

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**32 KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ UYGULANARAK
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gökhan DOK**

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Deprem Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**32 KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ
ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ UYGULANARAK
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Gökhan DOK
501091229**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 10 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Zekai CELEP (İTÜ)
Prof. Dr. Oğuz Cem ÇELİK (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi göstermiştir ki Türkiye deprem gerçeğine sırtını çevirmiş ve onu görmezden gelmiştir. Bu acı ihmalin yüzünden resmi rakamlara göre onyediy veya onsekiz bin dolaylarında insan hayatını kaybetti, en az bir o kadar insan yaralandı ve binlerce insan evsiz kaldı. Ama resmi olmayan verilere göre bu tablo çok daha acı verici durumdadır. Bu acı tablonun sonrasında 2007 yılında yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, gerek depreme dayanıklı yapı tasarımı felsefesi, gerekse mevcut binaların deprem güvenliğini tespiti ve mevcut yapıların değerlendirmesi aşamında çok önemli bilgiler sunmuştur. Bu çalışmada yönetmeliğimizdeki mevcut yapıların değerlendirmesi kurallarına uygun olarak, mevcut çok katlı betonarme bir yapı deprem performansı açısından değerlendirilmiştir.

Tez süresince değerli bilgilerini her aşmada benimle paylaşan, sürekli olarak yol gösteren, yardımlarıyla çalışmamı hızlandıran ve daima ulaşabildiğim sevgili tez danışmanım Doç. Dr. A. Necmettin GÜNDÜZ'e, çalışmalarım esnasında kullandığım üretilmiş yapay deprem kayıtları konusunda yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Beyza TAŞKIN'a, SAP2000 ile ilgili sorularıma cevap veren Doç. Dr. Kutlu DARILMAZ'a, teşekkür ederim.

Manevi desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Oğuz Can ÖĞÜT'e ve yüksek lisans öğrenim boyunca mühendislik anlamında sürekli fikir alışverişinde bulunduğum ve fikirleriyle beni destekleyen meslektaşlarım İnş. Müh. Çağdaş TUNÇ, İnş. Müh. Yamaç ÜNERDEM, İnş. Müh. Selçuk BAŞ, İnş. Müh. İbrahim YILDIRIM ve İnş. Müh. Serkan KAYASEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yaşamım boyunca her anlamda yanımda olan, yüksek inşaat mühendisi olma yolunda benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama ve rahmetli kardeşime saygılarımı, sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2011

Gökhan Dok

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	4
2. PERFORMANS KAVRAMI VE DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007 YAKLAŞIMI	5
2.1 Giriş.....	5
2.2 Doğrusal Olmayan Analizde Performans Kavramı.....	6
2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Davranış.....	6
2.3.1 Doğrusal olmayan malzeme.....	6
2.3.2 İdeal malzemeler	7
2.4 Binalardan Bilgi Toplanması	9
2.4.1 Bina bilgi düzeyleri	9
2.4.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi	9
2.4.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi	10
2.4.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi	12
2.4.5 Bilgi düzeyi katsayıları	13
2.5 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	13
2.5.1 Kesit hasar sınırları	13
2.5.2 Kesit hasar bölgeleri.....	13
2.5.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	14
2.6 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	14
2.7 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi	17
2.7.1 Hemen kullanım performans seviyesi (HK)	17
2.7.2 Can güvenliği performans seviyesi (CG).....	18
2.7.3 Göçme öncesi performans seviyesi (GÖ)	18
2.7.4 Göçme durumu.....	19
2.8 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	19
3. DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ VE DBYBHY 2007 YAKLAŞIMI	21
3.1 Giriş.....	21
3.2 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışının İdealleştirilmesi	21
3.2.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri.....	24

3.2.2 Donatı çeliği modeli	25
3.2.3 Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri	26
3.2.3.1 Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi	26
3.3 Plastik Mafsal Hipotezi	27
3.3.1 Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı.....	30
3.4 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler.....	32
3.4.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi.....	32
3.4.1.1 Artımsal itme analizinde izlenecek yol.....	33
3.4.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi.....	34
3.4.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi ile analiz	34
3.4.3.1 Yapay deprem yer hareketleri	34
3.4.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri	35
4. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME YÜKSEK BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ VE DBYBHY 2007 YAKLAŞIMI İLE BELİRLENMESİ	37
4.1 Giriş	37
4.2 Bina Genel Bilgileri.....	37
4.3 Doğrusal Elastik Yöntemde Kullanılacak Yapısal Modelin Oluşturulması.....	42
4.3.1 Yük Tanımları ve Yük Kombinasyonları.....	43
4.4 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemde Kullanılacak Yapısal Modelin Oluşturulması.....	45
4.4.1 Yapısal elemanların malzeme modeli	49
4.4.2 Kesitlerin moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeylerinin bulunması...	50
4.4.3 Kesitlerin plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması	54
4.4.4 Zaman tanım alanında hesap yöntemi	62
4.4.5 Analizde kullanılacak deprem kayıtlarının özellikleri	63
4.4.6 Zaman tanım alanında analiz için yükleme durumlarının oluşturulması ..	68
4.5 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	72
4.5.1 Yapıya etkiyen deprem etkileri	72
4.5.2 Kirişlerin hasar durumlarının incelenmesi	76
4.5.3 Kolonların hasar durumlarının incelenmesi	78
4.5.4 Perdelerin hasar durumlarının incelenmesi	81
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	93

KISALTMALAR

DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 2007
G	: Düşey Sabit Yükler
Q	: Düşey Hareketli Yükler
E	: Deprem Yükleri
CG	: Can Güvenliği Performans Seviyesi
HK	: Hemen Kullanım Performans Seviyesi
GÖ	: Göçme Öncesi Performans Seviyesi
MN	: Kesit Minimum Hasar Sınırı
GV	: Kesit Güvenlik Sınırı
GÇ	: Kesit Göçme Sınırı
MHB	: Minimum Hasar Bölgesi
BHB	: Belirgin Hasar Bölgesi
İHB	: İleri Hasar Bölgesi
GB	: Göçme Bölgesi
ETABS	: Integrated Analysis, Design, and Drafting of Building Systems
SAP2000	: Integrated Software for Structural Analysis and Design

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Türkiye’de kabul edilen deprem yönetmelikleri[1].....	2
Çizelge 2.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	13
Çizelge 2.2 : Deprem Etkisi Parametreleri.	19
Çizelge 2.3 : Deprem düzeyleri için binalarda öngörülen performans hedefleri.....	20
Çizelge 3.1 : Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme değerleri[8].....	25
Çizelge 3.2 : Beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları.	26
Çizelge 4.1 : Kesit boyutları ve donatı miktarı.....	40
Çizelge 4.2 : Perde kesitleri için donatı alanları ve adetleri.	40
Çizelge 4.3 : Kolon ve kiriş kesitleri için donatı alanları ve adetleri.	41
Çizelge 4.4 : Doğrusal elastik hesap için oluşturulan kombinasyonlar.	44
Çizelge 4.5 : Shell eleman olarak oluşturulan perde modeline ait periyotlar.	46
Çizelge 4.6 : Çubuk eleman olarak oluşturulan perde modeline ait periyotlar.	47
Çizelge 4.7 : Kolon kesitlerine ait eksenel kuvvet değişimi.....	56
Çizelge 4.8 : Perde kesitlerine ait eksenel kuvvet değişimi.....	57
Çizelge 4.9 : Analizde kullanılan deprem kayıtlarına ait karakteristik bilgiler.	67
Çizelge 5.1 : Analizlere ait bazı özellikler.....	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 1900-2009 yılları arasında Türkiye’deki hasar yapıcı depremler[1].	2
Şekil 1.2 : Türkiye deprem bölgeleri haritası[1].	3
Şekil 2.1 : Çeşitli teorilere göre yük parametresi – yerdeğiştirme bağıntısı[3].	7
Şekil 2.2 : Örnek bir yükleme boşaltma eğrisi[4].	7
Şekil 2.3 : İdeal malzemeler[3].	8
Şekil 2.4 : Beton ve donatının $\sigma - \epsilon$ diyagramlarının idealleştirilmesi[3].	8
Şekil 2.5 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri[5].	14
Şekil 2.6 : Yapı performans düzeyleri[5].	17
Şekil 3.1 : Moment-Plastik Dönme Bağıntıları[5].	23
Şekil 3.2 : Beton malzemesinin gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları[7].	24
Şekil 3.3 : Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı[8].	25
Şekil 3.4 : Eğilme momenti – eğrilik diyagramı[3].	28
Şekil 3.5 : İdealleştirilmiş eğilme moment-eğrilik bağıntısı[3].	28
Şekil 3.6 : Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler[3].	29
Şekil 3.7 : Plastik mafsalsal boyu.	31
Şekil 3.8 : Mesnette plastik mafsalsal boyu[10].	31
Şekil 4.1 : 1. normal kat kalıp aplikasyon planı.	39
Şekil 4.2 : Doğrusal elastik hesap için oluşturulan yapısal model.	43
Şekil 4.3 : Shell eleman olarak mesh ile oluşturulan perde modeli[16].	45
Şekil 4.4 : Çubuk eleman olarak oluşturulan perde modeli[16].	46
Şekil 4.5 : Doğrusal elastik olmayan hesap için yapısal model.	48
Şekil 4.6 : C35 beton sınıfı için malzeme modeli.	49
Şekil 4.7 : S420 donatı için malzeme modeli.	50
Şekil 4.8 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitinin oluşturulması[17].	51
Şekil 4.9 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitine ait akma yüzeylerinin elde edilmesi.	52
Şekil 4.10 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitine ait moment-eğrilik bağıntısı.	52
Şekil 4.11 : 30x70 boyutlarındaki kiriş kesitinin oluşturulması.	53
Şekil 4.12 : 30x70 boyutlarındaki kiriş kesitine ait moment-eğrilik bağıntısı.	53
Şekil 4.13 : 30x70 kiriş kesiti için plastik mafsalsal tanımlanması.	55
Şekil 4.14 : 30x70 kiriş kesiti için plastik mafsalsal veri girişi.	55
Şekil 4.15 : 25x250 perde kesiti için plastik mafsalsal tanımlanması.	58
Şekil 4.16 : 25x250 perde kesitine ait mafsalsal için veri girişi.	59
Şekil 4.17 : 25x250 perde kesitine ait akma yüzeyleri için özelliklerin seçilmesi.	59
Şekil 4.18 : 25x250 perde kesitine ait akma yüzeylerinin tanımlanması.	60
Şekil 4.19 : 25x250 perde kesitine ait eksenel kuvvet değerleri için veri girişi.	60
Şekil 4.20 : 25x250 perde kesitine ait “Double Symmetry” özelliği ve açı değerleri.	61
Şekil 4.21 : 25x250 perde kesiti için akma durumundaki referans dönme değeri.	61
Şekil 4.22 : 25x250 perde kesitine ait moment-eğrilik bağıntılarının tanımlanması.	62
Şekil 4.23 : Elastik spektral ivme – periyot[20].	65
Şekil 4.24 : Ortalama elastik spektral ivme – periyot.	65

Şekil 4.25 : Deprem 1 isimli üretilmiş depremin ivme-zaman grafiği[21].	66
Şekil 4.26 : Deprem 2 isimli üretilmiş depremin ivme-zaman grafiği[21].	66
Şekil 4.27 : Düzce d-b depreminin ivme-zaman grafiği[21].	67
Şekil 4.28 : P0düşey yükünün veri girişi.	68
Şekil 4.29 : Deprem kayıtları için veri girişi.	69
Şekil 4.30 : Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.	69
Şekil 4.31 : Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için veri girişi.	71
Şekil 4.32 : Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için yüklemeler.	71
Şekil 4.33 : Deprem1 u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.	73
Şekil 4.34 : Deprem2 u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.	74
Şekil 4.35 : Düzce d-b u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.	75
Şekil 4.36 : X deprem doğrultusunda kirişlerin hasar dağılımı.	77
Şekil 4.37 : Y deprem doğrultusunda kirişlerin hasar dağılımı.	77
Şekil 4.38 : X deprem doğrultusunda kolonların kuvvetli eksen için hasar dağılımı.	79
Şekil 4.39 : X deprem doğrultusunda kolonların zayıf eksen için hasar dağılımı.	80
Şekil 4.40 : Y deprem doğrultusunda kolonların kuvvetli eksen için hasar dağılımı.	80
Şekil 4.41 : Y deprem doğrultusunda kolonların zayıf eksen için hasar dağılımı.	81
Şekil 4.42 : X deprem doğrultusunda eksenlere göre perdelerin hasar dağılımı.	83
Şekil 4.43 : Y deprem doğrultusunda eksenlere göre perdelerin hasar dağılımı.	83
Şekil 5.1 : X deprem doğrultusunda yapıdaki tüm elemanların hasar dağılımları.	89
Şekil 5.2 : Y deprem doğrultusunda yapıdaki tüm elemanların hasar dağılımları.	89

SEMBOL LİSTESİ

A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
B	: Kazık genişliği
c	: Kohezyon
f_c	: Sargılı betonda beton basınç gerilmesi
f_{cc}	: Sargılı beton dayanımı
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{co}	: Sargısız beton dayanımı
f_s	: Donatı çeliğindeki gerilme
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite eğilme rijitliği
$(EI)_o$	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
K_o	: Zemin yatak katsayısı
L_p	: Plastik mafsallık boyu
T_{1x}	: Binanın x doğrultusunda birinci periyodu
T_{1y}	: Binanın y doğrultusunda birinci periyodu
$u_{xN1}^{(i)}$	: Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$V_{x1}^{(i)}$	: X deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
ϵ_c	: Beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{cc}	: Sargılı betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme
ϵ_{co}	: Sargısız betonun taşıyacağı en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme
ϵ_{cu}	: Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sh}	: Donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmesi
ϵ_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesi

32 KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ UYGULANARAK BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında mevcut çok katlı betonarme bir yapının doğrusal elastik olmayan deprem performansını DBYBHY 2007 Bölüm 7’de belirtilen hususlar ve kabuller doğrultusunda Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ile belirlenmesi ve sonuçların DBYBHY 2007’de geçen mevcut performans seviyeleri ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Performans analizi irdelenirken yönetmelikte tanımlanan şartlar çerçevesinde performans düzeyleri çerçevesinde karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde konuya giriş, çalışmanın amacı, performans kavramı ve doğrusal olmayan yöntemlerin mevcut yapılar için kullanılması genel olarak anlatılmıştır.

İkinci ve üçüncü bölümde, genel olarak performans kavramının ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan zaman tanım alanında hesap yönteminin 2007 yılında yürürlüğe giren “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007” çerçevesinde incelenmesi, betonarme yapılar için uygulanırken dikkat edilecek hususlar ve izlenecek yol hakkında geniş kapsamlı bilgi verilmektedir.

Yöntemler ve kavramlar detaylı bir şekilde açıklanmasından sonra, dördüncü bölümde mevcut çok katlı betonarme bir yapının yapısal olarak incelenmesi, detaylı yapısal bilgilerin verilmesi, genel olarak analizin yapılması için gerekli yapısal bilgilerin programa girilmesi ve yapısal modelin oluşturulması ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Ayrıca analiz sonucunda taşıyıcı sistemi oluşturan elamanların hedef performans seviyelerini sağlayıp sağlayamadıkları kontrol edilmiştir.

Son bölümde ise yapısal analiz sonuçlarının doğrusal olmayan yöntem için sonuçlar ve öneriler ayrıntılı şekilde açıklanmıştır.

DETERMINATION OF THE PERFORMANCE ANALYSIS OF AN EXISTING REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF 32 STORIES USING TIME HISTORY ANALYSIS

SUMMARY

In this thesis, the nonlinear performance of an existing multi-storey reinforced concrete structure in accordance with Turkish Earthquake Resistant Design Code (TERDC) 2007 Chapter 7, by assuming with Time History Method to determine the current performance levels and to compare the results Turkish Earthquake Resistant Design Code (TERDC). Performance analysis under the conditions described in this regulation were questioned within the framework of the performance levels are compared.

In the first part of this study introduction, purpose of study, the concept of performance for existing structures and the use of nonlinear methods in general are discussed.

In the second and the third section, the overall performance of the concept and methods of nonlinear time history analysis method, which came into force in 2007, Turkish Earthquake Resistant Design Code (TERDC) under investigation, to be considered when applying for reinforced concrete structures, and comprehensive information on the course are given.

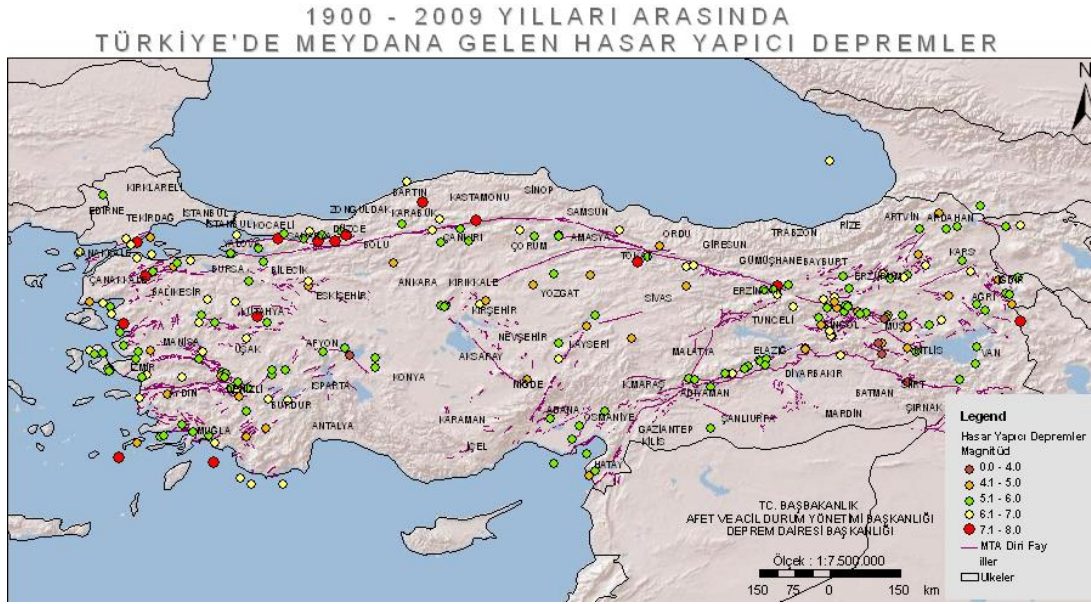
Methods and concepts in detail after the announcement, in the fourth section, an existing multi-storey reinforced concrete building with structural review, give detailed structural information, which is generally necessary to perform the analysis structural model. In addition, the structural system elements have been checked whether provide the target performance levels as a result of the analysis.

In the last section the results of structural analysis results and recommendations for nonlinear method described in detail.

1. GİRİŞ

Yeryüzünde deprem dahil birçok doğal afet durumu oluşması insanları maddi, manevi ve psikolojik yönden çok fazla etkilmektedir. Deprem ise bu felaketlerin içinde kitlesel olarak insanoğlunu en fazla etkileyen felaketlerin başında gelmekte ve belirli zaman aralıkları ile tarih boyunca gerçekleşmektedir. İnsanoğlu tarih boyunca doğal afetleri önceden bilmek için çaba sarfetmesine rağmen, hali hazırda bugün gelinen noktada bilim bu konuda insanoğlu için yeterli miktarda tatmin edici cevap bulamamaktadır. Depremlerin oluşması ve tekerrür periyodu bakımından elde edilen bilgiler sahip olduklarımız arasında en net bilgilerdir. Depremlerin bilinen bir diğer özelliği de, günümüzde önceden haber verme olanağının olmamasıdır. Bütün bu teknolojiler olsa dahi inşaat mühendisliğinin en temel görevi depreme dayanıklı, ekonomik mühendislik çözümleri sunmaktır. Yapılarda meydana gelen hasarlar hem ülke ekonomisinde bir kayıptır hemde sonuçları itibariyle bu hasarlar büyük can kayıplarına yol açmaktadır. Ülkemizde de meydana gelen depremler büyük maddi ve manevi kayıplar yaratmıştır. Özellikle de 1999 yılındaki iki büyük deprem olan Kocaeli ve Düzce depremleri bunun en çarpıcı örnekleridir. Bu yüzden ülkelerdeki gelişmişlik düzeyleri hakkında fikir sahibi olabilmek için, bu ülkelerin doğal afetlerden etkilenip etkilenmediklerine ve bu durumdan nasıl kurtulduklarına bakmak gerekir.

Deprem etkisinin bir başka önemli özelliği de, şiddet ve aletsel büyüklük olarak iki farklı bakımdan incelenmesidir. Çünkü aletsel büyüklük (manyitüd) dediğimiz kavram objektif bir kavramdır ve bir deprem için bölgelere yada ülkelere göre değişkenlik göstermez. Ancak şiddet dediğimiz kavram ülkelerin gelişmişlik düzeyi, bölgenin geoteknik yapısı ve depremin etkilediği coğrafyanın sosyo-ekonomik durumuyla doğrudan ilişkilidir ve subjektif bir kavramdır. Aşağıdaki şekilde (Şekil1.1'de) Türkiye'deki hasar yapıcı depremler gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : 1900-2009 yılları arasında Türkiye’deki hasar yapıcı depremler[1].

Depremlerin şiddeti aynı zamanda yapıların özelliklerine bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir. Bilinen yaklaşımlarla, taşıyıcı sistem elemanlarının dayanımlarını arttırmak yada taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliğini bölgenin ve yapının oturacağı zemine göre teşkil etmek alınabilecek önlemler arasında en önde gelmektedir.

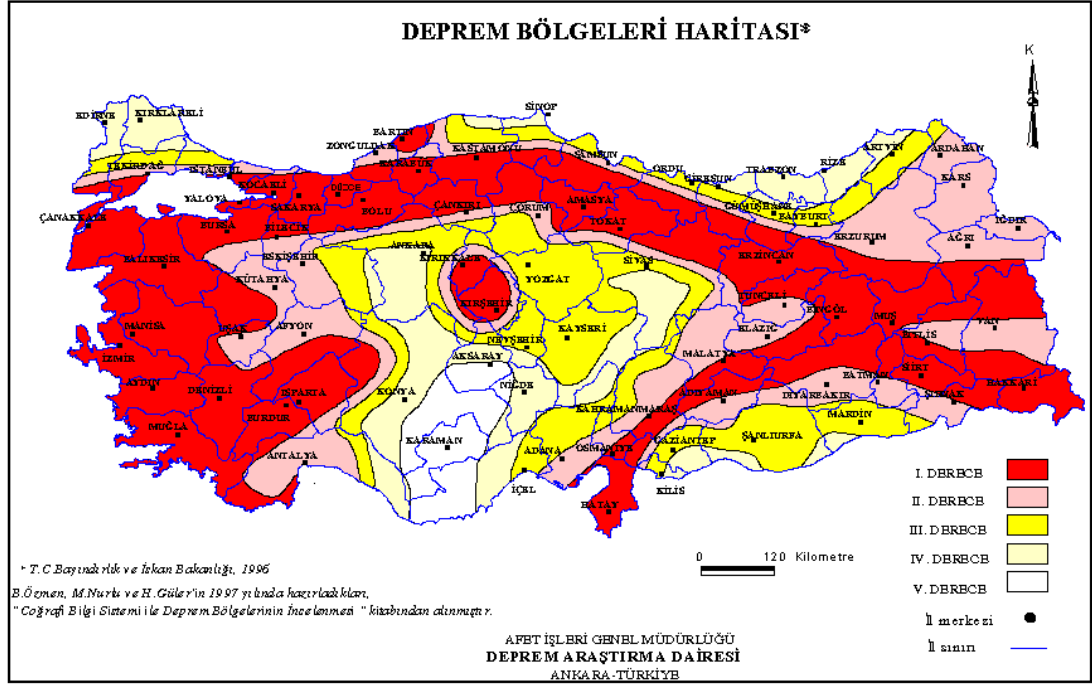
Ülkemizde deprem yönetmeliklerin geçmişine baktığımızda ise aşağıdaki (Çizelge 1.1’deki) gibi bir durum gözlenmektedir.

Çizelge 1.1 : Türkiye’de kabul edilen deprem yönetmelikleri[1].

Yıl	Yönetmelik Adı
1940	İtalyan Yapı Talimatnamesi
1944	Zelzele Mıntıkaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi
1949	Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği
1953	Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1962	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1968	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1975	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
1997	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
2007	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

Ülkemizde yaşanan depremler sonucu binalarda oluşan hasarları en aza indirmek amacıyla deprem yönetmeliği de zamanla bazı değişiklik ve düzenlemelere tabi tutulmuştur. Bu amaçla 6 Mart 2007’de ülkemizde Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) yürürlüğe girmiştir.

Deprem yönetmeliğinde belirtilen bu kavramların yapı mühendisliğinde ve bu bilimin gelişmesinde ileriki yıllarda geççe daha yakın yaklaşımlar ortaya çıkaracağı kuşkusuzdur. Türkiye’de deprem yönetmeliğinin ve deprem mühendisliğinin gelişmesine bağlı olarak Türkiye deprem bölgeleri haritası da periyodik olarak güncellenmektedir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 1.2’de) Türkiye deprem bölgeleri haritasının en güncel hali gösterilmektedir.



Şekil 1.2 : Türkiye deprem bölgeleri haritası[1].

DBYBHY 2007 ile karşımıza çıkan performans kriteri ve Bölüm 7’de irdelenen mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi yapı mühendisliğinde yeni bir sayfa açmıştır. Bu kavramların tanımlanması ile birlikte hafif şiddetteki depremlerde yapısal elemanlarda hiçbir hasar meydana gelmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal elemanlarda onarılabilir ve sınırlı hasarların oluşması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması koşulu ile kalıcı hasarların oluşmasına izin veren bir tasarım yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç ve mevcut binaların performans değerlendirilmesi için iki ana yöntem tanımlanmıştır. Bunlar DBYBHY 2007 Bölüm 7’de adı geçen “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi” olmak üzere iki ana başlıkta açıklanmış ve hesap yöntemleri anlatılırken hangi farklı analiz türleri kullanılabileceği ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Doğrusal elastik yöntemler kuvvete bağlı yöntemler olup mevcut analiz sonuçları doğrultusunda oluşan iç kuvvetlere bağlı olarak kesitlerin bu kuvvetleri karşılayıp karşılayamadığı karşılaştırılır ve taşıyıcı sistem elemanlarda oluşacak şekildeğiştirme düzeyleri için kapsamlı bilgi vermemektedir. Bu yöntem türü yaklaşık sonuçlar verebilmesine rağmen taşıyıcı sistem elemanlarındaki hasar tipleri hakkında net bilgiler veremediğinden yapının gerçek deprem davranışını ortaya koyamamaktadır. Bu bağlamda doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin kullanılması daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ise deplasmana bağlı sonuçlar elde edilmesi bakımından yapıların gerçek deprem davranışını ortaya koymaktadır. Bu yöntem, taşıyıcı sisteme ait elemanların deprem anında ne kadar elastik ötesi şekildeğiştirme yapabileceğini ve sistemin bütünü düşünüldüğünde, taşıyıcı sistemin ne kadar yerdeğiştirme yapabileceğini ortaya koyması ve bu sonuçların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasiteleri ile kıyaslanması sonucunda deprem performansı için daha somut veriler sunmaktadır. Doğrusal elastik olmayan yöntemlerde genel olarak amaç, uygulanan deprem etkileri altında oluşabilecek en büyük plastik şekildeğiştirme taleplerinin (istemlerinin) elde edilmesi ve istemlerinin DBYBHY 2007’de tanımlanan performans düzeylerine ait şekildeğiştirme sınırları ile karşılaştırılması ve yapısal performansın yönetmelik doğrultusunda değerlendirilmesidir.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışması kapsamında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerden Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılarak mevcut çok katlı betonarme bir yapının deprem performans seviyesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Performans seviyesi tespit edilirken DBYBHY 2007’deki performans seviyeleri doğrultusunda çalışma yapılacaktır.

2. PERFORMANS KAVRAMI VE DEPREM BÖLGELERİNDE YAPILACAK BİNALAR HAKKINDA YÖNETMELİK 2007 YAKLAŞIMI

2.1 Giriş

Günümüz şartlarında depremle ilgili çoğu bilinmez durum bulunmakta ve insanoğlu depremin önceden bilinmesi ile ilgili teknoloji hali hazırda yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden depreme dayanıklı yapı tasarımı inşaat mühendisliğinde çok önemli bir hal almıştır. Bu tasarımlar için oluşturulan şartnamelerin bugünkü halleri çeşitli deprem olasılıkları altında yapılarda can ve mal güvenliğinin sağlanması ve yapının göçmeden sahip olduğu taşıma gücü kapasitesini geliştirerek farklı yapısal analiz yöntemlerinin ve performansa dayalı tasarımın gelişmesini sağlamıştır.

Yapı tasarımı için hali hazırda kullanılan doğrusal analiz yöntemi basitleştirmeler ve kabuller yaparak kullanıldığından deprem anında yapının gerçek davranışı olan doğrusal olmayan (elastik ötesi) davranışı tam anlamıyla çözümleyememektedir. Bu şartlar altında yapı tasarımında elastik ötesi davranış için performansa dayalı tasarım, kapasite tasarımı, plastik mafsallı kabulü gibi kavramlar günümüzde çok önem kazanmıştır.

Performans kavramı temelinde yapısal elemanların elastik ötesi davranış gösterirken göçmeden sahip oldukları taşıma gücü kapasitesini belirlemeye dayanır. Bu kapasitenin belirlenmesinde ele alınacak kriterler ise elastik ötesi davranıştaki şekil değiştirmeler, yer değiştirmeler ve iç kuvvetlerdir. Aynı zamanda performansa dayalı tasarım yapının deprem güvenliğini, yapının göçme şeklini (sünek veya gevrek), taşıyıcı sistem elemanlarındaki olası hasar durumlarını, plastik şekil değiştirme yeteneğini belirlemeyi ve iç kuvvetlerin kesitlerdeki dağılımını gözlemlemeyi amaçlar.

