0.01030	0.00167	BHB	
K433	K433H1	0.00449	0.01495	0.00735	0.02230	0.01085	0.00120	BHB	BHB
	K433H2	0.00471	0.01570	0.00735	0.02305	0.01072	0.00172	BHB	
K434	K434H1	0.00326	0.01086	0.00735	0.01821	0.00879	0.00106	MHB	MHB
	K434H2	0.00014	0.00046	0.00735	0.00781	0.00328	0.00094	MHB	
K435	K435H1	0.00161	0.00538	0.00735	0.01273	0.00603	0.00085	MHB	BHB
	K435H2	0.00623	0.02077	0.00735	0.02812	0.01319	0.00198	BHB	
K436	K436H1	0.00432	0.01441	0.00735	0.02176	0.01057	0.00118	BHB	BHB
	K436H2	0.00460	0.01534	0.00735	0.02269	0.01054	0.00170	BHB	
K437	K437H1	0.00443	0.01477	0.00735	0.02212	0.01076	0.00120	BHB	BHB
	K437H2	0.00432	0.01440	0.00735	0.02175	0.01008	0.00165	BHB	
K438	K438H1	0.00428	0.01427	0.00735	0.02162	0.01051	0.00118	BHB	BHB
	K438H2	0.00419	0.01398	0.00735	0.02133	0.00988	0.00163	MHB	
K439	K439H1	0.00289	0.00962	0.00735	0.01697	0.00816	0.00101	MHB	MHB
	K439H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K440	K440H1	0.00163	0.00544	0.00735	0.01279	0.00606	0.00085	MHB	BHB
	K440H2	0.00657	0.02191	0.00735	0.02926	0.01375	0.00204	BHB	
K441	K441H1	0.00403	0.01344	0.00735	0.02079	0.01009	0.00115	BHB	BHB
	K441H2	0.00442	0.01475	0.00735	0.02210	0.01025	0.00167	BHB	
K442	K442H1	0.00424	0.01415	0.00735	0.02150	0.01044	0.00117	BHB	BHB
	K442H2	0.00407	0.01355	0.00735	0.02090	0.00967	0.00161	MHB	
K443	K443H1	0.00413	0.01377	0.00735	0.02112	0.01025	0.00116	BHB	BHB
	K443H2	0.00389	0.01298	0.00735	0.02033	0.00939	0.00158	MHB	
K444	K444H1	0.00325	0.01082	0.00735	0.01817	0.00877	0.00106	MHB	MHB
	K444H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K445	K445H1	0.00188	0.00626	0.00735	0.01361	0.00647	0.00088	MHB	BHB
	K445H2	0.00470	0.01565	0.00735	0.02300	0.01069	0.00171	BHB	
K446	K446H1	0.00397	0.01324	0.00735	0.02059	0.00999	0.00114	MHB	BHB
	K446H2	0.00434	0.01447	0.00735	0.02182	0.01012	0.00165	BHB	
K447	K447H1	0.00387	0.01289	0.00735	0.02024	0.00981	0.00113	MHB	MHB
	K447H2	0.00378	0.01260	0.00735	0.01995	0.00920	0.00156	MHB	
K448	K448H1	0.00388	0.01295	0.00735	0.02030	0.00984	0.00113	MHB	MHB
	K448H2	0.00413	0.01377	0.00735	0.02112	0.00977	0.00162	MHB	
K449	K449H1	0.00157	0.00523	0.00735	0.01258	0.00595	0.00085	MHB	MHB
	K449H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K450	K450H1	0.00588	0.01960	0.00735	0.02695	0.01320	0.00137	BHB	BHB
	K450H2	0.00554	0.01846	0.00735	0.02581	0.01206	0.00186	BHB	
K451	K451H1	0.00362	0.00804	0.00490	0.01294	0.00922	0.00954	BHB	BHB
	K451H2	0.00479	0.01065	0.00490	0.01555	0.01058	0.01100	BHB	
K452	K452H1	0.00175	0.00584	0.00735	0.01319	0.00626	0.00087	MHB	BHB
	K452H2	0.00456	0.01520	0.00735	0.02255	0.01047	0.00169	BHB	

Çizelge A.21 : AEDYY +Y yönü 5.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

5.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K527	K527H1	0.00839	0.02798	0.00735	0.03533	0.01741	0.00168	BHB	BHB
	K527H2	0.00751	0.02503	0.00735	0.03238	0.01527	0.00220	BHB	
K528	K528H1	0.00625	0.01389	0.00490	0.01879	0.01370	0.01416	IHB	IHB
	K528H2	0.00766	0.01701	0.00490	0.02191	0.01526	0.01586	IHB	
K529	K529H1	0.00461	0.01537	0.00735	0.02272	0.01106	0.00122	BHB	BHB
	K529H2	0.00648	0.02160	0.00735	0.02895	0.01359	0.00202	BHB	
K530	K530H1	0.00168	0.00560	0.00735	0.01295	0.00614	0.00086	MHB	BHB
	K530H2	0.00681	0.02271	0.00735	0.03006	0.01414	0.00208	BHB	
K531	K531H1	0.00376	0.01254	0.00735	0.01989	0.00963	0.00112	MHB	BHB
	K531H2	0.00530	0.01768	0.00735	0.02503	0.01168	0.00182	BHB	
K532	K532H1	0.00461	0.01536	0.00735	0.02271	0.01105	0.00122	BHB	BHB
	K532H2	0.00440	0.01467	0.00735	0.02202	0.01022	0.00166	BHB	
K533	K533H1	0.00399	0.01331	0.00735	0.02066	0.01002	0.00114	BHB	BHB
	K533H2	0.00486	0.01619	0.00735	0.02354	0.01096	0.00174	BHB	
K534	K534H1	0.00303	0.01009	0.00735	0.01744	0.00840	0.00103	MHB	MHB
	K534H2	0.00014	0.00047	0.00735	0.00782	0.00328	0.00094	MHB	
K535	K535H1	0.00091	0.00305	0.00735	0.01040	0.00485	0.00077	MHB	BHB
	K535H2	0.00695	0.02315	0.00735	0.03050	0.01435	0.00210	BHB	
K536	K536H1	0.00429	0.01429	0.00735	0.02164	0.01051	0.00118	BHB	BHB
	K536H2	0.00468	0.01561	0.00735	0.02296	0.01067	0.00171	BHB	
K537	K537H1	0.00438	0.01459	0.00735	0.02194	0.01067	0.00119	BHB	BHB
	K537H2	0.00425	0.01417	0.00735	0.02152	0.00997	0.00164	MHB	
K538	K538H1	0.00423	0.01409	0.00735	0.02144	0.01041	0.00117	BHB	BHB
	K538H2	0.00403	0.01343	0.00735	0.02078	0.00961	0.00160	MHB	
K539	K539H1	0.00262	0.00874	0.00735	0.01609	0.00772	0.00098	MHB	MHB
	K539H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K540	K540H1	0.00092	0.00307	0.00735	0.01042	0.00487	0.00077	MHB	BHB
	K540H2	0.00720	0.02401	0.00735	0.03136	0.01477	0.00215	BHB	
K541	K541H1	0.00405	0.01350	0.00735	0.02085	0.01012	0.00115	BHB	BHB
	K541H2	0.00442	0.01474	0.00735	0.02209	0.01025	0.00167	BHB	
K542	K542H1	0.00418	0.01393	0.00735	0.02128	0.01033	0.00117	BHB	BHB
	K542H2	0.00405	0.01351	0.00735	0.02086	0.00965	0.00160	MHB	
K543	K543H1	0.00400	0.01333	0.00735	0.02068	0.01003	0.00115	BHB	BHB
	K543H2	0.00382	0.01274	0.00735	0.02009	0.00927	0.00157	MHB	
K544	K544H1	0.00291	0.00969	0.00735	0.01704	0.00820	0.00101	MHB	MHB
	K544H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K545	K545H1	0.00115	0.00382	0.00735	0.01117	0.00524	0.00079	MHB	BHB
	K545H2	0.00525	0.01750	0.00735	0.02485	0.01159	0.00181	BHB	
K546	K546H1	0.00378	0.01260	0.00735	0.01995	0.00966	0.00112	MHB	BHB
	K546H2	0.00438	0.01460	0.00735	0.02195	0.01018	0.00166	BHB	
K547	K547H1	0.00383	0.01275	0.00735	0.02010	0.00974	0.00113	MHB	MHB
	K547H2	0.00375	0.01251	0.00735	0.01986	0.00916	0.00156	MHB	
K548	K548H1	0.00378	0.01259	0.00735	0.01994	0.00966	0.00112	MHB	MHB
	K548H2	0.00410	0.01367	0.00735	0.02102	0.00972	0.00161	MHB	
K549	K549H1	0.00131	0.00437	0.00735	0.01172	0.00552	0.00081	MHB	MHB
	K549H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K550	K550H1	0.00625	0.02083	0.00735	0.02818	0.01382	0.00141	BHB	BHB
	K550H2	0.00570	0.01899	0.00735	0.02634	0.01232	0.00189	BHB	
K551	K551H1	0.00407	0.00903	0.00490	0.01393	0.00998	0.01033	BHB	BHB
	K551H2	0.00536	0.01190	0.00490	0.01680	0.01150	0.01196	BHB	
K552	K552H1	0.00222	0.00738	0.00735	0.01473	0.00704	0.00093	MHB	BHB
	K552H2	0.00471	0.01569	0.00735	0.02304	0.01071	0.00172	BHB	

