

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM
PERFORMANSINA PERDE DUVARLARIN
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Muharrem YÜKSEL**

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : YAPI
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR

Aralık 2018

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KATLI BETONARME BİR YAPININ DEPREM
PERFORMANSINA PERDE DUVARLARIN
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muharrem YÜKSEL

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Bu tez 13.12.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Naci ÇAĞLAR

Jüri Başkanı

Dr. Öğr. Üyesi
Hüseyin KASAP

Üye

Dr. Öğr. Üyesi
Ali SARIBIYIK

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



Muharrem YÜKSEL

13.12.2018

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmam sürecinde kıymetli zamanını ayıran, bilgi ve tecrübesiyle her türlü desteği sağlayan, çok değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Naci ÇAĞLAR'a ve sayın jüri üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında değerli bilgilerini hiç esirgmeden benimle paylaşan Sayın Dr. Aydın DEMİR ve Araş. Gör. Gökhan DOK'a, tez çalışmam sürecinde sürekli olarak fikir alışverişinde bulunduğum Sayın İnş. Yük. Müh. Alptuğ ÖZTÜRK ve İnş. Yük. Müh. Emir AKSOP'a, tez çalışmam sürecinde sürekli olarak yanımda olan ve her türlü sorumu yanıtlayarak bana destek olan Sayın Mimar Müh. Ali ÖZDEMİR ve İnş. Yük. Müh. Murat SALİHOĞLU'na teşekkür ederim.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, hedeflerimi gerçekleştirme yolunda beni her zaman destekleyen aileme ve bana en yakın desteği veren kız arkadaşım Sayın Hacer AYDIN'a sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	3

BÖLÜM 2.

BETONARME ELEMANLARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI	4
2.1. Malzemelerde Gerilme-Şekildeğiştirme Davranışı	4
2.2. Plastik Mafsal Hipotezi.....	6
2.3. Süneklik	9
2.4. Kapasite Tasarımı.....	10
2.5. Betonarme Kesitte Eğilme Rijitliği	11

BÖLÜM 3.

BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN

YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ	13
3.1. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi.....	13
3.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	16
3.2.1. Yapay deprem yer hareketleri.....	16

3.2.2. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri	17
3.2.3. Zaman tanım alanında hesap	17
3.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	17
3.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	20
3.4.1. Kesit hasar sınırları.....	20
3.4.2. Kesit hasar bölgeleri.....	20
3.4.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması.....	21
3.5. Yapı Deprem Performansının Belirlenmesi.....	21
3.5.1. Yapılarda deprem performansı etkisi.....	21
3.5.2. Hemen kullanım performans düzeyi	22
3.5.3. Can güvenliği performans düzeyi.....	22
3.5.4. Göçme öncesi performans düzeyi	23
3.5.5. Göçme durumu performans düzeyi	23
3.6. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri.....	24
3.7. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri.....	25
3.8. Betonarme Malzeme Modelleri	26
3.8.1. Sargılı ve sargısız beton modelleri	26
3.8.2. Donatı çeliği için malzeme modeli.....	26

BÖLÜM 4.

SAYISAL ÇALIŞMA	28
4.1. Bina Genel Bilgileri.....	28
4.2. Yapı Modelinin SAP2000 Sonlu Elemanlar Programı Yardımıyla Oluşturulması	32
4.2.1. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması	36
4.2.2. Kesitlerin moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması ve akma yüzeylerinin elde edilmesi.....	37
4.2.2.1. Kirişlerin moment-eğrilik bağıntılarının belirlenmesi	37
4.2.2.2. Kolonların moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi	39
4.2.2.3. Perdelerin moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi	41

4.2.3.	Kesitlerde plastik mafsalların sisteme tanımlanması	43
4.2.3.1.	Plastik mafsalların perde ve kolonlarda tanımlanması ...	43
4.2.3.2.	Plastik mafsallarının kirişlerde tanımlanması	46
4.2.4.	Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve izlenecek adımlar	47
4.2.5.	Analizde kullanılacak deprem kayıtlarının belirlenmesi	48
4.2.6.	Deprem kayıtlarının zaman tanım alanında sisteme tanıtılması ve doğrusal olmayan analiz verilerinin girilmesi	50
4.3.	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	53
4.3.1.	Deprem etkisi sonucunda oluşan yerdeğiştirmelerin incelenmesi	54
4.3.2.	Kirişlerde oluşan hasar durumunun incelenmesi	55
4.3.3.	Kolonlarda oluşan hasar durumunun incelenmesi	58
4.3.4.	Perdelerde oluşan hasar durumunun incelenmesi	61
BÖLÜM 5.		
SONUÇLAR		65
KAYNAKLAR		68
ÖZGEÇMİŞ		70

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_c	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
A_s	: Boyuna donatı alanı
b_w	: Kesit genişliği
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	: Mevcut beton dayanımı
f_{cta}	: Beton tasarım çekme dayanımı
f_{ctm}	: Mevcut betonun çekme dayanımı
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
I	: Atalet momenti
L_p	: Plastik mafsallık boyu
l_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M	: Eğilme momenti
M_n	: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
M_{xn}	: Gözönüne alınan x deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
M_{yn}	: Gözönüne alınan y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle
m_i	: Bina i'ninci katının kütlesi
N_D	: Normal kuvvet

P	: Yük
P_{cr}	: Kritik yük
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
ϵ_{cg}	: En dış lifdeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_{cu}	: Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi
ϵ_s	: Donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi
ϕ_p	: Plastik eğrilik istemi
ϕ_t	: Toplam eğrilik istemi
ϕ_y	: Eşdeğer akma eğriliği
θ_p	: Plastik dönme istemi
Δ_l	: Birim şekildeğiştirme
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
ρ_s	: Kesitte mevcut bulunan enine donatının hacimsel oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
GÇ	: Göçme sınırı
GV	: Güvenlik sınırı
MN	: Minimum hasar sınırı
TDY	: Türk deprem yönetmeliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. En yaygın ideal malzeme modelleri (Ozer, 2006).	5
Şekil 2.2. Yükleme–şekildeğiştirme eğrisi (Anıl, 2015).	6
Şekil 2.3. Eğilme momenti-eğrilik grafiği	7
Şekil 2.4. Sürekli kirişte mesnet ve açıklık bölgesinde plastik eğrilik değışimi (Celep, 2007).	7
Şekil 2.5. Ankastre elemanda oluşan plastik dönmeler (Karaca, 2014).	8
Şekil 2.6. Oluşan plastik mafsallar ve yerdeğiştirmeler (Karaca, 2014).	8
Şekil 2.7. Eksenel yükün süneklik üzerindeki etkisi (Arslan, 2008).	9
Şekil 2.8. Kesitte oluşan davranış grafikleri (Celep, 2008).	10
Şekil 2.9. Gevrek ve sünek elemanlarda güç tükenmesi (Celep, 2007).	11
Şekil 2.10. Eğilme momenti-eğrilik ve eğilme rijitliği-moment ilişkisi	12
Şekil 3.1. Moment-plastik şekildeğiştirme kabulleri (TDY, 2007).	15
Şekil 3.2. Betonarme elemanlarda kesit hasar bölgeleri (TDY, 2007).	21
Şekil 3.3. Yapılar için performans düzeyleri (TDY, 2007).	22
Şekil 3.4. Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekildeğiştirme grafikleri (TDY, 2007).	26
Şekil 3.5. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TDY, 2007)	27
Şekil 4.1. Perdeli-çerçeveli model kalıp aplikasyon planı	30
Şekil 4.2. Çerçeveli model kalıp aplikasyon planı	31
Şekil 4.3. Perde elemanlar için orta-dikme çubuk modeli	32
Şekil 4.4. Perdeli-çerçeveli modele ait eleman numaraları	33
Şekil 4.5. Perdeli-çerçeveli modelin üç boyut görüntüsü	35
Şekil 4.6. C25 beton sınıfı için malzeme özellikleri	36
Şekil 4.7. S420 donatı çeliği için malzeme özellikleri	37
Şekil 4.8. SAP2000 sonlu elemanlar programı section designer’da tanımlanan 40 cm x 70 cm kiriş(t-m)	38

Şekil 4.9. 40 cm x 70 cm kiriş için moment-eğrilik bağıntısı(t-m).....	38
Şekil 4.10. 40 cm x 70 cm kiriş için mander sargılı beton modeli(t-m)	39
Şekil 4.11. SAP2000 programı section designer komutunda 100 cm x 100 cm kolon oluşturulması(t-m)	39
Şekil 4.12. 100 cm x 100 cm kolon için akma yüzeyleri(t-m).....	40
Şekil 4.13. 100 cm x 100 cm kolon için moment-eğrilik bağıntısı(t-m).....	40
Şekil 4.14. 100 cm x 100 cm kolon için sargılı beton modeli(t-m)	41
Şekil 4.15. SAP2000 programı section designer’da oluşturulan 900 cm x 50 cm perde(t-m)	42
Şekil 4.16. 900 cm x50 cm perde için akma yüzeyleri(t-m)	42
Şekil 4.17. 900 cm x 50 cm perde için moment-eğrilik bağıntısı(t-m).....	42
Şekil 4.18. 900 cm x 50 cm perde için sargılı beton modeli (t-m).....	43
Şekil 4.19. 100 cm x 100 cm’lik kolon için plastik mafsalları tanımlama.....	44
Şekil 4.20. 100 cm x 100 cm’lik kolon için plastik mafsalları veri girişi	44
Şekil 4.21. 100 cm x 100 cm’lik kolon için plastik mafsalları akma yüzeyi	45
Şekil 4.22. 100 cm x 100 cm’lik kolon için plastik mafsalları veri girişi	46
Şekil 4.23. 40 cm x 70 cm’lik kiriş için plastik mafsalları tanımlama.....	47
Şekil 4.24. 40 cm x 70 cm’lik kiriş için plastik mafsalları verileri	47
Şekil 4.25. Üç farklı deprem kaydına ait ivme-zaman grafikleri.....	49
Şekil 4.26. Deprem kayıtlarının programa girilmesi.....	50
Şekil 4.27. G+0,3Q başlangıç koşulunun girilmesi	51
Şekil 4.28. G+0,3Q nonlinear analiz için yükleme verilerinin tanımlanması.....	51
Şekil 4.29. Zaman tanım alanında nonlinear analiz veri girişi.....	52
Şekil 4.30. Zaman tanım alanında sönüm katsayılarının belirlenmesi.....	52
Şekil 4.31. Düzce depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri	54
Şekil 4.32. Kocaeli depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri	55
Şekil 4.33. Landers depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri	55
Şekil 4.34. X doğrultusunda perdeli-çerçeve model için kirişlerde oluşan hasar durumları	56

Şekil 4.35. X doğrultusunda çerçevesel model için kirişlerde oluşan hasar durumları	56
Şekil 4.36. X doğrultusunda perdeli-çerçevesel model için kolonlarda oluşan hasar durumları	59
Şekil 4.37. X doğrultusunda çerçevesel model için kolonlarda oluşan hasar durumları	59
Şekil 4.38. X doğrultusunda perdelerde oluşan hasar durumları	62



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY, 2007).	24
Tablo 3.2. Donatı çeliğine ait bilgiler (TDY, 2007)	27
Tablo 4.1. Perdeli-çerçevesel modelde kullanılan kesitler ve donatılar.....	31
Tablo 4.2. Perdeli-çerçevesel model etkin eğilme rijitliği	33
Tablo 4.3. Her iki model için periyot ve kütle katılım oranları	34

ÖZET

Anahtar kelimeler: Betonarme yüksek yapı, zaman tanım alanında hesap, yerdeğiştirme, performans analizi, doğrusal olmayan analiz

Ülkemiz topraklarının %90'ından fazlasının deprem bölgelerinde yer aldığı ve nüfusumuzun çok büyük bir çoğunluğunun bu bölgeler üzerinde yaşadığı bilinmektedir. Meydana gelen birçok şiddetli deprem ciddi şekilde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Ülkemizde can ve mal kayıplarına neden olan depremlerin mevcut yapılar üzerindeki etkisi yapıların güvenilirliğini sorgulanır hale getirmiş ve bu yapıların deprem performanslarının belirlenebilmesi için gerekli çalışmaları hızlandırmıştır.

Bu çalışmada, betonarme perde oranı değişiminin betonarme yapıların deprem performansına etkisi incelenmiştir. Bu amaçla DBYBHY 2007 Bölüm 7'de belirtilen doğrusal olmayan analizler yöntemlerinden olan zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile betonarme perdeli-çerçevesel ve çerçevesel olacak şekilde 20 katlı iki farklı yapı modelleri oluşturulmuş ve SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizler yapılmıştır. Her bir yapının sonuçları doğrultusunda yer değiştirme değerleri, hasar durumları ve yapının deprem performans değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir.

Deprem etkisi altında betonarme perdeli-çerçevesel çok katlı yapıda, kolonlarda hasara sebep olan plastik dönme miktarının azaldığı görölmektedir. Aynı zamanda kolonlarda oluşan mafsalları sayısının azaldığı tespit edilmiştir. Bu sayede perdeli sistemin, yapıda hedeflenen performans düzeyinin sağlanmasında önemli bir rol oynadığı görölmüştür.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SHEAR WALLS ON THE EARTHQUAKE PERFORMANCE OF A HIGH-RISE REINFORCED CONCRETE STRUCTURE

SUMMARY

Keywords: High-rise reinforced concrete structure, time-history analysis, displacement, performance analysis, nonlinear analysis

It is known that more than 90% area of our country is located over the earthquake zones and great majority of our population is living on those regions. Many major earthquakes cause serious loss of life and property. The impact of the earthquakes on existing buildings which cause loss of life and property in our country has made the reliability of the structures questionable hence accelerated the works required to determine the earthquake performance of these structures.