2.2 Doğrusal Olmayan Analizde Performans Kavramı

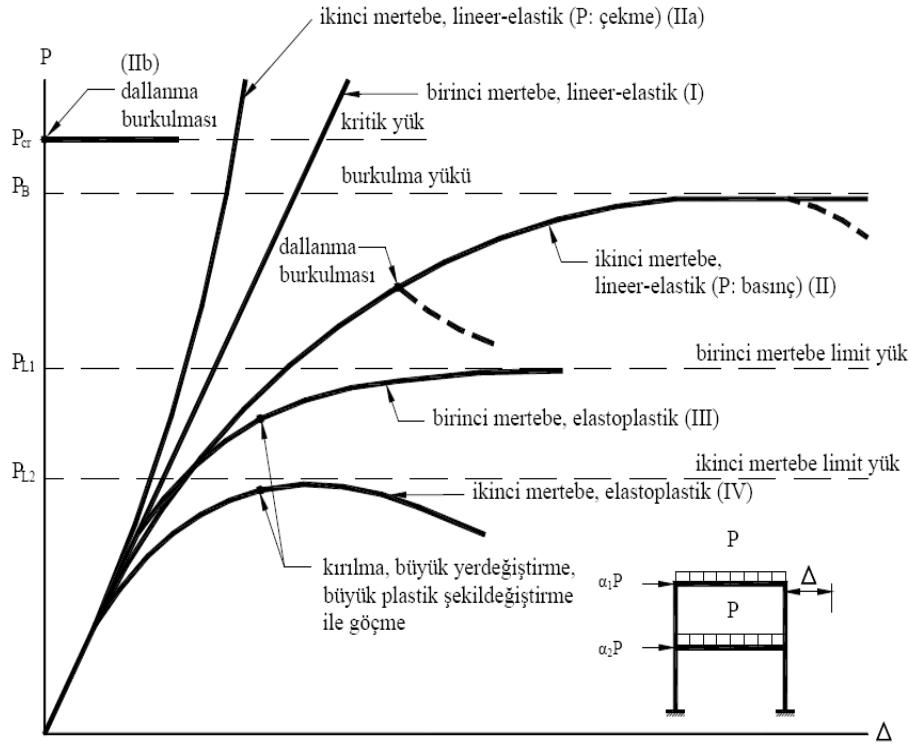
Doğrusal olmayan analiz, yapının deprem etkileri altındaki yer değiştirmeleri ve taşıyıcı sistem elemanlarındaki şekil değiştirmelerinin incelenmesini sağlamaktadır. Doğrusal olmayan analiz yapabilmek için, öncelikli olarak taşıyıcı sistem elemanlarının dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin hesaplanması ve deprem yüklerinden oluşan etkilerin karşılaştırılması ile yapılır. Yapılarda yüklemelerden oluşan kesit tesirleri ve deprem etkileri talep (istem) olarak adlandırılır. İşte bu noktada performans kavramı devreye girer, performans yapılarda oluşan talep (istem) ve kapasitenin karşılaştırılması ve sonuçlarının değerlendirilip önceden belirlenen hasar sınırlarına göre yorumlanması olarak karşımıza çıkar[2].

2.3 Malzeme Bakımından Doğrusal Olmayan Davranış

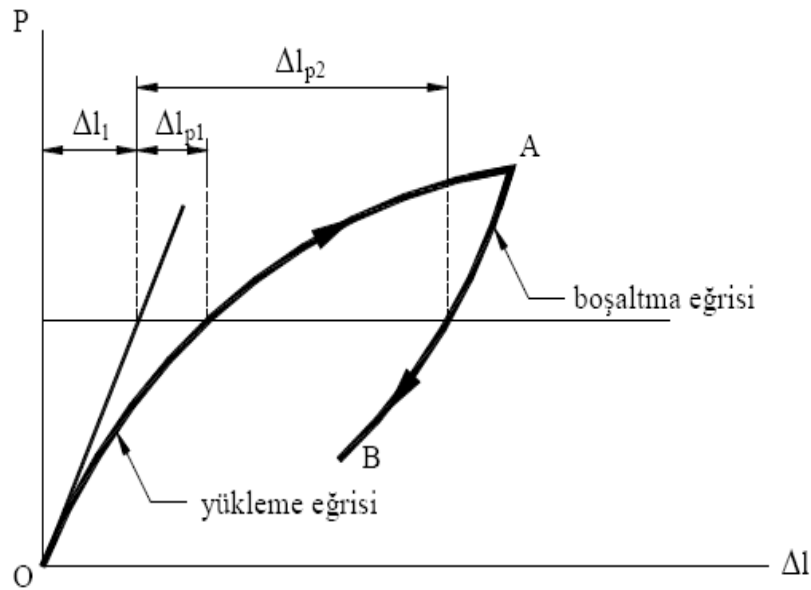
2.3.1 Doğrusal olmayan malzeme

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. Buna karşılık, kopma sırasındaki toplam şekil değiştirmelerin doğrusal şekil değiştirmelere oranının büyük olduğu sünek malzemeden yapılmış sistemlerde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsallarda (veya genel anlamda plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığı, bunun dışındaki bölgelerde ise sistemin doğrusal-elastik davrandığı varsayılabilir. Aşağıdaki Şekil 2.1’de doğrusal olma ve olmama durumlarına göre yük parametresi-şekildeğiştirme bağıntıları, Şekil 2.2’de ise örnek bir yükleme boşaltma eğrisi verilmiştir.

Şekil 2.2’de örnek teşkil edilen yükleme boşaltma eğrisinde Δl_1 lineer şekildeğiştirmeleri, Δl_{p1} ve Δl_{p2} lineer olmayan şekildeğiştirmeleri ve P ise yük parametresini temsil etmektedir[4].



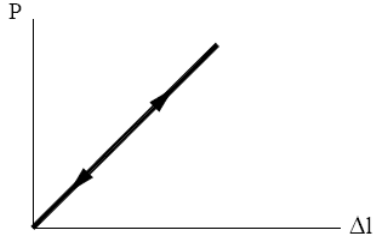
Şekil 2.1 : Çeşitli teorilere göre yük parametresi – yerdeğiştirme bağıntısı[3].



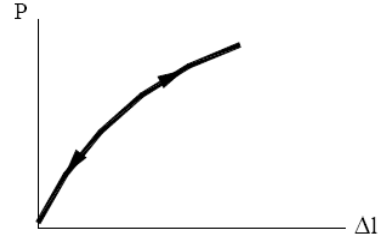
Şekil 2.2 : Örnek bir yükleme boşaltma eğrisi[4].

2.3.2 İdeal malzemeler

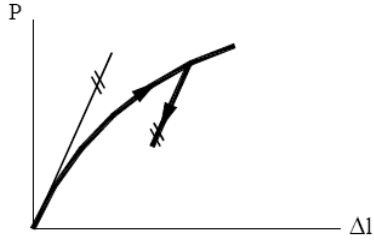
Aşağıdaki Şekil 2.3 ve Şekil 2.4'te ideal malzemeler ve onlara ait gerilme-şekil değiştirme durumları gösterilmiştir.



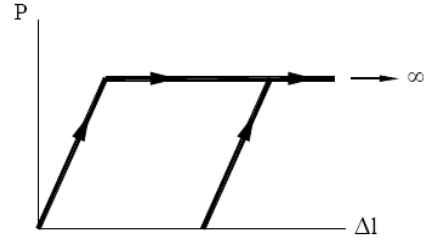
(a) Doğrusal- elastik malzeme



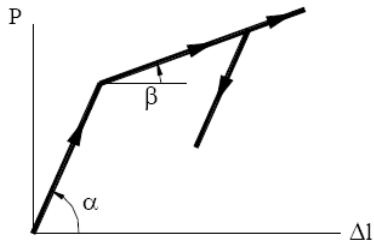
(b) Doğrusal olmayan elastik malzeme



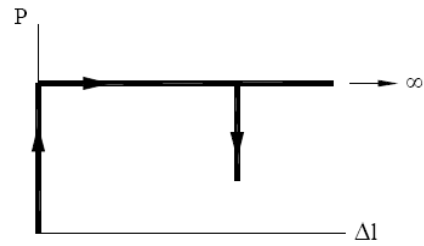
(c) Elastoplastik malzeme



(d) İdeal elastoplastik malzeme

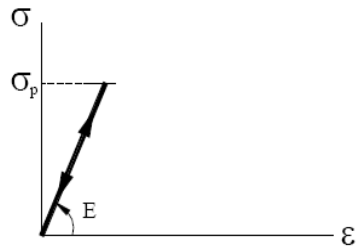


(e) Pekleşen ideal elastoplastik malzeme

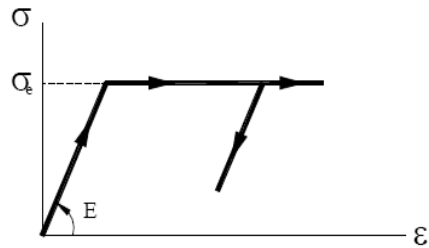


(f) Rijit plastik malzeme

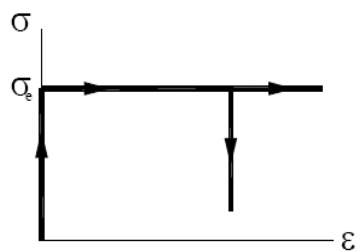
Şekil 2.3 : İdeal malzemeler[3].



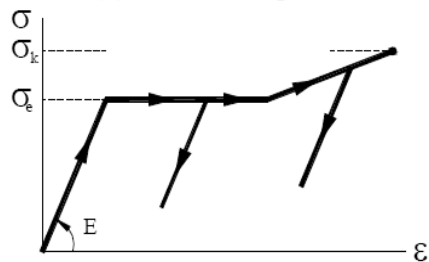
(a) Doğrusal- elastik malzeme



(b) İdeal elastoplastik malzeme



(c) Rijit plastik malzeme



(d) Pekleşen ideal elastoplastik malzeme

Şekil 2.4 : Beton ve donatının $\sigma - \epsilon$ diyagramlarının idealleştirilmesi[3].

2.4 Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesinde ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin saptanması, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür[5].

2.4.1 Bina bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır.

*Sınırlı Bilgi Düzeyi'*nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

*Orta Bilgi Düzeyi'*nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

*Kapsamlı Bilgi Düzeyi'*nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır[5].

2.4.2 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır.

Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'debelirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır[5].

2.4.3 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır.

Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütlesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolon larve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerindeki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyi malzeme özelliklerinde belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir.

Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır[5].

2.4.4 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılacak ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyi eleman detaylarında belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır.

Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacaktır, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır[5].

2.4.5 Bilgi düzeyi katsayıları

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları kullanılmaktadır[5]. Çizelge 2.1’de binalar için binalar için yönetmelikte belirlenen bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

2.5 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

2.5.1 Kesit hasar sınırları

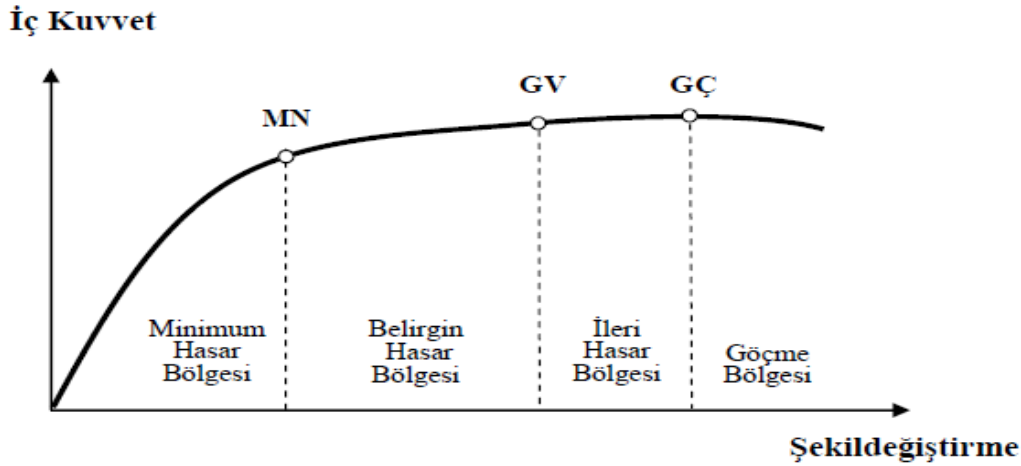
Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)’dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastic ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastic ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır[5].

2.5.2 Kesit hasar bölgeleri

Şekil 2.1’de gösterildiği gibi, kritik kesitleri 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 yer alırlar[5].

2.5.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

İç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir. Aşağıdaki Şekil 2.4'te betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri gösterilmiştir[5].



Şekil 2.5 : Betonarme elemanlardaki kesit hasar bölgeleri[5].

2.6 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir[5].

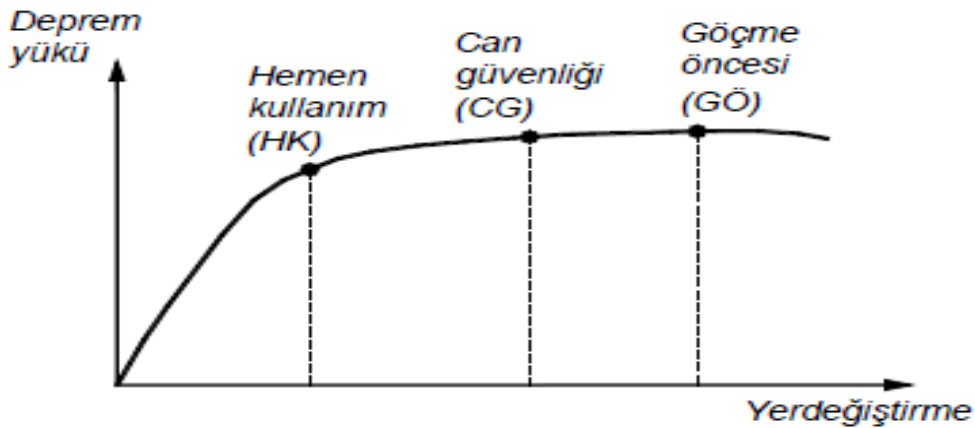
- Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY'07 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY'07 7.8'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem hesabında DBYBHY'07 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır.
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

- Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve depremetkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, DBYBHY'07 7.4.7'ye göre deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.
- Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY'07 Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.
- Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY'07 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.
- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre DBYBHY'07 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
- DBYBHY'07 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.
- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:
 - (a) Analizde beton ve donatı çeliğinin 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
 - (b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
 - (c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:
 - (a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - (b) Kolon ve perdelerde,
 - $ND / (Ac f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 - $ND / (Ac f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$
- Eksenel basınç kuvveti ND 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. ND , 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 belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.
- 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 eksikliği oranında azaltılabilir.
- Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.
- DBYBHY'07Bölüm 2'de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

2.7 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı performans seviyesi esas alınarak tanımlanmıştır. Analiz yöntemlerinin uygulanması ve hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Performans düzeyleri eğrisi, kesit davranışı için verilen eğriye benzemekte olup deprem yükü ve yer değişime ilişkisini gösteren eğri sınır performans noktalarını gösterir. Bu eğri üzerinde elastik ötesi davranışın başlangıcı sınırlı hasara karşı geldiği için, Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) olarak isimlendirilir. Dış statik deprem yükünün yapıda boşalmaya başladığı Göçme Öncesi Performans Seviyesi (GÖ), ve yapıda elastik ötesi şekil değiştirmelerle yatay yük kapasitesini güvenli olarak sağlayabildiği performans noktası Can Güvenliği Performans Seviyesi (CG) olarak tanımlanır[5]. Şekil 2.6’da performans seviyeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Yapı performans düzeyleri[5].

2.7.1 Hemen kullanım performans seviyesi (HK)

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir[5].

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.2'e göre Hemen Kullanım Performans Seviyesinde binada küçük elasto-plastik şekil değiştirmelere, yani yapıda çok sınırlı yapısal hasarın oluşmasına izin verilmektedir.

2.7.2 Can güvenliği performans seviyesi (CG)

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.3'e göre eğer varsa, gevrek hasar olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir :

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.
- b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.
- c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

2.7.3 Göçme öncesi performans seviyesi (GÖ)

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'e göre, Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir :

- a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.
- b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir.

Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

DBYBHY 2007 Bölüm 7.7.4'de tanımlanan Göçme Öncesi Performans Seviyesi'ne göre yapısal elemanlarda yerel göçmeler görülmektedir. Gevrek elemanların taşıma güçlerine eriştikten sonra doğrudan göçme duruma geldiği kabul edilmektedir. Yapı bütünlüğünü korumaktadır, fakat can güvenliği bakımından yapı kullanılmamaktadır.

2.7.4 Göçme durumu

Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır[5].

2.8 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Mevcut binaların deprem güvenlik ve performanslarının değerlendirilmesinde göz önüne alınmak üzere üç farklı deprem etkisi tanımlanmıştır. Çizelge 2.2'de deprem etkilerine ait parametreler verilmiştir[6].

Çizelge 2.2 : Deprem Etkisi Parametreleri.

Deprem Türü	Deprem Etkisi Katsayısı	50 yılda Aşılma Olasılığı	Ortalama Dönüş Periyodu
Kullanım Depremi	0,50	%50	72 yıl
Tasarım Depremi	1,00	%10	474 yıl
En Büyük Deprem	1,50	%2	2475 yıl

Kullanım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu yaklaşık 72 yıl olan bu depremin, binanın ömrü boyunca en az bir kere ortaya çıkması kuvvetle olasıdır. Maksimum deprem etkisi, tasarım depreminin yarısı (0.2g) olarak kabul edilir.

Tasarım Depremi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Ortalama dönüş periyodu 475 yıl olan bu deprem bina önem katsayısı 1 olan yeni konut binaları için göz önüne alınan deprem etkisine karşı gelmektedir. Maksimum deprem ivmesi (0.4g) olarak kabul edilir.

En Büyük Deprem: 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir. 2475 yıllık dönüş periyodu ile oluşabilecek en büyük deprem olarak kabul edilir. Maksimum depremin etkisi tasarım depreminin 1.5 katı (0.6g) olarak kabul edilir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 2.3’de verilmiştir[5].

Çizelge 2.3 : Deprem düzeyleri için binalarda öngörülen performans hedefleri.

Bina Kullanım Amacı ve Türü	Deprem Aşılma Olasılığı		
	50 yılda %50	50yılda %10	50 yılda %2
Deprem Sonrası Hemen 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, bina türü endüstri yapıları, vb.)	—	CG	—

3. DEPREMDE BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ VE DBYBHY 2007 YAKLAŞIMI

3.1 Giriş

Deprem etkisi altında 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 tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılması durumunda yapıların göçme durumlarında yada bu duruma kadar olan elasto-plastik davranışının tespiti kolaylaşır ve yapıların göçme mekanizmasını gösterecek gerçeğe uygun sonuçlar elde edilir. DBYBHY 2007 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, DBYBHY 2007'de doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir. Bu çalışmada, DBYBHY 2007'deki performans kavramlarına ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerine uygun olarak Mevcut betonarme bir yapının zaman-tanım alanında hesap yöntemiyle doğrusal elastik olmayan deprem performansının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

3.2 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışının İdealleştirilmesi

Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, DBYBHY 2007 Bölüm 7.6.4'e göre yapısal elemanlar için bazı kabullerin yapılması gereklidir.

- 1) Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir.

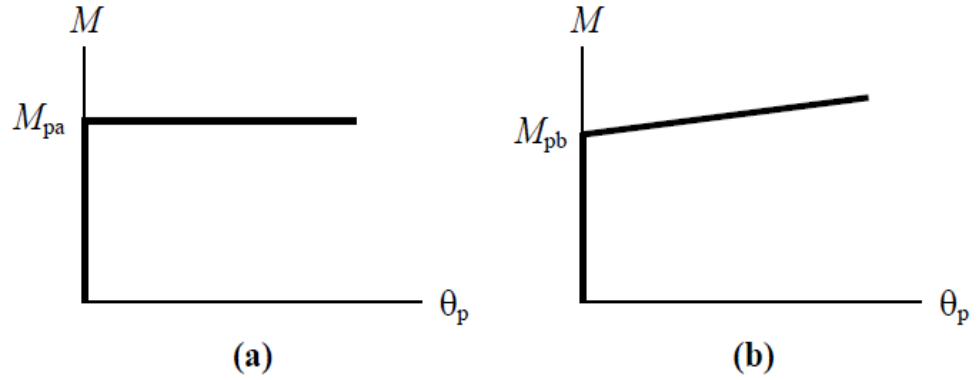
Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeni ile aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır.

Basit eğilme durumunda plastik mafsallık hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesi'nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır ($L_p = 0,5 h$). $H_w / l_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirmeler gözönüne alınmayacaktır.

- 2) Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır. Plastik mafsallar, kolon ve kirişlerin uçlarına, perdelerde ise her katta kat tabanına yerleştirilir.
- 3) Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak ilk maddede tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:
 - 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.

4) İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınacaktır :

- a) Plastik kesitlerin iç kuvvet-şekil değıştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağılı olarak plastik momentinin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir. Pekleşme etkisinin terk edildiğı durum Şekil 3.1(a)'da gösterilmiştir. 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 alınacaktır.
- b) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda Şekil 3.1(b)'de, 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 tanımlanacaktır.



Şekil 3.1 : Moment-Plastik Dönme Bağıntıları[5].

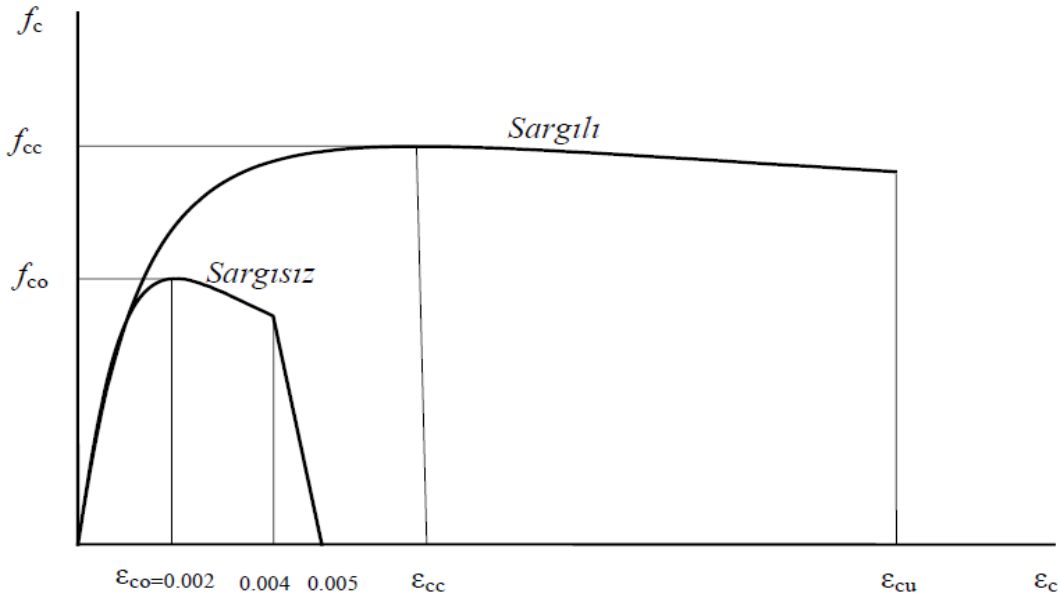
5) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak DBYBHY 2007 7.4.11'de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır.

Akma yüzeyleri, DBYBHY 2007 7.4.11(c)'ye göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.

- Analizde beton ve donatı çeliğinin DBYBHY 2007 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
- Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirme 0.003, donatı çeliğinin Amaksimum birim şekildeğiştirme ise 0.01 alınabilir.
- Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

3.2.1 Sargılı ve sargısız beton modelleri

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre sargılı ve sargısız beton modelleri için şekil değiştirme ve gerilme değerleri Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 : Beton malzemesinin gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları[7].

Şekil 3.2'de verilen sargılı ve sargısız beton malzemesinin gerilme-şekil değiştirme grafiğine göre, ϵ_{co} , ϵ_{cc} , ϵ_{cu} , f_{co} , f_{cc} , sırasıyla sargısız betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betonun taşıyabileceği en büyük basınç gerilmesi anındaki şekil değiştirme, sargılı betondaki en büyük basınç birim şekil değiştirme, sargısız betonun basınç dayanımı, sargılı betonun basınç dayanımı tanımlarına karşılık gelmektedir.

Sargılı betonarme bir kesitte beton malzemesinin aktığı andan itibaren göçme durumuna geldiği ana kadar yapabildiği şekil değiştirme değerleri, sargısız beton modeli şekil değiştirme değerlerine göre daha büyüktür.

3.2.2 Donatı çeliği modeli

DBYBHY 2007 Ek 7.B'e göre donatı çeliği için şekil değiştirme ve gerilme değerleri Şekil 3.3'de ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3 : Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme bağıntısı[8].

Şekil 3.3'de verilen grafiğe göre DBYBHY 2007 gerilme-şekil değiştirme ilişkisini, elastik bölge, plastik plato bölgesi ve pekleşme bölgesi olmak üzere üç parçaya bölmüştür. Burada ϵ_{sy} donatı çeliğinin akma birim şekil değiştirmesini, ϵ_{sh} donatı çeliğinin pekleşmeye başladığı andaki birim şekil değiştirmeni, ϵ_{su} donatı çeliğinin kopma birim şekil değiştirmesini, f_{sy} donatı çeliğinin akma dayanımını, f_{su} donatı çeliğinin kopma gerilmesini ifade etmektedir. Donatı çeliği modeli için gerilme ve şekil değiştirme değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Donatı çeliği için gerilme şekil değiştirme değerleri[8].

Kalite	f_{sy} (Mpa)	ϵ_{sy}	ϵ_{sh}	ϵ_{su}	f_{su} (Mpa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

3.2.3 Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri

Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları Çizelge 3.2’de verilmiştir.[5]

Çizelge 3.2 : Beton ve donatı çeliği birim şekildeğiştirme üst sınırları.

Kesit Hasar Sınırı	Sargısız Beton		Sargılı Beton	
	Beton birim şekil değiştirmesi	Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi	Beton birim şekil değiştirmesi	Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
MN	0.0035	0.010	0.0035	0.010
GV	0.0035	0.004	0.0135	0.004
GÇ	0.004	0.060	0.018	0.060

3.2.3.1 Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

DBYBHY 2007 7.6.5 veya 7.6.6’ya göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında 7.6.7’ye göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı denklem (3.1) ile hesaplanacaktır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.1)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriligi, denklem (3.2) ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi elde edilecektir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.2)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, denklem (3.2) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Sargılı veya sargısız beton ve donatı çeliğ i modelleri için, başkaca bir seçim yapılmadığ ı durumlarda, DBYBHY 2007 Bilgilendirme Eki 7B'den yararlanılabilir.

3.3 Plastik Mafsal Hipotezi

Malzeme bakımından doğrusal olmayan yapı sistemlerinde, doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin plastik mafsal (plastik kesit) adı verilen belirli kesitlerde toplandığ ı varsayımı altında, yük parametresi – yerdeğiştirme bağıntısının elde edilmesi, limit yükün ve göçme yükünün hesabı amacıyla geliştirilen yöntemler hakkında bilgi verilecektir.

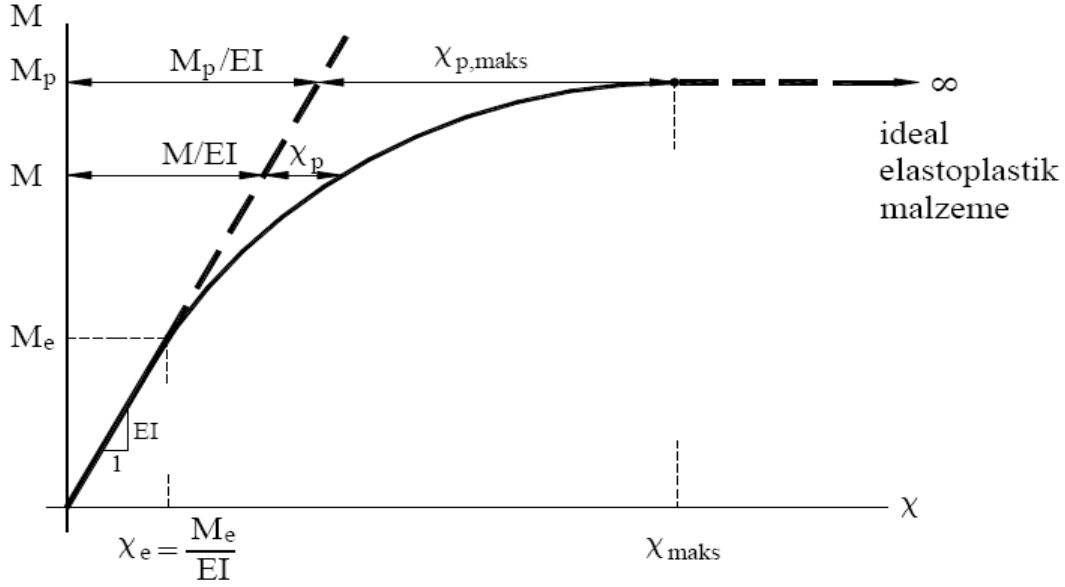
Yeterli düzeyde sünek davranış gösteren yapı sistemlerinde (çelik yapılarda ve bazı koşullar altında betonarme yapılarda) plastik mafsal hipotezi yapılarak sistem hesapları önemli ölçüde kısaltılabilmektedir. Toplam şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranı olarak tanımlanan süneklik oranının büyük olduğ u ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmelerin küçük bir bölgeye yayıldığ ı sistemlerde, doğrusal olmayan eğilme şekildeğiştirmelerinin plastik mafsal adı verilen belirli kesitlerde toplandığ ı, bunun dışındaki bölgelerde sistemin doğrusal-elastik davrandığ ı varsayılabilir. Bu hipoteze plastik mafsal hipotezi adı verilir.