Çizelge A.22 : AEDYY +Y yönü 6.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

6.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K627	K627H1	0.00908	0.03028	0.00735	0.03763	0.01857	0.00176	BHB	BHB
	K627H2	0.00773	0.02576	0.00735	0.03311	0.01562	0.00224	BHB	
K628	K628H1	0.00696	0.01546	0.00490	0.02036	0.01491	0.01541	IHB	IHB
	K628H2	0.00832	0.01848	0.00490	0.02338	0.01635	0.01699	IHB	
K629	K629H1	0.00526	0.01754	0.00735	0.02489	0.01216	0.00129	BHB	BHB
	K629H2	0.00680	0.02265	0.00735	0.03000	0.01411	0.00208	BHB	
K630	K630H1	0.00114	0.00379	0.00735	0.01114	0.00523	0.00079	MHB	BHB
	K630H2	0.00724	0.02412	0.00735	0.03147	0.01482	0.00215	BHB	
K631	K631H1	0.00289	0.00964	0.00735	0.01699	0.00817	0.00101	MHB	BHB
	K631H2	0.00548	0.01825	0.00735	0.02560	0.01196	0.00185	BHB	
K632	K632H1	0.00390	0.01299	0.00735	0.02034	0.00986	0.00113	MHB	BHB
	K632H2	0.00447	0.01490	0.00735	0.02225	0.01033	0.00168	BHB	
K633	K633H1	0.00297	0.00991	0.00735	0.01726	0.00831	0.00102	MHB	BHB
	K633H2	0.00494	0.01647	0.00735	0.02382	0.01109	0.00176	BHB	
K634	K634H1	0.00262	0.00874	0.00735	0.01609	0.00772	0.00098	MHB	MHB
	K634H2	0.00034	0.00113	0.00735	0.00848	0.00359	0.00098	MHB	
K635	K635H1	0.00034	0.00114	0.00735	0.00849	0.00389	0.00070	MHB	BHB
	K635H2	0.00732	0.02440	0.00735	0.03175	0.01496	0.00217	BHB	
K636	K636H1	0.00341	0.01137	0.00735	0.01872	0.00904	0.00108	MHB	BHB
	K636H2	0.00477	0.01589	0.00735	0.02324	0.01081	0.00173	BHB	
K637	K637H1	0.00328	0.01095	0.00735	0.01830	0.00883	0.00106	MHB	BHB
	K637H2	0.00445	0.01482	0.00735	0.02217	0.01029	0.00167	BHB	
K638	K638H1	0.00353	0.01177	0.00735	0.01912	0.00924	0.00109	MHB	MHB
	K638H2	0.00399	0.01331	0.00735	0.02066	0.00955	0.00159	MHB	
K639	K639H1	0.00224	0.00748	0.00735	0.01483	0.00708	0.00093	MHB	MHB
	K639H2	0.00015	0.00049	0.00735	0.00784	0.00329	0.00094	MHB	
K640	K640H1	0.00051	0.00171	0.00735	0.00906	0.00418	0.00072	MHB	BHB
	K640H2	0.00740	0.02467	0.00735	0.03202	0.01509	0.00218	BHB	
K641	K641H1	0.00336	0.01119	0.00735	0.01854	0.00895	0.00107	MHB	BHB
	K641H2	0.00449	0.01495	0.00735	0.02230	0.01035	0.00168	BHB	
K642	K642H1	0.00325	0.01082	0.00735	0.01817	0.00877	0.00105	MHB	MHB
	K642H2	0.00418	0.01392	0.00735	0.02127	0.00985	0.00163	MHB	
K643	K643H1	0.00361	0.01204	0.00735	0.01939	0.00938	0.00110	MHB	MHB
	K643H2	0.00364	0.01212	0.00735	0.01947	0.00897	0.00154	MHB	
K644	K644H1	0.00254	0.00845	0.00735	0.01580	0.00757	0.00097	MHB	MHB
	K644H2	0.00014	0.00047	0.00735	0.00782	0.00328	0.00094	MHB	
K645	K645H1	0.00066	0.00221	0.00735	0.00956	0.00443	0.00073	MHB	BHB
	K645H2	0.00561	0.01870	0.00735	0.02605	0.01218	0.00187	BHB	
K646	K646H1	0.00261	0.00871	0.00735	0.01606	0.00770	0.00098	MHB	BHB
	K646H2	0.00474	0.01578	0.00735	0.02313	0.01076	0.00172	BHB	
K647	K647H1	0.00373	0.01242	0.00735	0.01977	0.00957	0.00111	MHB	MHB
	K647H2	0.00359	0.01196	0.00735	0.01931	0.00889	0.00153	MHB	
K648	K648H1	0.00278	0.00928	0.00735	0.01663	0.00799	0.00100	MHB	MHB
	K648H2	0.00418	0.01392	0.00735	0.02127	0.00985	0.00162	MHB	
K649	K649H1	0.00092	0.00307	0.00735	0.01042	0.00486	0.00077	MHB	MHB
	K649H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K650	K650H1	0.00687	0.02289	0.00735	0.03024	0.01486	0.00148	BHB	BHB
	K650H2	0.00597	0.01990	0.00735	0.02725	0.01277	0.00193	BHB	
K651	K651H1	0.00471	0.01046	0.00490	0.01536	0.01108	0.01145	BHB	BHB
	K651H2	0.00596	0.01325	0.00490	0.01815	0.01249	0.01298	BHB	
K652	K652H1	0.00289	0.00963	0.00735	0.01698	0.00816	0.00101	MHB	BHB
	K652H2	0.00514	0.01712	0.00735	0.02447	0.01141	0.00179	BHB	

Çizelge A.23 : AEDYY +Y yönü 7.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