In this study, the impact of variation on the ratio of RC shear walls has been examined over the seismic performance of RC structures. For this purpose, two different 20 storey high structures are modelled, shear wall-frame structure and frame structure with nonlinear time history method which is one of the nonlinear analysis methods defined in Turkish Earthquake Code 2007(TEC 2007), Chapter 7 and nonlinear dynamic time history analysis has been made by using SAP2000 finite elements program. In accordance with the results of each structure, the displacement values, damage conditions are reviewed and checked if earthquake performance values of the structure has been maintained.

It is seen that the amount of plastic rotation which causes damage to the columns in the multi-storey RC shearwall-frame under the effect of seismic forces is decreased. At the same time, it is determined that the number of articulation in the columns are decreased. In this way, it has been seen that the shear wall system plays an important role in achieving the targeted performance level in the structure.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Ülkemiz topraklarının %90'ından fazlasının deprem bölgelerinde yer aldığı ve nüfusumuzun çok büyük bir çoğunluğunun bu bölgeler üzerinde yaşadığı bilinmektedir. Meydana gelen birçok şiddetli deprem ciddi şekilde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Ülkemizde can ve mal kayıplarına neden olan depremlerin mevcut yapılar üzerindeki etkisi yapıların güvenilirliğini sorgulanır hale getirmiş ve bu yapıların deprem performanslarının belirlenebilmesi için gerekli çalışmaları hızlandırmıştır.

Nüfus sayısının hızla artması ve kentleşme sebebiyle çok katlı yapılara olan ihtiyaç artmıştır. Yapı yüksekliğinin artması deprem gibi yatay yüklerin yapıya olan etkisini daha da arttırmaktadır.

Betonarme perde duvarlar yapıya rijitlik ve dayanım özellikleri kazandırır. Betonarme perde duvarların temel görevi yatay yükleri taşımak ve yatay ötelenmeyi sınırlamaktır. Büyük şiddetteki deprem etkileri altında yapı ve taşıyıcı sistem hasar görebilir ancak can güvenliği için betonarme perde duvarların yapının gereksinim duyduğu rijitlik özelliğini sağlaması istenir. Yapılarda betonarme perde duvarın sağladığı büyük ötelenme rijitliği ile yapıda oluşan ötelenmeler küçültülmüş olur.

Deprem etkisi altındaki yapıların performans kavramı halen yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY2007)'de gündeme gelmiş ve bu yönetmeliğe göre mevcut yapılar üzerinde, performansa dayalı değerlendirme yöntemi ile performansı yetersiz olan yapıların güçlendirilmesi ve gerekli performans seviyesine ulaşması istenmiştir.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre yeni yapılacak binaların hafif şiddetteki depremlerin etkisi altında yapısal ya da yapısal olmayan elemanlarının hasar görmemesi, orta şiddette oluşabilecek depremlerin etkisi altında hasarın sınırlı ya da onarılabilir olması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması hedeflenmektedir.

DBYBHY 2007 Bölüm 7’de deprem performansı belirlenmesinde iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemi” dir.

Yapının elastik ötesi davranışını ele almayan doğrusal elastik hesap yöntemi kuvvet esaslıdır ve yapının kapasitesini iyi belirlemesine karşın elastik ötesi davranış ile plastik şekildeğiştirme konusunda yetersiz kalmaktadır. Daha gerçekçi çözümler elde edebilmek için doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan analizlerin sonucunda yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve oluşan plastik mafsallar belirlenir.

Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinden biri de zaman tanım alanında yapılan doğrusal olmayan analizlerdir. Bu analizlerde mevcut deprem kayıtları, düzenlenmiş mevcut deprem kayıtları veya üretilmiş yapay deprem kayıtları kullanılabilir. Zaman tanım alanında yapılan analizler en güvenilir yol olsa da sonuçların alınması uzun sürmektedir ve pratik değildir.

SAP2000 sonlu elemanlar programına perde elemanlar birçok şekilde tanımlanabilir ancak sistemin kolay çözümlenebilmesi, pratik olması ve plastik mafsalları tanımlama için orta dikme çubuk eleman modeli kullanılır. Böylelikle perde elemanın doğrusal olmayan davranışı orta dikme çubuk modeliyle kolayca gösterilmiş olur.

1.1. Amaç ve Kapsam

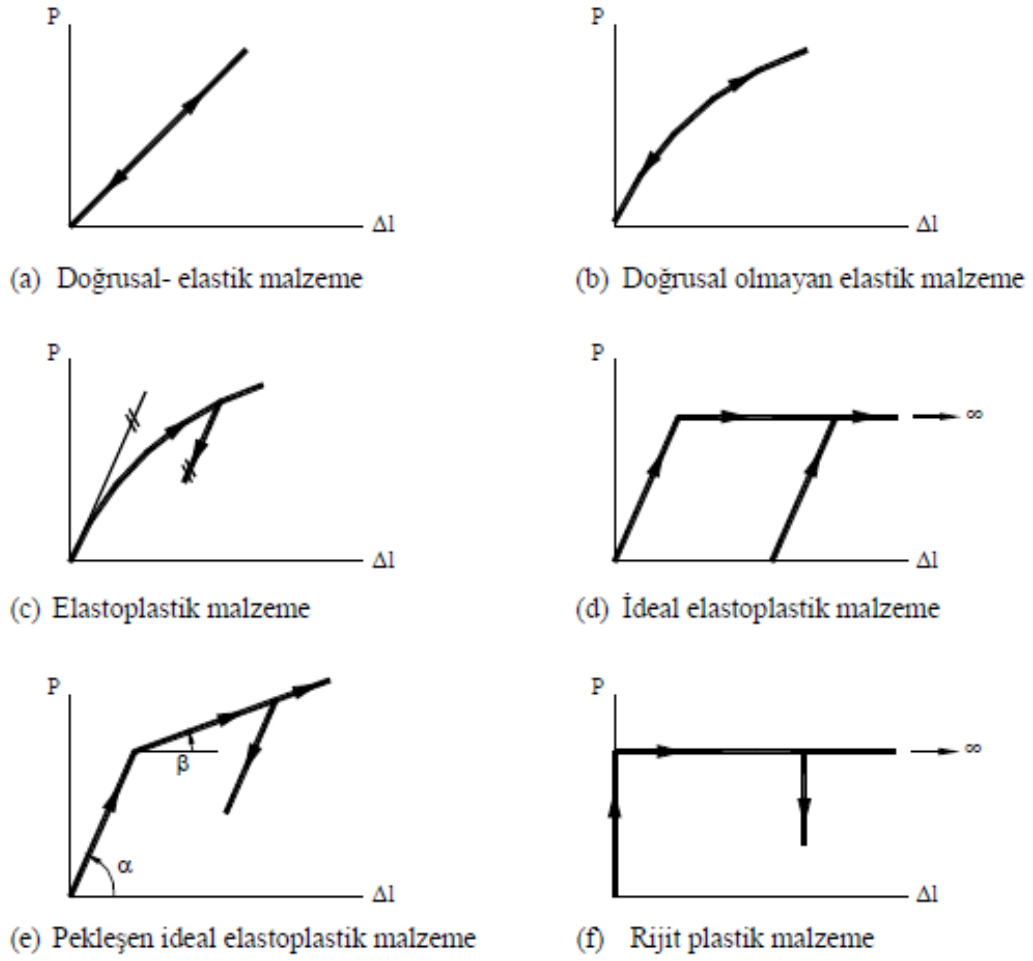
Bu tez çalışmasının amacı, betonarme yüksek yapıların deprem performansına betonarme perde etkisinin incelenmesidir. Bu amaçla, perdeli-çerçeve ve çerçeve 20 katlı iki farklı model oluşturulmuş ve bu modellerin Kocaeli, Düzce ve Landers olmak üzere 3 farklı deprem kaydı dikkate alınarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Doğrusal olmayan analizler sonucunda bu yapı modellerinin hasar durumları, deprem davranışları ve yerdeğiştirmeleri incelenmiştir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde can güvenliği performansının sağlanıp sağlanmadığının karşılaştırılması için hasar durumlarından yola çıkılarak bina performansı belirlenmiştir. Böylelikle hem perdeli-çerçeve modelde hem de çerçeve modelde karşılaştırma yapılarak deprem performansına betonarme perde etkisi incelenmiştir.

BÖLÜM 2. BETONARME ELEMANLARIN DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞI

Doğrusal olmayan davranışlar göz önünde bulundurulduğunda doğrusal davranışlardan farklı olarak belirli bir dayanım kapasitesinin olduğu görülmektedir. Betonarme yapı elemanı üzerindeki yük etkilerinin artmasıyla rijitliğin azaldığı görülür. Yük etkisinin daha fazla artması ile elaman dayanım değerine ulaşır ve sabit sayılabilecek yük etkisi altında plastik deformasyona uğrar ve deformasyon kapasitesini kaybedene kadar sünek davranış göstermeye devam ederek enerji sönmlemeyi sürdürür. Doğrusal olmayan yöntemin kullanılmasıyla kapasite eğrisi belirlenir, bu kapasite eğrisi kullanılarak sisteme tanımlanan deprem etkileri altında oluşan maksimum yerdeğiştirmeler bulunur ve oluşan maksimum yerdeğiştirmeler kullanılarak deprem performansına erişilir (Arslan, 2008).

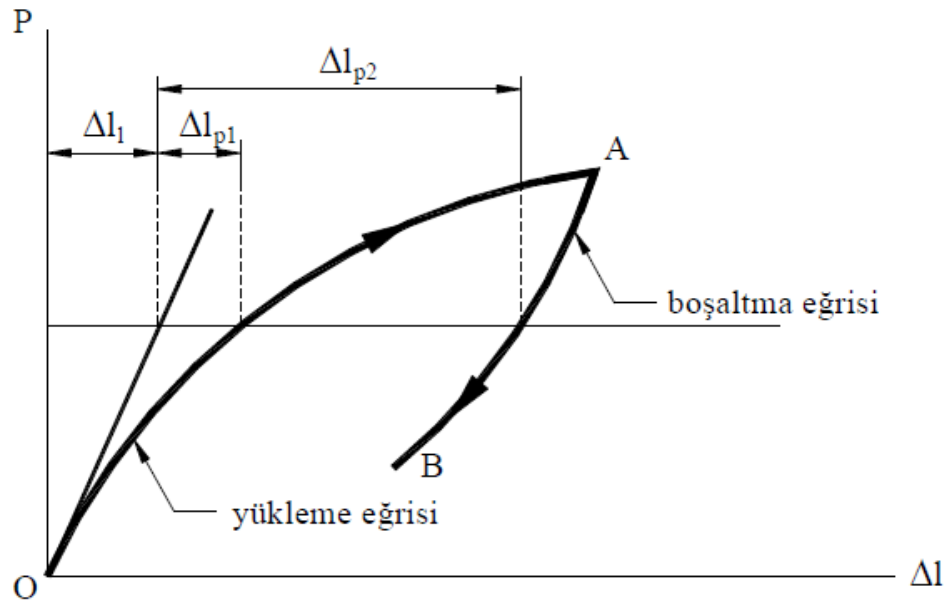
2.1. Malzemelerde Gerilme-Şekildeğiştirme Davranışı

Eğilmeye maruz kalan elemanlarda taşıma gücü hesabı yapabilmek için maksimum şekildeğiştirme değerlerine ek olarak malzemenin gerilme-şekildeğiştirme davranışının da bilinmesi gerekir. Bu değerlerin nasıl modellendiği tasarımlar sırasında her zaman bilinmemektedir bu yüzden gerilme-şekildeğiştirme grafikleri ile ilgili birçok model üretilmiştir. Üretilen modeller ile ilgili grafikler Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Ancak betonarme malzemelerin gerilme-şekildeğiştirme eğrileri her zaman pratik çözümler sağlamadığı için aynı alana ve aynı ağırlık merkezine sahip dikdörtgen gerilme bloğu kullanılması da yaygınlaşmıştır (Öztek, E.).



Şekil 2.1. En yaygın ideal malzeme modelleri (Ozer, 2006).

Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi OA noktaları arasında kalan eğri artan yüke maruz kalan malzeme modelini temsil etmekte ve yükleme eğrisi olarak adlandırılmaktadır. AB eğrisi ise yüklemenin kesilmesi durumunda oluşan eğriyi temsil etmektedir ve boşalma eğrisi olarak adlandırılır. Şekil 2.2.'de doğrusal şekildeğiştirmeler Δl_1 ile gösterilmiştir, doğrusal olmayan şekildeğiştirmeler ise Δl_{p1} ve Δl_{p2} ile gösterilmiştir (Ozer, 2006).

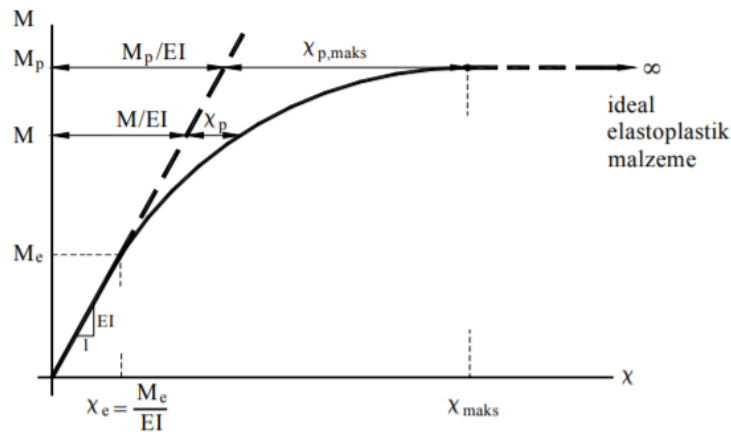


Şekil 2.2. Yükleme-şekildeğiştirme eğrisi (Anıl, 2015).