Gerçek eğilme momenti – eğrilik bağıntısı Şekil 3.4'de verilen bir düzlem çubuk elemanın belirli bir bölgesine ait eğilme momenti diyagramı, toplam eğilme şekildeğiştirmeleri ve doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler Şekil 3.5'te görölmektedir[3].

Plastik mafsal hipotezinde, çubuk elemanı üzerinde l_p uzunluğ undaki bir bölgeye yayılan doğrusal olmayan (plastik) şekildeğiştirmelerin denklem 3.3'te olduğ u

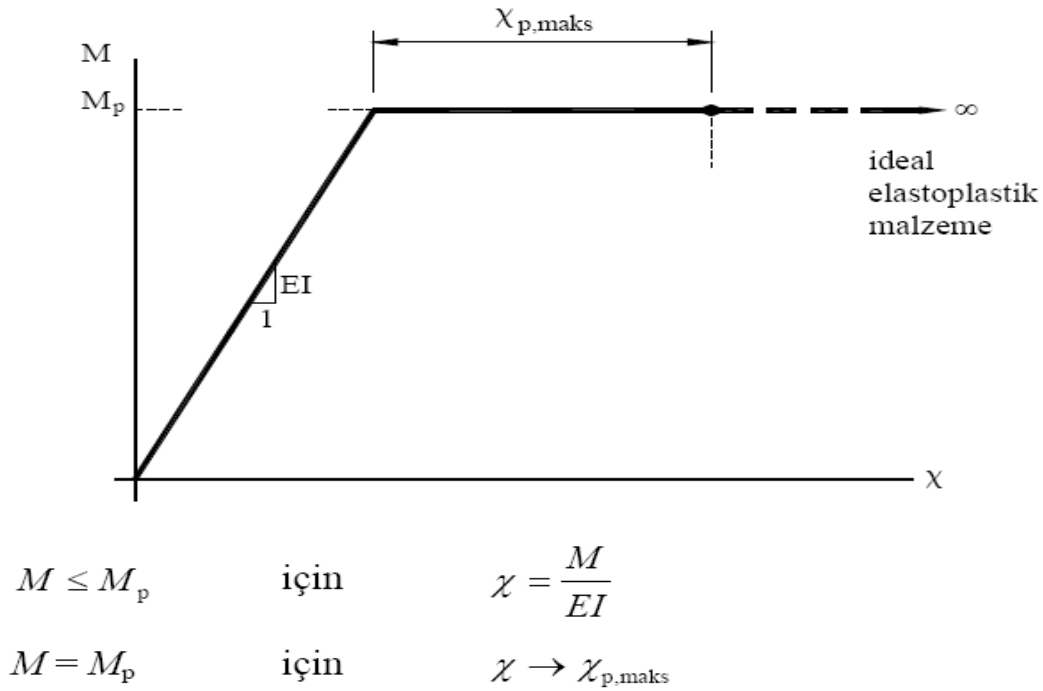
$$\theta_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (3.3)$$

şeklinde, plastik mafsal olarak tanımlanan bir noktada toplandığı varsayılmaktadır. Burada, θ_p plastik mafsalın dönmesi olarak tanımlanır ve Şekil 3.4'teki gibi gösterilebilir[3].

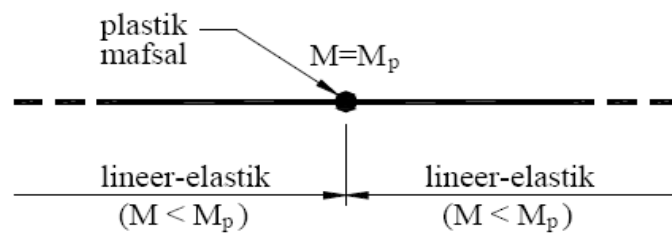
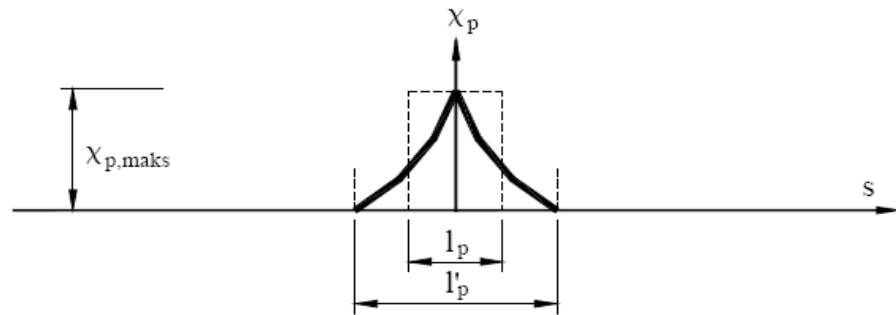
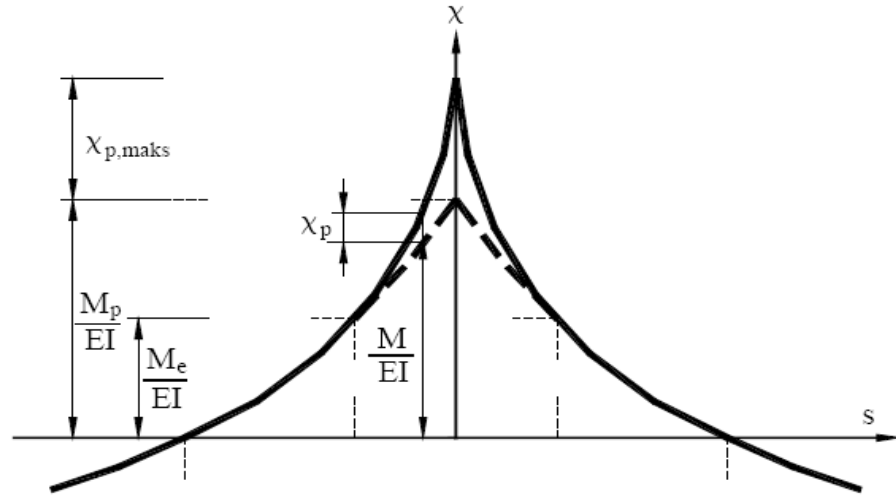
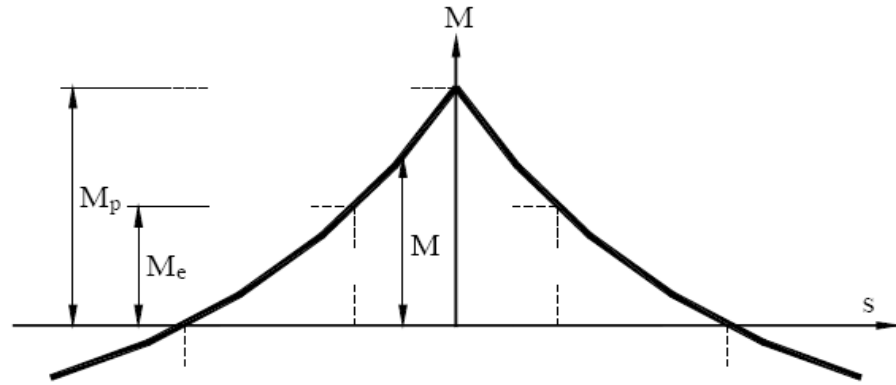


Şekil 3.4 : Eğilme momenti – eğrilik diyagramı[3].

Plastik mafsal hipotezinin uygulanması, gerçek eğilme momenti – eğrilik bağıntısının aşağıdaki şekilde (Şekil 3.5'te) iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesine karşı gelmektedir[3].



Şekil 3.5 : İdealleştirilmiş eğilme moment-eğrilik bağıntısı[3].



Şekil 3.6 : Doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler[3].

Artan dış yükler altında plastik mafsallın dönmesi artarak dönme kapasitesi adı verilen bir sınır değere eşit olunca, oluşan büyük plastik şekildeğiş-tirmeler nedeniyle kesit kullanılmaz hale gelebilir. Yapı sisteminin bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsall dönme kapasitesine ulaşması ise, yapının tümünün kullanılmaz hale gelmesine (işletme dışı olmasına), diğer bir deyişle göçmesine neden olmaktadır[3].

Eleman kesitlerinde artan eğilme momenti etkisiyle donatı plastik uzaman yaparken, beton da doğrusal olmayan $\sigma_c - \epsilon_c$ değişimi çok daha belirgin duruma gelir. Genellikle donatının uzaman kapasitesi daha büyük olduğu için, güç tükenmesi betonun en büyük kısalması kapasitesine erişmesiyle ortaya çıkar ve kesit taşıma gücüne erişir [9].

Dönme kapasitesi denklem 3.4'te olduğu

$$\text{maks}\theta_p = \int_{l_p} \chi_p ds \quad (\chi_p \rightarrow \chi_{p\text{maks}}) \quad (3.4)$$

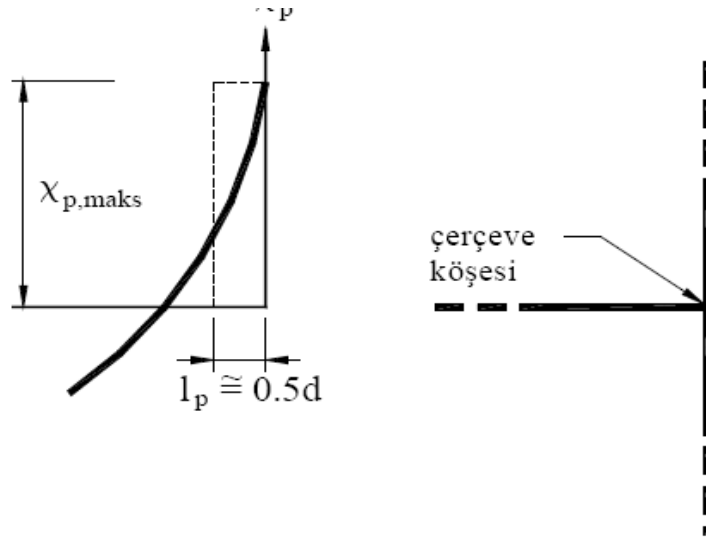
şeklinde, eğilme momenti diyagramının şekline ve M- χ bağıntısına bağlı olarak belirlenir[3].

3.3.1 Dönme kapasitesinin yaklaşık olarak hesabı

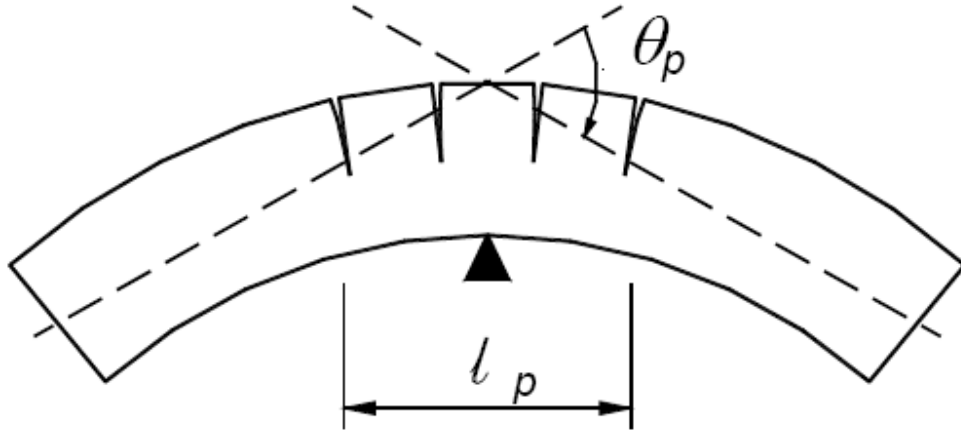
Dönme kapasitesi denklem 3.5'teki gibi hesaplanabilir. Burada l_p , eşdeğer plastik bölge uzunluğunu (plastik mafsall boyu) göstermektedir ve yaklaşık olarak denklem 3.6'daki gibi ifade edilebilir. Şekil 3.7 ve Şekil 3.8'deki gibi gösterilebilir[3].

$$\text{maks}\theta_p = l_p * \chi_p \quad (3.5)$$

$$l_p \cong 0.5d \left(d : \text{en kesit yüksekliği} \right) \quad (3.6)$$



Şekil 3.7 : Plastik mafsall boyu.



Şekil 3.8 : Mesnette plastik mafsall boyu[10].

Betonarme yapı sistemlerinde dönme kapasitesinin değeri çeşitli etkenlere bağlıdır.

Bunların başlıcaları :

- Betonarme betonu ve beton çeliğinin $\sigma - \epsilon$ diyagramlarını belirleyen ϵ_{cu} ve ϵ_{su} sınır birim boy değişimleri,
- Betonarme betonunun ϵ_{cu} sınır birim boy değişmesini etkileyen, sargı donatısı miktarı, şekli ve yerleşim düzeni,
- Plastik mafsall boyunu etkileyen enkesit boyutları,
- Eğilme momenti diyagramının şeklidir.

Çelik yapı sistemlerinde ise, dönme kapasitesi genellikle büyük değerler alabilmektedir. Diğer taraftan, performansa dayanan tasarım ve değerlendirme yöntemlerinde, dönme kapasitesinin belirlenmesinde yapıdan beklenen performans düzeyi de etken olmaktadır.

Plastik mafsallı hipotezinin esasları :

- Bir kesitteki eğilme momenti artarak M_p plastik moment değerine eşit olunca, o kesitte bir plastik mafsallı oluşur. Daha sonra, kesitteki eğilme momenti $M = M_p$ olarak sabit kalır ve kesit serbestçe döner. Plastik mafsaldaki θ_p plastik dönmesi artarak $\max \theta_p$ dönme kapasitesine erince, oluşan hasar nedeniyle kesit kullanılamaz duruma gelebilir.
- Plastik mafsallar arasında sistem doğrusal - elastik olarak davranır.
- 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 esas alınır.

3.4 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler

3.4.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminde yer değiştirme ve şekil değiştirme değerlerine bağlı değerlendirme esas alınır. Belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için yapıdaki tepe yer değiştirme talebine ulaşıldığında, olası deprem koşulları altında beklenen performans hedeflerinin belirtilen koşullar altında sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

Bu yöntemin amacı, her iki deprem doğrultusunda binanın birinci titreşim mode şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır[3]. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi, toplam kat adedi sekizi aşmayan, burulma düzensizlik katsayısı 1,4'den küçük olan ve deprem doğrultusundaki birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının en az 0,70 olan binalarda uygulanabilmektedir[11].

3.4.1.1 Artımsal itme analizinde izlenecek yol

Artımsal İtme Analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir :

- Deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi ve analiz modelinin oluşturulması için DBYBHY 2007 7.6.4'te doğrusal elastik olmayan davranışların idealleştirilmesi bölümünde tanımlanan kurallara uyulacaktır.
- Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözönüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınacaktır.
- Artımsal itme analizinin DBYBHY 2007 7.6.5'te Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme”olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, DBYBHY 2007 2.4'te tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY 2007 7.8'de yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.
- Artımsal itme analizinin DBYBHY 2007 7.6.6'da Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, gözönüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.
- Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve DBYBHY 2007 7.6.8'e göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanacaktır.

Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için DBYBHY 2007 7.6.9’da tanımlanan ilgili birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında göreli kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekildeğiştirme istemleri, DBYBHY 2007 7.6.10’da tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesmekuvveti istemleri ise, DBYBHY 2007 7.6.11’de tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.4.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi’nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi’nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımımda, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranış esas alınır[3].

3.4.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi ile analiz

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi’nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik  ekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak yapay, kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri DBYBHY 2007 2.9.1 ve 2.9.2’ye göre belirlenecek ve analizde 2.9.3 gözönüne alınacaktır.

3.4.3.1 Yapay deprem yer hareketleri

- a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.

- b) Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{og} 'den daha küçük olmayacaktır.
- 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 periyotlar için, DBYBHY 2007 2.4'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.

3.4.3.2 Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri

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 üretilecek ve bunlar DBYBHY 2007 2.9.1'de verilen tüm koşulları sağlayacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır.

4. MEVCUT ÇOK KATLI BETONARME YÜKSEK BİR YAPININ DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN ZAMAN TANIM ALANINDA HESAP YÖNTEMİ VE DBYBHY 2007 YAKLAŞIMI İLE BELİRLENMESİ

4.1 Giriş

Bu bölümde daha önceki bölümlerde anlattıklarımız doğrultusunda mevcut çok katlı betonarme yüksek bir yapının doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi” kullanılarak deprem performans düzeyi belirlenecektir. Yapı konut olarak yapılmış olduğu için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Can Güvenliği performans hedefini sağlaması öngörülmektedir. Yapının performans değerlendirmesinde bu yapıya her iki deprem doğrultusunda, yönetmelikte ön koşulları belirtilen 3 farklı depremin ivme kayıtları uygulanmıştır. Bu deprem kayıtlarından iki tanesi DBYBHY 2007’deki tasarım spektrumu ve Z2 zemin sınıfına göre ölçeklendirilmiş yapay deprem kayıtlarıdır diğer bir tanesi ise Düzce deprem kaydının Doğu-Batı bileşenidir.

4.2 Bina Genel Bilgileri

Binaya ait statik projeler incelendiğinde; temel kalı planı ve katlara ait kalıp planları ölçüleri ayrıntılı şekilde mevcuttu ancak kesitlere ait donatı düzenine ait detaylı bilgi bulunmadığından mevcut donatılı durum için minimum donatı düzeni kabul edilerek performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapıya ait donatı düzeni Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3’te ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu bilgiler ışığında bina kapsamlı bilgi düzeyinde kabul edilmiştir ve bu bilgi düzeyine göre malzeme dayanımları daha önceki bölümlerde belirtilen katsayılar düzenlenerek kullanılacaktır. Yapının taşıyıcı sistemi perde-çerçeve sistemidir.

Yapı 32 katlı olup 1.normal kat planı Şekil 4.1’de verilmiştir. Kullanım amacı konut olarak tasarım yapılmış olan yapı,1. Derece deprem bölgesindedir ve Z2 zemin sınıfına giren bir zemin üzerinde bulunmaktadır. Kullanılan beton sınıfı C35 ve donatı çeliği sınıfı S420’dir.

Yapının doğrusal elastik analizi için ETABS V9.6.0 programından, doğrusal elastik olmayan analizinde SAP2000 V14.0.0 programından yararlanılmıştır. Yapının doğrusal elastik hesabında mod birleştirme yöntemi kullanılmış ve zemin için düşey yükler altında zemin emniyet gerilmesine göre tahkik yapılmıştır. Malzeme modellerinin oluşturulması sırasında DBYBHY 2007'deki malzeme modelleri esas alınarak mevcut dayanımlar ve yönetmelikteki malzeme şekildeğiştirme kapasiteleri gözönüne alınmıştır. Mevcut betonarme kirişlerin moment-eğrilik bağıntıları ile perdelerin ve kolonların akma yüzeyleri ve moment eğrilik bağıntılarının elde edilmesinde SAP2000 V14.0.0 programının section designer bölümü ayrıntılı şekilde kullanılmıştır. Programın bu özelliği kullanılırken yapıdaki taşıyıcı sistem elemanlarına ait bütün kesit özellikleri minimum donatı kabulü ile oluşturularak elemanların kapasiteleri ve bunlara ait karakteristik bilgiler elde edilmiştir.

Bina Özellikleri :

- Kat Sayısı: 32
- Bina Toplam Yüksekliği: 96 m.
- Kat Yükseklikleri: 3,0 m.
- Kullanım Amacı: Konut
- Bina Taşıyıcı Sistemi: Betonarme Perde + Çerçeve Sistem

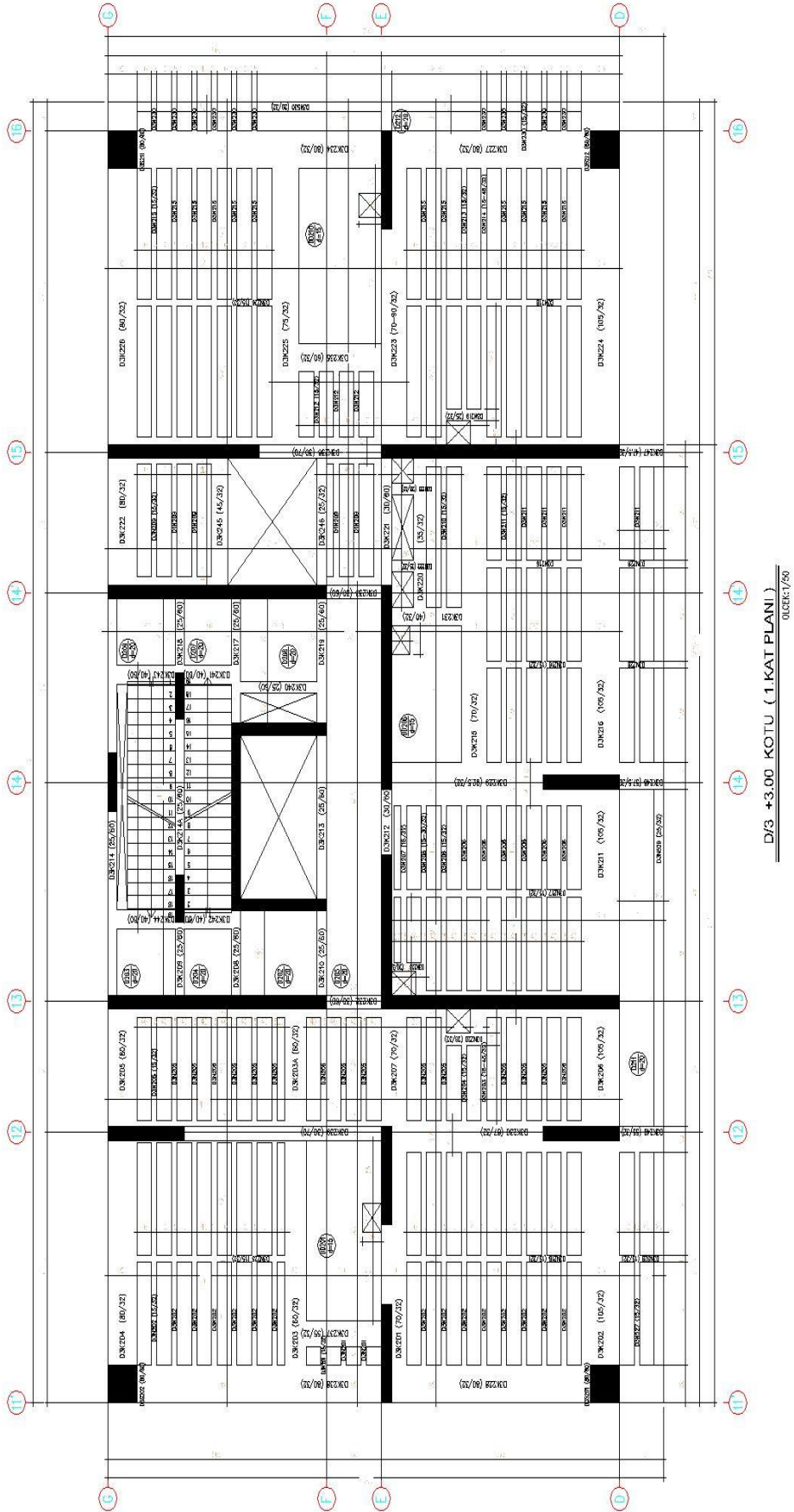
Malzeme Özellikleri :

- Beton Sınıfı: C35
- Donatı Çeliği Sınıfı: S420

Bina Parametreleri :

- Zemin Sınıfı: Z2 ($T_A=0,15$ ve $T_B=0,40$)
- Deprem Bölgesi: 1 ($A_0=0,40$)
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) : 0,30
- Bina Bilgi Düzeyi: Kapsamlı
- Öngörülen Performans Hedefleri:

✓50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde “Can Güvenliği”
performans seviyesi



Şekil 4.1 : 1. normal kat kalıp aplikasyon planı.

Çizelge 4.1 : Kesit boyutları ve donatı miktarı.

Kesit(Cm)		Başlık Kesiti(Cm)	Minimum Donatı Oranı	Minimum Başlık Donatı Alanı(Cm ²)	Gövde Donatısı Alanı(Cm ²)
Perde	25x250	25X50	0,01	12,50	13,56
	25x420	25X85	0,01	20,00	22,60
	30x210	30X50	0,01	15,00	11,30
	30x345	30X70	0,01	21,00	20,34
	30x415	30X90	0,01	27,00	22,60
	30x440	30X90	0,01	27,00	24,86
	30x600	30X120	0,01	36,00	33,90
	30x655	30X130	0,01	39,00	36,16
Kolon	80x80	YOK	0,01	64,00	YOK
	25x100	YOK	0,01	25,00	YOK
	25x125	YOK	0,01	31,25	YOK
Kiriş	15x32	YOK	0,0031	1,49	YOK
	25x32	YOK	0,0031	2,48	YOK
	35x32	YOK	0,0031	3,47	YOK
	40x32	YOK	0,0031	3,97	YOK
	55x32	YOK	0,0031	5,46	YOK
	57.5x32	YOK	0,0031	5,71	YOK
	60x32	YOK	0,0031	5,95	YOK
	67x32	YOK	0,0031	6,65	YOK
	70x32	YOK	0,0031	6,94	YOK
	75x32	YOK	0,0031	7,44	YOK
	80x32	YOK	0,0031	7,94	YOK
	90x32	YOK	0,0031	8,93	YOK
	92.5x32	YOK	0,0031	9,18	YOK
	110x32	YOK	0,0031	10,91	YOK
	25x60	YOK	0,0031	4,65	YOK
	30x60	YOK	0,0031	5,58	YOK
	40x60	YOK	0,0031	7,44	YOK
	30x70	YOK	0,0031	6,51	YOK

Çizelge 4.2 : Perde kesitleri için donatı alanları ve adetleri.

Kesit(Cm)		Başlık Kesiti(Cm)	Minimum Başlık Donatı Alanı(Cm ²)	Minimum Gövde Donatısı Alanı(Cm ²)	Seçilen Başlık Donatısı	Seçilen Gövde Donatısı
Perde	25x250	25X50	12,50	13,56	8 ϕ 16	12 ϕ 12/25
	25x420	25X85	20,00	22,60	12 ϕ 16	20 ϕ 12/25
	30x210	30X50	15,00	13,56	8 ϕ 16	12 ϕ 12/25
	30x345	30X70	21,00	20,34	12 ϕ 16	18 ϕ 12/25
	30x415	30X90	27,00	24,86	12 ϕ 20	22 ϕ 12/25
	30x440	30X90	27,00	27,12	12 ϕ 20	24 ϕ 12/25
	30x600	30X120	36,00	36,16	14 ϕ 20	32 ϕ 12/25
	30x655	30X130	39,00	38,42	16 ϕ 20	34 ϕ 12/25

Çizelge 4.3 : Kolon ve kiriş kesitleri için donatı alanları ve adetleri.

Kesit(Cm)		Minimum Donatı Alanı(Cm ²)	Seçilen Minimum Donatı Alanı (Cm ²)
Kolon	80x80	64,00	32 ϕ 16
	25x100	25,00	14 ϕ 16
	25x125	31,25	16 ϕ 16
Kiriş	15x32	1,49	4 ϕ 12
	25x32	2,48	6 ϕ 12
	35x32	3,47	8 ϕ 12
	40x32	3,97	8 ϕ 12
	55x32	5,46	10 ϕ 12
	57,5x32	5,71	10 ϕ 12
	60x32	5,95	8 ϕ 16
	67x32	6,65	8 ϕ 16
	70x32	6,94	8 ϕ 16
	75x32	7,44	8 ϕ 16
	80x32	7,94	8 ϕ 16
	90x32	8,93	10 ϕ 16
	92,5x32	9,18	12 ϕ 16
	110x32	10,91	12 ϕ 16
	25x60	4,65	8 ϕ 12
	30x60	5,58	8 ϕ 12
	40x60	7,44	8 ϕ 16
	30x70	6,51	8 ϕ 16

Ölü Yükler[12] :

- Kirişli Döşeme yükü (d=0,15 cm) : $0.15m \times 25 \text{ kN/m}^3 = 3,75 \text{ kN/m}^2$
- Kirişli Döşeme yükü (d=0,20 cm) : $0.20m \times 25 \text{ kN/m}^3 = 5 \text{ kN/m}^2$
- Dişli Döşeme yükü (d=0,07 cm) : $0.07m \times 25 \text{ kN/m}^3 = 1,75 \text{ kN/m}^2$
- Asmolen Tuğla yükü: 1 kN/m^2
- Sıva + Kaplama Ağırlığı: $1,2 \text{ kN/m}^2$
- Dış Duvar Yükü: $4,5 \text{ kN/m}^2$

Hareketli Yükler[12] :

- Hareketli Yük (Normal Kat ve Çatı Katı): $2 \text{ kN/m}^2 - 1,5 \text{ kN/m}^2$
- Hareketli Yük (Merdivenler): $3,5 \text{ kN/m}^2$

- Kar Yüğü: 0,75 kN/m²

Zemin Gerilmesi Tahkiki için Gerekli Parametrik Değerler:

- Zemin Cinsi: Sıkı Kum
- Zemin Emniyet Gerilmesi: 490 kN/m²

Zemin Yatak Katsayısı (K_o): 100000 kN/m³

4.3 Doğrusal Elastik Yöntemde Kullanılacak Yapısal Modelin Oluşturulması

Yapı mevcut durumdaki kalıp planına birebir uyularak ve ayrıca kesitlerde minimum donatı oranı kabulü ile 3 boyutlu olarak ETABS V9.6.0 programında modellenmiştir ve doğrusal elastik hesabında mod birleştirme yöntemi uygulanmıştır[13]. Yapının üç boyutlu ETABS modeli Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Model oluşturulurken daha önceki bölümlerde anlatılan yüklere tanımlanmıştır. Doğrusal elastik hesap için kurulan modelde yükler döşemeler için tanımlanmıştır ve kat döşemelere programdaki “Default” seçeneğiyle mesh yapılarak membrane olarak modellenmiştir. Kolon ve kirişler çubuk eleman olarak, perdeler ise shell eleman olarak tanımlanmıştır. Ayrıca perdeler ise 1m boyutundaki mesh elemanlara bölünerek programa girilmiştir.