7.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K727	K727H1	0.00934	0.03112	0.00735	0.03847	0.01899	0.00180	BHB	BHB
	K727H2	0.00817	0.02722	0.00735	0.03457	0.01633	0.00231	BHB	
K728	K728H1	0.00803	0.01784	0.00490	0.02274	0.01673	0.01729	IHB	IHB
	K728H2	0.00877	0.01949	0.00490	0.02439	0.01784	0.01754	IHB	
K729	K729H1	0.00584	0.01947	0.00735	0.02682	0.01313	0.00136	BHB	BHB
	K729H2	0.00693	0.02310	0.00735	0.03045	0.01433	0.00210	BHB	
K730	K730H1	0.00067	0.00224	0.00735	0.00959	0.00445	0.00074	MHB	BHB
	K730H2	0.00780	0.02599	0.00735	0.03334	0.01574	0.00225	BHB	
K731	K731H1	0.00361	0.01203	0.00735	0.01938	0.00937	0.00110	MHB	BHB
	K731H2	0.00569	0.01897	0.00735	0.02632	0.01231	0.00189	BHB	
K732	K732H1	0.00352	0.01174	0.00735	0.01909	0.00923	0.00109	MHB	BHB
	K732H2	0.00512	0.01707	0.00735	0.02442	0.01139	0.00179	BHB	
K733	K733H1	0.00309	0.01031	0.00735	0.01766	0.00851	0.00104	MHB	BHB
	K733H2	0.00534	0.01779	0.00735	0.02514	0.01174	0.00183	BHB	
K734	K734H1	0.00285	0.00951	0.00735	0.01686	0.00811	0.00101	MHB	MHB
	K734H2	0.00050	0.00166	0.00735	0.00901	0.00385	0.00101	MHB	
K735	K735H1	0.00035	0.00117	0.00735	0.00852	0.00391	0.00070	MHB	BHB
	K735H2	0.00688	0.02292	0.00735	0.03027	0.01424	0.00209	BHB	
K736	K736H1	0.00276	0.00919	0.00735	0.01654	0.00794	0.00099	MHB	BHB
	K736H2	0.00559	0.01863	0.00735	0.02598	0.01214	0.00187	BHB	
K737	K737H1	0.00310	0.01033	0.00735	0.01768	0.00852	0.00104	MHB	BHB
	K737H2	0.00506	0.01686	0.00735	0.02421	0.01128	0.00178	BHB	
K738	K738H1	0.00319	0.01065	0.00735	0.01800	0.00868	0.00105	MHB	BHB
	K738H2	0.00473	0.01577	0.00735	0.02312	0.01075	0.00172	BHB	
K739	K739H1	0.00255	0.00850	0.00735	0.01585	0.00760	0.00097	MHB	MHB
	K739H2	0.00034	0.00112	0.00735	0.00847	0.00359	0.00098	MHB	
K740	K740H1	0.00034	0.00112	0.00735	0.00847	0.00388	0.00070	MHB	BHB
	K740H2	0.00717	0.02389	0.00735	0.03124	0.01471	0.00214	BHB	
K741	K741H1	0.00273	0.00909	0.00735	0.01644	0.00790	0.00099	MHB	BHB
	K741H2	0.00528	0.01761	0.00735	0.02496	0.01165	0.00182	BHB	
K742	K742H1	0.00288	0.00960	0.00735	0.01695	0.00815	0.00101	MHB	BHB
	K742H2	0.00482	0.01607	0.00735	0.02342	0.01090	0.00174	BHB	
K743	K743H1	0.00316	0.01053	0.00735	0.01788	0.00862	0.00104	MHB	BHB
	K743H2	0.00440	0.01466	0.00735	0.02201	0.01021	0.00166	BHB	
K744	K744H1	0.00284	0.00945	0.00735	0.01680	0.00808	0.00100	MHB	MHB
	K744H2	0.00032	0.00108	0.00735	0.00843	0.00357	0.00098	MHB	
K745	K745H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00070	MHB	BHB
	K745H2	0.00666	0.02221	0.00735	0.02956	0.01389	0.00205	BHB	
K746	K746H1	0.00294	0.00978	0.00735	0.01713	0.00824	0.00102	MHB	BHB
	K746H2	0.00513	0.01711	0.00735	0.02446	0.01140	0.00179	BHB	
K747	K747H1	0.00334	0.01113	0.00735	0.01848	0.00892	0.00107	MHB	MHB
	K747H2	0.00426	0.01419	0.00735	0.02154	0.00998	0.00164	MHB	
K748	K748H1	0.00237	0.00791	0.00735	0.01526	0.00730	0.00095	MHB	BHB
	K748H2	0.00480	0.01600	0.00735	0.02335	0.01086	0.00173	BHB	
K749	K749H1	0.00131	0.00437	0.00735	0.01172	0.00552	0.00081	MHB	MHB
	K749H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K750	K750H1	0.00732	0.02441	0.00735	0.03176	0.01562	0.00154	BHB	BHB
	K750H2	0.00636	0.02121	0.00735	0.02856	0.01341	0.00200	BHB	
K751	K751H1	0.00558	0.01239	0.00490	0.01729	0.01255	0.01298	BHB	IHB
	K751H2	0.00692	0.01538	0.00490	0.02028	0.01404	0.01460	IHB	
K752	K752H1	0.00372	0.01239	0.00735	0.01974	0.00956	0.00111	MHB	BHB
	K752H2	0.00519	0.01729	0.00735	0.02464	0.01149	0.00180	BHB	

Çizelge A.24 : AEDYY +Y yönü 8.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

8.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		radyan	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K827	K827H1	0.01043	0.03475	0.00735	0.04210	0.02081	0.00194	BHB	BHB
	K827H2	0.00839	0.02797	0.00735	0.03532	0.01670	0.00235	BHB	
K828	K828H1	0.00867	0.01928	0.00490	0.02418	0.01784	0.01743	IHB	IHB
	K828H2	0.00958	0.02128	0.00490	0.02618	0.01843	0.01795	IHB	
K829	K829H1	0.00603	0.02011	0.00735	0.02746	0.01346	0.00138	BHB	BHB
	K829H2	0.00828	0.02760	0.00735	0.03495	0.01652	0.00233	BHB	
K830	K830H1	0.00089	0.00295	0.00735	0.01030	0.00481	0.00076	MHB	BHB
	K830H2	0.00702	0.02341	0.00735	0.03076	0.01448	0.00212	BHB	
K831	K831H1	0.00409	0.01364	0.00735	0.02099	0.01019	0.00116	BHB	BHB
	K831H2	0.00418	0.01393	0.00735	0.02128	0.00985	0.00163	MHB	
K832	K832H1	0.00324	0.01080	0.00735	0.01815	0.00876	0.00105	MHB	BHB
	K832H2	0.00542	0.01808	0.00735	0.02543	0.01188	0.00184	BHB	
K833	K833H1	0.00395	0.01316	0.00735	0.02051	0.00994	0.00114	MHB	MHB
	K833H2	0.00200	0.00666	0.00735	0.01401	0.00629	0.00127	MHB	
K834	K834H1	0.00065	0.00217	0.00735	0.00952	0.00441	0.00073	MHB	MHB
	K834H2	0.00109	0.00364	0.00735	0.01099	0.00482	0.00112	MHB	
K835	K835H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K835H2	0.00781	0.02604	0.00735	0.03339	0.01576	0.00225	BHB	
K836	K836H1	0.00397	0.01323	0.00735	0.02058	0.00998	0.00114	MHB	BHB
	K836H2	0.00452	0.01505	0.00735	0.02240	0.01040	0.00168	BHB	
K837	K837H1	0.00317	0.01057	0.00735	0.01792	0.00864	0.00105	MHB	BHB
	K837H2	0.00470	0.01565	0.00735	0.02300	0.01069	0.00171	BHB	
K838	K838H1	0.00362	0.01207	0.00735	0.01942	0.00940	0.00110	MHB	MHB
	K838H2	0.00174	0.00579	0.00735	0.01314	0.00587	0.00122	MHB	
K839	K839H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00073	MHB	MHB
	K839H2	0.00128	0.00428	0.00735	0.01163	0.00513	0.00115	MHB	
K840	K840H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00076	MHB	BHB
	K840H2	0.00819	0.02731	0.00735	0.03466	0.01638	0.00232	BHB	
K841	K841H1	0.00378	0.01261	0.00735	0.01996	0.00967	0.00112	MHB	BHB
	K841H2	0.00444	0.01478	0.00735	0.02213	0.01027	0.00167	BHB	
K842	K842H1	0.00306	0.01019	0.00735	0.01754	0.00845	0.00103	MHB	BHB
	K842H2	0.00454	0.01513	0.00735	0.02248	0.01044	0.00169	BHB	
K843	K843H1	0.00343	0.01144	0.00735	0.01879	0.00908	0.00108	MHB	MHB
	K843H2	0.00184	0.00614	0.00735	0.01349	0.00604	0.00124	MHB	
K844	K844H1	0.00016	0.00052	0.00735	0.00787	0.00358	0.00067	MHB	MHB
	K844H2	0.00152	0.00505	0.00735	0.01240	0.00551	0.00119	MHB	
K845	K845H1	0.00088	0.00295	0.00735	0.01030	0.00480	0.00076	MHB	BHB
	K845H2	0.00529	0.01763	0.00735	0.02498	0.01166	0.00182	BHB	
K846	K846H1	0.00354	0.01180	0.00735	0.01915	0.00926	0.00109	MHB	MHB
	K846H2	0.00392	0.01307	0.00735	0.02042	0.00943	0.00158	MHB	
K847	K847H1	0.00271	0.00904	0.00735	0.01639	0.00787	0.00099	MHB	BHB
	K847H2	0.00496	0.01653	0.00735	0.02388	0.01112	0.00176	BHB	
K848	K848H1	0.00349	0.01162	0.00735	0.01897	0.00917	0.00108	MHB	MHB
	K848H2	0.00276	0.00919	0.00735	0.01654	0.00753	0.00139	MHB	
K849	K849H1	0.00120	0.00401	0.00735	0.01136	0.00534	0.00080	MHB	MHB
	K849H2	0.00050	0.00165	0.00735	0.00900	0.00384	0.00101	MHB	
K850	K850H1	0.00890	0.02967	0.00735	0.03702	0.01827	0.00174	BHB	BHB
	K850H2	0.00653	0.02177	0.00735	0.02912	0.01368	0.00203	BHB	
K851	K851H1	0.00633	0.01408	0.00490	0.01898	0.01384	0.01431	IHB	IHB
	K851H2	0.00763	0.01696	0.00490	0.02186	0.01522	0.01582	IHB	
K852	K852H1	0.00417	0.01389	0.00735	0.02124	0.01031	0.00117	BHB	BHB
	K852H2	0.00680	0.02265	0.00735	0.03000	0.01411	0.00208	BHB	