2.2. Plastik Mafsal Hipotezi

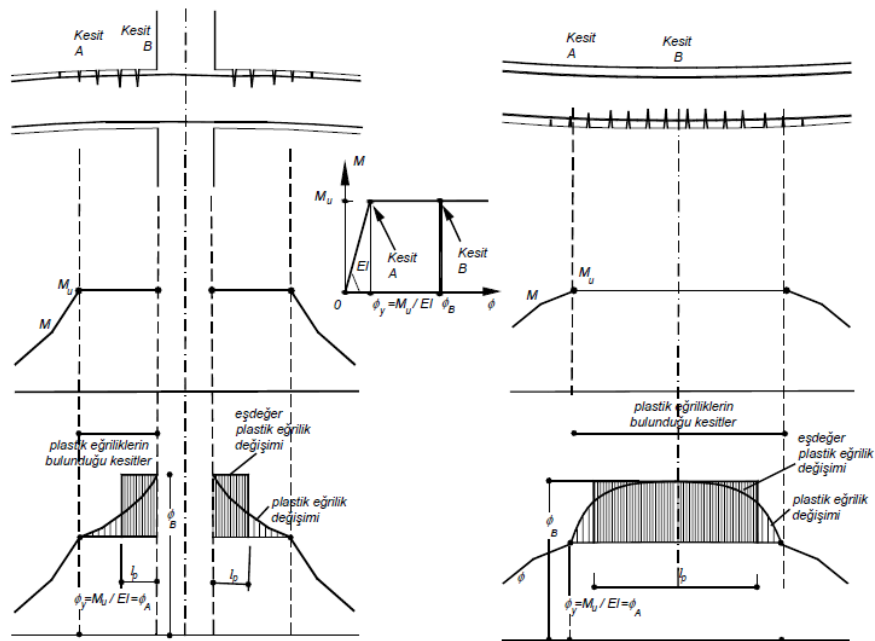
Süneklik oranı sistemde oluşan tüm şekildeğiştirmelerin doğrusal şekildeğiştirmelere oranı olarak ifade edilmektedir. Büyük süneklik oranı etkisi altındaki sistemlerde oluşan şekildeğiştirmelerin en çok zorlanan bölgelerde oluştuğu ve diğer bölgelerinde ise sistemin doğrusal elastik özellik gösterdiği kabul edilir. Bu kabul, plastik mafsal hipotezi olarak adlandırılır (Erdoğan, 2008).

Doğrusal olmayan malzeme kesitine ait eğilme momenti-eğrilik grafiği Şekil 2.3.'de verilmiştir.



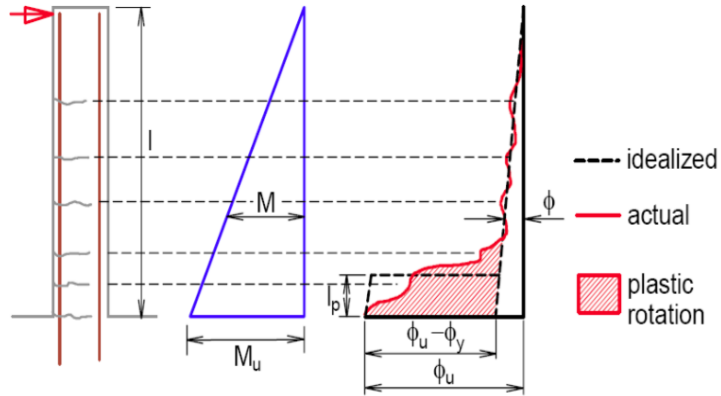
Şekil 2.3. Eğilme momenti-eğrilik grafiği

Şekil 2.4.'de bir kiriş üzerinde meydana gelen plastik eğrilik değişimleri ve plastik mafsalları kabulü görülmektedir. M_u akma momentini, ϕ_y akma eğriliğini göstermektedir. Kirişlere gelen ölü ve hareketli düşey yüklerin etkisiyle kiriş açıklıklarında ve mesnetlerinde maksimum eğilme momenti değerleri aldığı görülür. Eğilme momentinin maksimuma ulaştığı kesitlerde plastik mafsalların da oluşması beklenir. Herhangi bir yer ivmesinin etki etmesi sonucunda ise, kiriş mesnet kesitlerinde plastik mafsalları oluşması beklenir (Celep, 2008).



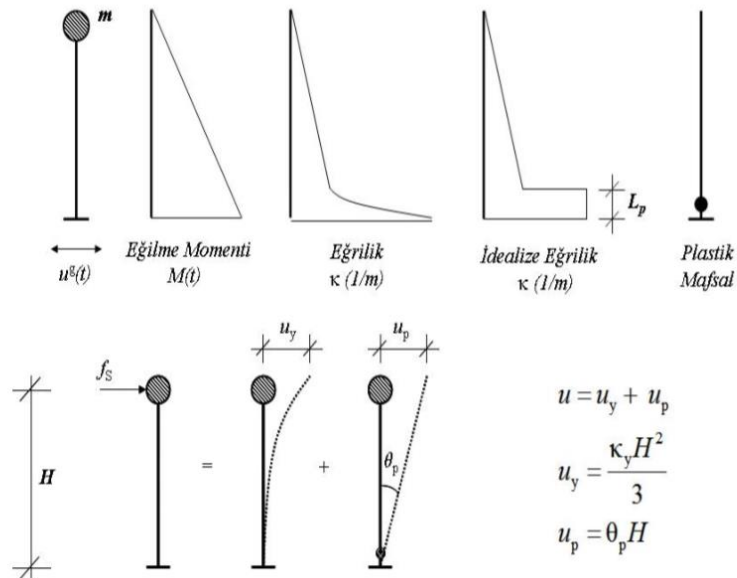
Şekil 2.4. Sürekli kirişte mesnet ve açıklık bölgesinde plastik eğrilik değişimi (Celep, 2007).

Şekil 2.5.'de sisteme tepe noktasından uygulanan yatay kuvvet sonucu oluşan plastik dönmeler verilmiştir.



Şekil 2.5. Ankastre elemanda oluşan plastik dönmeler (Karaca, 2014)

Şekil 2.6.'da sisteme yer ivmesi uygulanması sonucu oluşan plastik mafsallar, plastik dönmeler ve yerdeğiştirmeler verilmiştir.

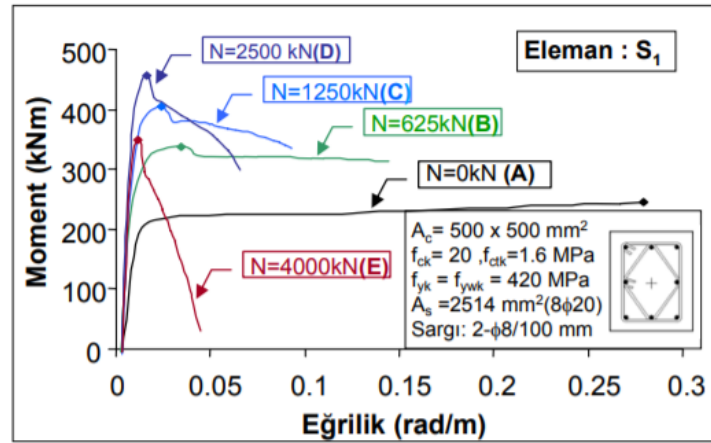


Şekil 2.6. Oluşan plastik mafsallar ve yerdeğiştirmeler (Karaca, 2014)

2.3. Süneklik

Süneklik, deprem etkisi altında elemanın taşıma kapasitesinde bir azalma olmadan plastik şekil değiştirmeler ve taşıyıcı sistemin de yer değiştirmeler yapabilmesi kabiliyeti olarak tanımlanır. Aynı zamanda süneklik şekil değiştirmenin, elastik şekil değiştirmeye oranı olarak da tanımlanabilir.

Sistemin sünek davranmasıyla birlikte, sisteme etki eden yük karşısında fazla zorlanan kısımlar plastik şekil değiştirmelerle enerji sönmelenmeye çalışılırken, iç kuvvetlerin daha az zorlanan kısımlara aktarılması sağlanır. Sünek bir yapı elastik şekil değiştirmeleri geçip elastik olmayan şekil değiştirmeler yapabilir.

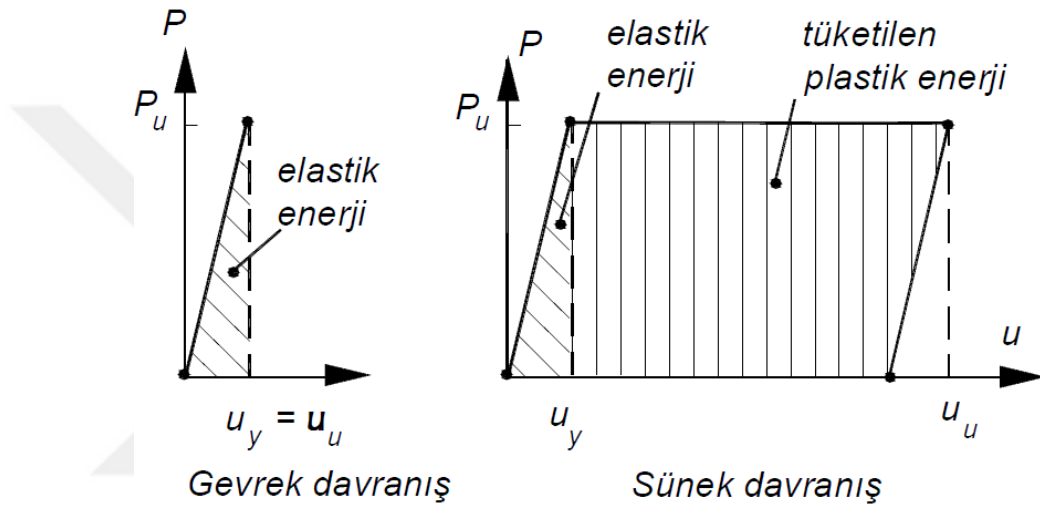


Şekil 2.7. Eksenel yükün süneklik üzerindeki etkisi (Arslan, 2008).

Kolon kesitleri için TDY2007’de verilen maksimum eksenel yük değeri 2500 kN’dur. Şekil 2.7.’de görüleceği üzere eksenel yük değeri 2500 kN’un üzerine çıktığında kesit davranışı gevrekleşir. Bu yüzden eksenel yük değerinin kesit sünekliliğine etkisi oldukça büyüktür (Arslan, 2008).

Eksenel yük artışıyla betonarme kesitin sünekliliği azalır. Bundan dolayı eksenel yük seviyesi çok düşük olan kirişler kolonlara göre daha sünektir. Kirişlerin sünekliliğinin fazla olmasından dolayı plastik mafsalların kirişlerde oluşturulmasına dikkat edilir. Kirişlerin kolonlara göre daha sünek hareket etmesinden dolayı TDY2007’de ‘kolonların kirişlerden daha güçlü olma koşulu’ bulunmaktadır.

Şekil 2.8.'de görüldüğü gibi gevrek ve sünek davranışlarda güç tükenmesi yükü aynı olmasına rağmen gevrek davranışta elastik enerji üst seviyesine ulaşılmadığı sürece elastik enerji tamamen geri dönmekte, üst seviyeye ulaşıldığında ise enerji tamamen tüketilmektedir. Sünek davranışta ise güç tükenmesi seviyesine ulaşılmamasında bile büyük şekildeğıştirmelerle enerji tüketilir ancak bu aşamada tüketilen enerji geri dönmemektedir (Celep, 2008).



Şekil 2.8. Kesitte oluşan davranış grafikleri (Celep, 2008).

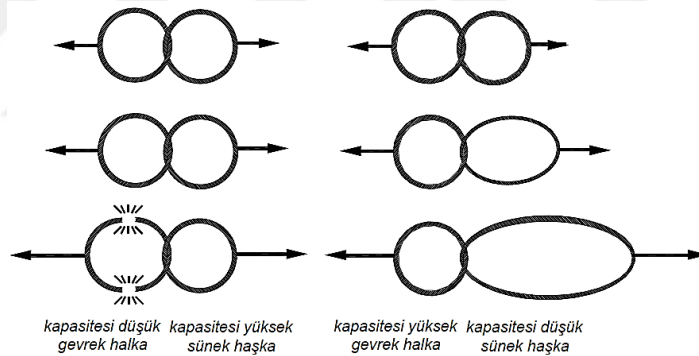
2.4. Kapasite Tasarımı

TDY2007' de yapı önemi ve deprem etkisinin meydana gelme aralıkları gibi parametreler ele alınarak yapılar için deprem performans hedefleri verilmiştir. Bu parametreler yardımı ile taşıyıcı sistemde oluşacak hasarların elastik ötesi yaklaşımla karşılanması istenir. Düşük bir ihtimal de olsa daha büyük depremlerin meydana gelme olasılığı bulunduğu için herhangi bir büyük deprem etkisi altında yapının açığa çıkan enerjiyi karşılaması yani güç tükenmesinin sünek olarak meydana gelmesi ve böylelikle göçmenin önlenmesi istenir (Arslan, 2008).

Yapısal sistemde bulunan elemanların her birinin kesit kapasiteleri birbirine yakın olacak şekilde oluşturulursa eleman kesitlerinin yardımlaşmaları sonucunda güç

tükenmelerinin yayılı olarak ortaya çıkmasını sağlanmış olur. Böylelikle hem hasarın bir kesitte toplanması önlenmiş olur hem de tek bir büyük hasar yerine yapısal sistem üzerinde yayılı daha küçük hasarlarla deprem kuvvetine karşı konulmuş olur (Celep, 2007).