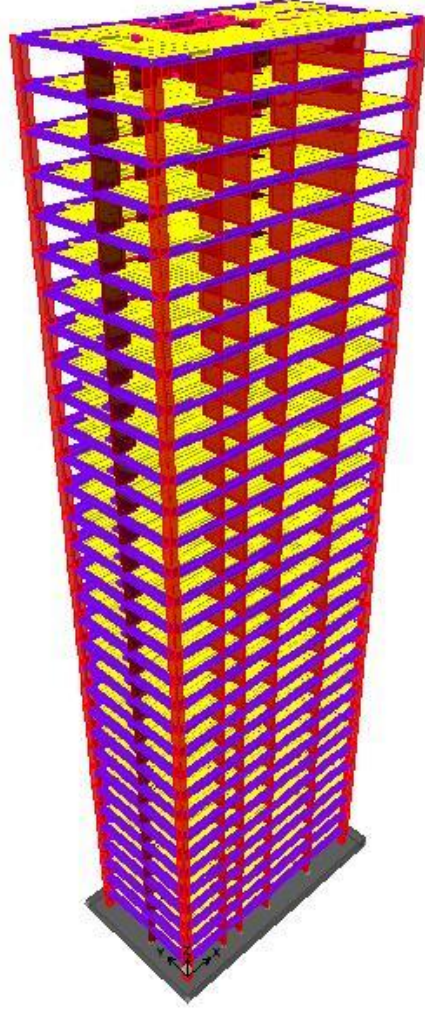
Temel sistemi, binanın statik projesine uygun olarak her 2 doğrultuda 2m ampatman yapılarak tasarlanmış ve kalınlığı 1.5m olan radye plak olarak modellenmiştir. Yapının bulunduğu zemin ait geoteknik incelemeler ve raporlar mevcut olmadığından zemin ait parametreler zemin sınıfına göre tanımlanmıştır. Zemin emniyet gerilmesi tahkiki aşağıdaki denklem 4.1 ve 4.2’ye[14] göre yapılmış ve zemin emniyet gerilmesinin aşılmadığı görülmüştür. Mod birleştirme yöntemi ile yapılan analizlerin sonucunda depremsiz durumda maksimum çökme (δ_{maks}) 0,00456 m ve depremlili durumda 0,00712 m çıkmıştır.

$$\sigma_{maks} = \delta_{maks} \times K_o \leq \sigma_{z,em} (G+Q) \quad (4.1)$$

$$\sigma_{maks} = \delta_{maks} \times K_o \leq 1,5\sigma_{z,em} (G+Q+E) \quad (4.2)$$

$$0,00456 \times 100000 = 456,00 \text{ kN/m}^2 \leq 490,33 \text{ kN/m}^2$$

$$0,00712 \times 100000 = 712,00 \text{ kN/m}^2 \leq 1,5 \times 490,33 = 735,50 \text{ kN/m}^2$$



Şekil 4.2 : Doğrusal elastik hesap için oluşturulan yapısal model.

4.3.1 Yük Tanımları ve Yük Kombinasyonları

G1 = Yapının kendi ağırlığı ve tanımlanan zati yükler

G2 = Dış kiriş kaplama(dış cephe kaplaması)yükü

Q = Hareketli yük

EX = X deprem yönü için (+) ve (–) 0.05 eksantristeli deprem yükü

EY = Y deprem yönü için (+) ve (–) 0.05 eksantristeli deprem yükü

EX ve EY şeklinde tanımlanan deprem yükleri DBYBHY 2007’de Z2 zemin sınıfına göre oluşturulan tasarım spektrumuyla oluşturulmuştur.

Mod birleştirme yöntemi ile deprem hesabı için kullanılan deprem kombinasyonları aşağıda verilen Çizelge 4.4 gösterilmiştir.

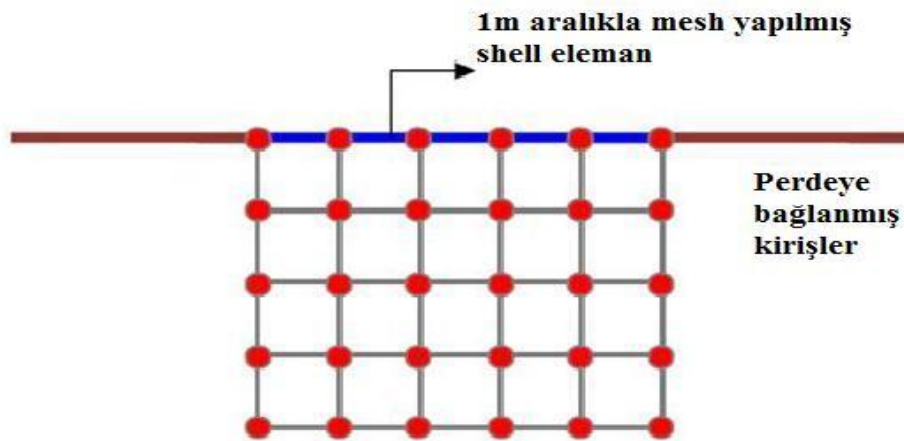
Çizelge 4.4 : Doğrusal elastik hesap için oluşturulan kombinasyonlar.

Kombinasyon Adı	Kombinasyon
Düşey	$1,4G_1 + 1,4G_2 + 1,6Q$
Gerilme	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q$
Dx1	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q + 1,0EX + 0,3 EY$
Dx2	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q + 1,0EX - 0,3 EY$
Dx3	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q - 1,0EX + 0,3 EY$
Dx4	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q - 1,0EX - 0,3 EY$
Dx5	$0,9G_1 + 0,9G_2 + 1,0EX + 0,3 EY$
Dx6	$0,9G_1 + 0,9G_2 + 1,0EX - 0,3 EY$
Dx7	$0,9G_1 + 0,9G_2 - 1,0EX + 0,3 EY$
Dx8	$0,9G_1 + 0,9G_2 - 1,0EX - 0,3 EY$
Dy1	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q + 1,0EY + 0,3 EX$
Dy2	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q + 1,0EY - 0,3 EX$
Dy3	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q - 1,0EY + 0,3 EX$
Dy4	$1,0G_1 + 1,0G_2 + 1,0Q - 1,0EY - 0,3 EX$
Dy5	$0,9G_1 + 0,9G_2 + 1,0EY + 0,3 EX$
Dy6	$0,9G_1 + 0,9G_2 + 1,0EY - 0,3 EX$
Dy7	$0,9G_1 + 0,9G_2 - 1,0EY + 0,3 EX$
Dy8	$0,9G_1 + 0,9G_2 - 1,0EY - 0,3 EX$

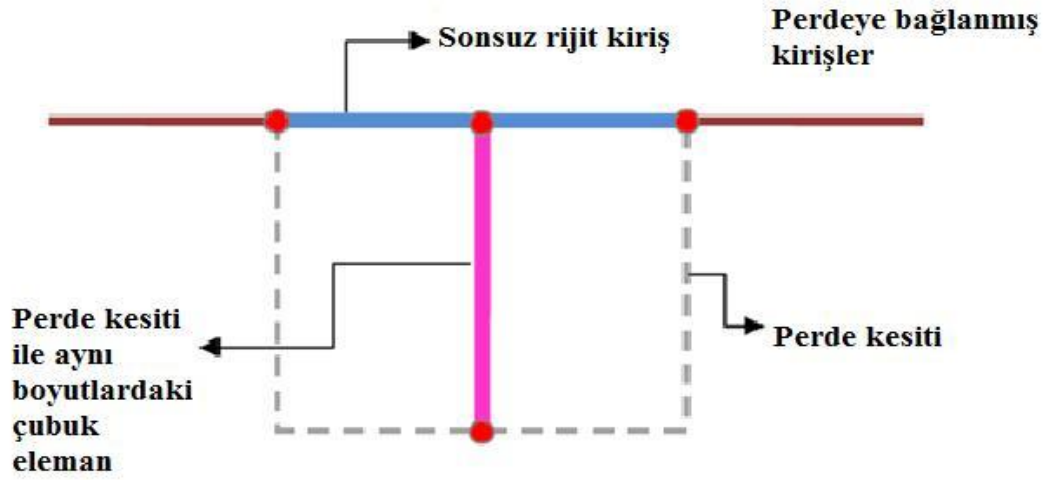
4.4 Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemde Kullanılacak Yapısal Modelin Oluşturulması

Doğrusal elastik olmayan yöntem için ise SAP2000 V14.0.0 kullanılmıştır[15]. Döşemeler kaldırılmış ve yükler kirişlere aktarılmıştır. Mevcut temel sisteminin lineer elastik davrandığı kabulü ile temel sistemi kaldırılmış ve sisteme ankastre mesnet tanımlanmıştır. Ayrıca mevcut perdeler betonarme çubuk eleman modeli ile aşağıdaki Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'teki yaklaşımla tasarlanmıştır. Bu tasarımın yapılmasında 2 önemli sebep bulunmaktadır:

- Programa yapılan bilgi girişlerinde shell olarak modellenen elemanlara plastik mafsalsal ataması yapılamayacağından perdeler birer çubuk elemana çevrilmiş ve kolon gibi modellenmiştir ve bu kolon eleman diğer kolon ve kirişlere eğilme rijitliği sonsuz, ağırlığı olmayan fiktif kirişlerle bağlanmıştır.
- Programa girilen her bir döşeme sistemin serbestliğini artırırken sistemi çözümü zorlaştırmakta ve çözüm sürelerini uzatmaktadır. Aynı zamanda mevcut temelin de radye plak olması sistemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Bu yüzden sistemin çözüm süresini kabul edilebilir seviyede tutabilmek için bütün döşemeler kaldırılmış ve yükler kirişlere aktarılmıştır ayrıca rijit diyafram kabulü ile sistem çözülmüştür. Böylece sistem sadece çubuk elemanlardan oluşacağı için daha kolay çözülecektir.



Şekil 4.3 : Shell eleman olarak mesh ile oluşturulan perde modeli[16].



Şekil 4.4 : Çubuk eleman olarak oluşturulan perde modeli[16].

Bu iki kabul ile yapı davranışının birbirine yakın olduğu görülmüştür ve her iki kabule ait periyotlar ve kütle katılım oranları Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4.5 : Shell eleman olarak oluşturulan perde modeline ait periyotlar.

Mod	Periyot (s)	Kütle Katılım Oranları		
		ΣU_x	ΣU_y	ΣR_z
1	3,00	0,00	0,00	0,74
2	2,87	0,00	0,74	0,75
3	2,30	0,76	0,74	0,76
4	0,86	0,76	0,75	0,87
5	0,66	0,83	0,82	0,87
6	0,58	0,90	0,89	0,88
7	0,43	0,90	0,89	0,92
8	0,32	0,93	0,90	0,92
9	0,27	0,94	0,93	0,92
10	0,26	0,94	0,93	0,95
11	0,20	0,96	0,94	0,95
12	0,19	0,96	0,94	0,96
13	0,16	0,96	0,95	0,96
14	0,14	0,97	0,96	0,96
15	0,14	0,97	0,96	0,97
16	0,11	0,98	0,96	0,97

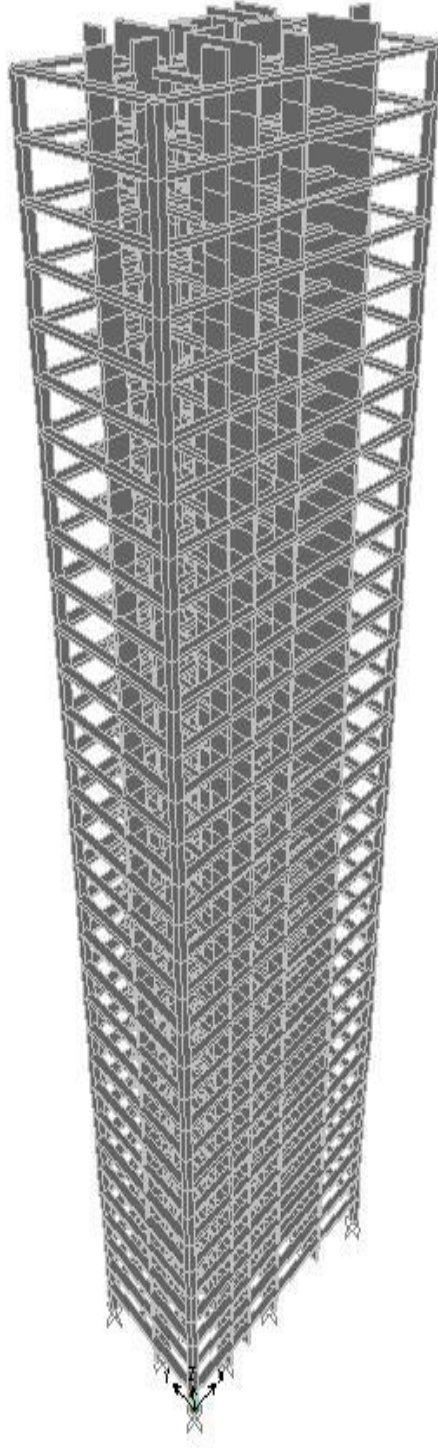
Çizelge 4.6 : Çubuk eleman olarak oluşturulan perde modeline ait periyotlar.

Mod	Periyot (s)	Kütle Katılım Oranları		
		ΣU_x	ΣU_y	ΣR_z
1	3,21	0,00	0,04	0,32
2	2,78	0,14	0,55	0,68
3	2,44	0,71	0,67	0,69
4	0,94	0,71	0,67	0,73
5	0,74	0,84	0,70	0,81
6	0,65	0,87	0,84	0,84
7	0,46	0,87	0,84	0,86
8	0,37	0,91	0,85	0,88
9	0,3	0,91	0,89	0,89
10	0,28	0,91	0,89	0,90
11	0,24	0,93	0,89	0,91
12	0,22	0,94	0,89	0,91
13	0,19	0,94	0,89	0,91
14	0,19	0,94	0,89	0,91
15	0,18	0,94	0,89	0,91
16	0,18	0,94	0,92	0,92

Burada perdeler shell olarak tanımlandığı model doğrusal elastik analiz için kurulan modeldir. Diğer modelde ise perdeler orta dikme çubuk eleman modeli ile programa tanımlanmıştır. Her iki modelde farklı modlarda şartnamemizde geçen %90 kütle katılımına ulaşılmıştır. Bu bilgiler ışığında elde edilen analiz sonuçları, modellere ait periyotlar, modal katılımlar ve mod biçimleri yukarda verilen Çizelge 4.5 ve 4.6'daki gibidir.

Çizelge 4.5 ve 4.6'daki bilgiler doğrultusunda modal analizler sonucunda görülmüştür ki, shell olarak oluşturulan ve doğrusal elastik analiz için kullanılacak olan modelimizde %90 kütle katılım oranına toplam 8 modda ulaşılırken, çubuk elemanlardan oluşan ve doğrusal elastik olmayan analiz için kullanılacak olan modelimizde %90 kütle katılım oranına toplam 16 modda ulaşılmıştır.

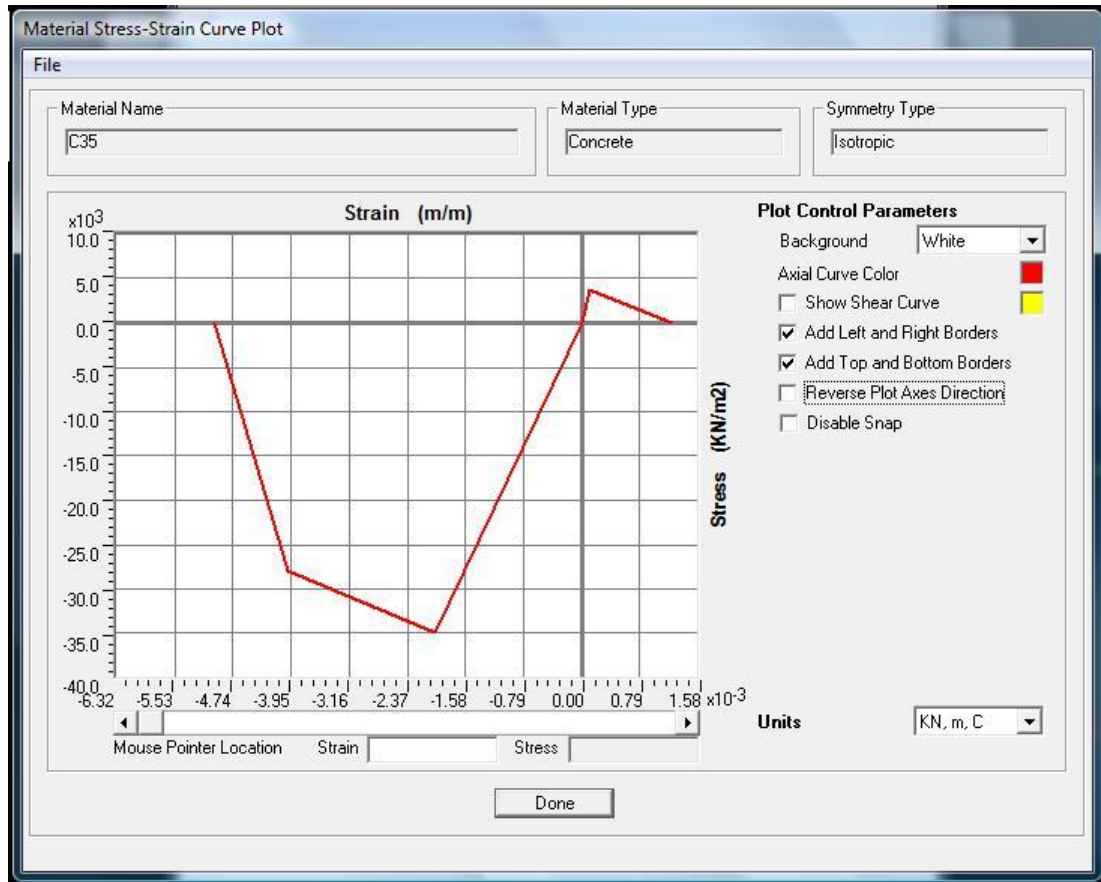
Bu bilgiler doğrultusunda doğrusal elastik olmayan hesap için kurulan yapısal model aşağıdaki Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Doğrusal elastik olmayan hesap için yapısal model.

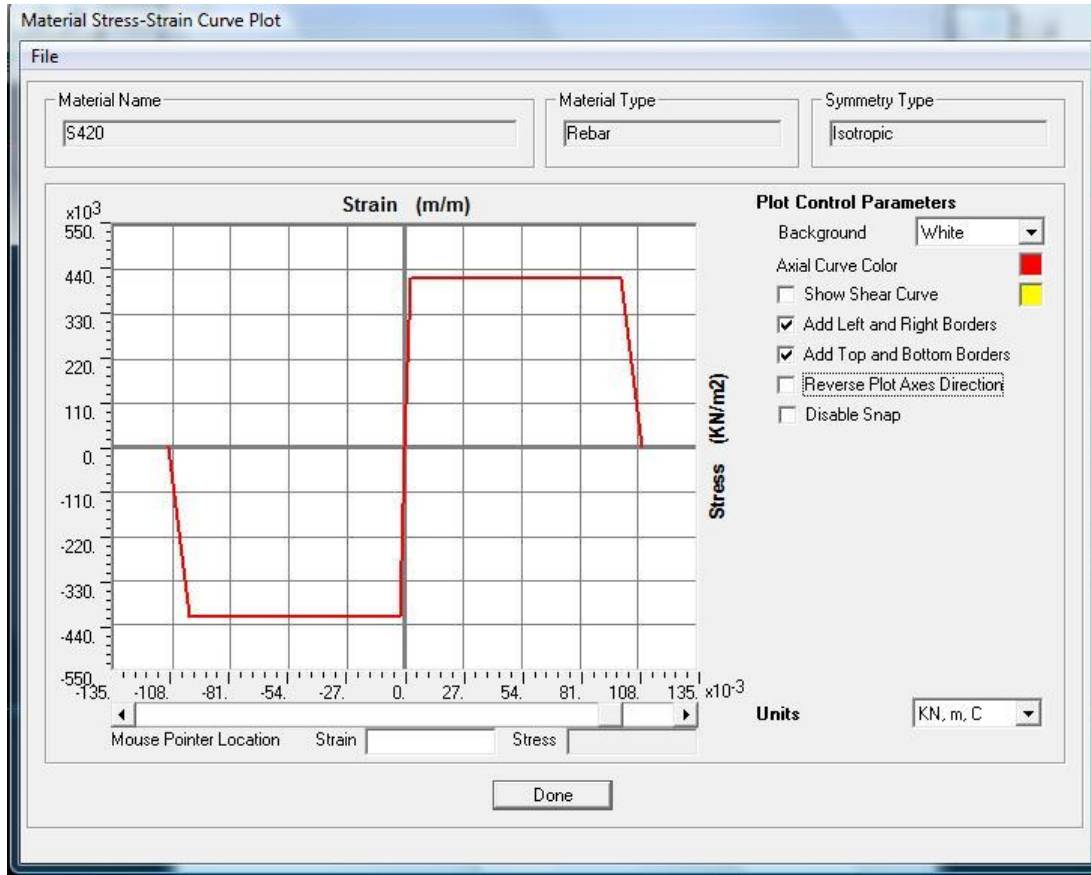
4.4.1 Yapısal elemanların malzeme modeli

Yapısal elemanlar için kullanılan malzeme modeli beton için C35, donatı için S420 kalitesindeki malzeme dayanımları projesine uygun olarak kabul edilmiştir. Ayrıca daha önceki bölümlerde bahsedilen ve DBYBHY 2007 Ek 7B’de anlatılan modele uygun şekildeğiştirme sınırları kullanılmıştır. Malzeme modelleri SAP2000 V14.0.0 programında “Define – Materials – Nonlinear Material Data” sekmeleri kullanılarak tanımlanmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.6 ve 4.7’de beton ve donatı malzeme modellerine ait gerilme şekildeğiştirme grafikleri bulunmaktadır.



Şekil 4.6 : C35 beton sınıfı için malzeme modeli.

Doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında analiz için kurulan bilgisayar modelin oluşturulan malzeme modellerinde beton için çekme dayanımı tanımlanmıştır. Ayrıca donatı çeliğinin pekleşme dayanımı analizler esnasında hesaba katılmamıştır. Bu bilgilere ait ayrıntılar ise Şekil 4.6 ve 4.7’de gösterilmiştir.



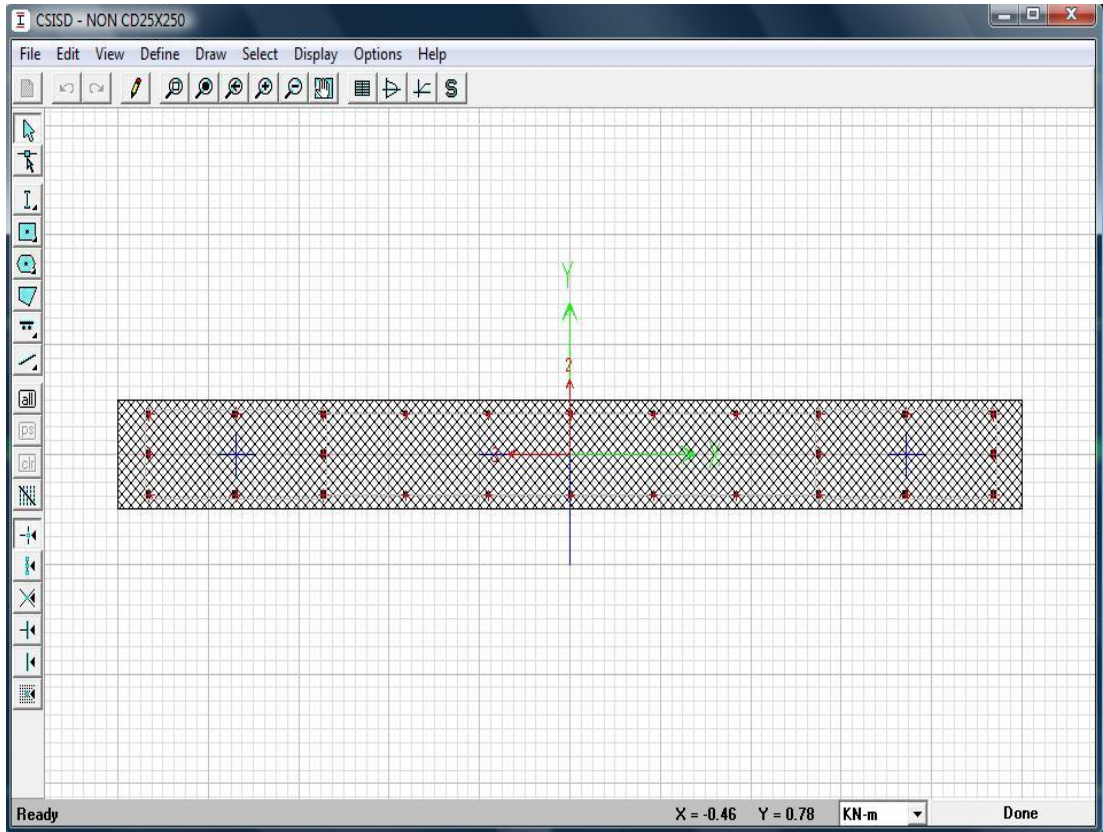
Şekil 4.7 : S420 donatı için malzeme modeli.

4.4.2 Kesitlerin moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeylerinin bulunması

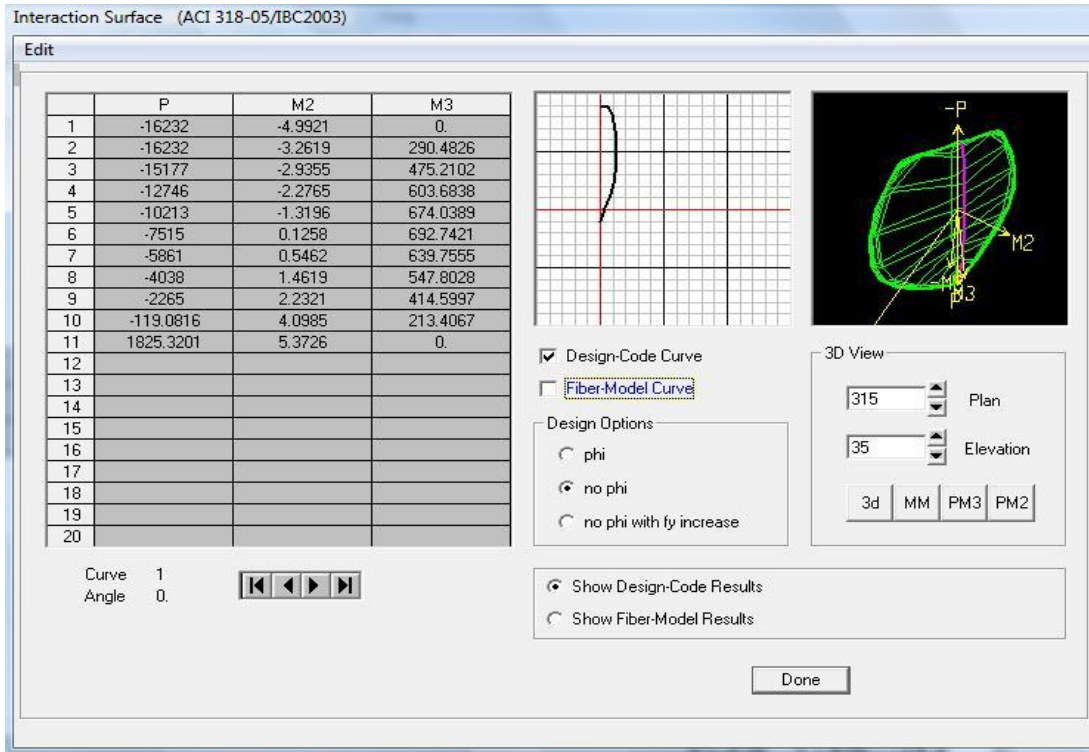
Yapıya ait taşıyıcı sisteme elemanlarının hepsi çubuk eleman olarak daha önceki bölümlerde anlatılan yaklaşımlarla oluşturulmuştur. Taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesit özellikleri, donatı miktarları ise SAP2000 programında bulunan "Section Designer" özelliği ile modellenmiştir. Ayrıca kesitlere ait moment-eğrilik bağıntıları ve akma yüzeyleri yine programda bulunan aynı özellik kullanılarak elde edilmiştir. Akma yüzeyleri sadece kolon ve perde kesitleri için belirlenmiştir, bu kolon ve perdeler için moment eğrilik bağıntıları ise analizler sonucunda elde edilen eksenel kuvvetler altında olmak koşulu ile hesaplanmıştır. Ancak kirişler için herhangi bir eksenel kuvvet mevcut olmadığından moment eğrilik bağıntıları normal kuvvetin "0" olduğu durum göz önüne alınmıştır. Programın bu özelliği kesitlerde donatının akmaya başladığı yani doğrusal elastik davranışın sonlanıp, doğrusal olmayan davranışa geçtiği ve sınır şekildeğiştirmelerle sınırlanan dönme açısına kadar iteratif bir çözüm yapar.