Çizelge A.25 : ZTADOHY +Y yönü 1.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

1.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K127	K127H1	0.00151	0.00504	0.00735	0.01239	0.00550	0.00119	MHB	MHB
	K127H2	0.00096	0.00318	0.00735	0.01053	0.00459	0.00109	MHB	
K128	K128H1	0.00255	0.00566	0.00490	0.01056	0.00694	0.00723	BHB	BHB
	K128H2	0.00125	0.00278	0.00490	0.00768	0.00525	0.00544	BHB	
K129	K129H1	0.00420	0.01401	0.00735	0.02136	0.00989	0.00163	MHB	BHB
	K129H2	0.00477	0.01589	0.00735	0.02324	0.01132	0.00124	BHB	
K130	K130H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00306	0.00091	MHB	MHB
	K130H2	0.00077	0.00257	0.00735	0.00992	0.00462	0.00075	MHB	
K131	K131H1	0.00201	0.00671	0.00735	0.01406	0.00632	0.00127	MHB	MHB
	K131H2	0.00048	0.00161	0.00735	0.00896	0.00413	0.00072	MHB	
K132	K132H1	0.00197	0.00656	0.00735	0.01391	0.00624	0.00126	MHB	MHB
	K132H2	0.00022	0.00073	0.00735	0.00808	0.00368	0.00068	MHB	
K133	K133H1	0.00213	0.00711	0.00735	0.01446	0.00651	0.00129	MHB	MHB
	K133H2	0.00045	0.00151	0.00735	0.00886	0.00408	0.00071	MHB	
K134	K134H1	0.00206	0.00686	0.00735	0.01421	0.00639	0.00128	MHB	MHB
	K134H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00065	MHB	
K135	K135H1	0.00195	0.00650	0.00735	0.01385	0.00659	0.00089	MHB	MHB
	K135H2	0.00068	0.00225	0.00735	0.00960	0.00445	0.00074	MHB	
K136	K136H1	0.00195	0.00650	0.00735	0.01385	0.00621	0.00126	MHB	MHB
	K136H2	0.00023	0.00078	0.00735	0.00813	0.00342	0.00096	MHB	
K137	K137H1	0.00192	0.00640	0.00735	0.01375	0.00616	0.00125	MHB	MHB
	K137H2	0.00023	0.00077	0.00735	0.00812	0.00371	0.00068	MHB	
K138	K138H1	0.00206	0.00688	0.00735	0.01423	0.00640	0.00128	MHB	MHB
	K138H2	0.00010	0.00035	0.00735	0.00770	0.00350	0.00067	MHB	
K139	K139H1	0.00199	0.00665	0.00735	0.01400	0.00629	0.00127	MHB	MHB
	K139H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00152	MHB	
K140	K140H1	0.00012	0.00041	0.00735	0.00776	0.00352	0.00067	MHB	MHB
	K140H2	0.00068	0.00225	0.00735	0.00960	0.00445	0.00074	MHB	
K141	K141H1	0.00184	0.00613	0.00735	0.01348	0.00603	0.00124	MHB	MHB
	K141H2	0.00012	0.00041	0.00735	0.00776	0.00325	0.00094	MHB	
K142	K142H1	0.00184	0.00612	0.00735	0.01347	0.00603	0.00124	MHB	MHB
	K142H2	0.00009	0.00030	0.00735	0.00765	0.00347	0.00066	MHB	
K143	K143H1	0.00196	0.00653	0.00735	0.01388	0.00623	0.00126	MHB	MHB
	K143H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00183	MHB	
K144	K144H1	0.00211	0.00702	0.00735	0.01437	0.00647	0.00128	MHB	MHB
	K144H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00155	MHB	
K145	K145H1	0.00014	0.00047	0.00735	0.00782	0.00356	0.00067	MHB	MHB
	K145H2	0.00039	0.00129	0.00735	0.00864	0.00396	0.00070	MHB	
K146	K146H1	0.00183	0.00609	0.00735	0.01344	0.00602	0.00124	MHB	MHB
	K146H2	0.00014	0.00047	0.00735	0.00782	0.00328	0.00094	MHB	
K147	K147H1	0.00160	0.00534	0.00735	0.01269	0.00564	0.00120	MHB	MHB
	K147H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00181	MHB	
K148	K148H1	0.00189	0.00630	0.00735	0.01365	0.00611	0.00125	MHB	MHB
	K148H2	0.00012	0.00039	0.00735	0.00774	0.00324	0.00094	MHB	
K149	K149H1	0.00127	0.00425	0.00735	0.01160	0.00511	0.00115	MHB	MHB
	K149H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00143	MHB	
K150	K150H1	0.00093	0.00309	0.00735	0.01044	0.00487	0.00077	MHB	MHB
	K150H2	0.00032	0.00106	0.00735	0.00841	0.00356	0.00098	MHB	
K151	K151H1	0.00133	0.00296	0.00490	0.00786	0.00497	0.00519	BHB	BHB
	K151H2	0.00005	0.00010	0.00490	0.00500	0.00326	0.00338	MHB	
K152	K152H1	0.00451	0.01502	0.00735	0.02237	0.01039	0.00168	BHB	BHB
	K152H2	0.00464	0.01546	0.00735	0.02281	0.01111	0.00122	BHB	

Çizelge A.26 : ZTADOHY +Y yönü 2.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

2.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K227	K227H1	0.00160	0.00534	0.00735	0.01269	0.00601	0.00085	MHB	MHB
	K227H2	0.00085	0.00283	0.00735	0.01018	0.00442	0.00108	MHB	
K228	K228H1	0.00262	0.00581	0.00490	0.01071	0.00704	0.00734	BHB	BHB
	K228H2	0.00136	0.00302	0.00490	0.00792	0.00543	0.00563	BHB	
K229	K229H1	0.00430	0.01432	0.00735	0.02167	0.01004	0.00165	BHB	BHB
	K229H2	0.00503	0.01677	0.00735	0.02412	0.01177	0.00127	BHB	
K230	K230H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00097	MHB	MHB
	K230H2	0.00044	0.00147	0.00735	0.00882	0.00406	0.00071	MHB	
K231	K231H1	0.00187	0.00623	0.00735	0.01358	0.00608	0.00124	MHB	MHB
	K231H2	0.00113	0.00375	0.00735	0.01110	0.00521	0.00079	MHB	
K232	K232H1	0.00148	0.00494	0.00735	0.01229	0.00545	0.00118	MHB	MHB
	K232H2	0.00159	0.00531	0.00735	0.01266	0.00599	0.00085	MHB	
K233	K233H1	0.00217	0.00722	0.00735	0.01457	0.00657	0.00129	MHB	MHB
	K233H2	0.00102	0.00341	0.00735	0.01076	0.00504	0.00078	MHB	
K234	K234H1	0.00243	0.00809	0.00735	0.01544	0.00699	0.00134	MHB	MHB
	K234H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00107	MHB	
K235	K235H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00093	MHB	MHB
	K235H2	0.00029	0.00096	0.00735	0.00831	0.00380	0.00069	MHB	
K236	K236H1	0.00144	0.00480	0.00735	0.01215	0.00538	0.00117	MHB	MHB
	K236H2	0.00148	0.00493	0.00735	0.01228	0.00580	0.00084	MHB	
K237	K237H1	0.00161	0.00537	0.00735	0.01272	0.00566	0.00120	MHB	MHB
	K237H2	0.00138	0.00461	0.00735	0.01196	0.00564	0.00082	MHB	
K238	K238H1	0.00179	0.00596	0.00735	0.01331	0.00595	0.00123	MHB	MHB
	K238H2	0.00135	0.00451	0.00735	0.01186	0.00559	0.00082	MHB	
K239	K239H1	0.00256	0.00854	0.00735	0.01589	0.00721	0.00136	MHB	MHB
	K239H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00102	MHB	
K240	K240H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00095	MHB	MHB
	K240H2	0.00042	0.00138	0.00735	0.00873	0.00401	0.00071	MHB	
K241	K241H1	0.00131	0.00436	0.00735	0.01171	0.00517	0.00115	MHB	MHB
	K241H2	0.00143	0.00478	0.00735	0.01213	0.00573	0.00083	MHB	
K242	K242H1	0.00144	0.00481	0.00735	0.01216	0.00539	0.00117	MHB	MHB
	K242H2	0.00149	0.00496	0.00735	0.01231	0.00581	0.00084	MHB	
K243	K243H1	0.00168	0.00561	0.00735	0.01296	0.00578	0.00121	MHB	MHB
	K243H2	0.00133	0.00445	0.00735	0.01180	0.00556	0.00082	MHB	
K244	K244H1	0.00272	0.00908	0.00735	0.01643	0.00748	0.00139	MHB	MHB
	K244H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00102	MHB	
K245	K245H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00086	MHB	MHB
	K245H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00166	MHB	
K246	K246H1	0.00145	0.00485	0.00735	0.01220	0.00540	0.00118	MHB	MHB
	K246H2	0.00140	0.00468	0.00735	0.01203	0.00568	0.00083	MHB	
K247	K247H1	0.00120	0.00400	0.00735	0.01135	0.00499	0.00113	MHB	MHB
	K247H2	0.00135	0.00448	0.00735	0.01183	0.00558	0.00082	MHB	
K248	K248H1	0.00168	0.00561	0.00735	0.01296	0.00578	0.00121	MHB	MHB
	K248H2	0.00130	0.00434	0.00735	0.01169	0.00550	0.00081	MHB	
K249	K249H1	0.00165	0.00551	0.00735	0.01286	0.00573	0.00121	MHB	MHB
	K249H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00102	MHB	
K250	K250H1	0.00048	0.00160	0.00735	0.00895	0.00412	0.00072	MHB	MHB
	K250H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00196	MHB	
K251	K251H1	0.00085	0.00188	0.00490	0.00678	0.00420	0.00439	BHB	BHB
	K251H2	0.00000	0.00000	0.00490	0.00490	0.00318	0.00341	MHB	
K252	K252H1	0.00400	0.01335	0.00735	0.02070	0.00957	0.00160	MHB	BHB
	K252H2	0.00445	0.01484	0.00735	0.02219	0.01079	0.00120	BHB	