Şekil 2.9.'da görüldüğü gibi iki elemandan birisi gevrek diğeri sünek olarak ele alınmıştır. İlk durumda gevrek eleman sünek elemana göre daha düşük kapasiteli olarak seçilmiştir. Sistemde gevrek eleman daha düşük kapasiteli olduğu için güç tükenmesi gevrek eleman tarafında gözlemlenir. Artan etkiler altında gevrek eleman daha fazla dayanamayarak kopmuştur. İkinci durumda sünek eleman gevrek elemana göre daha düşük kapasiteli seçilmiştir. Burada sünek eleman daha düşük kapasiteli olduğu için güç tükenmesi sünek eleman tarafında gözlemlenir. Sünek eleman incelendiğinde güç tükenmesi olayı artan kuvvetler altında daha belirgin hale gelir ve elemanın artan büyük şekildeğiştirmeler yaptığı görülür.

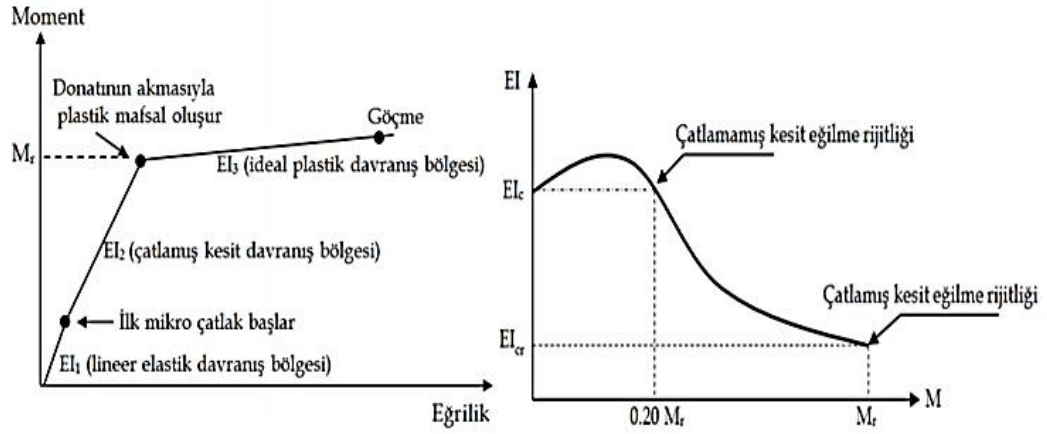


Şekil 2.9. Gevrek ve sünek elemanlarda güç tükenmesi (Celep, 2007).

2.5. Betonarme Kesitte Eğilme Rijitliği

Sürekli olarak yüklemeye maruz kalan betonarme bir elemanın çatlama dayanımına ulaşınca kadar lineer elastik davranış gösterdiği kabul edilir. Çatlama noktasına ulaşınca ilk çatlak gözlemlenir ve kesitin rijitliği değişmeye başlar. Bu çatlamlar neticesinde sisteme etkileyen yükler elemanın donatıları tarafından karşılanmaya başlar. Yük artmaya devam ettikçe kesitteki çatlaklar artar ve eğilme rijitliği azalır. Şekil 2.10.'da görüldüğü gibi bir noktadan sonra çekme bölgesindeki donatı akma sınırına

ulaşır ve plastik mafsallar gözlenmeye başlar. Bu noktadan sonra kesit yük almamaya başlar ancak şekildeğişiklikler de artış görülürken kesit rijitliğinde azalış görülür (Hüsem, M.).



Şekil 2.10. Eğilme momenti-eğrilik ve eğilme rijitliği-moment ilişkisi

Kirişlerde eğilme momentinin etkisi altında çatlamlar artar dolayısıyla çatlama bölgesi artar buna bağlı olarak eğilme rijitliği de azalır. Bu durumda basınç ve çekme bölgeleri yer değiştirir. Aynı durum açıklık ve mesnetlerde de farklı eğilme rijitliklerinin oluşmasına neden olur. Sonuç olarak yapı elemanları için ortalama bir eğilme rijitliği alınması önerilmektedir.

BÖLÜM 3. BİNA PERFORMANSININ DOĞRUSAL ELASTİK OLMAYAN YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Doğrusal elastik sistem davranışında malzemelerin yerdeğiştirme hareketlerinin çok küçük olduğu varsayımı ile çözümleme yapılmaktadır. Bunun sonucunda dış etkilere maruz kalan sistemler taşıma gücüne yaklaşmakta ve doğrusal elastik davranıştan uzaklaşmaktadır. Taşıma gücü değerine yaklaşan sistemlerde yerdeğiştirmeler, göz önünde bulundurulması gereken değerler almaktadır. TDY2007 7. Bölümde verilen doğrusal elastik hesap yöntemi kuvvet esaslı iken, doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi şekildeğiştirme esaslıdır. Yapıların şekildeğiştirmeleri göz önünde bulundurulması gerektiği için bina performansı doğrusal elastik olmayan yöntemlerle belirlenecektir.

“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 değerlendirmesi yapılacaktır (TDY, 2007).”

3.1. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

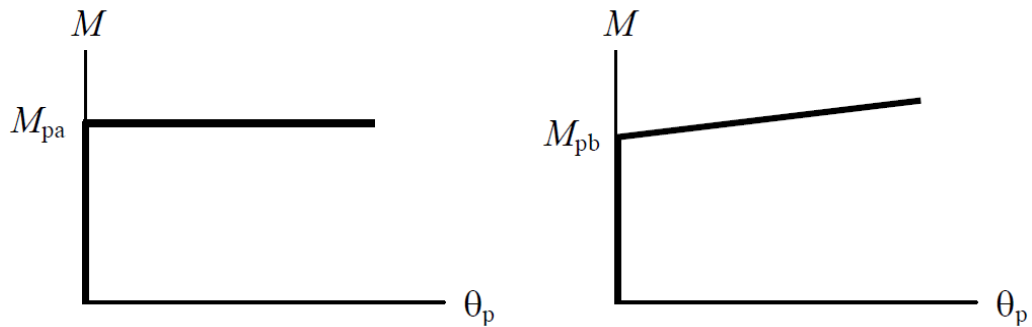
TDY2007 bölüm 7’de belirtildiği üzere doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi hakkında yapılan bazı kabuller aşağıda açıklanmıştır:

- “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 erdiği 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 ($L_p = 0.5 h$). $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekil değiştirmeler gözönüne alınmayacaktır (TDY, 2007)."

- "Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır (TDY, 2007)."
- "Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesitin, teorik olarak TDY2007 7.6.4.1.'de tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir (TDY, 2007)."
- 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 (TDY, 2007)."
- 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 (TDY, 2007)."

- “Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak TDY2007’de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, TDY2007’ye göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir (TDY, 2007).”
- “İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınacaktır (TDY, 2007).”
 - a. “İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir.” Şekil 3.1.’de şekil değiştirme kabulleri gösterilmektedir. “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 şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır (TDY, 2007).”
 - b. “Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda Şekil 3.1.’de verildiği gibi, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır (TDY, 2007).”



Şekil 3.1. Moment-plastik şekil değiştirme kabulleri (TDY, 2007).

3.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

“Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme 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 Bölüm 3.2.1. ve Bölüm 3.2.2.’ye göre belirlenecek ve analizde Bölüm 3.2.3. gözönüne alınacaktır (TDY, 2007).”

3.2.1. Yapay deprem yer hareketleri

“Yapay yer hareketlerinin kullanılması durumunda, aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir (TDY, 2007).”

- a. “Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır (TDY, 2007).”
- b. “Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} ’den daha küçük olmayacaktır (TDY, 2007).”
- c. “Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre %5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, gözönüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hâkim) periyod T_1 ’e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90’ından daha az olmayacaktır (TDY, 2007).”

3.2.2. 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 TDY 2007’de belirtildiği üzere madde 3.2.1.’de verilen tüm koşulları sağlayacaktır (TDY, 2007).”

3.2.3. Zaman tanım alanında hesap

“Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yapılması durumunda, taşıyıcı sistem elemanlarının tekrarlı yükler altındaki dinamik davranışını temsil eden iç kuvvet-şekildeğiştirme bağıntıları, teorik ve deneysel geçerlilikleri kanıtlanmış olmak kaydı ile ilgili literatürden yararlanılarak tanımlanacaktır. 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 (TDY, 2007).”

3.3. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

“Yönetmeliğin bu bölümüne göre 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 (TDY, 2007).”

“Deprem etkisinin tanımında, elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde binalar için hedeflenen performans düzeylerine göre yapılan değişiklikler gözönüne alınacaktır. Deprem

hesabında tanımlanan Bina Önem Katsayısı ($I = 1.0$) uygulanmayacaktır (TDY, 2007).”

“Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, kat ağırlıklarına göre deprem hesabında gözönüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır (TDY, 2007).”

“Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir (TDY, 2007).”

“Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri TDY2007 Bölüm 6’ya göre belirlenecektir (TDY, 2007).”

“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 (TDY, 2007).”

“Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları TDY2007 Bölüm 2.7.1.2’ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır (TDY, 2007).”

“Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri gözönüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır (TDY, 2007).”

“Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır (TDY, 2007).”

“Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır (TDY, 2007).”

“Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:”

- a. “Analizde beton ve donatı çeliğinin 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 modellenabilir (TDY, 2007).”

“Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir (TDY, 2007).”

“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, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$
 $N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

“Eksenel basınç kuvveti N_D ’nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile 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 rijitlikleri kullanılacaktır (TDY, 2007).”

“Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir (TDY, 2007).”

“Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir (TDY, 2007).”

“Zemindeki şekildeğişirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır (TDY, 2007).”

“TDY2007 Bölüm 2’de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir (TDY, 2007).”

3.4. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

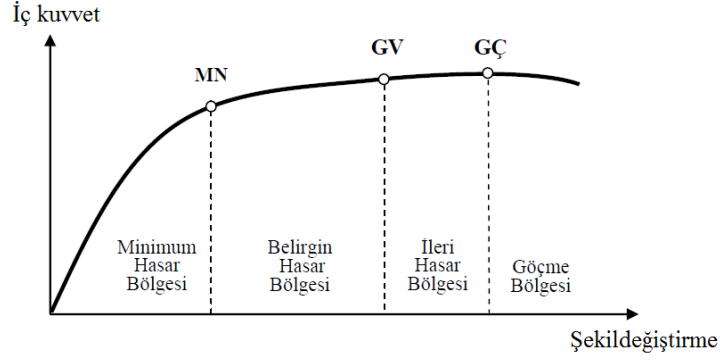
3.4.1. Kesit hasar sınırları

“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 elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir (TDY, 2007).”

3.4.2. Kesit hasar bölgeleri

“Kritik kesitlerin hasarı MN’ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi’nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi’nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi’nde, GÇ’yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi’nde

yer alırlar (TDY, 2007).” TDY2007’de verilen hasar bölgeleri Şekil 3.2.’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Betonarme elemanlarda kesit hasar bölgeleri (TDY, 2007).

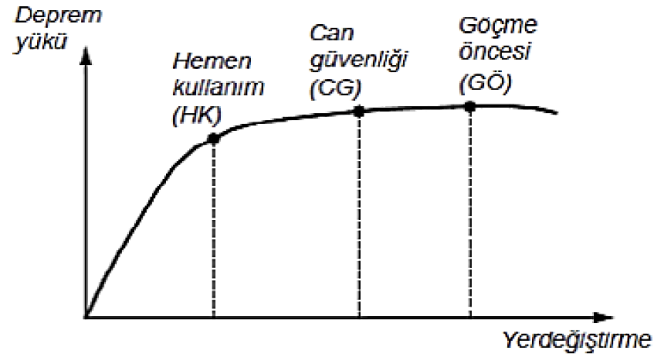
3.4.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

“Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin, Bölüm 3.4.1.’deki 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 (TDY, 2007).”

3.5. Yapı Deprem Performansının Belirlenmesi

3.5.1. Yapılarda deprem performansı etkisi

“Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. TDY2007’de tanımlanan depremde bina performansının doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile belirlenmesinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir (TDY, 2007).” Şekil 3.3.’de TDY2007’de verilen yapılar için performans düzeyleri mevcuttur.



Şekil 3.3. Yapılar için performans düzeyleri (TDY, 2007).

3.5.2. Hemen kullanım performans düzeyi

“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 (TDY, 2007).”

3.5.3. Can güvenliği performans düzeyi

“Eğer varsa, gevrek 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 (TDY, 2007).”
- 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 (TDY, 2007).”

- 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 (TDY, 2007).”

3.5.4. Göçme öncesi performans düzeyi

“Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi’nde olduğunun gözönüne 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 (TDY, 2007).”

3.5.5. Göçme durumu performans düzeyi

“Bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ni sağlayamıyorsa Göçme Durumu’ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır (TDY, 2007).”

3.6. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

“Yeni yapılacak binalar için TDY2007’de spektral ivme katsayısı bölümünde tanımlanan ivme spektrumu, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:”

- a. “50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, spektral ivme katsayısı bölümünde tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.”
- b. “50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise spektral ivme katsayısı bölümünde tanımlanan, spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1,5 katı olarak kabul edilmiştir (TDY, 2007).”

“Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 3.1.’de verilmiştir (TDY, 2007).”

(HK: Hemen Kullanım; CG: Can Güvenliği; GÖ: Göçme Öncesi)

Tablo 3.1. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri (TDY, 2007).

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

3.7. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

“Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden TDY2007 bölüm 7’de verilen birim şekildeğiştirme istemlerine göre elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir (TDY, 2007).”

“Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:”

- a. “Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları”

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

- b. “Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:”

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

- c. “Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:”

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

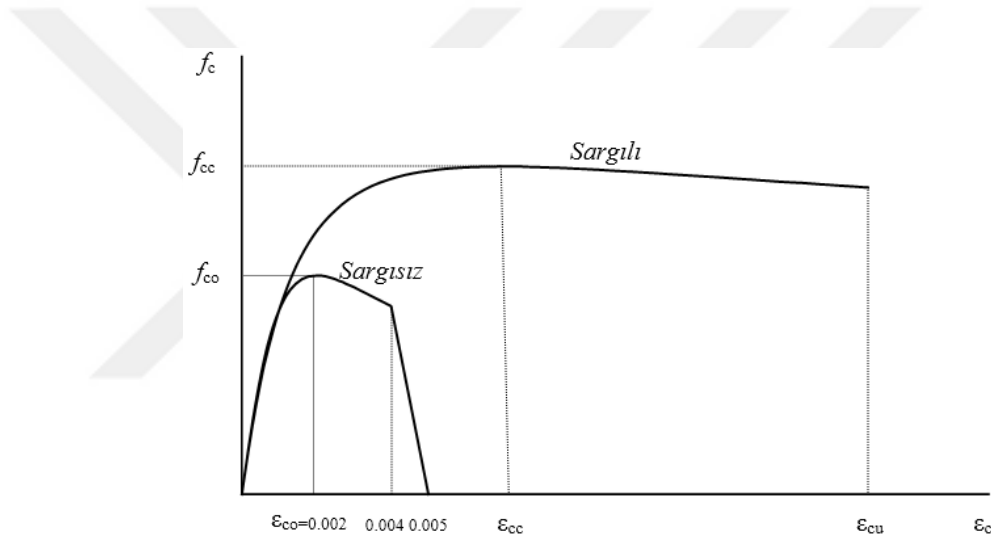
“Gözönüne alınan enine donatıların TDY2007’ye göre “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması zorunludur (TDY, 2007).”

3.8. Betonarme Malzeme Modelleri

“TDY2007 bilgilendirme eki 7B maddesinde beton ve donatı çeliği için gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları verilmiştir (TDY, 2007).”

3.8.1. Sargılı ve sargısız beton modelleri

“Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile performans değerlendirmesinde, başkaca bir modelin seçilmediği durumlarda kullanılmak üzere, sargılı ve sargısız beton için aşağıdaki gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (TDY, 2007).”



Şekil 3.4. Sargılı ve sargısız beton için gerilme-şekildeğiştirme grafikleri (TDY, 2007).

3.8.2. Donatı çeliği için malzeme modeli

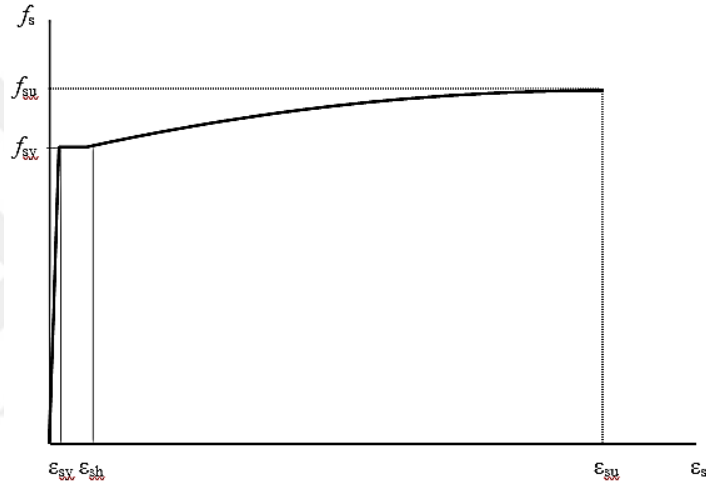
“Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile performans değerlendirmesinde kullanılmak üzere, donatı çeliği için aşağıdaki gerilme-şekildeğiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (TDY, 2007).”

“Donatı çeliğinin elastiklik modülü $E_s = 2 \times 10^5$ MPa’dır. S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Tablo 3.2.’den alınabilir (TDY, 2007).”

Tablo 3.2. Donatı çeliğine ait bilgiler (TDY, 2007)

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

“Şekil 3.5.’te görüleceği üzere ilk kısım doğrusal davranışın bulunduğu elastik bölgedir. İkinci kısımda donatı akma durumunda olup, üçüncü kısımda pekleşme meydana gelmektedir (TDY, 2007).”



Şekil 3.5. Donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme grafiği (TDY, 2007)

BÖLÜM 4. SAYISAL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, betonarme yüksek yapıların deprem performansına betonarme perde etkisi incelenmiştir. DBYBHY 2007'ye bağlı alınarak 20 katlı perdeli-çerçeve ve çerçeve iki farklı betonarme yapı modeli oluşturulmuş ve bu modellerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Kullanım amacı konut olan yapıların hedeflenen performans düzeyi DBYBHY 2007'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde “Can Güvenliği” performans seviyesini sağlamasıdır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde yapının deprem performans seviyesinin belirlenebilmesi için uygulanan iki farklı deprem etki yöntemi vardır. Bu yöntemlerden ilki 3 farklı depremin etki ettirilmesi ve sonuçların maksimumunun esas alınması, ikincisi ise 7 farklı depremin etki ettirilmesi ve sonuçların ortalamasının esas alınmasıdır. Bu çalışmada 3 farklı deprem kaydı yapının her iki doğrultusundan etki ettirilmiş ve maksimum sonuçlar göz önünde bulundurularak sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1. Bina Genel Bilgileri

Yapı modellerinin tamamında kalıp planlarının simetrik, kat yüksekliklerinin sabit olduğu kabul edilmiştir. Kat yükseklikleri tüm katlarda 3,00 m olup, yapının toplam yüksekliği 60 m'dir. Yapı sistemi simetrik olup, her bir aks aralığı X ve Y yönlerinde 7,5 m'dir. Yapı X ve Y yönlerinde 30 m boyutlarındadır. Tasarımı yapılan modellemelerde kolon ebatları 100 cm x 100 cm, kiriş ebatları 40 cm x 70 cm ve 50 cm x 100 cm, perde ebatları 50 cm x 900 cm olarak seçilmiştir. Döşeme kalınlıkları 15 cm'dir. Ayrıca yapı modellerinin tamamının zemine ankastre bağlı olduğu varsayılmış ve temele ait hesap parametreleri bu tez kapsamında incelenmemiştir. Şekil 4.1.'de perdeli-çerçeve modele ait ve şekil 4.2.'de çerçeve modele ait kalıp aplikasyon planı verilmiştir. Perdeli-çerçeve model için kullanılan kesitler ve donatılar Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Yapının Z2 zemin sınıfı üzerinde inşa edildiği ve 1. Derece deprem bölgesinde bulunduğu kabul edilmiştir. Malzeme özellikleri, beton sınıfı C25 ve donatı çeliği sınıfı S420 olarak seçilmiştir.

Bina Özellikleri:

- Kat yükseklikleri: 3,00 m
- Kat sayısı: 20
- Bina toplam Yüksekliği: 60 m
- Bina Taşıyıcı Sistem: Perdeli-Çerçeve ve Çerçeve
- Bina Kullanım Amacı: Konut
- Aks sistemi: 7,5 m x 7,5 m

Malzeme Özellikleri:

- Beton sınıfı: C25
- Donatı Çeliği Sınıfı: ST III-S420a

Hesap Parametreleri:

- Zemin sınıfı: Z2 ($T_A = 0,15$ $T_B = 0,40$)
- Deprem Bölgesi: 1.Derece ($A_0 = 0,40$)
- Hareketli Yük Katılım Katsayısı: 0,30
- Bina Bilgi Düzeyi: Kapsamlı Bilgi Düzeyi ($R = 1$)

Hedef performans seviyesi: 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde ‘Can Güvenliği’ seviyesidir.

Oluşturulan yapı modellerinde rijit diyafram kabulü yapılmış ve döşemelerden gelen yükler kirişlere yayılı yük olarak etki ettirilmiştir.

Yük Analizi;

- G yüklemesi : Döşeme zati yük = 4,00 kN / m²
- G1 yüklemesi : Duvar Yüğü = 1,21 kN / m²
- Q yüklemesi : Hareketli yük = 2,00 kN / m²

Yukarıda tanımlanan yük analizine uygun olarak kiriş elemanları üzerine atanan yüklemeler aşağıda belirtilmiştir.

Dış çevre kirişleri (40 cm x 70 cm)

$$G: 4 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (7,5 \text{ m} / 2) = 15 \text{ kN} / \text{m}$$

$$G1: 1,21 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (3,00 \text{ m} - 0,7 \text{ m}) = 2,8 \text{ kN} / \text{m}$$

$$Q: 2,0 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 7,5 \text{ m} / 2 = 7,5 \text{ kN} / \text{m}$$

İç kirişler (40/70)

$$G: 4 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 7,5 \text{ m} / 2 \times 2 = 30 \text{ kN} / \text{m}$$

$$G1: 1,21 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (3,00 \text{ m} - 0,7 \text{ m}) = 2,8 \text{ kN} / \text{m}$$

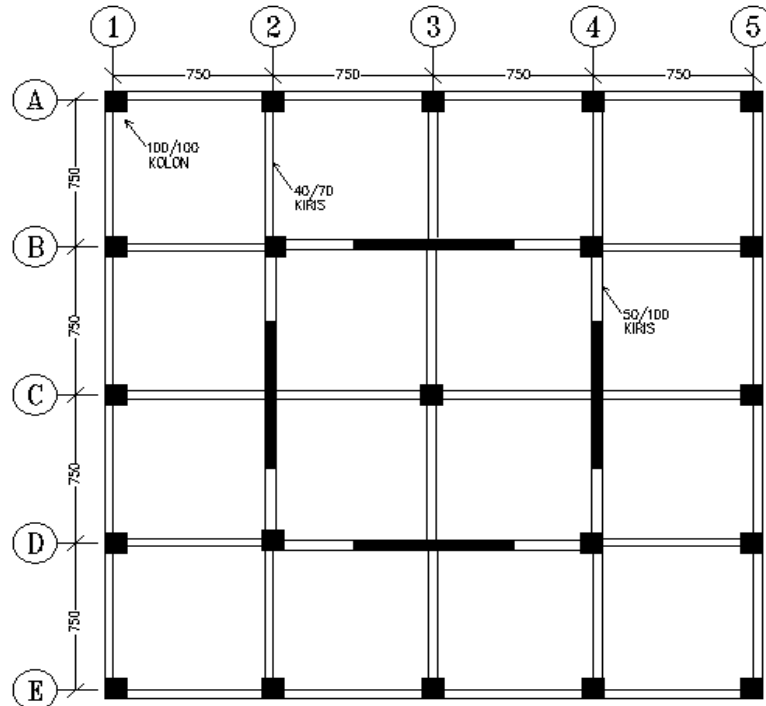
$$Q: 2,0 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 7,5 \text{ m} / 2 \times 2 = 15 \text{ kN} / \text{m}$$

İç kirişler (50/100)

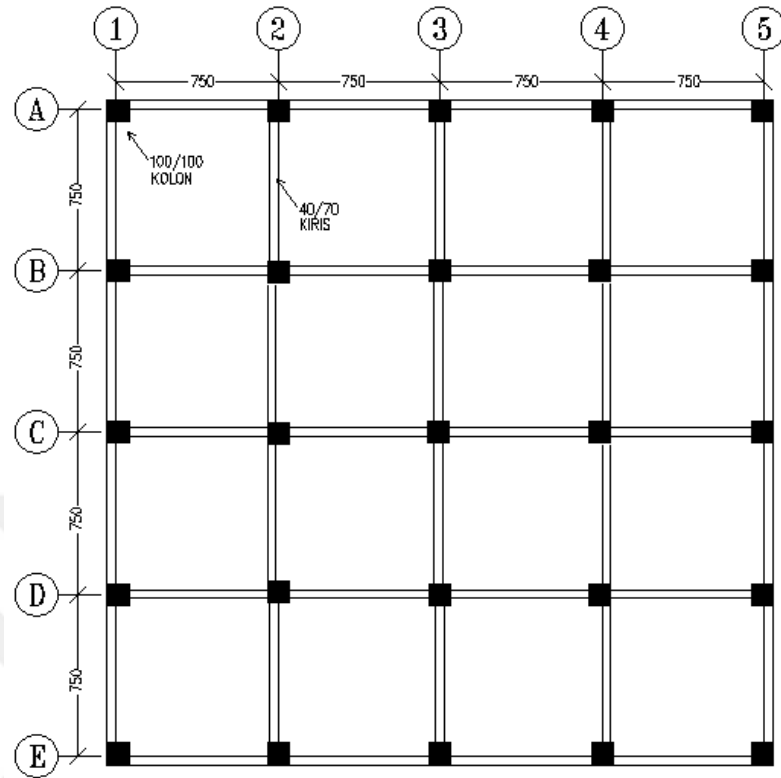
$$G: 4 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 7,5 \text{ m} / 2 \times 2 = 30 \text{ kN} / \text{m}$$

$$G1: 1,21 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (3,00 \text{ m} - 1,0 \text{ m}) = 2,42 \text{ kN} / \text{m}$$

$$Q: 2,0 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 7,5 \text{ m} / 2 \times 2 = 15 \text{ kN} / \text{m}$$



Şekil 4.1. Perdeli-çerçevesel model kalıp aplikasyon planı



Şekil 4.2. Çerçevesi model kalıp aplikasyon planı

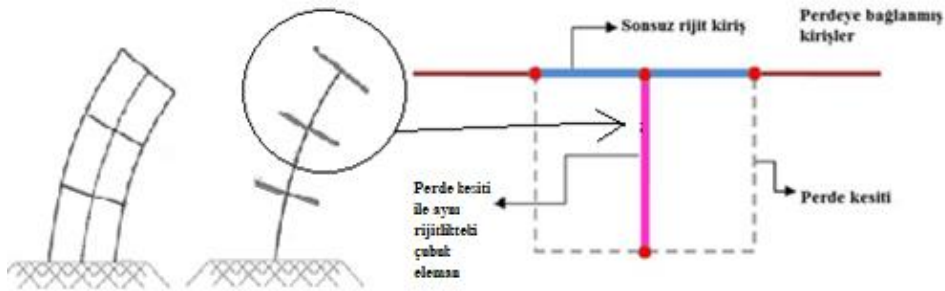
Tablo 4.1. Perdeli-çerçevesi modelde kullanılan kesitler ve donatılar

KESİT (cm)		Başlık Kesiti (cm)	Minimum Donatı Oranı	Minimum Başlık Donatı Alanı (cm2)	Minimum Donatı Oranı	Gövde Donatısı Alanı (cm2)	Seçilen Başlık Donatısı	Seçilen Gövde Donatısı
KOLON	100x100	-	0,01	100	-	-	32φ20	-
KİRİŞ	40x70	-	0,003	14,7	-	-	5φ16	-
KİRİŞ	50x100	-	0,003	15	-	-	5φ20	-
PERDE	900x50	200x50	0,01	100	0,0025	62,5	32φ20	40φ14/25

4.2. Yapı Modelinin SAP2000 Sonlu Elemanlar Programı Yardımıyla Oluşturulması

Yapının zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan yöntem ile modellenmesi için SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılmış ayrıca kolon, kiriş ve perdeler için etkin eğilme rijitlikleri hesaplanarak sisteme girilmiştir. Etkin eğilme rijitlikleri tanımlanırken her 4 kat için kolon ve perdelerde ayrı ayrı hesaplanmış ve sisteme bu şekilde etki ettirilmiştir. Döşeme elemanları serbestlik derecesini arttırdığı ve doğrusal elastik olmayan analizin yapılabilmesi için döşemeler sistemden kaldırılmış ve döşemeye gelen yükler kirişlere yayılı yük olarak etki ettirilmiştir.