Programda bulunan bu özellik kesitlerin için tanımlanan malzeme modelindeki şekildeğiştirme sınırlarına göre hesap yaparak kesite ait moment değışimini eğrilik ile ilişkilendirerek grafiksel olarak sonuçları vermektedir. Ayrıca aynı eğride kesitin elasto-plastik davranışı belirgin bir şekilde görülebilmekte ve aynı zamanda herhangi bir eğrilik değeri için kesitin şekildeğiştirme durumu gözlenebilmektedir.

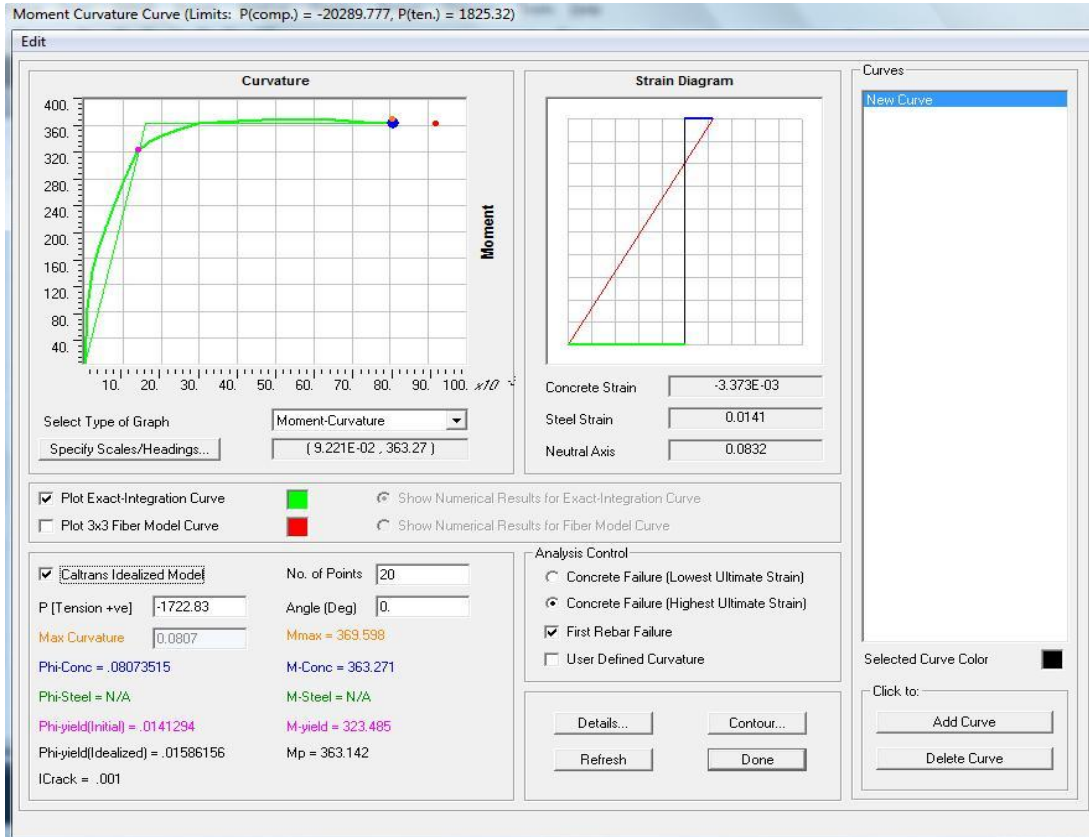
SAP2000 programında bulunan “Section Designer” ile çizilmiş kesitler için; moment-eğrilik bağıntıları “Show Moment-Curvature Curve” sekmesi, akma yüzeyleri ise “Show Moment-Interaction Surface” sekmesi kullanılarak elde edilmiştir. Bu konu Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Moment eğrilik bağıntılarının gösterildiği şekillerde (Şekil 4.10 ve 4.12’de) eğriler idealize edilmiştir.



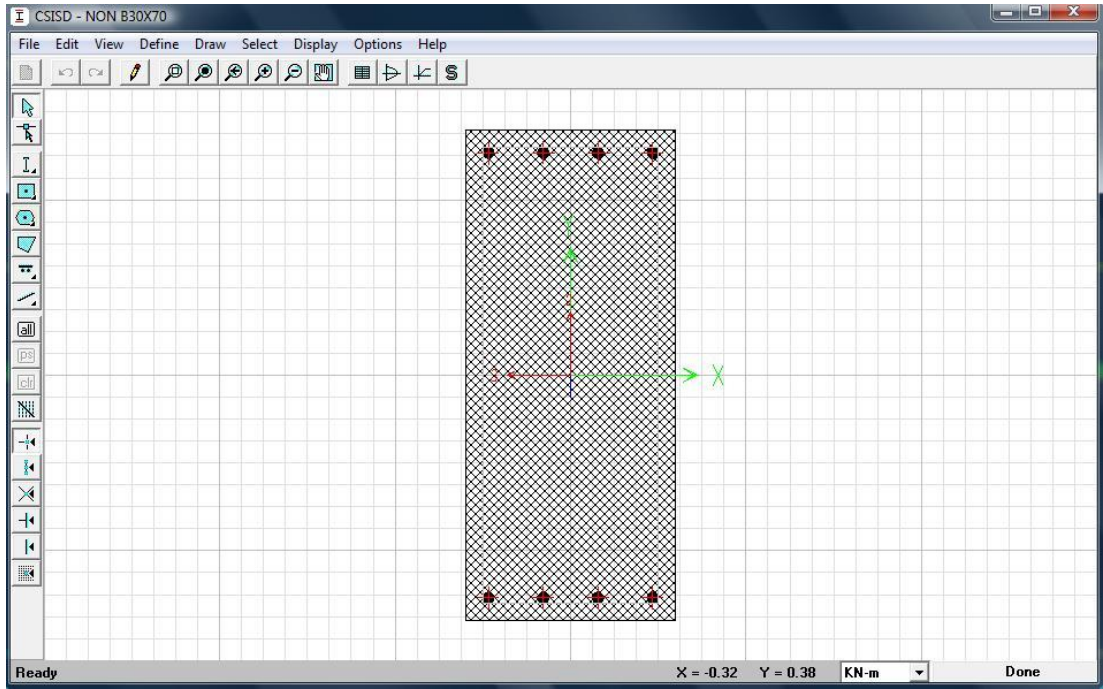
Şekil 4.8 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitinin oluşturulması[17].



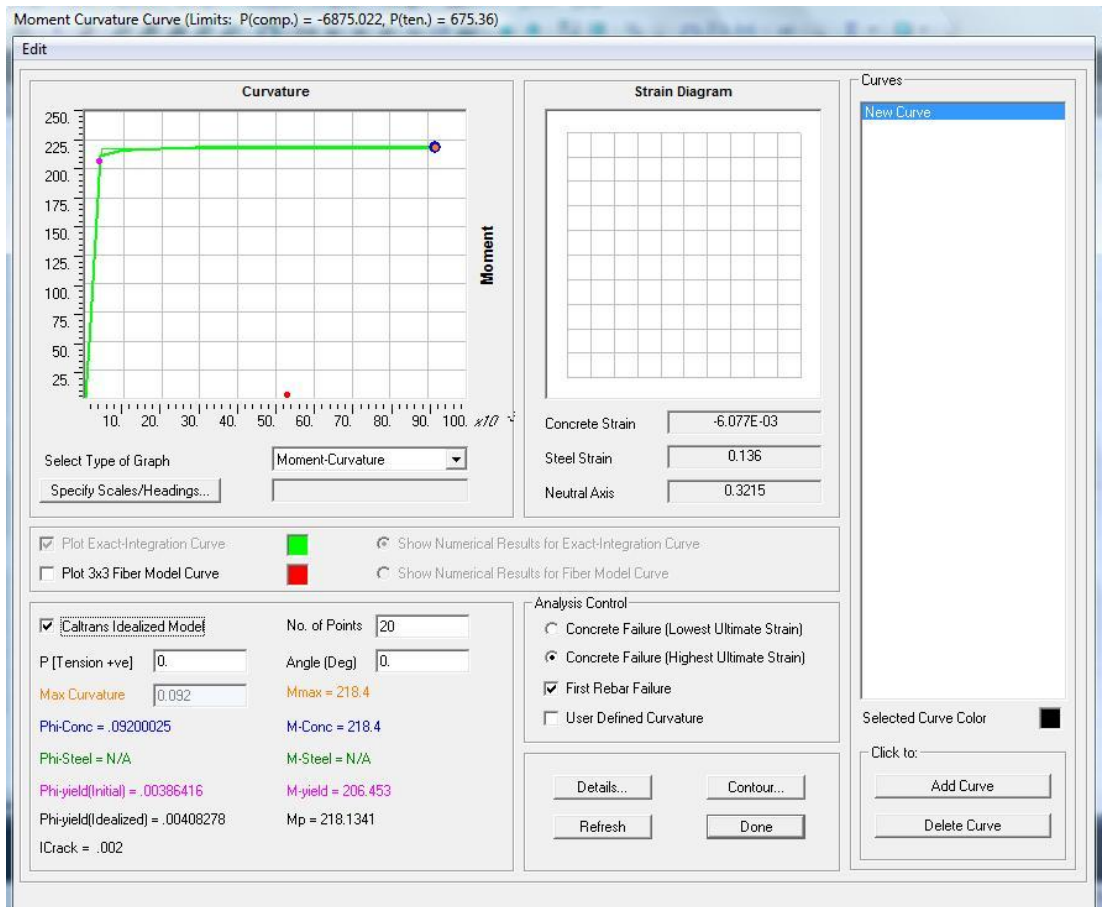
Şekil 4.9 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitine ait akma yüzeylerinin elde edilmesi.



Şekil 4.10 : 25x250 boyutlarındaki perde kesitine ait moment-eğrilik bağıntısı.



Şekil 4.11 : 30x70 boyutlarındaki kiriş kesitinin oluşturulması.



Şekil 4.12 : 30x70 boyutlarındaki kiriş kesitine ait moment-eğrilik bağıntısı.

4.4.3 Kesitlerin plastik mafsallık özelliklerinin tanımlanması

SAP2000, çubuk elemanlar için plastik mafsallık tanımlamalarında FEMA-356 (Federal Emergency Management Agency) ve ATC-40 (Applied Technology Council) tarafından hazırlanan plastik mafsallık yaklaşımlarını otomatik olarak kesitlere atayabilmektedir. Fakat elemanların şekil değiştirme kapasiteleri sahip oldukları gerçek kapasite değerlerinden yüksek çıkabileceği için plastik mafsalların moment-eğrilik bağıntıları programa kullanıcı tanımlı olarak veri girişi yapılmıştır[18]. Yapısal elemanlara ait moment-eğrilik bağıntıları, SAP2000’de tanımlanırken programın veri girişi yöntemine uyulmalıdır. Hesaplanan bu bağıntılar doğrudan programa tanıtılamaz. Kesitlere ait eğrilik değerleri eğilme doğrultusundaki plastik mafsallık boyu ile çarpılarak plastik mafsallık dönmeleri elde edilebilir. Ancak bu durumda plastik mafsallık boyu programa veri olarak girilmelidir. Diğer bir yöntem ise; plastik mafsallıkta ait özellikleri oransal olarak programa tanıtmaktır. Bu şekilde tanımlayacağımız moment ve eğrilik değerleri referans olarak belirlenen moment ve eğrilik değerlerine oranlanır, bu oran değerleri programa veri olarak tanıtılır. Moment-eğrilik bağıntısına ait belirlenen noktaların hepsi yerine programda A-B-C-D-E gibi çeşitli kritik performans noktaları vardır, bu noktalardan A-B arası doğrusal elastik davranış, B-C, C-D ve D-E arası elastoplastik davranış göstermektedir. C noktasında kesit maksimum kapasiteye ulaşır ve D noktasına ani bir düşüş yapar ve yük o mafsallıkta boşaltılabilir. E noktası ise güç tükenmesi durumunu temsil eder.

Moment ve eğrilik bağıntısına ait değerler akma momenti ve akma momentine karşı gelen durumdaki eğrilik değerleri ile orantılı olacak şekilde “Moment/SF” ve “Rotation/SF” şeklinde tanımlanarak oransal olarak girilir. “Modify/Show Hinge Property” sekmesine bu oransal değerleri girildikten sonra o keside ait “Moment SF” ve “Rotation SF” referans değerleri girilir. Bu konudaki ayrıntılı gösterim aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.13, Şekil 4.14’te) gösterilmektedir.

Kirişlere ait veri girişi yukardaki Şekil 4.13 ve Şekil 4.14 şematik olarak gösterilmiştir. Kolon ve perdelerde ise genel itibarıyla veri girişleri benzerlik gösterse de durum biraz daha farklıdır, çünkü kolon ve perdeler normal kuvvet etkisi söz konusudur ve bu yüzden akma yüzeyleri tanımlanmalıdır. Bu durumda kirişler için M3 mafsallık, kolon ve perdeler için ise P-M2-M3 mafsallık tanımlanmalıdır.

Frame Hinge Property Data

Hinge Property Name: B30X70

Hinge Type:

☐ Force Controlled (Brittle)

☒ Deformation Controlled (Ductile)

Moment M3

Modify/Show Hinge Property...

OK Cancel

Şekil 4.13 : 30x70 kiriş kesiti için plastik mafsalsal tanımlanması.

Frame Hinge Property Data for B30X70 - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.03	-33.33
D	-0.03	-23.72
C	-1.07	-23.72
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.07	23.72
D	0.03	23.72
E	0.03	33.33

Load Carrying Capacity Beyond Point E:

☒ Drops To Zero

☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation:

Use Yield Moment: Moment SF 205.331

Use Yield Rotation (Steel Objects Only): Rotation SF 3.900E-03

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF):

Immediate Occupancy: 3.000E-03

Life Safety: 0.012

Collapse Prevention: 0.015

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type:

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length:

☐ Relative Length

OK Cancel

Şekil 4.14 : 30x70 kiriş kesiti için plastik mafsalsal veri girişi.

Kolon ve perdeler için eksenel kuvvet değerleri her katta farklı olacağından veri girişini kolaylaştırmak için her 5 katta bir ortalama eksenel kuvvet tanımlamak kaydı ile bu veri girişi yapılmıştır ve her bir farklı kolon veya perde kesiti için 6 farklı eksenel kuvvet değişimi tanımlanmıştır. Eksenel kuvvetler tanımlanırken aynı kesitli kolon ve perdeler için eksenel kuvvet farklılıkları gözönüne alınmıştır ve dolayısıyla aynı kesite sahip kolon veya perde kesitlerinde daha fazla eksenel kuvvet değeri tanımlanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.7 ve 4.8’de kolon ve perdeler için eksenel kuvvet değişimleri gösterilmektedir.

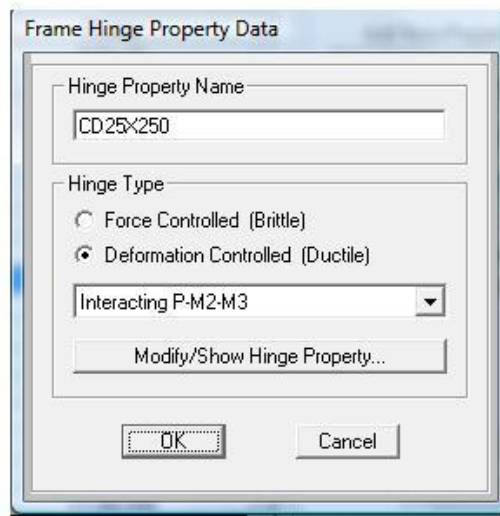
Çizelge 4.7 : Kolon kesitlerine ait eksenel kuvvet değişimi.

KOLONLARDAKİ EKSENEL KUVVET DEĞERLERİ (kN)							
KOLON ADI	KESİT(cm)	1-5. KATLAR ARASI	6-10. KATLAR ARASI	11-15. KATLAR ARASI	16-20.KATLAR ARASI	21-25. KATLAR ARASI	26-32. KATLAR ARASI
C1	C80X80	-11548,10	-9817,45	-8008,31	-6166,90	-4328,19	-2150,09
C2	C80X80	-13084,25	-11497,77	-9042,50	-6962,84	-4887,85	-2423,29
C3	C80X80	-12574,71	-10975,42	-8558,86	-6557,81	-4585,08	-2262,86
C4	C80X80	-13901,69	-11659,96	-9447,09	-7252,63	-5082,96	-2518,78
C5	C25X100	-2514,71	-1094,31	-1063,79	-899,51	-671,92	-338,07
C6	C25X125	-3920,13	-2958,04	-2242,36	-1641,95	-1110,50	-534,04
C7	C25X100	-975,36	-1073,48	-1015,23	-828,20	-599,96	-301,58

Çizelge 4.8 : Perde kesitlerine ait eksenel kuvvet değişimi.

PERDELERDEKİ EKSENEL KUVVET DEĞERLERİ(kN)							
PERDE ADI	KESİT(cm)	1-5. KATLAR ARASI	6-10. KATLAR ARASI	11-15. KATLAR ARASI	16-20. KATLAR ARASI	21-25. KATLAR ARASI	26-32. KATLAR ARASI
P1	CD30X210	-11271,71	-8771,55	-6634,86	-4825,51	-3234,63	-1537,41
P2	CD30X210	-8372,12	-6687,25	-5203,93	-3789,64	-2660,11	-1295,66
P3	CY30X440	-3584,27	-4927,49	-4971,67	-4608,99	-3662,07	-2063,04
P4	CD30X655	-18145,86	-14120,54	-11741,29	-9718,80	-7296,26	-3614,70
P5	CY30X345	-4600,29	-4857,78	-4629,09	-3806,50	-2836,69	-1599,11
P6	CD25X250	-1145,82	-1241,21	-1451,83	-1458,97	-1347,07	-913,70
P7	CD25X250	-1533,75	-1715,74	-1722,83	-1380,76	-1312,61	-181,11
P8	CY25X420	-1692,30	-2257,21	-2334,06	-2260,32	-1821,91	-936,39
P9	CD30X655	-28506,39	-23067,33	-17755,18	-12970,63	-8682,19	-4194,10
P10	CD30X600	-18014,86	-13869,84	-10843,42	-6389,30	-6116,04	-3034,67
P11	CD30X600	-21222,44	-14013,36	-10011,79	-7229,94	-5070,21	-2492,26
P12	CD30X415	-19562,22	-15644,03	-11948,88	-8698,96	-5823,56	-2770,67
P13	CY30X210	-28051,49	-16936,92	-11164,32	-7504,27	-4806,33	-2182,78
P14	CY30X210	-5235,11	-6330,09	-6207,56	-5105,89	-3621,43	-1807,47
P15	CY30X210	-18185,99	-14655,84	-11499,49	-8607,59	-5943,67	-2918,07
P16	CD30X210	-10368,15	-8084,45	-6150,31	-4510,84	-3050,60	-1446,16

Kolonlar ve perdeler için ise, moment ve eğrilik değerleri akma momenti ve akma momentine karşı gelen durumdaki eğrilik değerleri ile orantılı olacak şekilde “Moment/Yield Moment” ve “Rotation/SF” oransal değerler haline getirilerek programa tanımlanır. “Modify/Show Hinge Property” sekmesine bu oransal değerler girildikten sonra keside ait akma eğrilik değeri “Scale Factor” olarak girilmiştir. Momente dair herhangi farklı bir tanımlama yapılmamıştır, çünkü kolon ve perde kesitleri için eksenel kuvvetlere göre akma momentleri akma yüzeylerinden program tarafından seçilerek oluşturulacaktır. Burada tanımlanan P-M2-M3 mafsal özelliğinde P, ilgili elemanın 1 numaralı yerel eksenine ait eksenel kuvveti yönü ile beraber değerini de ifade eder. M2-M3 ise, yine elemanın eksenlerine bağlı olarak ilgili olduğu yerel eksene göre moment değerlerini ifade eder. Buradaki moment değerlerinin pozitif veya negatif değerde olmasının önemi yoktur, çünkü girilen mafsal özelliğinde “Symmetry Condition” “Doubly Symmetric” seçilmiştir ve bu seçimden dolayı kesitin kapasitesine ait M2 ve M3 değerleri negatif ve pozitif aynı değerleri olacak şekilde simetrik alınmıştır. Böylece P eksenine göre konkav bir küreye benzer bir şekildeki akma yüzeylerine ait moment-eğrilik bağıntısı tanımlanmış olacaktır. Kesite ait mafsal için tanımlanan malzeme modellerine uygun olarak lineer-elastik ve ideal elastoplastik tanımı kirişlerde olduğu gibi burada da söz konusudur. Aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 ve 4.19) ayrıntılı olarak anlatılan durum gösterilmiştir.



Şekil 4.15 : 25x250 perde kesiti için plastik mafsal tanımlanması.

Frame Hinge Property Data for CD25X250 - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length

☐ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

☐ SF is Yield Rotation per FEMA 356 Eqn. 5-2 (Steel Objects Only)

☒ User SF

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition

☐ Moment Rotation Dependence is Circular

☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

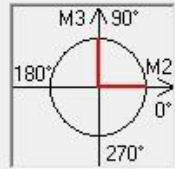
1. Specify curves at angles of 0° and 90°.
2. If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces

Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles



Şekil 4.16 : 25x250 perde kesitine ait mafsal için veri girişi.

Hinge Interaction Surface for CD25X250 - Interacting P-M2-M3

Interaction Surface Options

☐ Default from Material Property of Associated Line Object

☐ Steel, AISC-LRFD Equations H1-1a and H1-1b with phi = 1

☐ Steel, FEMA 356 Equation 5-4

☐ Concrete, ACI 318-02 with phi = 1

☒ User Definition

Axial Load - Displacement Relationship

☐ Proportional to Moment - Rotation

☒ Elastic - Perfectly Plastic

Şekil 4.17 : 25x250 perde kesitine ait akma yüzeyleri için özelliklerin seçilmesi.

P-M2-M3 Interaction Surface Definition for CD25X250

Edit

User Interaction Surface Options

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

Number of Curves: 6

Number of Points on Each Curve: 11

Scale Factors (Same for All Curves)

P: 1, M2: 1, M3: 1
☐ Include Scale Factors in Plots: KN, m, C

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-16233	0	0
11	1825.32	0	0

Interaction Curve Data

Current Curve: 1

Point	P	M2	M3
1	-16233	0	0
2	-16232	2705.9823	0
3	-15545	4506.524	0
4	-13342	5780.3097	0
5	-11038	6560.6464	0
6	-8582	6865.3488	0
7	-6553	6590.6309	0
8	-4589	5766.4647	0
9	-2591	4458.2174	0
10	-483.5813	2615.3501	0
11	1825.32	0	0

Interaction Surface Requirements - Doubly Symmetric

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

3D Plot

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

Plan: 315, Elevation: 25, Aperture: 0

Şekil 4.18 : 25x250 perde kesitine ait akma yüzeylerinin tanımlanması.

Axial Forces for CD25X250 - Interacting P-M2-M3

Edit

This Number of Axial Force Values Is Specified

Number of Axial Forces: 12

Axial Force Data

	Axial Force
1	-1722.83
2	-1715.74
3	-1533.75
4	-1458.97
5	-1451.83
6	-1380.76
7	-1347.07
8	-1312.61
9	-1241.21
10	-1145.82
11	-913.7
12	-181.11

Şekil 4.19 : 25x250 perde kesitine ait eksenel kuvvet değerleri için veri girişi.

Angles for CD25X250 - Interacting P-M2-M3

Edit

This Number of Angles Is Specified

Number of Angles: 2

Angle Data

	Angle in Degrees
1	0
2	90

Order Rows

OK

Cancel

Şekil 4.20 : 25x250 perde kesitine ait “Double Symmetry” özelliği ve açı değerleri.

Bu şekilde tanımlanan mafsals için artık kesite ait moment-eğrilik bağıntısı tanımlama için hazır hale gelmiştir. Moment-eğrilik bağıntıları veri girişi yapılan her farklı eksenel kuvvet için ayrı ayrı yapılmalıdır. Eğrilik değerleri, akma momentine karşı gelen durumdaki eğrilik değerleri ile orantılı olacak şekilde “Rotation/SF” şeklinde tanımlanarak oransal olarak kirişlere benzer şekilde tanımlanır. Aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.21 ve 4.22) söz konusu durum ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Frame Hinge Property Data for CD25X250 - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type

☒ Moment - Rotation

☐ Moment - Curvature

Hinge Length: []

☐ Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

☐ SF is Yield Rotation per FEMA 356 Eqn. 5-2 (Steel Objects Only)

☒ User SF: 0.0135

Load Carrying Capacity Beyond Point E

☒ Drops To Zero ☐ Is Extrapolated

Symmetry Condition

☐ Moment Rotation Dependence is Circular

☒ Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

☐ Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

1. Specify curves at angles of 0° and 90°.

2. If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 90°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces: 12

Modify/Show Axial Force Values...

Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles: 2

Modify/Show Angles...

Modify/Show Moment Rotation Curve Data...

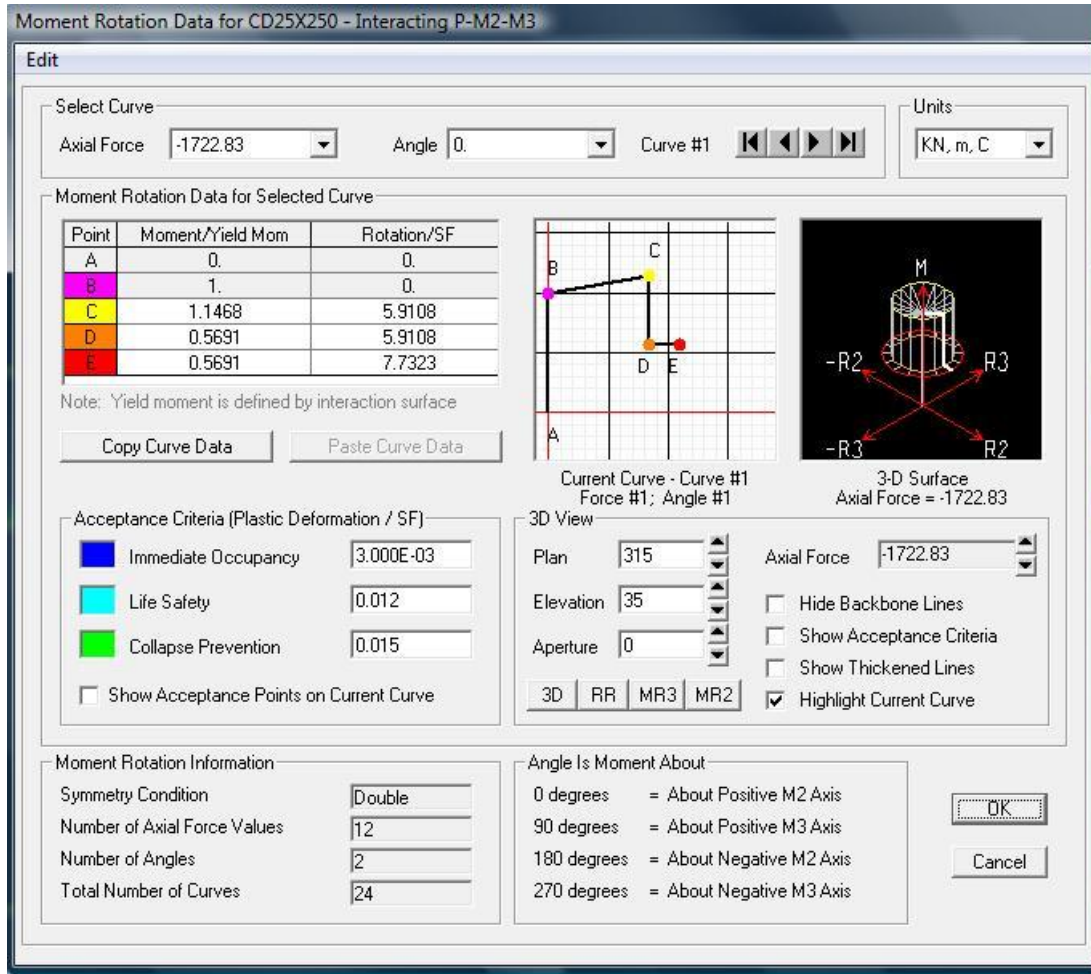
Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data...

OK

Cancel

Referans alınacak dönme değeri

Şekil 4.21 : 25x250 perde kesiti için akma durumundaki referans dönme değeri.



Şekil 4.22 : 25x250 perde kesitine ait moment-eğrilik bağıntılarının tanımlanması.

4.4.4 Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Bu yöntemde taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak kabul edilen bir deprem hareketi altındaki taşıyıcı sistemin hareket denklemi sayısal olarak çözülerek, doğrusal davranışta olduğu gibi sistemin bütün elastik ve plastik şekildeğiştirmeleri, yerdeğiştirmeleri ve kesit iç kuvvetleri zaman bağılı olarak elde edilir. Sonraki aşamada sistemde plastik mafsallarda dönmeleri, beton ve donatının birim uzama veya kısalma talepleri belirlenir. Ayrıca seçilen deprem kaydının yönetmelikte verilen tasarım spektrumu ile uyuşması ve olabildiğince fazla kayıt ile çözüm yapılması önem arz etmektedir. Bu yöntemde yapılan kabullerin fazla olmasından dolayı sonuçlar yorumlanırken çok dikkatli olunması gerekir. Ayrıca, bu çözüm yönteminde yapılan kabuller ve yaklaşımlar doğru bir biçimde yapılırsa, çözüm sonuçlarının tam güvenilir bir biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır [19].