Çizelge A.27 : ZTADOHY +Y yönü 3.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

3.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K327	K327H1	0.00176	0.00585	0.00735	0.01320	0.00626	0.00087	MHB	MHB
	K327H2	0.00120	0.00401	0.00735	0.01136	0.00499	0.00113	MHB	
K328	K328H1	0.00377	0.00838	0.00490	0.01328	0.00891	0.00928	BHB	BHB
	K328H2	0.00253	0.00563	0.00490	0.01053	0.00740	0.00766	BHB	
K329	K329H1	0.00496	0.01654	0.00735	0.02389	0.01113	0.00176	BHB	BHB
	K329H2	0.00553	0.01843	0.00735	0.02578	0.01261	0.00132	BHB	
K330	K330H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00101	MHB	MHB
	K330H2	0.00080	0.00268	0.00735	0.01003	0.00434	0.00107	MHB	
K331	K331H1	0.00230	0.00767	0.00735	0.01502	0.00679	0.00132	MHB	MHB
	K331H2	0.00252	0.00841	0.00735	0.01576	0.00755	0.00096	MHB	
K332	K332H1	0.00220	0.00734	0.00735	0.01469	0.00663	0.00130	MHB	MHB
	K332H2	0.00235	0.00782	0.00735	0.01517	0.00725	0.00094	MHB	
K333	K333H1	0.00266	0.00887	0.00735	0.01622	0.00738	0.00138	MHB	MHB
	K333H2	0.00238	0.00793	0.00735	0.01528	0.00731	0.00095	MHB	
K334	K334H1	0.00340	0.01135	0.00735	0.01870	0.00859	0.00150	MHB	MHB
	K334H2	0.00048	0.00160	0.00735	0.00895	0.00332	0.00101	MHB	
K335	K335H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00095	MHB	MHB
	K335H2	0.00057	0.00191	0.00735	0.00926	0.00397	0.00103	MHB	
K336	K336H1	0.00210	0.00700	0.00735	0.01435	0.00646	0.00128	MHB	MHB
	K336H2	0.00210	0.00701	0.00735	0.01436	0.00685	0.00091	MHB	
K337	K337H1	0.00218	0.00728	0.00735	0.01463	0.00659	0.00130	MHB	MHB
	K337H2	0.00229	0.00765	0.00735	0.01500	0.00717	0.00094	MHB	
K338	K338H1	0.00255	0.00850	0.00735	0.01585	0.00719	0.00136	MHB	MHB
	K338H2	0.00208	0.00692	0.00735	0.01427	0.00680	0.00091	MHB	
K339	K339H1	0.00357	0.01189	0.00735	0.01924	0.00885	0.00152	MHB	MHB
	K339H2	0.00027	0.00089	0.00735	0.00824	0.00377	0.00069	MHB	
K340	K340H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	MHB
	K340H2	0.00076	0.00252	0.00735	0.00987	0.00427	0.00106	MHB	
K341	K341H1	0.00194	0.00645	0.00735	0.01380	0.00619	0.00126	MHB	MHB
	K341H2	0.00199	0.00663	0.00735	0.01398	0.00666	0.00090	MHB	
K342	K342H1	0.00206	0.00685	0.00735	0.01420	0.00639	0.00128	MHB	MHB
	K342H2	0.00216	0.00720	0.00735	0.01455	0.00694	0.00092	MHB	
K343	K343H1	0.00244	0.00812	0.00735	0.01547	0.00701	0.00134	MHB	MHB
	K343H2	0.00191	0.00635	0.00735	0.01370	0.00652	0.00089	MHB	
K344	K344H1	0.00377	0.01258	0.00735	0.01993	0.00919	0.00156	MHB	MHB
	K344H2	0.00021	0.00071	0.00735	0.00806	0.00368	0.00068	MHB	
K345	K345H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00088	MHB	MHB
	K345H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00169	MHB	
K346	K346H1	0.00201	0.00671	0.00735	0.01406	0.00632	0.00127	MHB	MHB
	K346H2	0.00216	0.00719	0.00735	0.01454	0.00694	0.00092	MHB	
K347	K347H1	0.00178	0.00593	0.00735	0.01328	0.00594	0.00123	MHB	MHB
	K347H2	0.00191	0.00638	0.00735	0.01373	0.00653	0.00089	MHB	
K348	K348H1	0.00222	0.00740	0.00735	0.01475	0.00666	0.00130	MHB	MHB
	K348H2	0.00219	0.00729	0.00735	0.01464	0.00699	0.00092	MHB	
K349	K349H1	0.00245	0.00818	0.00735	0.01553	0.00704	0.00134	MHB	MHB
	K349H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K350	K350H1	0.00030	0.00099	0.00735	0.00834	0.00382	0.00069	MHB	MHB
	K350H2	0.00017	0.00056	0.00735	0.00791	0.00332	0.00095	MHB	
K351	K351H1	0.00177	0.00394	0.00490	0.00884	0.00568	0.00592	BHB	BHB
	K351H2	0.00054	0.00121	0.00490	0.00611	0.00407	0.00422	BHB	
K352	K352H1	0.00440	0.01467	0.00735	0.02202	0.01022	0.00166	BHB	BHB
	K352H2	0.00454	0.01513	0.00735	0.02248	0.01094	0.00121	BHB	

Çizelge A.28 : ZTADOHY +Y yönü 4.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