Betonarme perdeleri çubuk eleman olarak modelleyebilmek amacıyla perde elemanlar orta-dikme çubuk modeli ile tanımlanmıştır. Bu modelde perdenin tüm özellikleri orta-dikme çubuk ile tanımlanmış ve ayrıca kendi ağırlığı olmayan eğilme rijitliği çok büyük olan sonsuz kiriş elemanlar tanımlanmıştır. Şekil 4.3.'de perde elemanlar için orta dikme çubuk modeli görülmektedir. Orta dikme modeli kullanılarak sisteme plastik mafsallarla tanımlanabilmektedir.



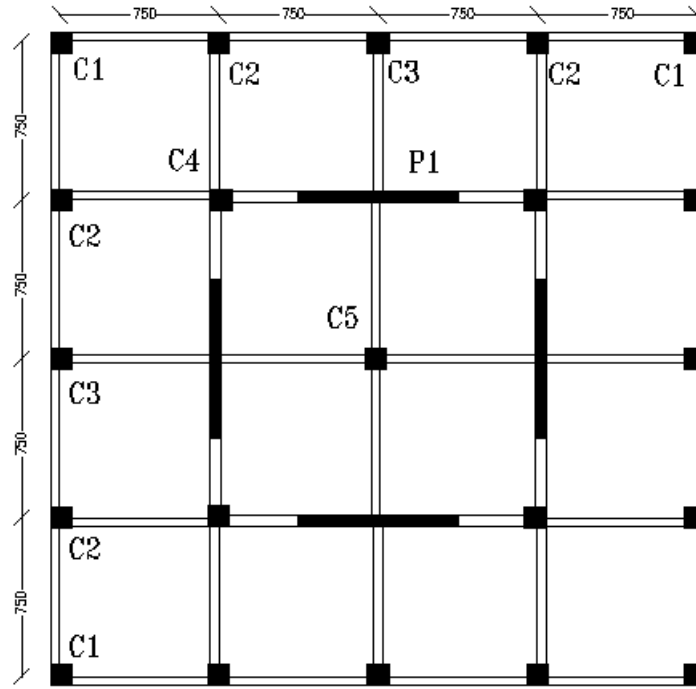
Şekil 4.3. Perde elemanlar için orta-dikme çubuk modeli

TDY2007'ye uygun olarak etkin eğilme rijitlikleri tüm elemanlara tanımlanmıştır. Perde ve kolonlarda etkin eğilme rijitlikleri 0,40 - 0,80 arasında değişiklik göstermektedir ve bu değer alt katlardan üst katlara doğru çıkıldıkça azalmaktadır. Kirişlerde ise etkin eğilme rijitliği 0,40 olacak şekilde sisteme etki ettirilir.

Tablo 4.2.'de perdeli-çerçeve sistemine ait eğilme rijitlik değerleri ve Şekil 4.4.'te eleman numaraları gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Perdeli-çerçeve model etkin eğilme rijitliği

		1-4	5-8	9-12	13-16	17-20
		Katları	Katları	Katları	Katları	Katları
PERDE	P1	0,63	0,56	0,48	0,4	0,4
	C1	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4
KOLON	C2	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4
	C3	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4
	C4	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4
	C5	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4
	C5	0,8	0,74	0,6	0,47	0,4



Şekil 4.4. Perdeli-çerçeve modele ait eleman numaraları

TDY2007 madde 2.8.3.1'e göre "Hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, Y, göz önüne alınan birbirine dik x ve y yatay deprem doğrultularının her birinde, her bir mod için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının hiçbir zaman bina toplam kütlelerinin %90'ından daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir." Perdeli-

çerçevesi ve çerçevesi model için periyot ve kütle katılım oranları Tablo 4.3.'de verilmiştir.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.1)$$

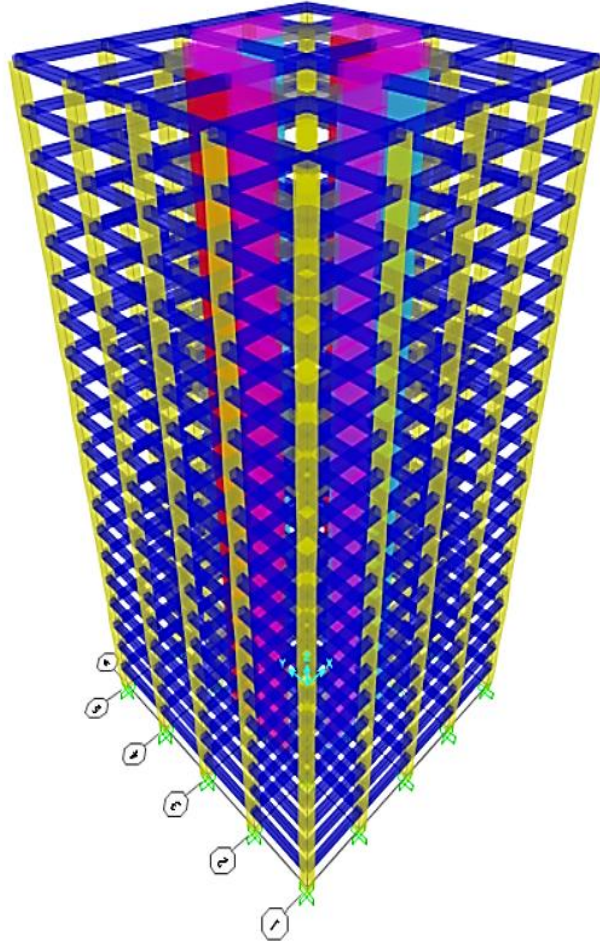
$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (4.2)$$

Denklem 4.1. ve Denklem 4.2.'de görüldüğü gibi M_{xn} ve M_{yn} ifadeleri x ve y deprem doğrultusunda binanın n'inci doğal titreşim modundaki etkin kütleleri belirtmektedir. M_n n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle ve m_i binanın i'inci katının kütlelerini ifade etmektedir.

Tablo 4.3. Her iki model için periyot ve kütle katılım oranları

	Perdeli-Çerçevesi Model		Çerçevesi Model	
	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı (%)	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı (%)
T_{1x}	1,36	90,49	3,18	93,93
T_{1y}	1,36	90,49	3,18	93,93

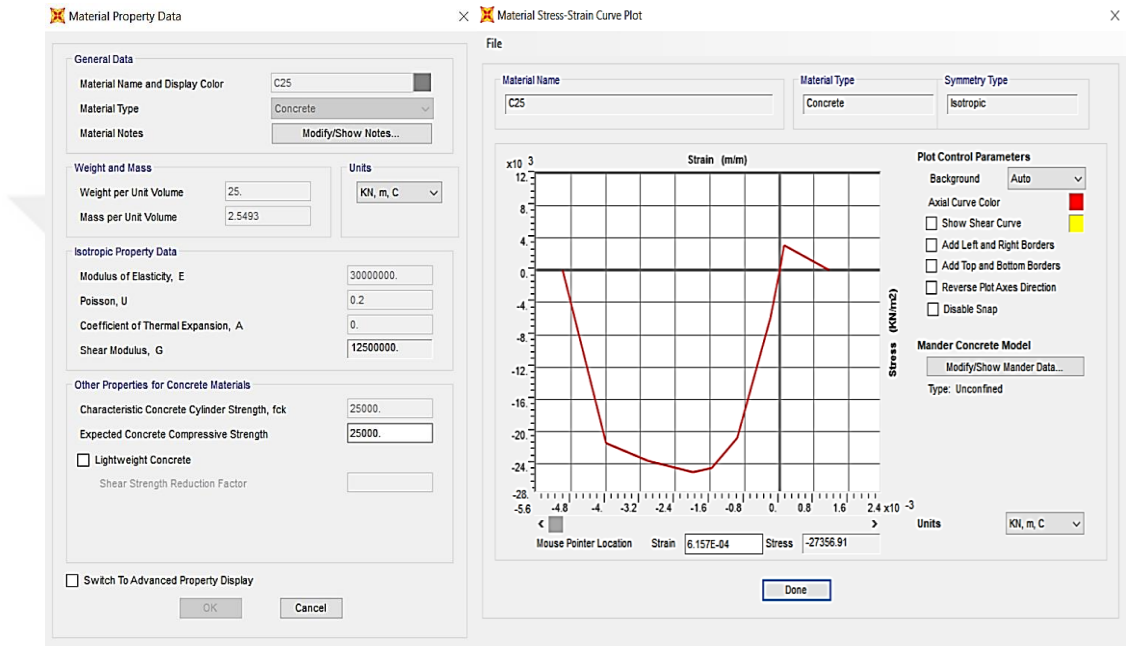
Çatlamış eğilme rijitlikleri sisteme girildikten sonra hem x hem de y doğrultusunda periyot değerlerinin arttığı, kütle katılım oranlarının azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Perdeli-çerçevesel modelin üç boyut görüntüsü

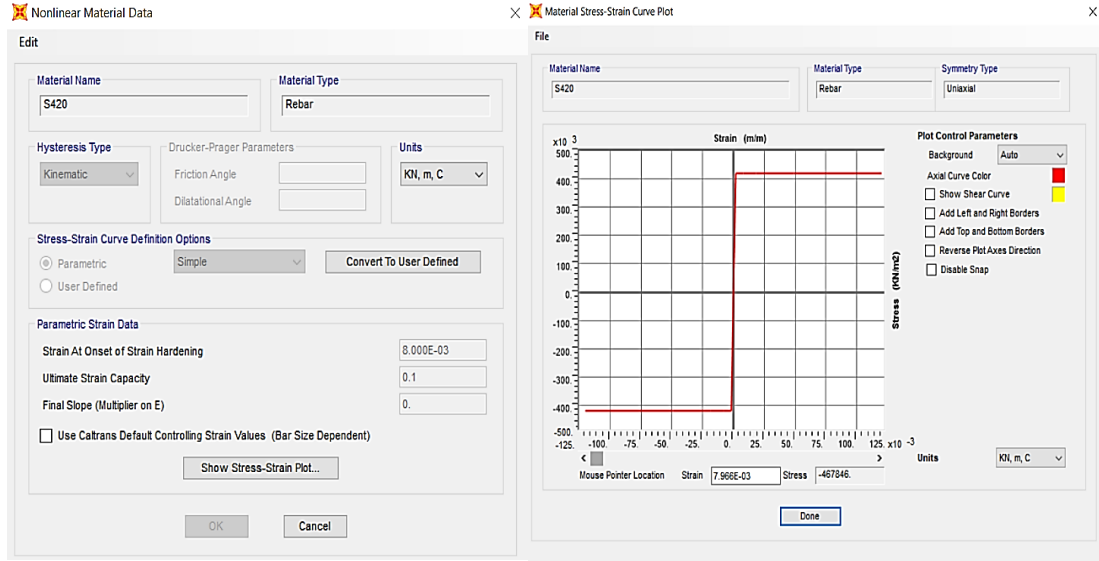
4.2.1. Malzeme Özelliklerinin Programa Tanıtılması

Taşıyıcı sistem malzemeleri olarak C25 beton sınıfı ve S420 donatı çeliği kullanılmıştır. Malzeme modeli için TDY2007 Ek-7B'ye bağlı kalınmıştır. Şekil 4.6.'da C25 beton sınıfı için oluşturulan malzeme verileri, çekme-basınç ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 4.6. C25 beton sınıfı için malzeme özellikleri

Şekil 4.7.'de S420 donatı çeliği için oluşturulan nonlinear malzeme verileri ve basınç-çekme ilişkisi gösterilmiştir. S420 çeliği tanımlanırken ideal elasto plastik malzeme sistemi kullanıldığı için karakteristik akma dayanımı ve kopma dayanımı değerleri 420 MPa olarak kullanılmıştır. Nonlinear malzeme verileri tanımlanırken malzemenin mümkün olduğunca fazla akabilmesi için 'final slope' değeri '0' olarak değiştirilmiştir.