Aşağıda yapılan bu kabuller ve gerekçeleri şu şekilde sıralanmıştır :

- Programa yapılan bilgi girişlerinde shell olarak modellenen elemanlara plastik mafsallı ataması yapılamayacağından perdeler birer çubuk elemana çevrilmiş ve kolon gibi modellenmiştir ve bu kolon eleman diğer kolon ve kirişlere eğilme rijitliği sonsuz, ağırlığı olmayan fiktif kirişlerle bağlanmıştır.
- Plastik mafsallar kiriş, kolon ve perde elemanlar için tüm katlarda tanımlanmıştır.
- Programa girilen her bir döşeme sistemin serbestliğini artırırken sistemi çözümü zorlaştırmakta ve çözüm sürelerini uzatmaktadır. Aynı zamanda mevcut temelin de radye plak olması sistemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Bu yüzden mevcut temel sistemi kaldırılmış yerine ankastre mesnet tanımlanmıştır. Sistemin çözüm süresini kabul edilebilir seviyede tutabilmek için ise bütün döşemeler kaldırılmış ve yükler kirişlere aktarılmıştır ayrıca rijit diyafram kabulü ile sistem çözülmüştür. Böylece sistem sadece çubuk elemanlardan oluşacağı için daha kolay çözülecektir.
- Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde çözüm süresini etkileyen bir başka kriter ise P-delta etkileridir. Bu etkiler analiz sırasında sisteme veri olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle analiz süreleri önemli mertebede artış göstermiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde daha gerçekçi sonuçlar alınabilmesi için P-delta etkilerinin de hesaba mutlaka katılması gerekmektedir, çünkü performans düzeyini araştırdığımız yapıyı yüksek yapı sınıfına girmektedir ve yerdeğiştirmeleri çok fazla olacaktır bu nedenle ikinci mertebe etkiler de yapı için tehlikeli sayılabilecek boyutlarda olacaktır.

4.4.5 Analizde kullanılacak deprem kayıtlarının özellikleri

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremle veya benzeştirilmiş deprem kayıtları uygulanabilir. Yapay olarak üretilen bu deprem kayıtlarının fiziksel karakteristik özelliklerinin gerçek kayıtlara uygunluk gösterecek şekilde olması gerekmektedir. Aynı zamanda yapay olarak üretilen bu deprem kayıtları yapının oturduğu zemin sınıfına göre oluşturulan tasarım spektrumunu ile de uyumu sağlama gerekmektedir.

Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar DBYBHY 2007 2.9.1’de verilen tüm koşulları sağlayacaktır. Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınacaktır. Aşağıda DBYBHY 2007 2.9.1’de deprem kayıtlarının sağlaması gereken koşullar sıralanmıştır :

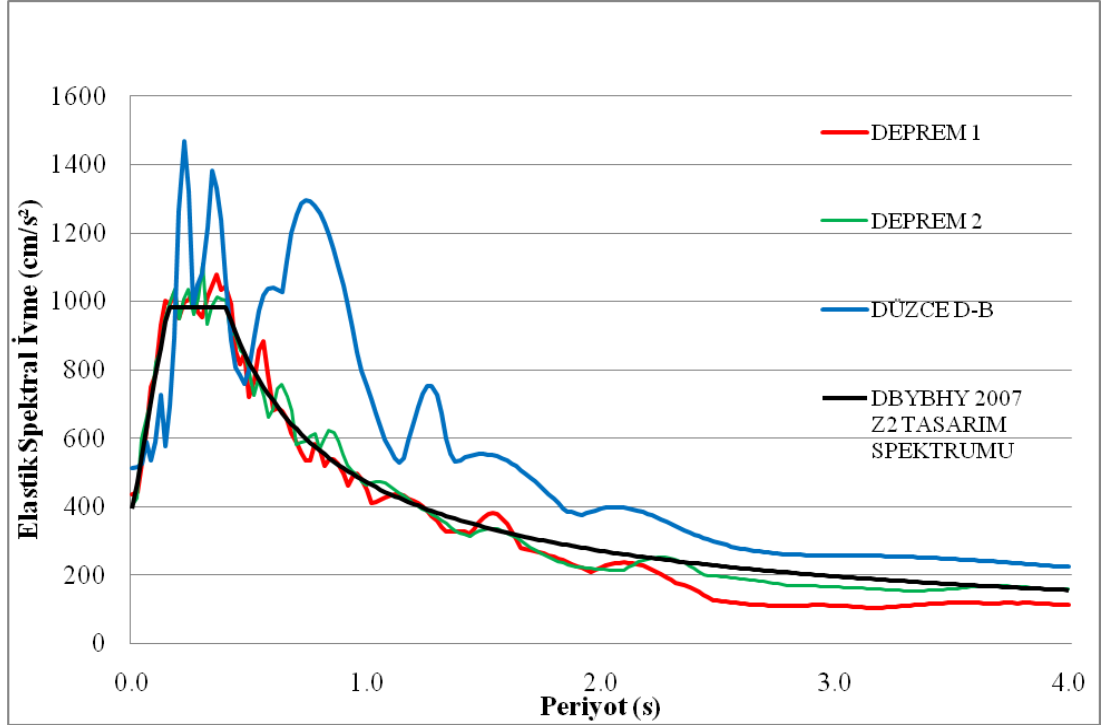
- 1) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
- 2) Deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} ’den daha küçük olmayacaktır.
- 3) Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyot T_1 ’e göre $0.2 T_1$ ile $2 T_1$ arasındaki periyotlar için, DBYBHY 2007 Bölüm 2.4’te tanımlanan spektrumun $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90’ından daha az olmayacaktır.

Analiz sırasında 3 deprem kaydı x ve y doğrultularında ayrı ayrı uygulanmak kaydı ile kullanılmıştır. Böylece yapımızın deprem performansının belirlenmesi aşamasında 6 farklı zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Analizde kullanılan deprem kayıtlarından deprem 1 ve deprem 2 olarak adlandırılan kayıtlar DBYBHY 2007 Z2 zemin sınıfına göre oluşturulan tasarım spektrumu ile uyuşacak şekilde üretilmiş yapay deprem hareketleridir. Diğer son kayıt ise 12 Kasım 1999 Düzce depreminin doğu-batı bileşenidir.

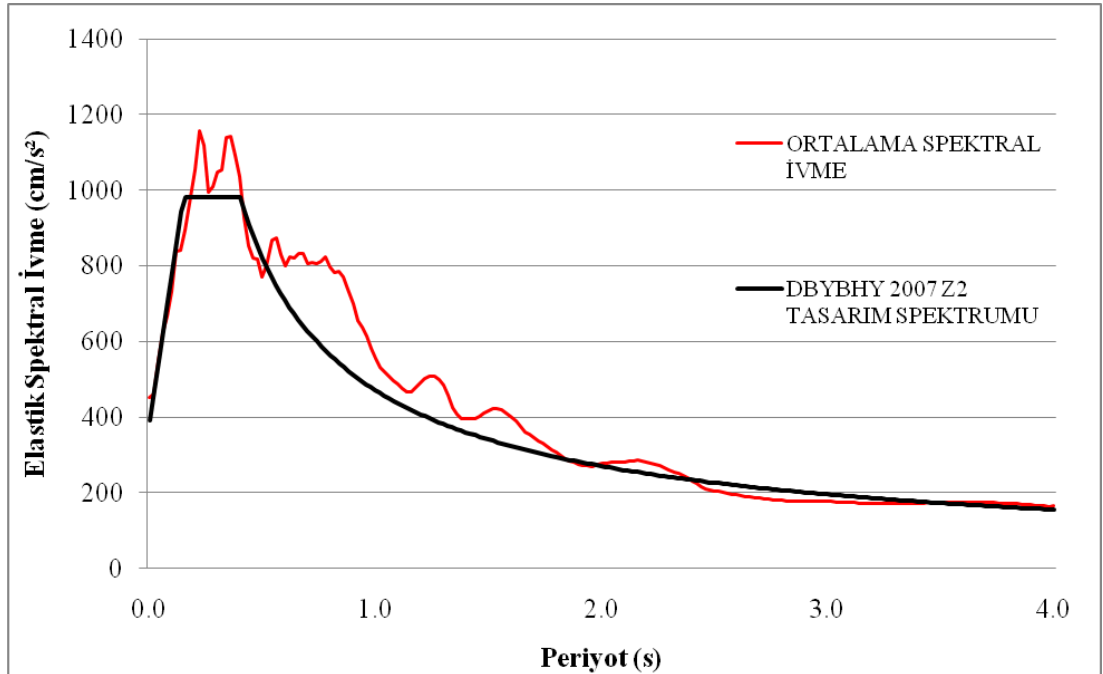
İlk koşula göre kayıt sürelerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Yapıya ait birinci serbest titreşim periyodu 3.21 sn’dir ve bu değer 5 katı ise 16.05 sn’dir. Deprem 1 ve deprem 2 olarak adlandırılan kayıtların süresi 25 sn, Düzce D-B deprem kaydının süresi 25.97 sn’dir. Dolayısıyla ilk koşul sağlanmıştır.

İkinci koşulun kontrolü için yapıya ait %5 viskoz sönüm değeri için çizilen elastik tepki spektrumlarında sıfır periyoda karşılık gelen ivme değerler sırası ile deprem 1, deprem 2, Düzce D-B kayıtları için $434,953 \text{ cm/s}^2$, $406,17 \text{ cm/s}^2$, $513,781 \text{ cm/s}^2$ ‘dir. Z2 zemin sınıfına göre oluşturulan tasarım spektrumunda sıfır periyoda karşılık gelen A_{0g} değeri ise $392,4 \text{ cm/s}^2$ ‘dir. Dolayısıyla bu koşul da sağlanmıştır.

Üçüncü koşulun sağlandığı Şekil 4.23 ve 4.24'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu spektrumlar oluşturulurken “SeismoSpect” programından faydalanılmıştır.

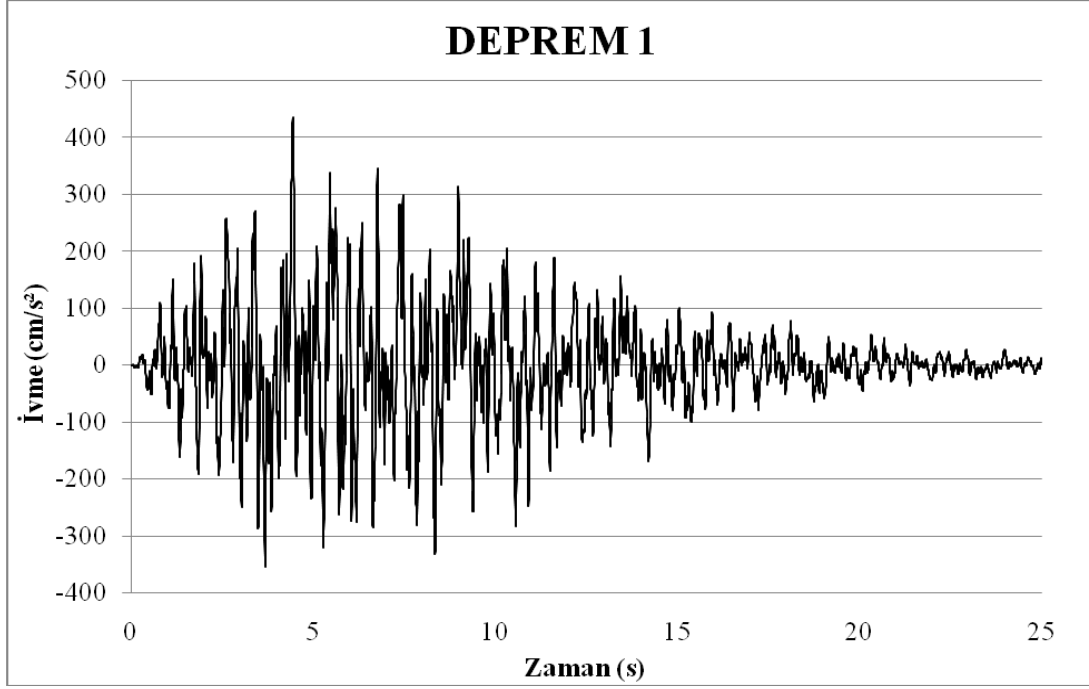


Şekil 4.23 : Elastik spektral ivme – periyot[20].

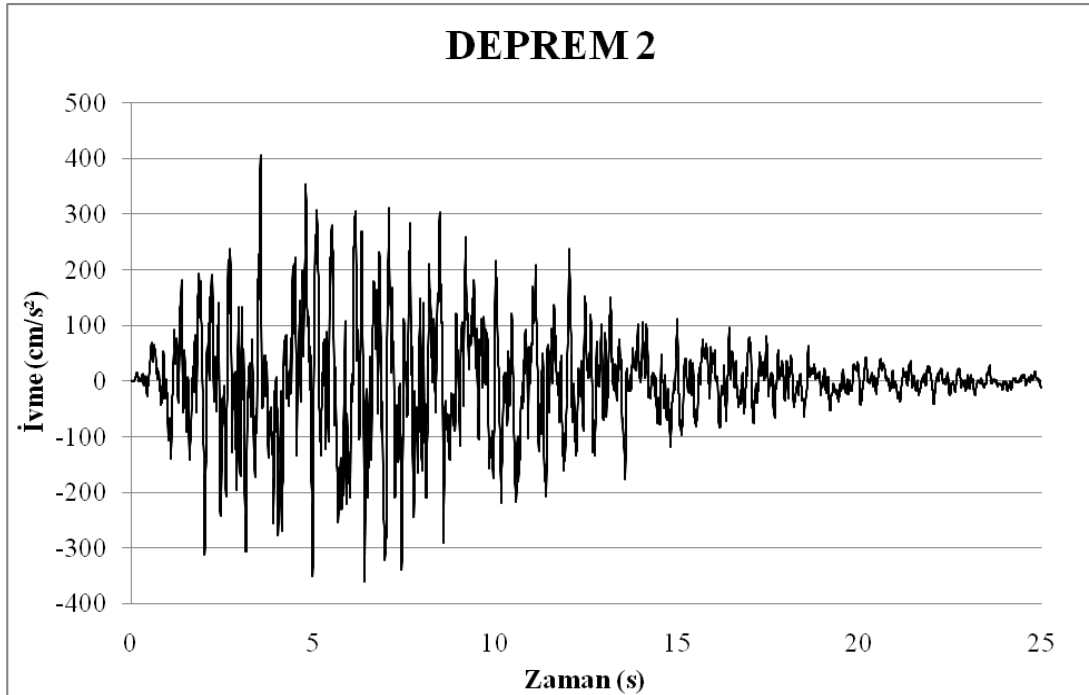


Şekil 4.24 : Ortalama elastik spektral ivme – periyot.

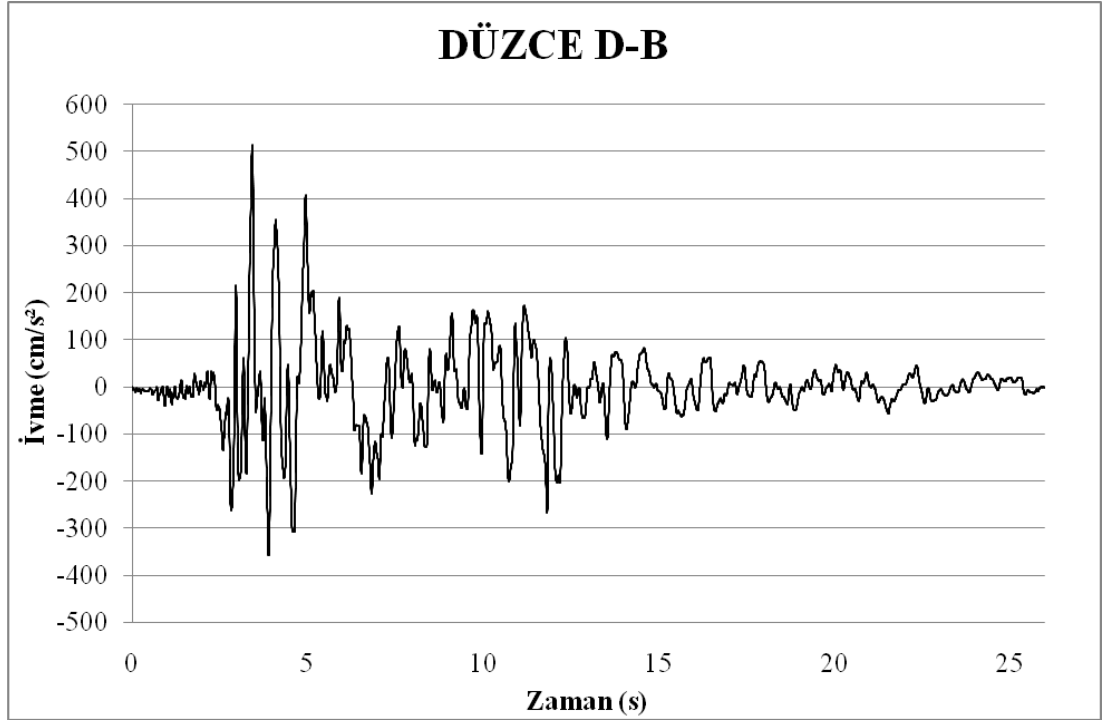
Bu bilgiler doğrultusunda kullanılan deprem kayıtlarının DBYBHY 2007'deki koşulları sağladığı görülmüştür. Aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.25, 4.26, 4.27) deprem kayıtlarına ait ivme-zaman grafikleri ve Çizelge 4.9'da deprem kayıtlarına ait bazı karakteristik özellikler bulunmaktadır. Bu grafik çalışmaya aktarılırken “SeismoSignal” programından faydalanılmıştır[21].



Şekil 4.25 : Deprem 1 isimli üretilmiş depremin ivme-zaman grafiği[21].



Şekil 4.26 : Deprem 2 isimli üretilmiş depremin ivme-zaman grafiği[21].



Şekil 4.27 : Düzce d-b depreminin ivme-zaman grafiği[21].

Çizelge 4.9 : Analizde kullanılan deprem kayıtlarına ait karakteristik bilgiler.

Deprem Adı	Süre (s)	Maksimum İvme (cm/s ²)	Maksimum Hız (cm/s)	Maksimum Yerdeğiştirme (cm)	Zaman İlerleme Aralığı (s)
Deprem 1	25,00	434,95	-42,67	-13,99	0,005
Deprem 2	25,00	406,17	-48,47	24,02	0,005
Düzce D-B	25,97	513,78	-90,80	-423,44	0,005

4.4.6 Zaman tanım alanında analiz için yükleme durumlarının oluşturulması

Programda zaman tanım alanında hesap için bazı yükleme durumları oluşturulması gerekmektedir. Ancak doğrusal olmayan bir analizin başlangıç koşulları da yine doğrusal olmayan başka bir analiz olmak zorundadır. Bu yüzden doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap için oluşturulan yükleme durumlarının başlangıç koşulu olmak kaydı ile bir doğrusal olmayan statik analiz durumu tanımlanmalıdır. Bu yüklemenin adı “P0düşey” olacaktır.

P0düşey, düşey doğrultuda yapının toplam ağırlığını temsil eden sabit ve hareketli yüklerin oluşturduğu yükleme kombinasyonunu ifade etmektedir. Bu analiz durumunda mevcut olan G1, G2, Q yükleri doğrusal olarak tanımladığımız yüklerdir. P0düşey analiz durumunda yapı ağırlığı gerilmenin sıfır olduğu ilk durumdan yapının en alt ucundaki noktalara toplam düşey yükün tamamı etki edene kadar devam eden bir yükleme tipi olarak tanımlanabilir. Aşağıdaki Şekil 4.28’de P0düşey yüklemesinin programa veri girişi anlatılmaktadır.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PODUSEY [Set Def Name] Notes: [Modify/Show...]

Load Case Type: Static [Design...]

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

Analysis Type:
☐ Linear
☒ Nonlinear
☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:
All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL []

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

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G1	1.
Load Pattern	G1	1.
Load Pattern	G2	1.
Load Pattern	Q	0.3

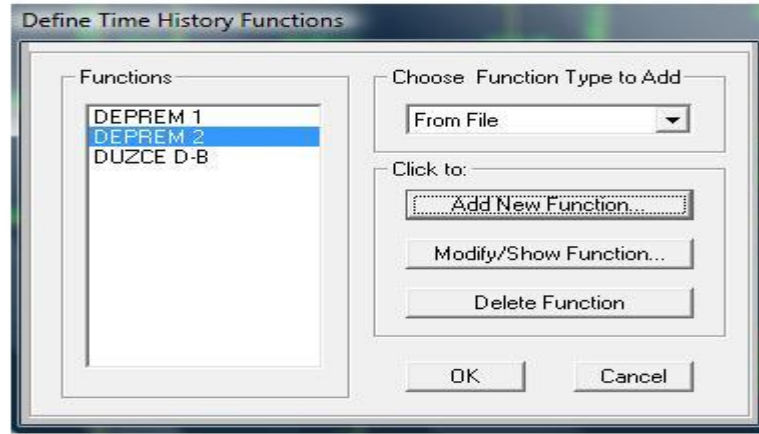
Add, Modify, Delete

Other Parameters:
Load Application: Full Load [Modify/Show...]
Results Saved: Final State Only [Modify/Show...]
Nonlinear Parameters: Default [Modify/Show...]

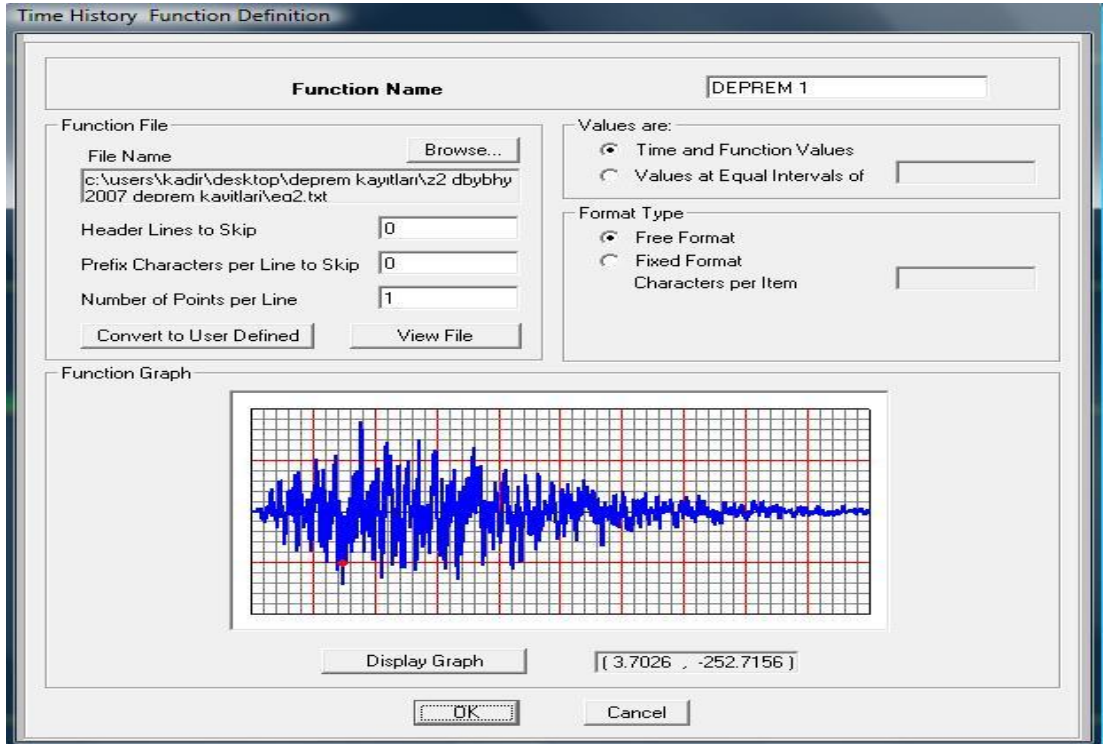
OK, Cancel

Şekil 4.28 : P0düşey yükünün veri girişi.

Bu yükleme programda ise “Define - Load Cases - Add New Load Case” sekmesi ile tanımlanır. Açılan pencerede statik, nonlinear analiz tipi seçilir ve ağırlığı ifade eden yükleme durumu $G1+G2+0,3Q$ yüklemesi yapılır. Daha sonra bu analiz durumunun başlangıç koşulu olarak kabul edildiği lineer olmayan zaman tanım alanında hesap için deprem kayıtlarının programa veri girişinin yapılması ve buna bağlı yüklemelerin oluşturulması gerekmektedir. Deprem kayıtları programa tanımlanırken “Define – Functions – Time History” sekmesi kullanılır. Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da kayıtlar için veri girişi gösterilmiştir.



Şekil 4.29 : Deprem kayıtları için veri girişi.



Şekil 4.30 : Deprem kayıtlarının programda oluşturulması.

Bu şekilde bütün kayıtlar tanımlandıktan sonra bu kayıtlara ait zaman tanım alanında hesap için doğrusal olmayan yüklemeler oluşturulmuştur.

Zaman tanım alanında hesap yönteminde kullanılacak yüklemeler için programdaki “Define - Load Cases - Add New Load Case” sekmesi açılır ve açılan pencerede başlangıç koşulları olarak “Continue from State End of Nonlinear Case” bölümünde P0düşey işaretlenir. “Laod Case Type” bölümünde “Time History”, “Analysis Type” bölümünde ise “Nonlinear” ve son olarak da “Time History Type” bölümünde ise “Direct Integraion” seçenekleri işaretlenir. Ayrıca P-delta etkilerini hesaba katmak için ise “Geometric Nonlinearty Parameters” kısmında “P-Delta” seçeneği işaretlenir. Bu şekilde seçtiğimiz tüm parametreler yükün özelliğini, çeşidini ve analiz tipini seçmek adına yapılmıştır.

Daha sonra bu yükün kullanacağı kayıt, yükleme yönü ve programda kullandığımız birimlere göre seçilen bir katsayı ile çarpılarak tanımlanır. “Loads Applied” bölümünde “Load Type” bölümü “Acceleration”, “Laod Name” bölümü “U1”, “Function” bölümü “Deprem 1” ve “Scale Factor” bölümü ise “0.01” olarak seçilir ve yük “Add” seçeneği ile tanımlanır. Burada yapmış olduğumuz yüklemede 0.01 katsayısı kullanmamızın sebebi, birim olarak Kn-m kullanırken kayıtlarımızın cm/sn² cinsinden olmasıdır.

Daha sonra “Number of Output Time Steps” bölümüne 2500, “Output Time Step Size” bölümüne ise 0.01 yazılarak analiz sonuçları inceleyeceğimiz zaman aralığına göre çözümdeki basamak adım sayısı oluşturulmuştur. Böylece programdaki analiz sonuçlarına ait bilgiler 0.01 sn aralıkla 25 sn’lik kayıt için görülebilecektir.

Son olarak “Other Parameters” bölümündeki “Damping” penceresinden binanın ilk iki periyodu değerlerinin %5’i oranında sönüm tanımlanmıştır. SAP2000 programı bu periyod değerleri için sönüm oranını kendisi hesaplamaktadır. Ayrıca “Time Integration” bölümünde “Newmark” entegrasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu bilgiler ait ayrıntılı bilgi Şekil 4.31’de gösterilmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Direct Integration History

Load Case Name: Set Def Name Modify/Show...

Load Case Type: Design...

Initial Conditions:

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

Use Modes from Case:

Analysis Type:

☐ Linear ☒ Nonlinear

Time History Type:

☐ Modal ☒ Direct Integration

Geometric Nonlinearity Parameters:

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

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	DEPREM 1	0.01
Accel	U1	DEPREM 1	0.01

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

Number of Output Time Steps:

Output Time Step Size:

Time History Motion Type:

☒ Transient ☐ Periodic

Other Parameters:

Damping: Modify/Show...

Time Integration: Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Modify/Show...

OK Cancel

Şekil 4.31 : Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için veri girişi.

Bu yapılan işlemlerin hepsi sadece deprem 1 kaydının u1 yönünde uygulanmasına örnek teşkil etmek amacıyla gösterilmiştir. Ancak bu şekilde 6 farklı analiz durumu zaman tanım alanında hesap için tanımlanmalıdır. Bunlar her bir deprem kaydının u1 ve u2 yönünde uygulanması ile olacaktır. Aşağıdaki Şekil 4.32’de bu 6 farklı analizin olduğu durum gösterilmiştir.

Define Load Cases

Load Cases:

Load Case Name	Load Case Type
MODAL	Modal
G1	Linear Static
Q	Linear Static
G2	Linear Static
EX	Response Spectrum
EY	Response Spectrum
PODUSEY	Nonlinear Static
DEPREM1 U1	Nonlinear Direct Integration History
DEPREM1 U2	Nonlinear Direct Integration History
DEPREM2 U1	Nonlinear Direct Integration History
DEPREM2 U2	Nonlinear Direct Integration History
DUZCE D-B U1	Nonlinear Direct Integration History
DUZCE D-B U2	Nonlinear Direct Integration History

Click to:

Display Load Cases:

OK Cancel

Şekil 4.32 : Doğrusal olmayan zaman tanım alanında analiz için yüklemeler.