4.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K427	K427H1	0.00245	0.00815	0.00735	0.01550	0.00742	0.00096	MHB	MHB
	K427H2	0.00174	0.00579	0.00735	0.01314	0.00587	0.00122	MHB	
K428	K428H1	0.00520	0.01156	0.00490	0.01646	0.01124	0.01169	BHB	BHB
	K428H2	0.00396	0.00881	0.00490	0.01371	0.00981	0.01015	BHB	
K429	K429H1	0.00585	0.01949	0.00735	0.02684	0.01257	0.00191	BHB	BHB
	K429H2	0.00657	0.02189	0.00735	0.02924	0.01436	0.00145	BHB	
K430	K430H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00092	MHB	MHB
	K430H2	0.00147	0.00489	0.00735	0.01224	0.00543	0.00118	MHB	
K431	K431H1	0.00311	0.01036	0.00735	0.01771	0.00810	0.00145	MHB	MHB
	K431H2	0.00319	0.01064	0.00735	0.01799	0.00824	0.00146	MHB	
K432	K432H1	0.00293	0.00976	0.00735	0.01711	0.00781	0.00142	MHB	MHB
	K432H2	0.00308	0.01028	0.00735	0.01763	0.00849	0.00103	MHB	
K433	K433H1	0.00350	0.01165	0.00735	0.01900	0.00874	0.00151	MHB	MHB
	K433H2	0.00302	0.01007	0.00735	0.01742	0.00796	0.00143	MHB	
K434	K434H1	0.00450	0.01501	0.00735	0.02236	0.01038	0.00168	BHB	BHB
	K434H2	0.00071	0.00236	0.00735	0.00971	0.00332	0.00094	MHB	
K435	K435H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00085	MHB	MHB
	K435H2	0.00153	0.00508	0.00735	0.01243	0.00552	0.00119	MHB	
K436	K436H1	0.00284	0.00947	0.00735	0.01682	0.00767	0.00140	MHB	MHB
	K436H2	0.00276	0.00920	0.00735	0.01655	0.00795	0.00099	MHB	
K437	K437H1	0.00291	0.00971	0.00735	0.01706	0.00779	0.00142	MHB	MHB
	K437H2	0.00300	0.00999	0.00735	0.01734	0.00835	0.00102	MHB	
K438	K438H1	0.00332	0.01106	0.00735	0.01841	0.00845	0.00148	MHB	MHB
	K438H2	0.00278	0.00927	0.00735	0.01662	0.00799	0.00100	MHB	
K439	K439H1	0.00486	0.01618	0.00735	0.02353	0.01095	0.00174	BHB	BHB
	K439H2	0.00020	0.00066	0.00735	0.00801	0.00365	0.00068	MHB	
K440	K440H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00085	MHB	MHB
	K440H2	0.00172	0.00574	0.00735	0.01309	0.00584	0.00122	MHB	
K441	K441H1	0.00266	0.00885	0.00735	0.01620	0.00737	0.00137	MHB	MHB
	K441H2	0.00263	0.00878	0.00735	0.01613	0.00774	0.00098	MHB	
K442	K442H1	0.00277	0.00923	0.00735	0.01658	0.00755	0.00139	MHB	MHB
	K442H2	0.00285	0.00950	0.00735	0.01685	0.00810	0.00101	MHB	
K443	K443H1	0.00320	0.01065	0.00735	0.01800	0.00825	0.00146	MHB	MHB
	K443H2	0.00260	0.00865	0.00735	0.01600	0.00767	0.00097	MHB	
K444	K444H1	0.00510	0.01699	0.00735	0.02434	0.01135	0.00178	BHB	BHB
	K444H2	0.00017	0.00056	0.00735	0.00791	0.00360	0.00067	MHB	
K445	K445H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00088	MHB	MHB
	K445H2	0.00028	0.00094	0.00735	0.00829	0.00350	0.00097	MHB	
K446	K446H1	0.00273	0.00908	0.00735	0.01643	0.00748	0.00139	MHB	MHB
	K446H2	0.00278	0.00926	0.00735	0.01661	0.00798	0.00100	MHB	
K447	K447H1	0.00244	0.00815	0.00735	0.01550	0.00702	0.00134	MHB	MHB
	K447H2	0.00259	0.00864	0.00735	0.01599	0.00767	0.00097	MHB	
K448	K448H1	0.00294	0.00980	0.00735	0.01715	0.00783	0.00142	MHB	MHB
	K448H2	0.00290	0.00967	0.00735	0.01702	0.00819	0.00101	MHB	
K449	K449H1	0.00334	0.01113	0.00735	0.01848	0.00848	0.00149	MHB	MHB
	K449H2	0.00038	0.00126	0.00735	0.00861	0.00395	0.00070	MHB	
K450	K450H1	0.00086	0.00287	0.00735	0.01022	0.00476	0.00076	MHB	MHB
	K450H2	0.00057	0.00191	0.00735	0.00926	0.00397	0.00103	MHB	
K451	K451H1	0.00297	0.00660	0.00490	0.01150	0.00762	0.00794	BHB	BHB
	K451H2	0.00175	0.00388	0.00490	0.00878	0.00608	0.00630	BHB	
K452	K452H1	0.00511	0.01702	0.00735	0.02437	0.01136	0.00179	BHB	BHB
	K452H2	0.00538	0.01793	0.00735	0.02528	0.01236	0.00131	BHB	

Çizelge A.29 : ZTADOHY +Y yönü 5.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

5.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K527	K527H1	0.00325	0.01083	0.00735	0.01818	0.00877	0.00106	MHB	MHB
	K527H2	0.00234	0.00780	0.00735	0.01515	0.00685	0.00132	MHB	
K528	K528H1	0.00668	0.01484	0.00490	0.01974	0.01365	0.01419	IHB	IHB
	K528H2	0.00543	0.01207	0.00490	0.01697	0.01231	0.01272	BHB	
K529	K529H1	0.00678	0.02259	0.00735	0.02994	0.01408	0.00207	BHB	BHB
	K529H2	0.00774	0.02579	0.00735	0.03314	0.01632	0.00159	BHB	
K530	K530H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00086	MHB	MHB
	K530H2	0.00211	0.00702	0.00735	0.01437	0.00647	0.00128	MHB	
K531	K531H1	0.00378	0.01259	0.00735	0.01994	0.00920	0.00156	MHB	MHB
	K531H2	0.00305	0.01017	0.00735	0.01752	0.00801	0.00144	MHB	
K532	K532H1	0.00334	0.01114	0.00735	0.01849	0.00893	0.00107	MHB	MHB
	K532H2	0.00355	0.01183	0.00735	0.01918	0.00883	0.00152	MHB	
K533	K533H1	0.00427	0.01422	0.00735	0.02157	0.00999	0.00164	MHB	MHB
	K533H2	0.00289	0.00965	0.00735	0.01700	0.00776	0.00141	MHB	
K534	K534H1	0.00550	0.01834	0.00735	0.02569	0.01201	0.00185	BHB	BHB
	K534H2	0.00064	0.00212	0.00735	0.00947	0.00332	0.00094	MHB	
K535	K535H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00077	MHB	MHB
	K535H2	0.00228	0.00758	0.00735	0.01493	0.00675	0.00131	MHB	
K536	K536H1	0.00320	0.01067	0.00735	0.01802	0.00826	0.00146	MHB	MHB
	K536H2	0.00312	0.01038	0.00735	0.01773	0.00855	0.00104	MHB	
K537	K537H1	0.00334	0.01112	0.00735	0.01847	0.00848	0.00149	MHB	MHB
	K537H2	0.00343	0.01143	0.00735	0.01878	0.00907	0.00108	MHB	
K538	K538H1	0.00381	0.01269	0.00735	0.02004	0.00925	0.00156	MHB	MHB
	K538H2	0.00325	0.01083	0.00735	0.01818	0.00877	0.00106	MHB	
K539	K539H1	0.00601	0.02002	0.00735	0.02737	0.01282	0.00194	BHB	BHB
	K539H2	0.00002	0.00007	0.00735	0.00742	0.00336	0.00065	MHB	
K540	K540H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00077	MHB	MHB
	K540H2	0.00248	0.00827	0.00735	0.01562	0.00708	0.00135	MHB	
K541	K541H1	0.00301	0.01005	0.00735	0.01740	0.00795	0.00143	MHB	MHB
	K541H2	0.00298	0.00992	0.00735	0.01727	0.00831	0.00102	MHB	
K542	K542H1	0.00318	0.01059	0.00735	0.01794	0.00822	0.00146	MHB	MHB
	K542H2	0.00326	0.01087	0.00735	0.01822	0.00879	0.00106	MHB	
K543	K543H1	0.00367	0.01222	0.00735	0.01957	0.00902	0.00154	MHB	MHB
	K543H2	0.00306	0.01019	0.00735	0.01754	0.00845	0.00103	MHB	
K544	K544H1	0.00625	0.02083	0.00735	0.02818	0.01322	0.00198	BHB	BHB
	K544H2	0.00000	0.00001	0.00735	0.00736	0.00333	0.00065	MHB	
K545	K545H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00079	MHB	MHB
	K545H2	0.00088	0.00293	0.00735	0.01028	0.00446	0.00108	MHB	
K546	K546H1	0.00312	0.01041	0.00735	0.01776	0.00813	0.00145	MHB	MHB
	K546H2	0.00312	0.01041	0.00735	0.01776	0.00856	0.00104	MHB	
K547	K547H1	0.00286	0.00952	0.00735	0.01687	0.00769	0.00141	MHB	MHB
	K547H2	0.00301	0.01002	0.00735	0.01737	0.00836	0.00103	MHB	
K548	K548H1	0.00353	0.01177	0.00735	0.01912	0.00880	0.00152	MHB	MHB
	K548H2	0.00302	0.01005	0.00735	0.01740	0.00838	0.00103	MHB	
K549	K549H1	0.00424	0.01413	0.00735	0.02148	0.00995	0.00164	MHB	MHB
	K549H2	0.00041	0.00136	0.00735	0.00871	0.00400	0.00071	MHB	
K550	K550H1	0.00193	0.00643	0.00735	0.01378	0.00618	0.00125	MHB	MHB
	K550H2	0.00108	0.00358	0.00735	0.01093	0.00479	0.00111	MHB	
K551	K551H1	0.00437	0.00972	0.00490	0.01462	0.00989	0.01029	BHB	BHB
	K551H2	0.00314	0.00698	0.00490	0.01188	0.00842	0.00871	BHB	
K552	K552H1	0.00594	0.01980	0.00735	0.02715	0.01271	0.00193	BHB	BHB
	K552H2	0.00653	0.02176	0.00735	0.02911	0.01429	0.00144	BHB	