Şekil 4.7. S420 donatı çeliği için malzeme özellikleri

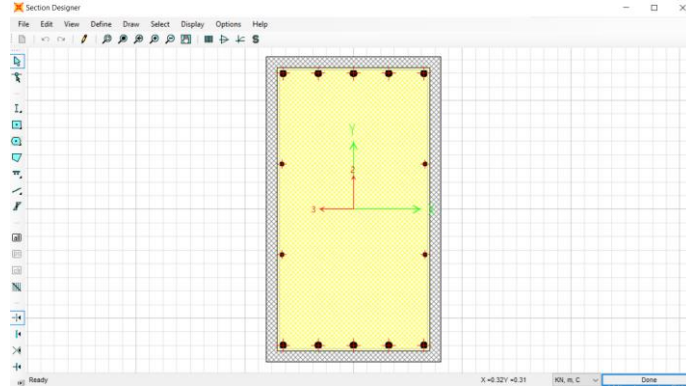
4.2.2. Kesitlerin moment-eğrilik bağıntılarının oluşturulması ve akma yüzeylerinin elde edilmesi

Perde, kolon ve kirişlerin tanımlanması için SAP2000 programı Frame Section bölümünde bulunan Section Designer komutu kullanılmıştır. Bu komutun kullanılması ile doğrusal olmayan malzeme modeli tanımlanmış, akma yüzeyleri ve moment-eğrilik bağıntıları belirlenmiştir. Kirişlerde eksenel kuvvet oluşmadığı için moment-eğrilik diyagramlarının bulunması yeterli olurken perde ve kolonlarda oluşan eksenel kuvvetten dolayı hem moment-eğrilik diyagramı hem de akma yüzeyleri bulunmuştur. Section Designer’da tanımlanan perde, kiriş ve kolonların boyutlarına ve donatı miktarına bağlı olarak program otomatik olarak moment-eğrilik ve akma yüzeylerini vermektedir. Perde, kiriş ve kolonlar tanımlanırken donatı miktarı TDY2007’ye bağlı kalınarak minimum olacak şekilde seçilerek tanımlanmıştır.

4.2.2.1. Kirişlerin moment-eğrilik bağıntılarının belirlenmesi

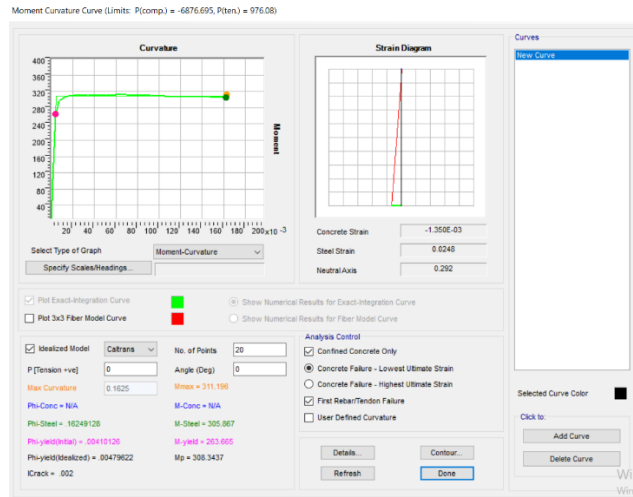
40 cm x 70 cm olan ve Section Designer’da tanımlanan kiriş kesiti Şekil 4.8.’de gösterilmiştir. Kiriş kesitleri tanımlanırken minimum donatı miktarı göz önünde bulundurularak hesaplama yapılmış ve kirişlerin basınç ve çekme bölgelerine donatılar

eşit şekilde dağıtılmıştır. Tüm donatılar da ideal elastoplastik donatı çeliği malzeme modeli kullanılmıştır.

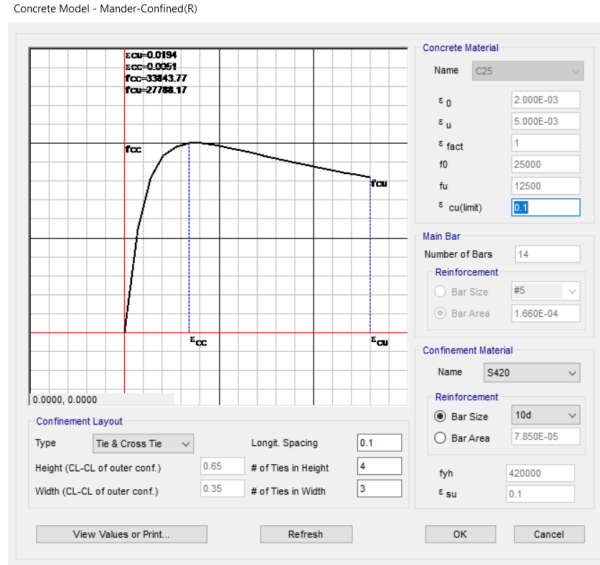


Şekil 4.8. SAP2000 sonlu elemanlar programı section designer’da tanımlanan 40 cm x 70 cm kiriş(t-m)

Kiriş kesitine ait moment-eğrilik bağıntısı Section Designer’in otomatik olarak oluşturduğu grafiği idealize ederek elde edilmiştir. İdealize değerlerin kullanılma sebebi kirişin rijit plastik davranış sergilemesi içindir bunun anlamı grafiğin sıfır çizgisinden başlayarak eğrilik olmadan ilerlemesi ve plastik moment değerine ulaştıktan sonra da eğrilik olmasının istenmemesidir. Şekil 4.9.’da ve Şekil 4.10.’da kiriş ait moment-eğrilik bağıntısı ve mander sargılı beton modeli gösterilmiştir.



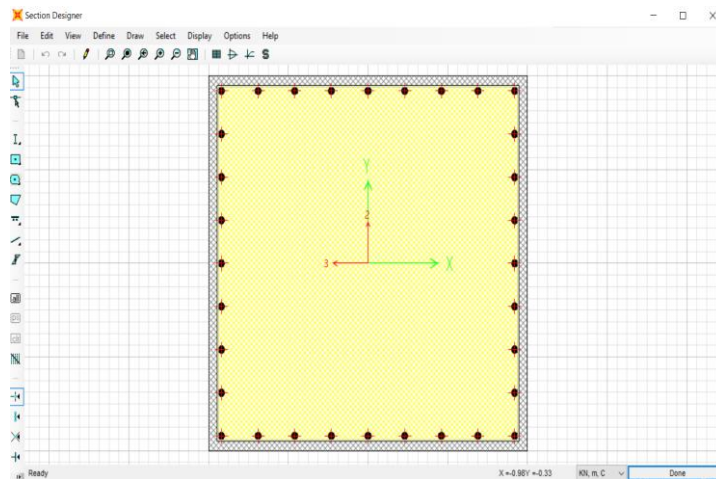
Şekil 4.9. 40 cm x 70 cm kiriş için moment-eğrilik bağıntısı(t-m)



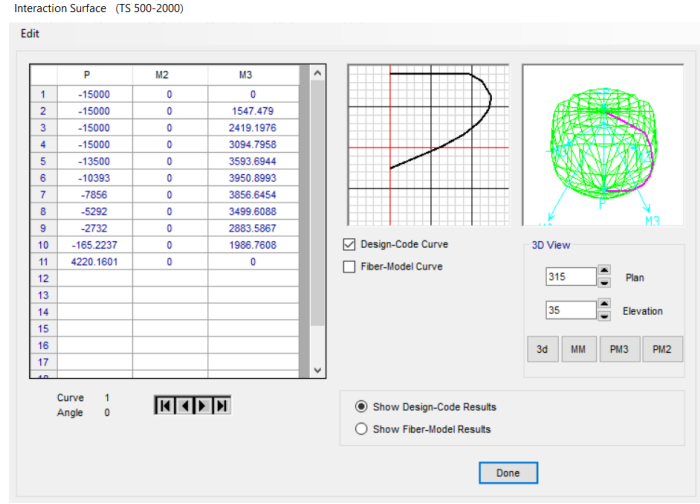
Şekil 4.10. 40 cm x 70 cm kiriş için mander sargılı beton modeli(t-m)

4.2.2.2. Kolonların moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi

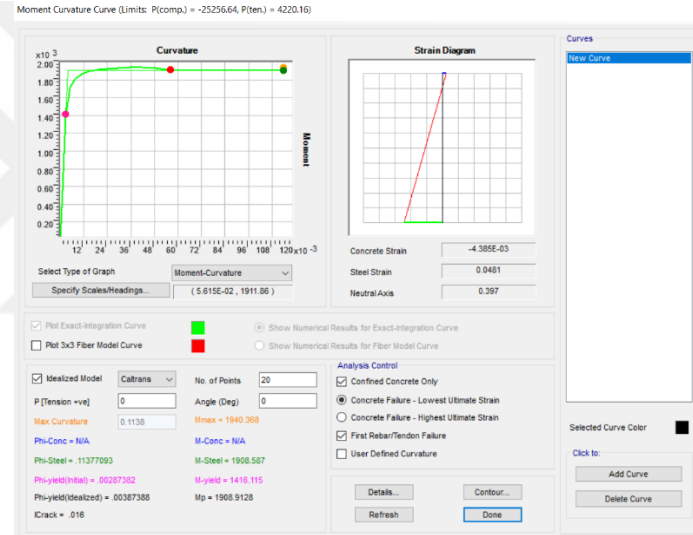
100 cm x 100 cm boyutlarındaki kolon kesiti Şekil 4.11.'de verilmiştir. Kolonlar oluşturulurken yönetmeliğe bağlı kalınarak minimum donatı miktarları hesaplanarak programa girilmiştir. İdealize edilmiş moment-eğrilik grafiği Şekil 4.12.'de, akma yüzeyleri Şekil 4.13.'de ve mander sargılı beton modeli Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



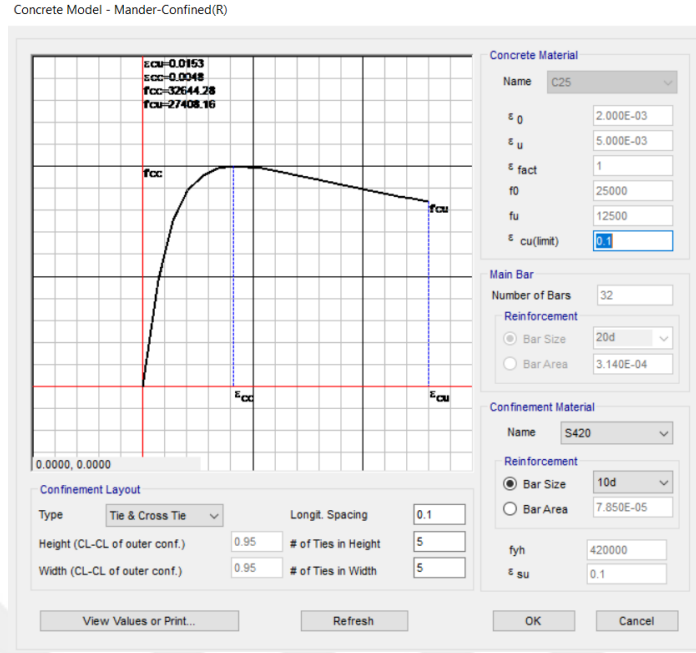
Şekil 4.11. SAP2000 programı section designer komutunda 100 cm x 100 cm kolon oluşturulması(t-m)



Şekil 4.12. 100 cm x 100 cm kolon için akma yüzeyleri(t-m)



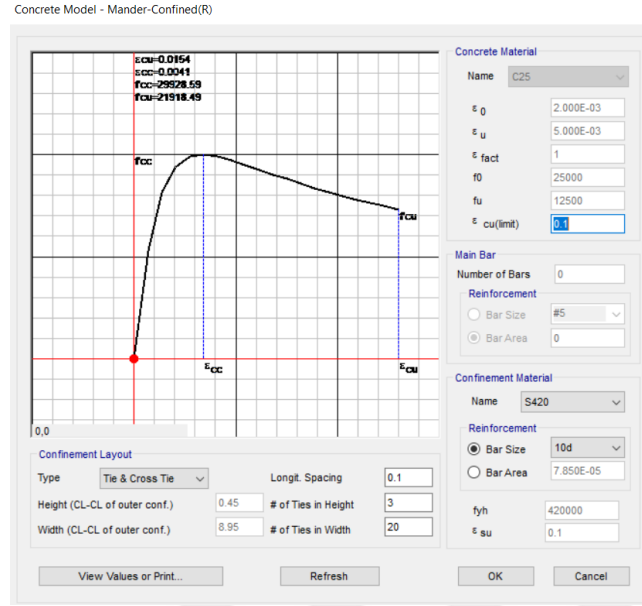
Şekil 4.13. 100 cm x 100 cm kolon için moment-eğrilik bağıntısı(t-m)



Şekil 4.14. 100 cm x 100 cm kolon için sargılı beton modeli(t-m)

4.2.2.3. Perdelerin moment-eğrilik bağıntılarının ve akma yüzeylerinin belirlenmesi

Perde elemanlar tanımlanırken kolon ve kirişten farklı olarak başlık ve gövde bölgesine ayrılarak tanımlanır. Başlık bölgesi tanımlanırken minimum donatı oranı 0,01, gövde bölgesi tanımlanırken donatı oranı 0,0025 olacak şekilde hesaplanmıştır. Perdeler Section Designer’de tanımlanırken “Draw Reinforcing Shape” komutu kullanılır. Başlık ve gövde bölgesine sahip perdenin kesit özellikleri ve donatı miktarları Şekil 4.15.’de gösterilmiştir. Perde elemanları için idealize edilmiş moment-eğrilik bağıntısı, akma yüzeyleri, mander sargılı beton modeli Şekil 4.16.’da, Şekil 4.17.’de ve Şekil 4.18.’de verilmiştir.