4.5 Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

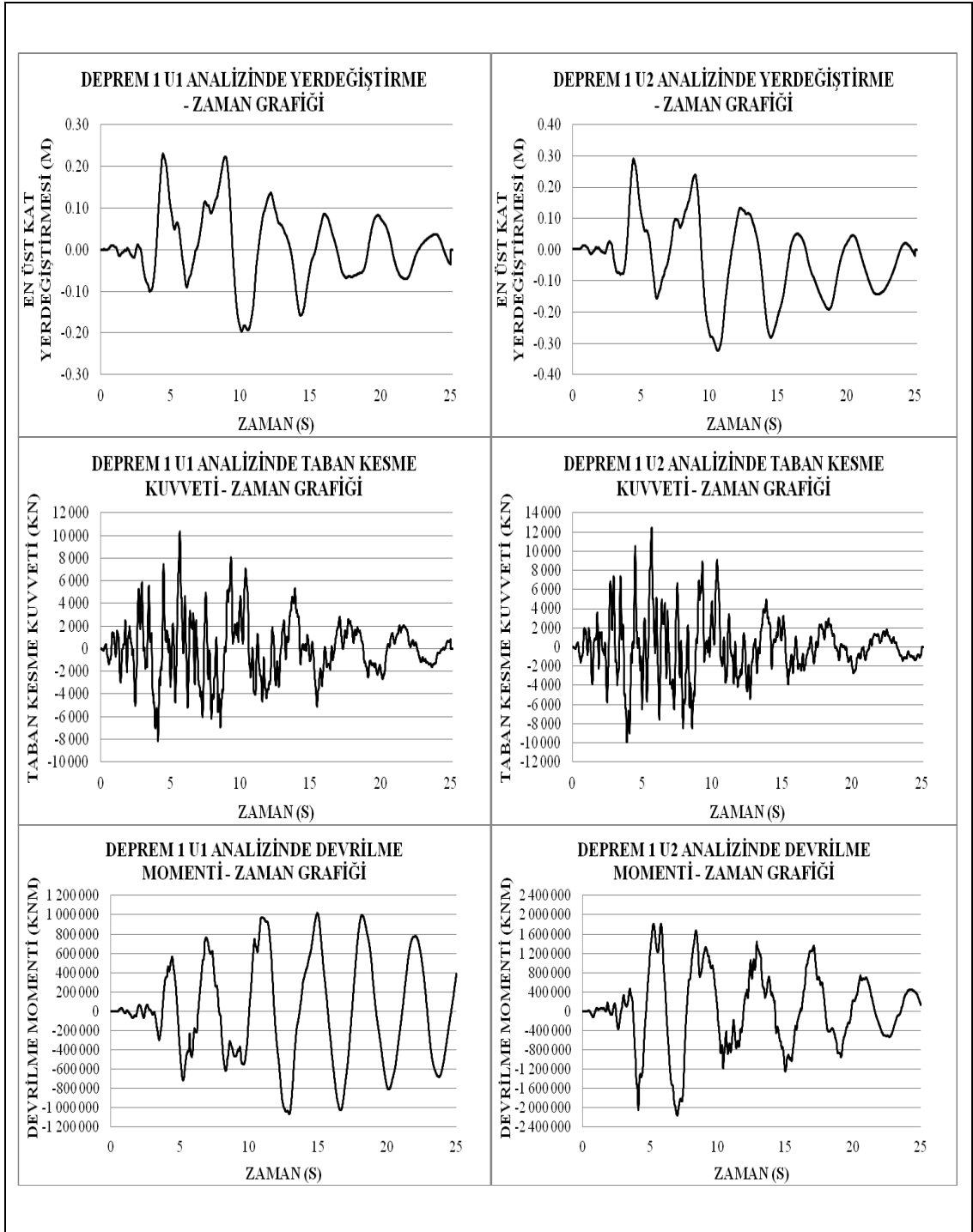
Bu çalışmada, yapay yollarla üretilmiş iki adet deprem kaydı ve bir adet gerçek deprem kaydı 32 katlı betonarme bir yapıya x ve y deprem doğrultularında olmak üzere zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi seçilerek uygulanmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarının her birine sağ ve sol uçlarının her ikisinde de olmak koşulu ile plastik mafsallar tanımlanmış ve taşıyıcı sisteme ait diğer yerlerin elastik davranış göstereceği varsayılmıştır. Tanımlanan bu plastik mafsallarda oluşacak dönme değerleri ile kesite ait eğrilik ve şekil değiştirme miktarları hesaplanmış ve DBYBHY 2007’de belirtilen şekil değiştirme sınırları ile karşılaştırılarak kesit hasar durumları tespit edilmiş ve buna bağlı olarak yapının deprem performans düzeyi belirlenmiştir.

Bu bağlamda toplamda 6 adet analiz yapılmış ve elde edilen analiz sonuçlarından en elverişsiz durumlar gözetilerek hesaplamalar yapılmıştır.

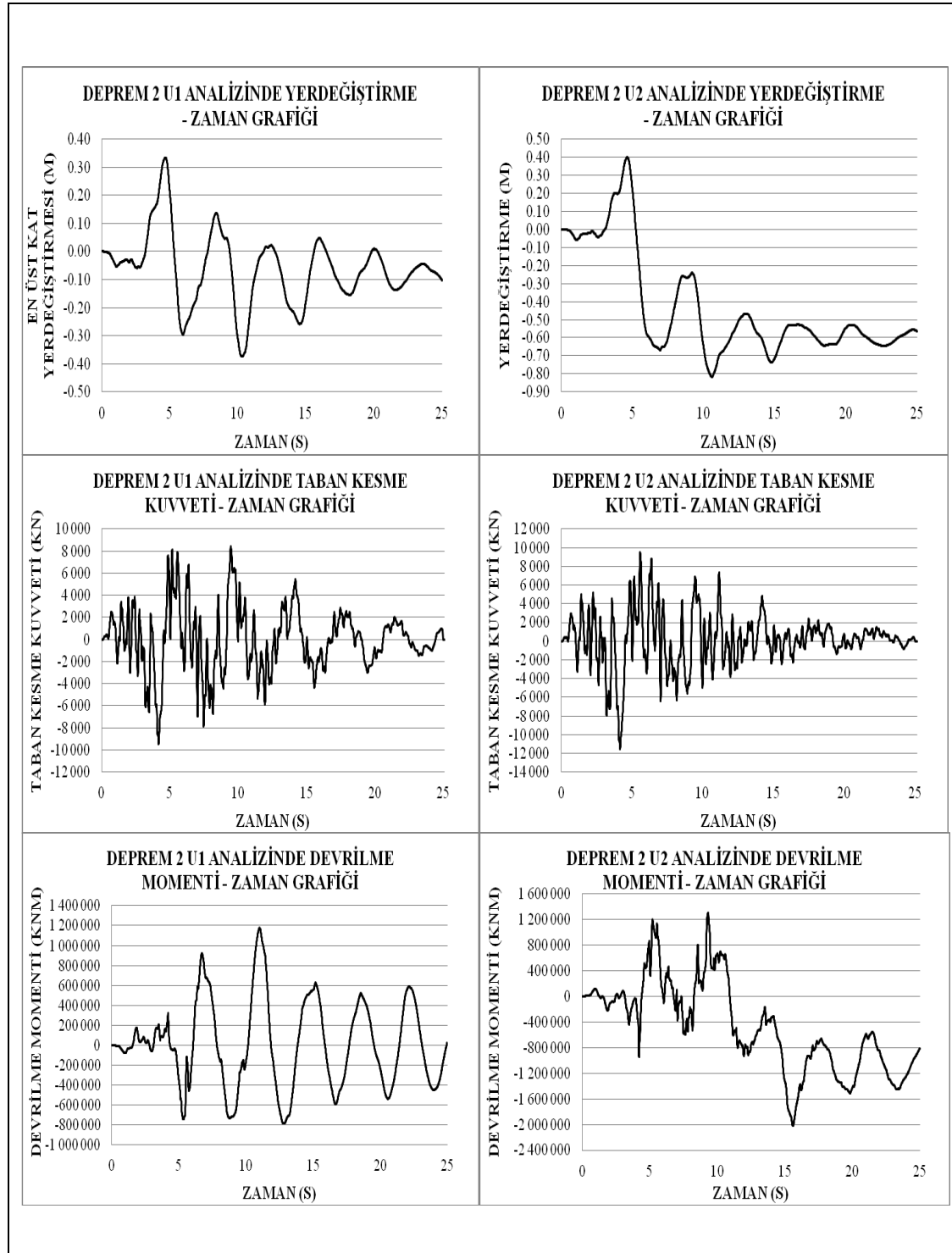
Analizler sonucunda elde edilen plastik dönme değerlerinden plastik eğrilikler, daha sonra plastik eğrilik ile akma eğriliğinin toplanması ile toplam eğrilik ve toplam şekil değiştirmeler hesaplanmıştır.

4.5.1 Yapıya etkiyen deprem etkileri

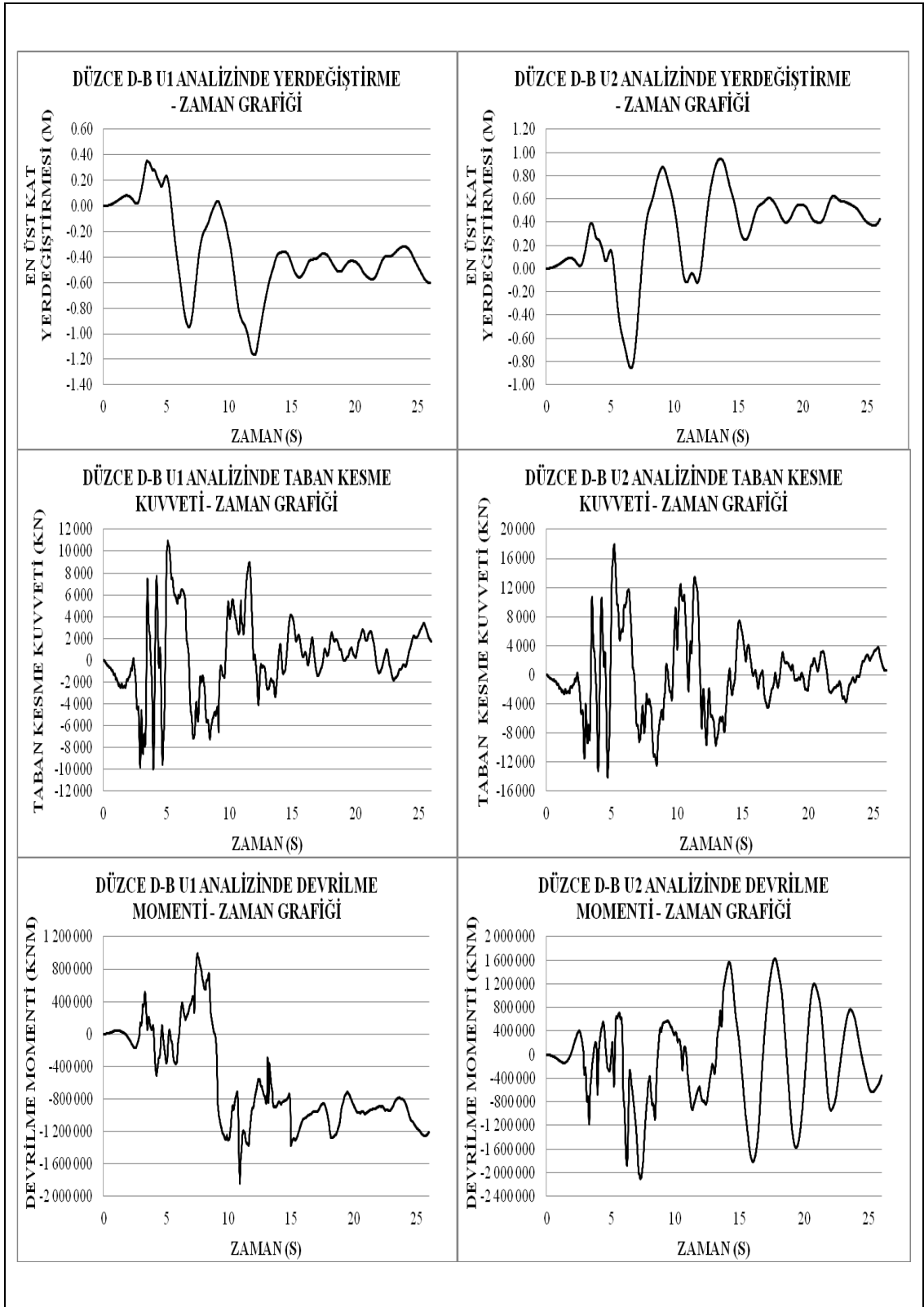
Farklı deprem kayıtlarına bağlı olarak yapılan 6 analiz sonucunda yapıya etkiyen deprem parametreleri ve yer değiştirmeler de analiz sonuçlarında elde edilmiştir. Bu anlamda her bir farklı analiz için 3 farklı parametre değerlendirilmiş bunların zaman bağlı değişimleri şekillerle grafiksel olarak gösterilmiştir. Bu analizler sonucunda x ve y deprem doğrultularında ayrı ayrı olmak kaydı ile en üst kat yer değiştirmesi, taban kesme kuvveti ve devrilme momenti ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Aşağıdaki şekillerde Şekil 4.33, 4.34, 4.35’te herbir analiz için bu 3 parametre zamana bağlı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.33 : Deprem1 u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.



Şekil 4.34 : Deprem2 u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.



Şekil 4.35 : Düzce d-b u1 (sol) ve u2 (sağ) analizleri için oluşan deprem etkileri.

4.5.2 Kirişlerin hasar durumlarının incelenmesi

Aşağıdaki örnek bir kiriş kesidine ait hesaplamalar gösterilmiştir. X deprem doğrultusunda 30x70 kesit ölçülerine sahip, 81H1 ve 81H2 numaralı plastik mafsalların bulunduğu zemin kat kirişin değerlendirilmesi ve şekildeğiştirme durumları ile hasar bölgesi hesaplanmıştır.

$$\theta_{p,sol} = 0,011139 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$$\theta_{p,sağ} = 0,007142 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$$L_p = 0,5h = 0,35 \text{ m (Kesit yüksekliğinin yarısı)}$$

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ve Denklem 3.1 ve 3.2’de tanımlanan formüllere bağlı olarak aşağıdaki hesap yapılmıştır.

$$\phi_{p,sol} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,03183 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{p,sağ} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,02041 \text{ rad / m}$$

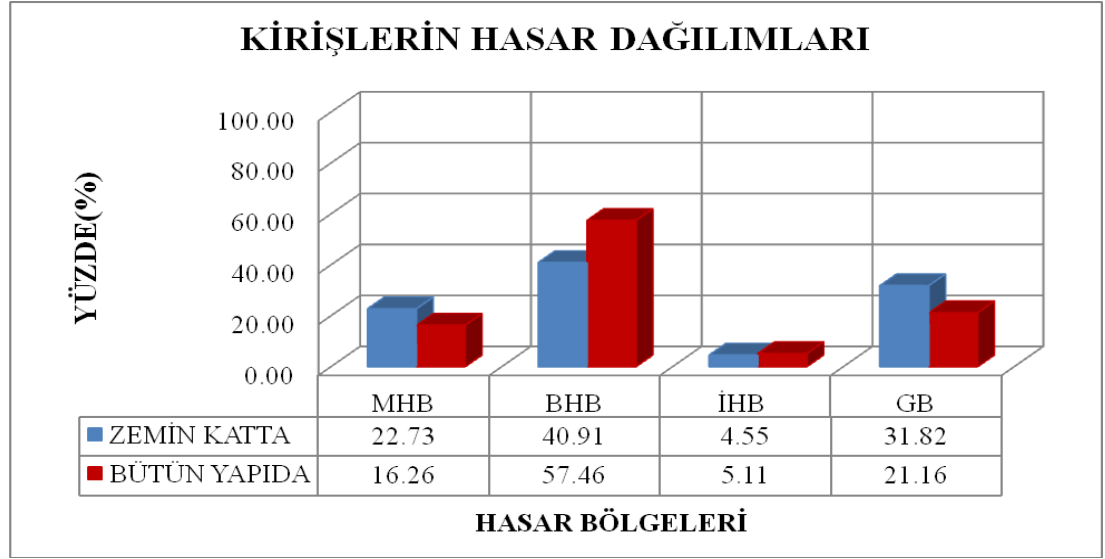
$$\phi_y = 0,003864 \text{ rad/m (35x70 boyutlarındaki kirişin akma eğriliği)}$$

$$\phi_{t,sol} = \phi_y + \phi_p = 0,036 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{t,sağ} = \phi_y + \phi_p = 0,024 \text{ rad / m}$$

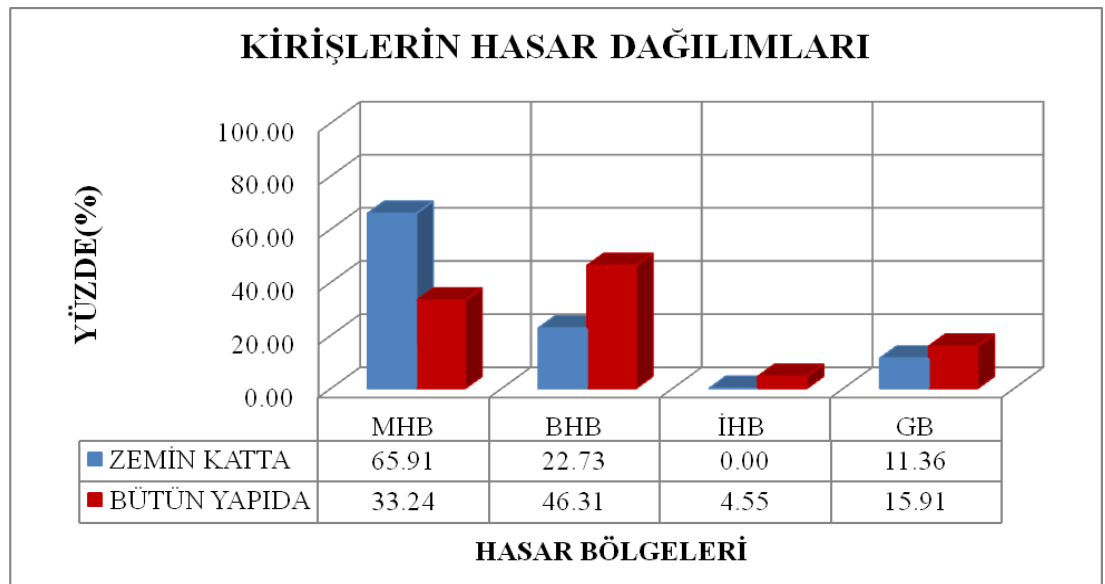
Yukarda belirtilen şekilde sırası ile sol ve sağ uçlardaki toplam eğrilikler hesaplanmıştır. DBYBHY 2007’deki şekildeğiştirme hasar sınırlarına bağlı olarak, minimum hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama değeri 0,01 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,01685 rad/m’dir. Güvenlik hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama 0,04 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,06364 rad/m’dir. Sağ ve sol uçlar için hesaplanan her iki toplam eğrilik değeri minimum hasar sınırını aşmış, ancak güvenlik sınırının altında olduğundan kesitimiz Belirgin Hasar Bölgesinde yer almaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda yapımızda bulunun bütün kiriş kesitleri aynı şekilde x ve y deprem doğrultularında ayrı ayrı olmak üzere incelenmiştir ve aşağıdaki Şekil 4.36 ve 4.37’de kiriş kesitlerine ait hasar durumları ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.36 : X deprem doğrultusunda kirişlerin hasar dağılımı.

Şekil 4.36’da gösterilen X deprem doğrultusunda zemin kat kirişlerinde ve bütün yapıdaki mevcut kirişlerde meydana gelen hasar bölgelerine göre 44 adet zemin kat kirişinden, 10 adet kiriş Minimum Hasar, 18 adet kiriş Belirgin Hasar, 2 adet kiriş İleri Hasar, 14 adet kiriş Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki 1408 adet mevcut kirişten, 229 adet kiriş Minimum Hasar, 809 adet kiriş Belirgin Hasar, 72 adet kiriş İleri Hasar, 298 adet kiriş Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 4.37 : Y deprem doğrultusunda kirişlerin hasar dağılımı.

Şekil 4.37’de gösterilen Y deprem doğrultusunda zemin kat kirişlerinde ve bütün yapıdaki mevcut kirişlerde meydana gelen hasar bölgelerine göre 44 adet zemin kat kirişinden, 29 adet kiriş Minimum Hasar, 10 adet kiriş Belirgin Hasar, 5 adet kiriş Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki 1408 adet mevcut kirişten, 468 adet kiriş Minimum Hasar Bölgesinde, 652 adet kiriş Belirgin Hasar, 64 adet kiriş İleri Hasar, 224 adet kiriş Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.

4.5.3 Kolonların hasar durumlarının incelenmesi

Aşağıdaki örnek bir kolon kesidine ait hesaplamalar gösterilmiştir. X deprem doğrultusunda 25x100 kesit ölçülerine sahip, 96H1 ve 96H2 numaralı plastik mafsalların bulunduğu zemin kat kolonunun değerlendirilmesi ve şekildeğiştirme durumları ile hasar bölgesi hesaplanmıştır.

$$\theta_{p,alt} = 0,01011 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$$\theta_{p,üst} = 0,006041 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$$L_p = 0,5h = 0,5 \text{ m (Kesitin x doğrultusundaki uzunluğunun yarısı)}$$

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ve Denklem 3.1 ve 3.2’de tanımlanan formüllere bağlı olarak aşağıdaki hesap yapılmıştır.

$$\phi_{p,alt} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,002022 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{p,üst} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,012082 \text{ rad / m}$$

$$\phi_y = 0,004502 \text{ rad/m (25x100 boyutlarındaki kolonun akma eğriliği)}$$

$$\phi_{t,alt} = \phi_y + \phi_p = 0,0065 \text{ rad / m}$$

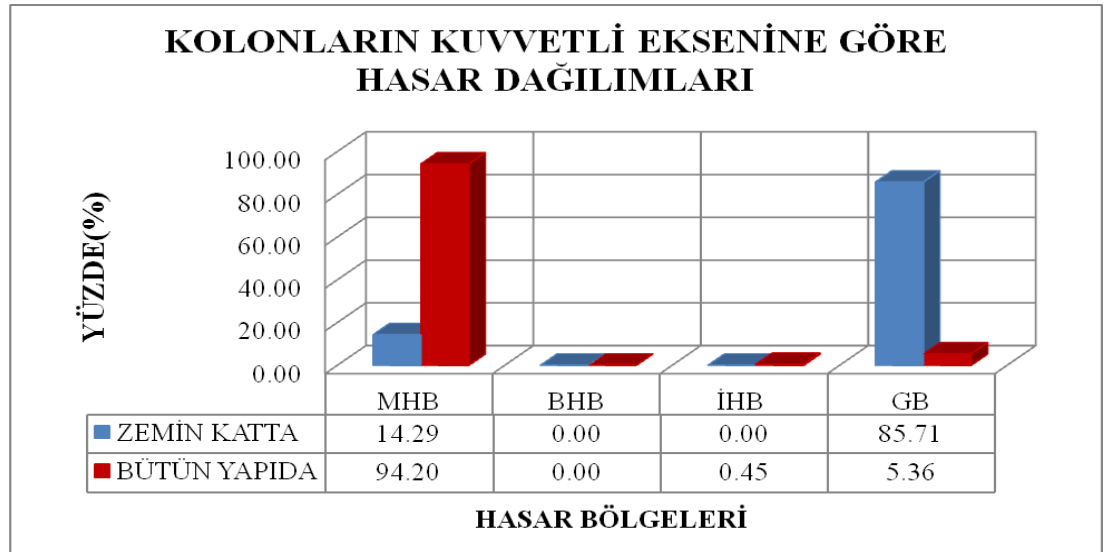
$$\phi_{t,üst} = \phi_y + \phi_p = 0,0166 \text{ rad / m}$$

Hesaplanan eğrilik değerleri P = -3016,95 Kn eksenel basınç kuvveti altında oluşan akma eğriliği ve toplam eğrilik değerleridir.

Yukarda belirtilen şekilde sırası ile alt ve üst uçlardaki toplam eğrilikler hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'deki şekildeğişime hasar sınırlarına bağlı olarak, minimum hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama değeri 0,01 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,00672 rad/m'dir. Güvenlik hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama 0,04 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,0069 rad/m'dir. Göçme hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,004 ve donatı malzemesi için birim uzama 0,06 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,0072 rad/m'dir.

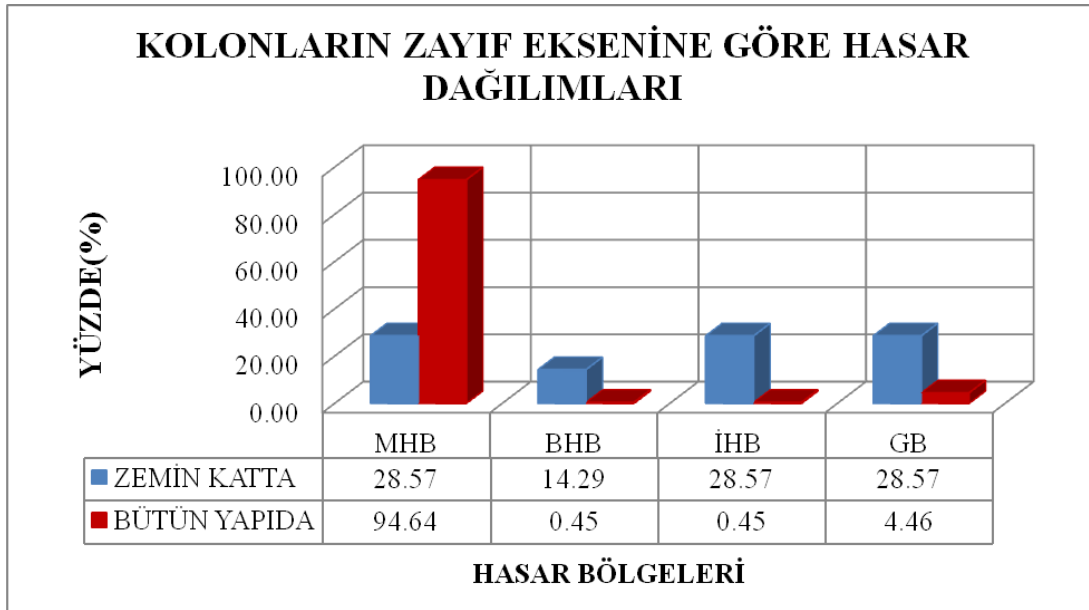
Alt uç için hesaplanan toplam eğrilik değeri minimum hasar sınırını aşmamış, ancak üst uç için hesaplanan toplam eğrilik değeri göçme sınır eğrilik değerini aşmış olduğundan kesitimiz Göçme Bölgesinde yer almaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda yapımızda bulunun bütün kolon kesitleri aynı şekilde x ve y deprem doğrultularında, kuvvetli ve zayıf eksenlerinde ayrı ayrı olmak üzere incelenmiştir ve aşağıdaki Şekil 4.38, 4.39, 4.40 ve 4.41'de kolon kesitlerine ait hasar durumları ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.



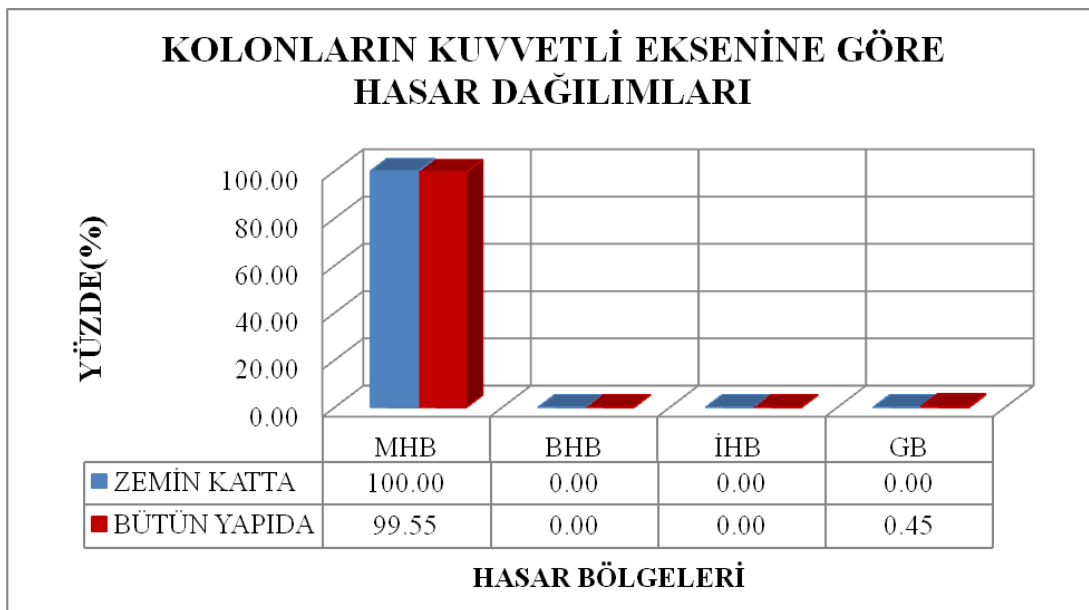
Şekil 4.38 : X deprem doğrultusunda kolonların kuvvetli eksenine göre hasar dağılımı.

Şekil 4.38'de gösterilen X deprem doğrultusunda kuvvetli eksen için zemin kat kolonlarında ve bütün yapıdaki mevcut kolonlarda meydana gelen hasar bölgelerine göre 7 adet zemin kat kolonlarından, 1 adet kolon Minimum Hasar, 6 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki mevcut 224 adet kolondan, 211 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon İleri Hasar, 12 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



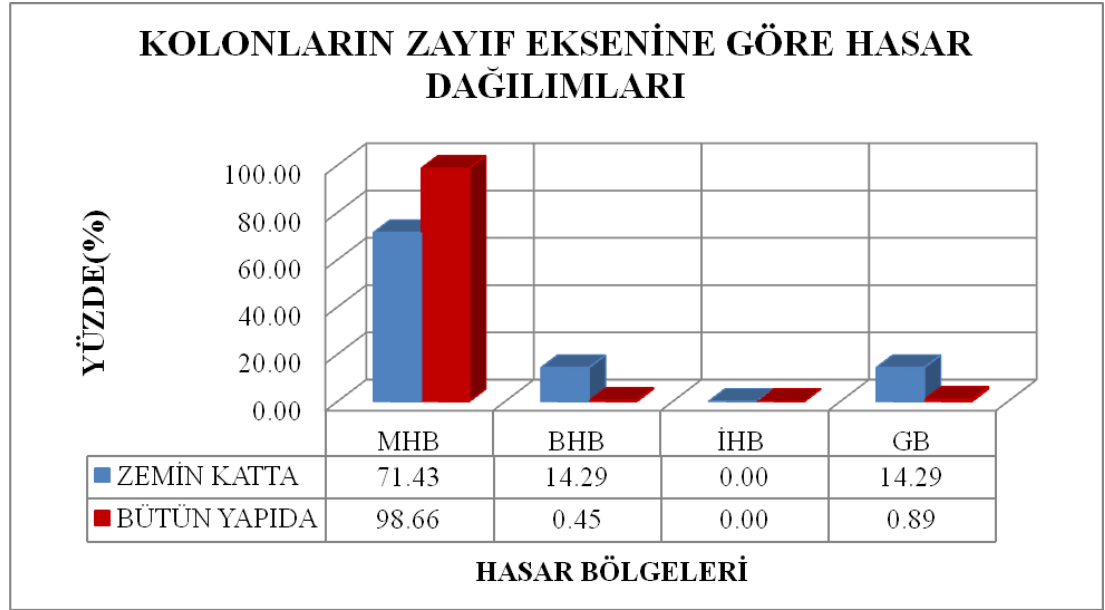
Şekil 4.39 : X deprem doğrultusunda kolonların zayıf eksenini için hasar dağılımı.