Çizelge A.30 : ZTADOHY +Y yönü 6.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

6.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p	ϕ_p	ϕ_y	ϕ_t	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı	
		radyan	rd/m	rd/m	rd/m			50 yılda %10	
K627	K627H1	0.00410	0.01366	0.00735	0.02101	0.01020	0.00116	BHB	BHB
	K627H2	0.00293	0.00977	0.00735	0.01712	0.00781	0.00142	MHB	
K628	K628H1	0.00809	0.01798	0.00490	0.02288	0.01598	0.01661	IHB	IHB
	K628H2	0.00683	0.01518	0.00490	0.02008	0.01469	0.01519	IHB	
K629	K629H1	0.00761	0.02538	0.00735	0.03273	0.01544	0.00222	BHB	BHB
	K629H2	0.00887	0.02957	0.00735	0.03692	0.01822	0.00174	BHB	
K630	K630H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00079	MHB	MHB
	K630H2	0.00256	0.00853	0.00735	0.01588	0.00721	0.00136	MHB	
K631	K631H1	0.00436	0.01453	0.00735	0.02188	0.01015	0.00166	BHB	BHB
	K631H2	0.00235	0.00783	0.00735	0.01518	0.00687	0.00132	MHB	
K632	K632H1	0.00376	0.01253	0.00735	0.01988	0.00963	0.00112	MHB	MHB
	K632H2	0.00322	0.01075	0.00735	0.01810	0.00829	0.00147	MHB	
K633	K633H1	0.00479	0.01597	0.00735	0.02332	0.01085	0.00173	BHB	BHB
	K633H2	0.00246	0.00821	0.00735	0.01556	0.00705	0.00134	MHB	
K634	K634H1	0.00628	0.02094	0.00735	0.02829	0.01327	0.00199	BHB	BHB
	K634H2	0.00045	0.00150	0.00735	0.00885	0.00332	0.00098	MHB	
K635	K635H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00070	MHB	MHB
	K635H2	0.00275	0.00916	0.00735	0.01651	0.00752	0.00139	MHB	
K636	K636H1	0.00346	0.01152	0.00735	0.01887	0.00867	0.00151	MHB	MHB
	K636H2	0.00297	0.00989	0.00735	0.01724	0.00830	0.00102	MHB	
K637	K637H1	0.00392	0.01306	0.00735	0.02041	0.00943	0.00158	MHB	MHB
	K637H2	0.00272	0.00905	0.00735	0.01640	0.00788	0.00099	MHB	
K638	K638H1	0.00431	0.01436	0.00735	0.02171	0.01006	0.00165	BHB	BHB
	K638H2	0.00278	0.00926	0.00735	0.01661	0.00798	0.00100	MHB	
K639	K639H1	0.00677	0.02256	0.00735	0.02991	0.01406	0.00207	BHB	BHB
	K639H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K640	K640H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00072	MHB	MHB
	K640H2	0.00280	0.00933	0.00735	0.01668	0.00760	0.00140	MHB	
K641	K641H1	0.00319	0.01064	0.00735	0.01799	0.00824	0.00146	MHB	MHB
	K641H2	0.00301	0.01002	0.00735	0.01737	0.00836	0.00103	MHB	
K642	K642H1	0.00368	0.01227	0.00735	0.01962	0.00904	0.00154	MHB	MHB
	K642H2	0.00276	0.00919	0.00735	0.01654	0.00794	0.00099	MHB	
K643	K643H1	0.00409	0.01363	0.00735	0.02098	0.00970	0.00161	MHB	MHB
	K643H2	0.00280	0.00934	0.00735	0.01669	0.00802	0.00100	MHB	
K644	K644H1	0.00685	0.02283	0.00735	0.03018	0.01420	0.00209	BHB	BHB
	K644H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00094	MHB	
K645	K645H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00073	MHB	MHB
	K645H2	0.00125	0.00417	0.00735	0.01152	0.00508	0.00114	MHB	
K646	K646H1	0.00366	0.01220	0.00735	0.01955	0.00901	0.00154	MHB	MHB
	K646H2	0.00242	0.00807	0.00735	0.01542	0.00738	0.00095	MHB	
K647	K647H1	0.00302	0.01007	0.00735	0.01742	0.00796	0.00143	MHB	MHB
	K647H2	0.00325	0.01083	0.00735	0.01818	0.00877	0.00106	MHB	
K648	K648H1	0.00423	0.01409	0.00735	0.02144	0.00993	0.00163	MHB	MHB
	K648H2	0.00229	0.00762	0.00735	0.01497	0.00716	0.00094	MHB	
K649	K649H1	0.00501	0.01669	0.00735	0.02404	0.01120	0.00177	BHB	BHB
	K649H2	0.00018	0.00060	0.00735	0.00795	0.00362	0.00068	MHB	
K650	K650H1	0.00270	0.00899	0.00735	0.01634	0.00743	0.00138	MHB	MHB
	K650H2	0.00161	0.00538	0.00735	0.01273	0.00566	0.00120	MHB	
K651	K651H1	0.00571	0.01268	0.00490	0.01758	0.01207	0.01255	BHB	BHB
	K651H2	0.00446	0.00991	0.00490	0.01481	0.01065	0.01102	BHB	
K652	K652H1	0.00674	0.02246	0.00735	0.02981	0.01401	0.00207	BHB	BHB
	K652H2	0.00774	0.02581	0.00735	0.03316	0.01633	0.00160	BHB	

Çizelge A.31 : ZTADOHY +Y yönü 7.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

7.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsalsal No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K727	K727H1	0.00456	0.01521	0.00735	0.02256	0.01098	0.00121	BHB	BHB
	K727H2	0.00348	0.01159	0.00735	0.01894	0.00871	0.00151	MHB	
K728	K728H1	0.00904	0.02008	0.00490	0.02498	0.01828	0.01799	IHB	IHB
	K728H2	0.00820	0.01823	0.00490	0.02313	0.01704	0.01760	IHB	
K729	K729H1	0.00829	0.02762	0.00735	0.03497	0.01653	0.00234	BHB	BHB
	K729H2	0.00954	0.03179	0.00735	0.03914	0.01933	0.00182	BHB	
K730	K730H1	0.00011	0.00037	0.00735	0.00772	0.00332	0.00074	MHB	MHB
	K730H2	0.00307	0.01024	0.00735	0.01759	0.00805	0.00144	MHB	
K731	K731H1	0.00495	0.01650	0.00735	0.02385	0.01111	0.00176	BHB	BHB
	K731H2	0.00286	0.00952	0.00735	0.01687	0.00770	0.00141	MHB	
K732	K732H1	0.00468	0.01561	0.00735	0.02296	0.01067	0.00171	BHB	BHB
	K732H2	0.00304	0.01013	0.00735	0.01748	0.00799	0.00144	MHB	
K733	K733H1	0.00527	0.01756	0.00735	0.02491	0.01162	0.00181	BHB	BHB
	K733H2	0.00330	0.01101	0.00735	0.01836	0.00842	0.00148	MHB	
K734	K734H1	0.00742	0.02474	0.00735	0.03209	0.01513	0.00218	BHB	BHB
	K734H2	0.00012	0.00040	0.00735	0.00775	0.00332	0.00101	MHB	
K735	K735H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00070	MHB	MHB
	K735H2	0.00246	0.00821	0.00735	0.01556	0.00705	0.00134	MHB	
K736	K736H1	0.00427	0.01425	0.00735	0.02160	0.01001	0.00164	BHB	BHB
	K736H2	0.00283	0.00945	0.00735	0.01680	0.00807	0.00100	MHB	
K737	K737H1	0.00475	0.01583	0.00735	0.02318	0.01078	0.00172	BHB	BHB
	K737H2	0.00269	0.00895	0.00735	0.01630	0.00782	0.00099	MHB	
K738	K738H1	0.00524	0.01746	0.00735	0.02481	0.01158	0.00181	BHB	BHB
	K738H2	0.00248	0.00827	0.00735	0.01562	0.00748	0.00096	MHB	
K739	K739H1	0.00666	0.02221	0.00735	0.02956	0.01389	0.00205	BHB	BHB
	K739H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K740	K740H1	0.00003	0.00009	0.00735	0.00744	0.00310	0.00092	MHB	MHB
	K740H2	0.00264	0.00878	0.00735	0.01613	0.00733	0.00137	MHB	
K741	K741H1	0.00403	0.01345	0.00735	0.02080	0.00962	0.00160	MHB	MHB
	K741H2	0.00284	0.00947	0.00735	0.01682	0.00809	0.00100	MHB	
K742	K742H1	0.00457	0.01522	0.00735	0.02257	0.01048	0.00169	BHB	BHB
	K742H2	0.00257	0.00857	0.00735	0.01592	0.00763	0.00097	MHB	
K743	K743H1	0.00505	0.01684	0.00735	0.02419	0.01127	0.00178	BHB	BHB
	K743H2	0.00240	0.00801	0.00735	0.01536	0.00735	0.00095	MHB	
K744	K744H1	0.00680	0.02267	0.00735	0.03002	0.01412	0.00208	BHB	BHB
	K744H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K745	K745H1	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00070	MHB	MHB
	K745H2	0.00215	0.00717	0.00735	0.01452	0.00654	0.00129	MHB	
K746	K746H1	0.00464	0.01547	0.00735	0.02282	0.01060	0.00171	BHB	BHB
	K746H2	0.00218	0.00726	0.00735	0.01461	0.00698	0.00092	MHB	
K747	K747H1	0.00386	0.01286	0.00735	0.02021	0.00933	0.00157	MHB	MHB
	K747H2	0.00308	0.01027	0.00735	0.01762	0.00849	0.00103	MHB	
K748	K748H1	0.00488	0.01626	0.00735	0.02361	0.01099	0.00175	BHB	BHB
	K748H2	0.00264	0.00881	0.00735	0.01616	0.00776	0.00098	MHB	
K749	K749H1	0.00611	0.02038	0.00735	0.02773	0.01300	0.00196	BHB	BHB
	K749H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00098	MHB	
K750	K750H1	0.00316	0.01054	0.00735	0.01789	0.00862	0.00104	MHB	MHB
	K750H2	0.00215	0.00716	0.00735	0.01451	0.00654	0.00129	MHB	
K751	K751H1	0.00696	0.01548	0.00490	0.02038	0.01412	0.01467	IHB	IHB
	K751H2	0.00570	0.01267	0.00490	0.01757	0.01276	0.01320	BHB	
K752	K752H1	0.00743	0.02476	0.00735	0.03211	0.01514	0.00219	BHB	BHB
	K752H2	0.00856	0.02853	0.00735	0.03588	0.01769	0.00170	BHB	

Çizelge A.32 : ZTADOHY +Y yönü 8.kat kirişleri hasar bölgelerinin elde edilmesi

8.KAT Y YÖNÜ KİRİŞLERİ									
Kiriş No	Mafsals No	θ_p radyan	ϕ_p rd/m	ϕ_y rd/m	ϕ_t rd/m	ϵ_s	ϵ_c	Hasar Sınırı 50 yılda %10	
K827	K827H1	0.00582	0.01940	0.00735	0.02675	0.01310	0.00136	BHB	BHB
	K827H2	0.00371	0.01236	0.00735	0.01971	0.00908	0.00155	MHB	
K828	K828H1	0.00853	0.01896	0.00490	0.02386	0.01792	0.01766	IHB	IHB
	K828H2	0.00857	0.01905	0.00490	0.02395	0.01743	0.01705	IHB	
K829	K829H1	0.00856	0.02855	0.00735	0.03590	0.01698	0.00238	BHB	BHB
	K829H2	0.01086	0.03619	0.00735	0.04354	0.02153	0.00200	BHB	
K830	K830H1	0.00117	0.00389	0.00735	0.01124	0.00332	0.00076	MHB	MHB
	K830H2	0.00296	0.00988	0.00735	0.01723	0.00787	0.00142	MHB	
K831	K831H1	0.00200	0.00668	0.00735	0.01403	0.00668	0.00090	MHB	MHB
	K831H2	0.00365	0.01218	0.00735	0.01953	0.00899	0.00154	MHB	
K832	K832H1	0.00494	0.01647	0.00735	0.02382	0.01109	0.00176	BHB	BHB
	K832H2	0.00285	0.00951	0.00735	0.01686	0.00769	0.00141	MHB	
K833	K833H1	0.00381	0.01268	0.00735	0.02003	0.00970	0.00112	MHB	BHB
	K833H2	0.00502	0.01672	0.00735	0.02407	0.01121	0.00177	BHB	
K834	K834H1	0.00711	0.02369	0.00735	0.03104	0.01461	0.00213	BHB	BHB
	K834H2	0.00097	0.00322	0.00735	0.01057	0.00332	0.00112	MHB	
K835	K835H1	0.00125	0.00416	0.00735	0.01151	0.00507	0.00114	MHB	MHB
	K835H2	0.00403	0.01342	0.00735	0.02077	0.00960	0.00160	MHB	
K836	K836H1	0.00144	0.00479	0.00735	0.01214	0.00573	0.00083	MHB	MHB
	K836H2	0.00325	0.01082	0.00735	0.01817	0.00876	0.00105	MHB	
K837	K837H1	0.00432	0.01441	0.00735	0.02176	0.01009	0.00165	BHB	BHB
	K837H2	0.00284	0.00947	0.00735	0.01682	0.00808	0.00100	MHB	
K838	K838H1	0.00413	0.01376	0.00735	0.02111	0.00977	0.00162	MHB	BHB
	K838H2	0.00535	0.01782	0.00735	0.02517	0.01230	0.00130	BHB	
K839	K839H1	0.00935	0.03116	0.00735	0.03851	0.01825	0.00252	BHB	BHB
	K839H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00115	MHB	
K840	K840H1	0.00139	0.00464	0.00735	0.01199	0.00530	0.00117	MHB	MHB
	K840H2	0.00416	0.01385	0.00735	0.02120	0.00982	0.00162	MHB	
K841	K841H1	0.00141	0.00470	0.00735	0.01205	0.00533	0.00117	MHB	MHB
	K841H2	0.00311	0.01037	0.00735	0.01772	0.00854	0.00104	MHB	
K842	K842H1	0.00430	0.01433	0.00735	0.02168	0.01005	0.00165	BHB	BHB
	K842H2	0.00272	0.00906	0.00735	0.01641	0.00788	0.00099	MHB	
K843	K843H1	0.00413	0.01377	0.00735	0.02112	0.00977	0.00162	MHB	BHB
	K843H2	0.00486	0.01620	0.00735	0.02355	0.01148	0.00125	BHB	
K844	K844H1	0.00931	0.03103	0.00735	0.03838	0.01819	0.00251	BHB	BHB
	K844H2	0.00000	0.00000	0.00735	0.00735	0.00332	0.00119	MHB	
K845	K845H1	0.00049	0.00163	0.00735	0.00898	0.00383	0.00101	MHB	MHB
	K845H2	0.00140	0.00465	0.00735	0.01200	0.00531	0.00117	MHB	
K846	K846H1	0.00259	0.00862	0.00735	0.01597	0.00725	0.00136	MHB	MHB
	K846H2	0.00331	0.01103	0.00735	0.01838	0.00887	0.00106	MHB	
K847	K847H1	0.00459	0.01530	0.00735	0.02265	0.01052	0.00170	BHB	BHB
	K847H2	0.00252	0.00839	0.00735	0.01574	0.00754	0.00096	MHB	
K848	K848H1	0.00377	0.01256	0.00735	0.01991	0.00918	0.00156	MHB	MHB
	K848H2	0.00354	0.01181	0.00735	0.01916	0.00926	0.00109	MHB	
K849	K849H1	0.00525	0.01750	0.00735	0.02485	0.01159	0.00181	BHB	BHB
	K849H2	0.00070	0.00233	0.00735	0.00968	0.00449	0.00074	MHB	
K850	K850H1	0.00479	0.01597	0.00735	0.02332	0.01136	0.00124	BHB	BHB
	K850H2	0.00236	0.00787	0.00735	0.01522	0.00688	0.00133	MHB	
K851	K851H1	0.00781	0.01736	0.00490	0.02226	0.01552	0.01613	IHB	IHB
	K851H2	0.00653	0.01451	0.00490	0.01941	0.01418	0.01465	IHB	
K852	K852H1	0.00768	0.02558	0.00735	0.03293	0.01554	0.00223	BHB	BHB
	K852H2	0.01031	0.03436	0.00735	0.04171	0.02062	0.00193	BHB	

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Burak SÜREL

Doğum Yeri ve Tarihi: Kocaeli ,08.10.1983

Lise: Kocaeli Anadolu Lisesi

Lisans Üniversite: Yıldız Teknik Üniversitesi