Şekil 4.39’da gösterilen X deprem doğrultusunda zayıf eksen için zemin kat kolonlarında ve bütün yapıdaki mevcut kolonlarda meydana gelen hasar bölgelerine göre; 7 adet zemin kat kolonlarından, 2 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon Belirgin Hasar, 2 adet kolon İleri Hasar, 2 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki mevcut 224 adet kolondan, 212 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon Belirgin Hasar, 1 adet kolon İleri Hasar, 10 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 4.40 : Y deprem doğrultusunda kolonların kuvvetli eksenini için hasar dağılımı.

Şekil 4.40'da gösterilen Y deprem doğrultusunda kuvvetli eksen için zemin kat kolonlarında ve bütün yapıdaki mevcut kolonlarda meydana gelen hasar bölgelerine göre; 7 adet zemin kat kolonlarından, 7 adet kolon Minimum Hasar Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki mevcut 224 adet kolondan, 223 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 4.41 : Y deprem doğrultusunda kolonların zayıf eksenine için hasar dağılımı.

Şekil 4.41'de gösterilen Y deprem doğrultusunda zayıf eksen için zemin kat kolonlarında ve bütün yapıdaki mevcut kolonlarda meydana gelen hasar bölgelerine göre; 7 adet zemin kat kolonlarından, 5 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon Belirgin Hasar, 1 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Bütün yapıdaki mevcut 224 adet kolondan, 221 adet kolon Minimum Hasar, 1 adet kolon Belirgin Hasar, 2 adet kolon Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.

4.5.4 Perdelerin hasar durumlarının incelenmesi

Aşağıdaki örnek bir perde kesidine ait hesaplamalar gösterilmiştir. X deprem doğrultusunda 25x250 kesit ölçülerine sahip, 93H1 ve 93H2 numaralı plastik mafsalların bulunduğu perdenin değerlendirilmesi ve şekildeğiştirme durumları ile hasar bölgesi hesaplanmıştır.

$$\theta_{p,alt} = 0,001073 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$$\theta_{p,üst} = 0,046835 \text{ rad (Analiz sonucu elde edilen dönme değeri)}$$

$L_p = 0,5h = 0,125 \text{ m}$ (Kesitin x doğrultusundaki uzunluğunun yarısı)

Daha önceki bölümlerde bahsedilen ve Denklem 3.1 ve 3.2’de tanımlanan formüllere bağlı olarak aşağıdaki hesap yapılmıştır.

$$\phi_{p,alt} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,008584 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{p,üst} = \frac{\theta_p}{L_p} = 0,37468 \text{ rad / m}$$

$\phi_y = 0,004502 \text{ rad/m}$ (25x250 boyutlarındaki perdenin akma eğriliği)

$$\phi_{t,alt} = \phi_y + \phi_p = 0,02077 \text{ rad / m}$$

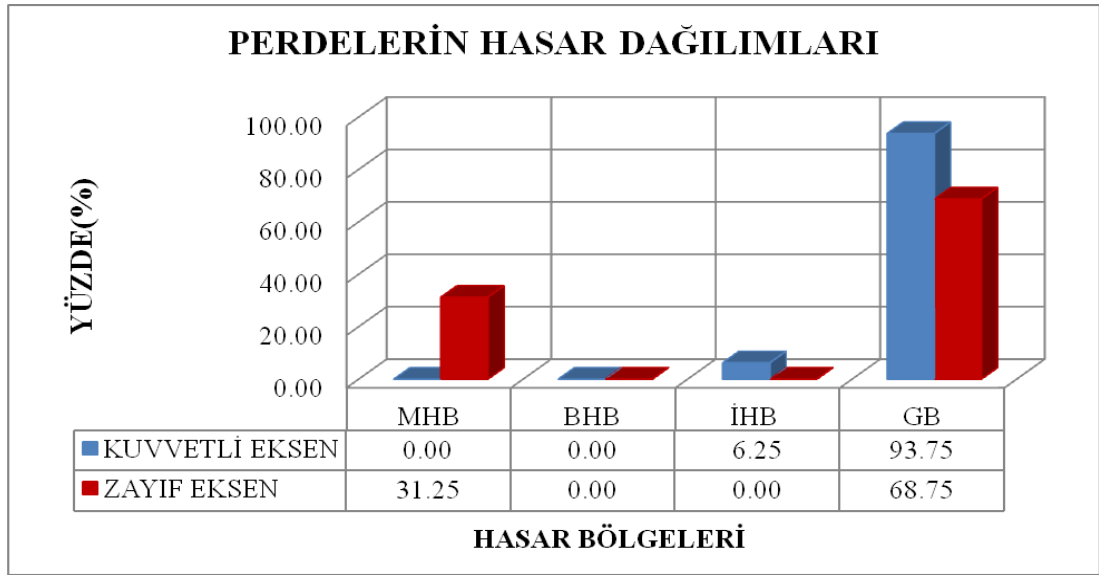
$$\phi_{t,üst} = \phi_y + \phi_p = 0,39047 \text{ rad / m}$$

Hesaplanan eğrilik değerleri $P = -16356,4 \text{ Kn}$ eksenel basınç kuvveti altında oluşan akma eğriliği ve toplam eğrilik değerleridir.

Yukarda belirtilen şekilde sırası ile sol ve sağ uçlardaki toplam eğrilikler hesaplanmıştır. DBYBHY 2007’deki şekildeğiştirmeye hasar sınırlarına bağlı olarak, minimum hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama değeri 0,01 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,00176 rad/m’dir. Güvenlik hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,0035 ve donatı malzemesi için birim uzama 0,04 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,00177 rad/m’dir. Göçme hasar sınırını temsil eden betonun birim kısalma değeri 0,004 ve donatı malzemesi için birim uzama 0,06 değeri için sınır toplam eğrilik değeri 0,00194 rad/m’dir.

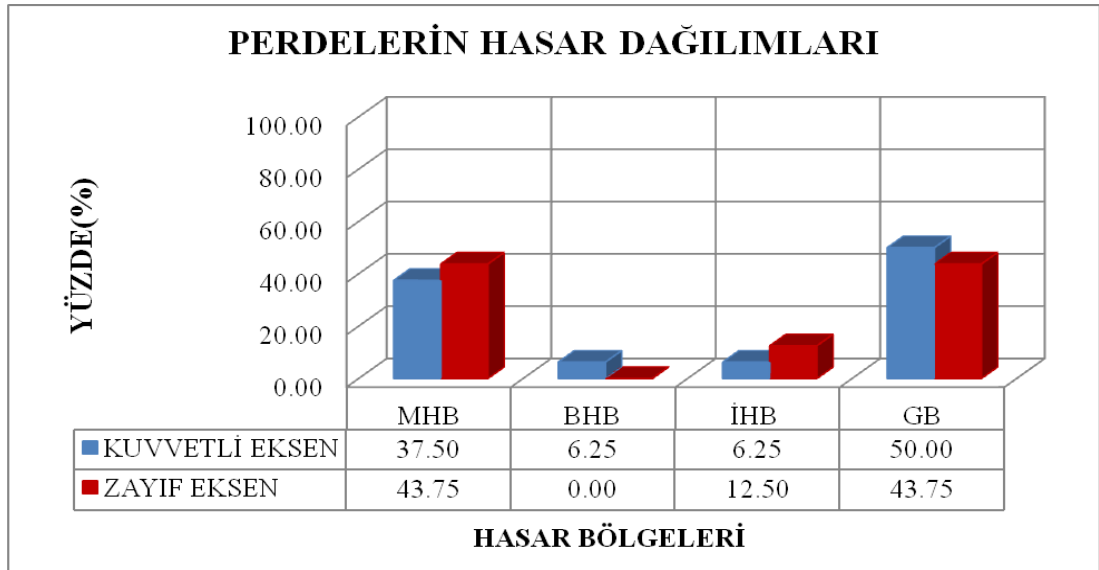
Alt ve üst uç için hesaplanan toplam eğrilik değeri göçme sınır eğrilik değerini aşmış olduğundan kesitimiz Göçme Bölgesinde yer almaktadır.

Bu bilgiler doğrultusunda yapımızda bulunun bütün kolon kesitleri aynı şekilde x ve y deprem doğrultularında, kuvvetli ve zayıf eksenlerinde ayrı ayrı olmak üzere incelenmiştir ve aşağıdaki Şekil 4.42, 4.43’te perde kesitlerine ait hasar durumları ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4.42 : X deprem doğrultusunda eksenlere göre perdelerin hasar dağılımı.

Şekil 4.42’de gösterilen X deprem doğrultusunda kuvvetli eksen için 16 adet perdelerin meydana gelen hasar bölgelerine göre; 1 adet perde İleri Hasar, 15 adet perde Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Zayıf eksen için 16 adet perdeden, 5 adet perde Minimum Hasar, 11 adet perde Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 4.43 : Y deprem doğrultusunda eksenlere göre perdelerin hasar dağılımı.

Şekil 4.43’te gösterilen Y deprem doğrultusunda kuvvetli eksen için 16 adet perdelerin meydana gelen hasar bölgelerine göre; 6 adet Minimum Hasar, 1 adet Belirgin Hasar, 1 adet perde İleri Hasar, 8 adet perde Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Zayıf eksen için 16 adet perdeden, 7 adet perde Minimum Hasar, 2 adet İleri Hasar, 7 adet perde Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında 32 katlı betonarme bir yapının deprem performansı DBYBHY 2007'ye göre zaman tanım alanında hesap yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde çalışmasının başında hedeflenen 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Can Güvenliği performans hedefinin sağlanmadığı ve yapının Göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir. Analizlerden elde edilen sonuçlarına göre yapının taşıyıcı sistem elemanları olan kiriş, kolon ve perde gibi elemanlarında yapıyı göçme durumuna getirecek önemli yapısal hasarların meydana geldiği görülmüştür. Elde edilen bazı sonuçlar şunlardır:

- Analizlerde her bir farklı kesite tanımlanan plastik mafsallık özelliği için kiriş sağ ve sol ucunda, kolon alt ve üst ucunda, perdeler de kolon gibi çubuk eleman olarak modellendiğinden her bir kattaki perde alt ve üst ucunda plastik mafsallık sonuçları değerlendirilmiştir.
- Tanımlanan her farklı plastik mafsallık için, sağ ve sol uçta veya alt ve üst uçta bir tane minimum bir tane maksimum plastik dönme değeri program tarafından sonuç olarak verilmiştir. Bu anlamda her bir kesit için 4 tane plastik mafsallık dönme değeri sonuç olarak elde edilmiştir.
- Herhangi bir kesit için yapılan değerlendirme sırasında sonuç olarak elde edilen 4 dönme değerinin hepsi için hasar durumları tespit edilmiş ve bu durumlar arasından en elverişsiz koşullar kesitin durumu olarak kabul edilmiştir. Bu durum kiriş, kolon, perde gibi elemanların hepsinde aynı şekilde uygulanmıştır.
- Kesitlere ait değerlendirmelerde olduğu gibi tüm yapı için hasar durumunun tespiti sırasında en elverişsiz koşullar kabul edilerek yapı deprem performansı tespit edilmiştir.

- Yapılan çözümlerlerde analiz süreleri x deprem doğrultusunda daha kısa iken, y deprem doğrultusunda daha uzun olmuştur. Yapıya ait rijit perdelerin y doğrultusunda olması bu duruma muhtemel bir sebep olarak gösterilebilir. Çünkü bu rijit perdeler için akma momenti değeri diğer perdeler için daha büyüktür, bu da daha büyük ivme değerlerinde plastik mafsalların oluşacağı anlamına gelmektedir. Diğer bir sebep ise plastik mafsalların oluşmasına bağlı olarak program kendini adapte etmekte ve analize ait hesap için kabul edilen zaman aralığını otomatik olarak düzenlemektedir. Bu da kabul edilen zaman aralığının daha küçük değerlere ulaşmasına ve kayıdın daha yavaş okunmasına sebep olmaktadır dolayısıyla analiz süreleri uzamaktadır. Aşağıdaki Çizelge 5.1’de analizlere ait bazı özellikler ve analiz süreleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 : Analizlere ait bazı özellikler.

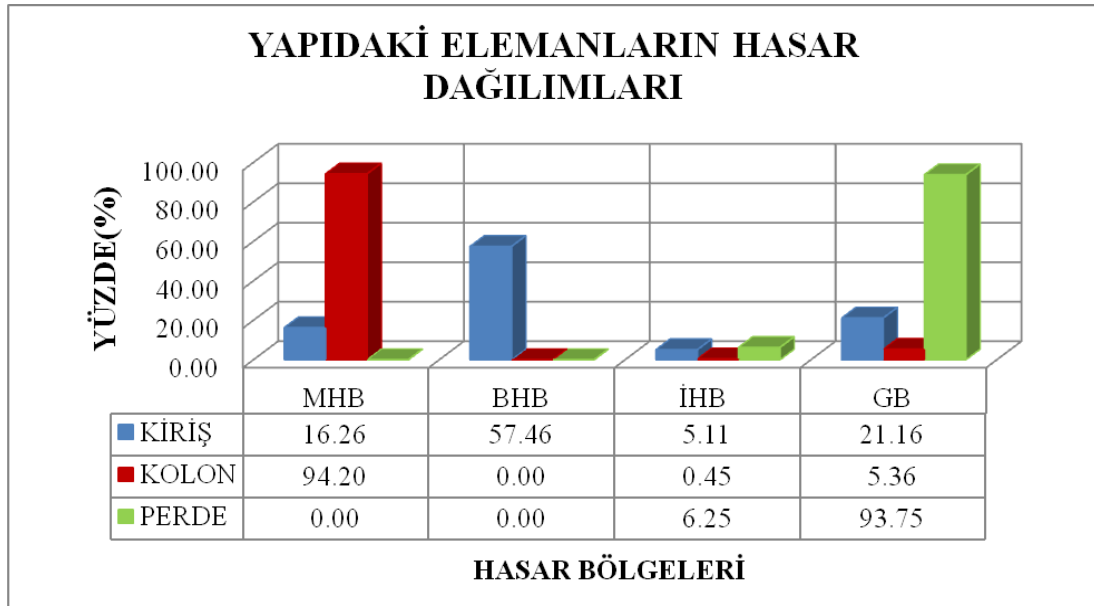
Analiz Adı	Kayıt Türü	Deprem Doğrultusu	Çözüm Adım Sayısı	Analiz Sonuç Aralığı (s)	Analiz Süresi (saat)
Deprem1 u1	Yapay	X	2500	0.01	8
Deprem1 u2	Yapay	Y	2500	0.01	32
Deprem2 u1	Yapay	X	2500	0.01	8
Deprem2 u2	Yapay	Y	2500	0.01	208
Düzce D-B u1	Kaydedilmiş	X	2597	0.01	91
Düzce D-B u2	Kaydedilmiş	Y	2597	0.01	420

- Analiz süreleri ve analiz sonuçlarına etki eden diğer bir faktör ise P-Delta etkileridir. Yapılan çalışmada bütün analizlerde P-Delta etkileri göz önünde bulundurulmuştur ve bu etkilerin alınmadığı durumlara göre analiz süreleri uzarken dönme değerleri artmış ve kesitlerin daha çabuk plastikleştiği tespit edilmiştir.
- Yapıdaki kirişlerde oluşan plastik dönmeler nedeniyle kesit içersindeki donatı betonundan daha önce şekil değiştirme sınırlarına ulaşmıştır. Kiriş kesitlerinde oluşan hasarlar öncelikli olarak donatının uzama şekil değiştirme sınırının aşılması ile oluşmuştur.

- Yapıdaki kolonlarda yapay olarak üretilen kayıtlara ait analizlerde plastik mafsall oluşmadığı gözlenmiştir. Ancak Düzce D-B deprem kaydı için yapılan analizlerde kolonlarda özellikle ilk 3 katta önemli şekildeğıştirmeler görülmüş, bu şekildeğıştirmeler bazı durumlarda kesiti göçme durumuna kadar götürmüştür. Diğer katlarda ise plastik dönmeler nedeniyle oluşan şekildeğıştirmeler minimum hasar seviyesinde kalmış veya hiç oluşmamıştır.
- Yapıdaki kolonlar kuvvetli ve zayıf eksenlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir ve kolon için kabul edilen nihai hasar durumu bu iki değerdendirmeden elde edilen en elverişsiz hasar durumudur.
- Kolonlarda özellikle ilk 3 kat seviyesinde görülen eksenel basınç kuvvetleri kolonun moment taşıma kapasitesini etkilemiş ve kolon kesitleri daha düşük moment değerdeleri altında plastikleşme eğilimi göstermiştir. Bu durum karşılıklı etkileşim diyagramı ile açıklanabilir çünkü kolon ve perdeler bileşik eğilme etkisindeki elemanlar olduğundan eksenel yükün artması kolon moment taşıma kapasitesini düşürmektedir. Bazı istisnai durumlarda ise özellikle eksenel basınç kuvveti çok fazla olduğundan bu kuvvet altında bazı kolonlar moment taşıyamaz hale gelmiştir. Dolayısıyla bu eksenel basınç kuvveti altında kolon kesiti göçmüştür.
- Kolonlarda her kesit için elde edilen 4 plastik dönme değeri 2 tane eksenel basınç, 2 tane eksenel çekme kuvveti altında olmak üzere oluştuğu gözlemlenmiştir. Eksenel basınç etkisinde oluşan plastik dönme değerdeleri incelenirken kesitte önce beton malzemesinin şekildeğıştirme sınırlarını aştığı, eksenel çekme etkisinde oluşan plastik dönme değerdeleri incelenirken kesitte önce donatı malzemesinin şekildeğıştirme sınırlarını aştığı görülmüştür.
- Yapıdaki perdeler kolonlar gibi çubuk eleman olarak modellenmiş, alt ve üst uçlarına tanımlanan plastik mafsallara ait dönme değerdeleri kontrol edilmiştir. Perdelerdeki hasar durumları incelenirken perdelerdeki plastik mafsall dönme değerdeleri perdenin kritik perde yüksekliği boyunca incelenmiş ve bu yükseklik boyunca tespit edilen en elverişsiz hasar durumu perdenin hasar durumu olarak kabul edilmiştir.

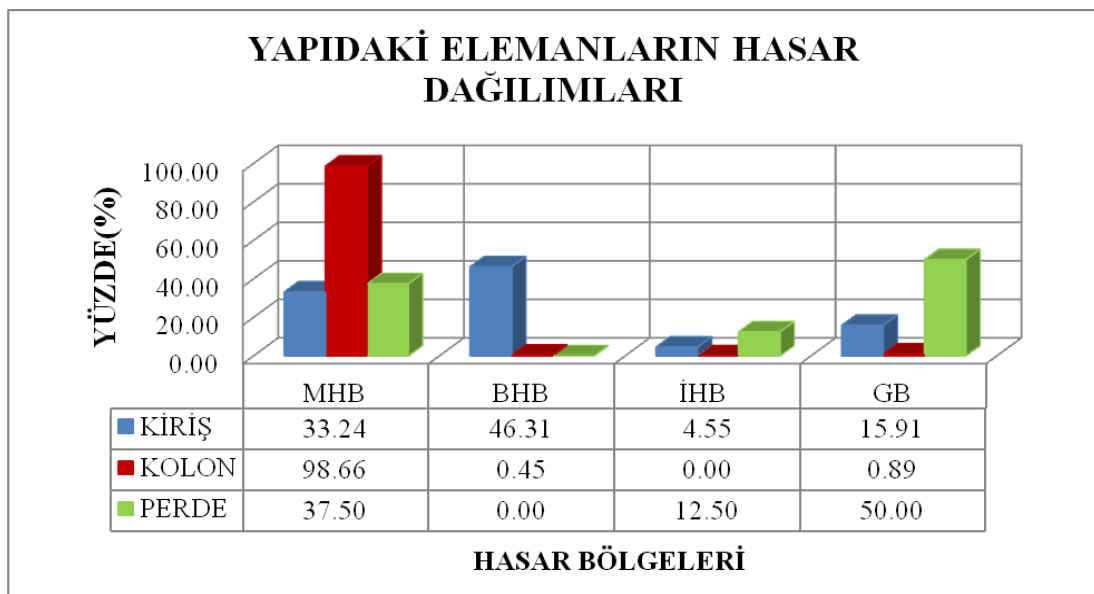
- Yapıdaki perdeler de kolonlarda olduğu gibi kuvvetli ve zayıf eksenlerine göre ayrı ayrı incelenmiştir ve perde için kabul edilen nihai hasar durumu bu iki değerlendirmeden elde edilen en elverişsiz hasar durumudur.
- Perdelerde her bir kesit için oluşan 4 dönme değerinden bazıları kolonlarda olduğu gibi eksenel çekme ve basınç kuvvetleri altında oluştuğu görülmüştür. Bu eksenel basınç kuvvetleri özellikle ilk kat seviyesinde çok büyük değerlere ulaştığından bazı perde kesitlerinin bu basınç kuvvetleri altında moment taşıma gücünü kaybetmiş ve bu eksenel kuvvetler altında göçmüştür. Aynı zamanda bazı eksenel çekme durumlarında da kesitlerin bu eksenel çekme kuvveti etkisiyle moment taşıyamaz hale gelip göçtüğü tespit edilmiştir. Kesitlerin büyük eksenel çekme ve basınç değerleri altında oluşan bu göçme durumu kesitin hem boyut olarak hemde donatı miktarı olarak yetersiz oluşunun en büyük göstergesidir.
- Yapıdaki bütün kolonlar incelendiğinde kolonlarda oluşan maksimum eksenel basınç kuvveti -8000 Kn, maksimum eksenel çekme kuvveti ise 1230 Kn mertebesindedir. Bütün perdeler incelendiğinde ise oluşan maksimum eksenel basınç kuvveti -37210 Kn, eksenel çekme kuvveti ise 5030 Kn mertebesindedir.
- Bu sonuçlar gösteriyor ki yapının taşıyıcı sistem elemanlarında ciddi anlamda donatı takviyesi gerekmektedir. Ayrıca eksenel basınçtan dolayı oluşan burkulma göçmelerini önleme amacıyla kolon ve perde kesitleri de uygun şekilde yeniden boyutlandırılmalıdır. Bu işlemler yapıldığı takdirde yapının yatay rijitliği değişeceğinden yapıdaki yerdeğiştirmeler de azalacaktır. Ayrıca bütün bu işlemler yanında uygun sargı donatısı teşkil etmek de burkulma ile oluşacak göçmeleri önleyebilmek adına yapılmalıdır.
- Elde edilen bu bilgiler doğrultusunda yapının, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde Can Güvenliği performans hedefini sağlayamadığı belirlenmiş ve yapının göçme durumunda olduğu tespit edilmiştir. Yapının deprem performansı DBYBHY 2007’de yönetmelik ilkelerine uygun olarak belirlendiği için yapımızın deprem performansı göçme düzeyinde çıkmaktadır. DBYBHY 2007’de yönetmelik ilkelerine göre tek bir perde elemanın dahi göçme bölgesine geçmesi durumunda yapı performansını göçme öncesi durum olarak tanımlamaktadır.

- Bu sonuçlar doğrultusunda yapının tamamında hasar dağılımları aşağıdaki Şekil 5.1 ve 5.2’de ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.



Şekil 5.1 : X deprem doğrultusunda yapıdaki tüm elemanların hasar dağılımları.

Şekil 5.1’de X deprem doğrultusunda zayıf veya kuvvetli eksen için mevcut taşıyıcı elemanlardan kiriş, kolon ve perdelerde hasar bölgelerine göre; mevcut 1408 adet kirişin 229 adedi Minimum Hasar, 809 adedi Belirgin Hasar, 72 adedi İleri Hasar, 298 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Mevcut 224 adet kolonun 211 adedi Minimum Hasar, 1 adedi İleri Hasar, 12 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Mevcut 16 adet perdeden 1 adedi İleri Hasar, 15 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.



Şekil 5.2 : Y deprem doğrultusunda yapıdaki tüm elemanların hasar dağılımları.

Şekil 5.2’de Y deprem doğrultusunda zayıf veya kuvvetli eksen için mevcut taşıyıcı elemanlardan kiriş, kolon ve perdelerde hasar bölgelerine göre; mevcut 1408 adet kirişin 468 adedi Minimum Hasar, 652 adedi Belirgin Hasar, 64 adedi İleri Hasar, 224 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Mevcut 224 adet kolonun 221 adedi Minimum Hasar, 1 adedi Belirgin Hasar, 2 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır. Mevcut 16 adet perdeden 6 adedi Minimum Hasar, 2 adedi İleri Hasar, 8 adedi Göçme Bölgesinde bulunmaktadır.

Diğer bir yandan ise yapılan analizler sırasında bazı yönetmeliğin uygulanması sırasında bazı problemler ile karşılaşmıştır. Bunlar özetle şöyle sıralanabilir:

- 2 adet 25 saniye ve 1 adet 25.97 saniyelik kayıtlardan dolayı oluşan deprem etkisi altında doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözümleme SAP2000 bilgisayar programı ve Intel® Core™ 2 Duo CPU T7300 2.0GHZ işlemcili ve 2GB bellekli (RAM) bir bilgisayar ile ortalama 128 saat sürmektedir. Bu çalışmada 6 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılmıştır.
- Perdeler ait çubuk eleman modeli doğrusal analizlerde gerçeğe yakın sonuçlar vermekte ancak doğrusal olmayan analiz sonuçları bakımından bu çubuk eleman modelinin değerlendirilmesi oldukça karmaşık ve zordur. Doğrusal olmayan analiz için sonuçların değerlendirilmesini kolay hale getirebilmek için daha uygun bir model seçilebilir veya analiz yapılan program değiştirilebilir.
- SAP2000 ile doğrusal olmayan zaman tanım alanında çözümleme hesaplamalarında P-Delta etkilerinin analizlerde kullanılması analiz sürelerini önemli derecede etkileyip uzatmaktadır.
- Analiz sürelerinin uzaması analiz sonuçlarının da önemli ölçüde bilgisayar sabit belleğinde yer kaplamasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada yapılan 6 adet doğrusal olmayan analizden her biri için ortalama 15GB sabit belleğe ihtiyaç duyulmaktadır.
- Yapılan bu çalışmayla ilgili olarak kaynak sayısının sınırlı ve az oluşu ayrıca bu çalışmalara örnek teşkil edecek çalışmaların yeterli sayıda olmayışı da bir başka olumsuz etkidir.

KAYNAKLAR

- [1] Url-1 <<http://www.deprem.gov.tr>>, 13.04.2011.
- [2] Celep, Z., 2007. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [3] Özer, E., 2009. Yapı Sistemlerinin Doğrusal Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.
- [4] Çakıroğlu, A. Özer, E., 1980. Malzeme ve Geometri Değişimi Bakımından Lineer Olmayan Sistemler, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- [5] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2007. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Maya Basın, Ankara.
- [6] Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [7] Mander, J.B., Priestly, M.J.N., Park, R., 1988. Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, ASCE Journal of Structural Engineering, Vol.114
- [8] Aydınöğlu, M. N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H., 2008. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik için Eğitim Kitabı
- [9] Celep, Z., 2007. Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsallı Kabulü ve Çözümleme, Altıncı Ulusal Deprem Konferansı, İstanbul.
- [10] Celep, Z., 2007. Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesi (2007 Deprem Yönetmeliği – Bölüm 7), İnşaat Mühendisleri Odası Mesleki Eğitim Kursu, Bakırköy, İstanbul.
- [11] Darılmaz, K., 2008. Betonarme Düzlem Çerçeve Bir Yapının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Performans Değerlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Bülteni, s. 94, İstanbul.
- [12] TS498, 1987. Yapılar Hesaplarında Kullanılacak Yükler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [13] ETABS, Integrated Analysis, Design and Drafting of Buildings Systems Program, 2009. Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- [14] Kumbasar, V., Kip, F., 1999. Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul
- [15] SAP2000, Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, 2010. Computers and Structures Inc., Berkeley, California.

- [16] **Kubin, J., Fahjan, Y. M., Tan, M. T.**, 2008. Comparison of Practical Approaches for Modelling Shearwalls in Structural Analysis of Buildings, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, Çin.
- [17] **Darılmaz, K.**, 2008. İnşaat Mühendisleri Odası İleri Sap2000 Kursu Ders Notları, İstanbul
- [18] **İnel, M., Özmen, H. B.**, 2006. Effects of Plastic Hinge Properties in Nonlinear Analysis of Reinforced Concrete Buildings, Engineering Structures, 28, 1494-1502.
- [19] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul
- [20] **SEISMOSPECT**, 2010. Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy
- [21] **SEISMOSIGNAL**, 2010. Seismosoft, Earthquake Engineering Software Solutions, Messina, Italy

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Gökhan Dok

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 20 Haziran 1986

Lisans Üniversitesi: Sakarya Üniversitesi