Şekil 4.18. 900 cm x 50 cm perde için sargılı beton modeli (t-m)

4.2.3. Kesitlerde plastik mafsalların sisteme tanımlanması

Perde, kolon ve kiriş elemanlarına manuel olarak plastik mafsal özelliklerini tanımlayabilmek için SAP2000’de ‘Define-Section Properties-Hinge Properties’ sekmesi kullanılmaktadır. Plastik mafsalları manuel tanımlarken perde ve kolonlarda eksenel kuvvet etkisinden dolayı P-M2-M3 özelliği kullanılır, kirişlerde ise eksenel kuvvet söz konusu olmadığından yalnızca M3 plastik mafsal özelliği kullanılır. Plastik şekildeğiştirmelerin çubuk elemanların uç bölgelerinde olduğu kabul edilir bu yüzden kolon ve kiriş elemanların yüksekliklerinin 0.05 ine ve 0.95 ine plastik mafsal ataması yapılmıştır. Perdelerde ise plastik şekildeğiştirmeler alt uç bölgelerde oluşur bu yüzden perdelerde sadece çubuk eleman yüksekliğinin 0.05 ine plastik mafsal ataması yapılmıştır.

4.2.3.1. Plastik mafsalların perde ve kolonlarda tanımlanması

Şekil 4.19.’da eksenel kuvvet altındaki kolon ve perdeler de plastik mafsallar P-M2-M3 özelliği kullanılarak tanımlanmıştır. Eksenel kuvvetler üst katlara doğru çıkıldıkça azalmaktadır. SAP2000 programında bu eksenel kuvvetler manuel olarak her kat için

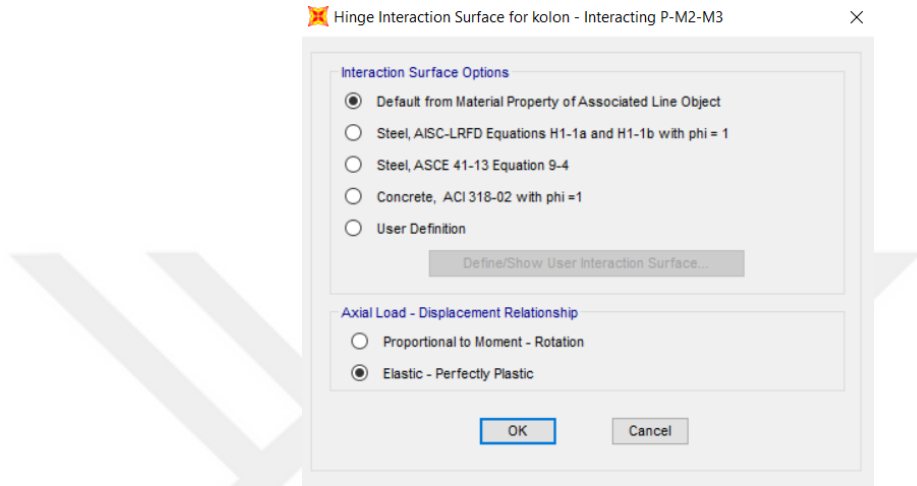
tek tek girilebilirken aynı zamanda program kendi hesaplayarak varsayılan olarak alması da sağlanmaktadır.

Şekil 4.19. 100 cm x 100 cm'lik kolon için plastik mafsıl tanımı

Şekil 4.20.'de görüldüğü üzere kesitin dönebildiği kadar dönmesini sağlamak ve kesitteki limit dönme miktarını görebilmek için 'User SF=1' olarak girilmiştir. Kolonlar ve perdeler, simetrik yapılarından dolayı M2 ve M3 moment dönme bağıntısı çift simetri özelliği kullanılarak girilmiştir. Çift simetri özelliğinden dolayı açılar 0° ve 90° olarak tanımlanmıştır.

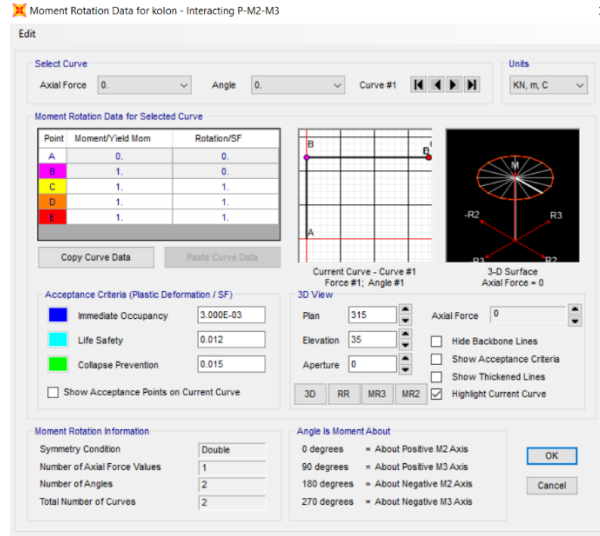
Şekil 4.20. 100 cm x 100 cm'lik kolon için plastik mafsıl veri girişi

Akma momentleri eksenel kuvvetlere göre program tarafından varsayılan olarak seçilir bu yüzden kolon ve perdelerde moment değerleri programa girilmemektedir. Etkileşim yüzeyleri Şekil 4.21.'de görüldüğü üzere malzeme özelliklerine göre varsayılan olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.21. 100 cm x 100 cm'lik kolon için plastik mafsallık akma yüzeyi

Moment dönme verileri girilirken moment/yield momenti değerleri Şekil 4.22.'de görüldüğü gibi 1 olarak, Rotation/SF değerleri ise 1 olarak girilmiştir. Malzeme modeli tanımlanırken ideal elasto plastik malzeme olarak tanımlama yapılmıştı bunun anlamı plastik moment değerine ulaşıldıktan sonra eğrilik olmasının istenmemesinden dolayıdır. Burada da B(akma) değerinden itibaren moment/yield moment değeri 1 olarak alınarak bu malzeme modeline göre davranış seçilmiş hale gelmiştir. Dönmenin olabildiğince devam edebilmesi içinde büyük bir değer olan 1 girilmiştir. "Acceptance Criteria" kısmı dönmeyi temsil etmektedir ve TDY2007'de dönmeye ilişkin sınır değerler olmadığı için bu değerler girilmemiştir.



Şekil 4.22. 100 cm x 100 cm'lik kolon için plastik mafsalları veri girişi

4.2.3.2. Plastik mafsallarının kirişlerde tanımlanması

Şekil 4.23.'de görüldüğü gibi eksenel kuvvet etkisi altında olmayan kiriş elemanlarda plastik mafsallar M3 olarak programa girilmiştir. Şekil 4.24.'de kiriş kesiti simetrik olduğu için 'symmetric' butonu aktif hale getirilmiştir. Kesiti rijit plastik olarak tanımlayabilmek için B(akma) değerinden itibaren bütün değerler 1 olarak girilmiştir. Sistemin dönebildiği kadar dönmesini sağlamak için Rotation/SF değerleri büyük tutularak 1 olarak girilmiştir. "Moment SF" değerini tanımlamak için daha önceden kiriş modelinde bulunmuş olan plastik moment(M_p) değeri girilir. "Rotation SF" değerini tanımlamak için idealize edilmiş akma katsayısı girilmesi gerekirken 1 olarak tanımlanmıştır burada amaç sistemin akabildiği kadar akmasını sağlamaktır. Akma katsayısı 1 sayısından küçük olduğu için program bütün işlemlerini akma katsayısına ulaşana kadar sürdürecektir daha sonra ilerlemeyecektir bu yüzden "Rotation SF" değeri 1 olarak girilmektedir.

Frame Hinge Property Data

Hinge Property Name
40/70kiris

Hinge Type
☐ Force Controlled (Brittle)
☒ Deformation Controlled (Ductile)

Moment M3

Modify/Show Hinge Property...

OK Cancel

Şekil 4.23. 40 cm x 70 cm'lik kiriş için plastik mafsalları tanımlama

Frame Hinge Property Data for 40/70kiris - Moment M3

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
D-	-1	-1
D+	-1	-1
C-	-1	-1
C+	-1	0
A	0	0
B-	1	1
B+	1	1
E	1	1

Load Carrying Capacity Beyond Point E
☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation
☐ Use Yield Moment Moment SF 308.34
☐ Use Yield Rotation Rotation SF 1.

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)
☒ Immediate Occupancy 3.000E-03
☐ Life Safety 0.012
☐ Collapse Prevention 0.015

OK Cancel

Şekil 4.24. 40 cm x 70 cm'lik kiriş için plastik mafsalları tanımlama verileri

4.2.4. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve izlenecek adımlar

Depreme dayanıklı yapı tasarımları için kullanılan yaygın yöntemlerden biri Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analizdir. Bu yöntemle yapılan analizlerde deprem kayıtları kullanılır. Deprem kayıtlarını elde etmek için üç yöntem bulunmaktadır. Bunlar doğal deprem kayıtları, yapay deprem kayıtları ve benzeştirilmiş deprem kayıtlarıdır. Deprem kayıtlarının programa girilmesi sonucu taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirmeler, şekildeğiştirmeler, iç kuvvetler ve plastik mafsallar belirlenir. Tasarım ve değerlendirme için doğrusal olmayan analizde

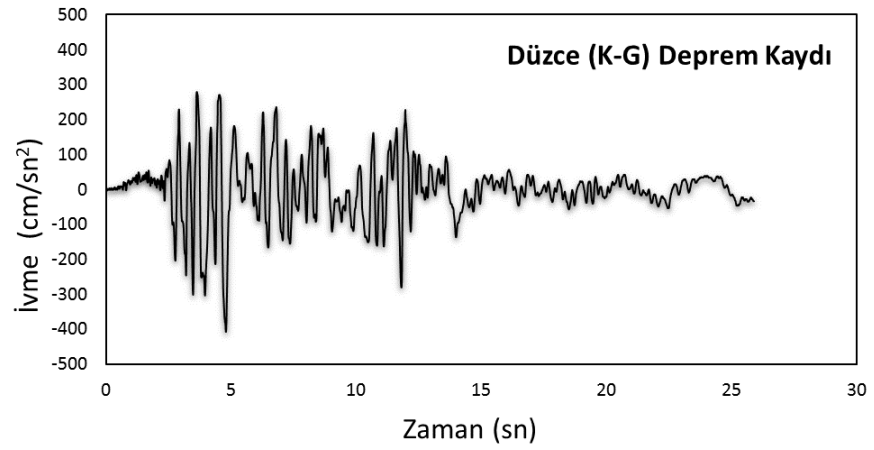
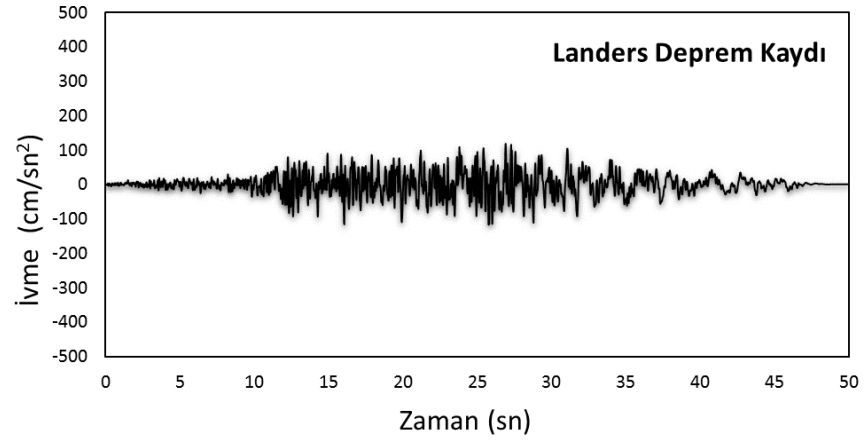
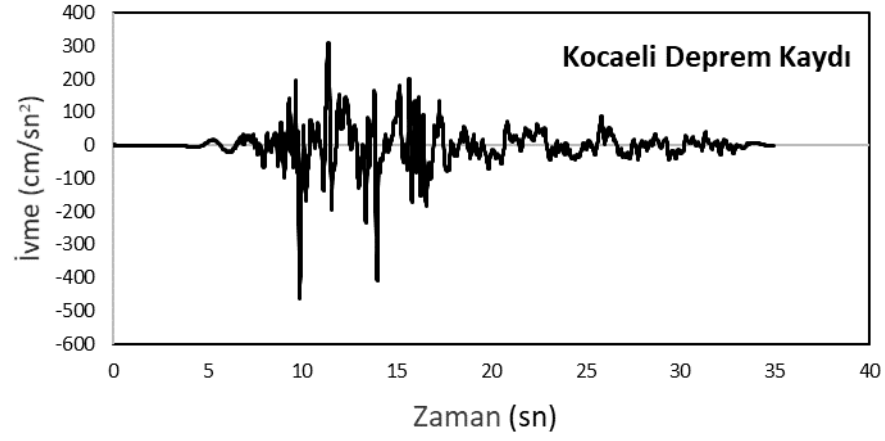
en az üç farklı deprem kaydı girilmeli ve bu değerlerin maksimumu esas alınmalı ya da yedi farklı deprem kaydı girilmeli ve bu değerlerin ortalaması alınmalıdır.

4.2.5. Analizde kullanılacak deprem kayıtlarının belirlenmesi

Kocaeli, Landers ve Düzce deprem kayıtları TDY2007'ye uygun olarak seçilmiş gerçek deprem kayıtlarıdır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için bu üç deprem kaydı kullanılmıştır ve her bir deprem kaydı X ve Y doğrultularında sisteme girilmiştir. Şekil 4.25.'de deprem kayıtlarına ait ivme-zaman grafikleri verilmiştir. Kalıp planı simetrik olduğu için X ve Y doğrultularında girilen deprem kayıtlarının çözümleme sonuçlarında aynı etkiyi yarattığı görülmüştür.

TDY2007'ye göre analiz için kullanılan gerçek, yapay veya benzeştirilmiş deprem kayıtlarının TDY2007 2.9.1 maddesindeki şartları sağlaması gerekmektedir;

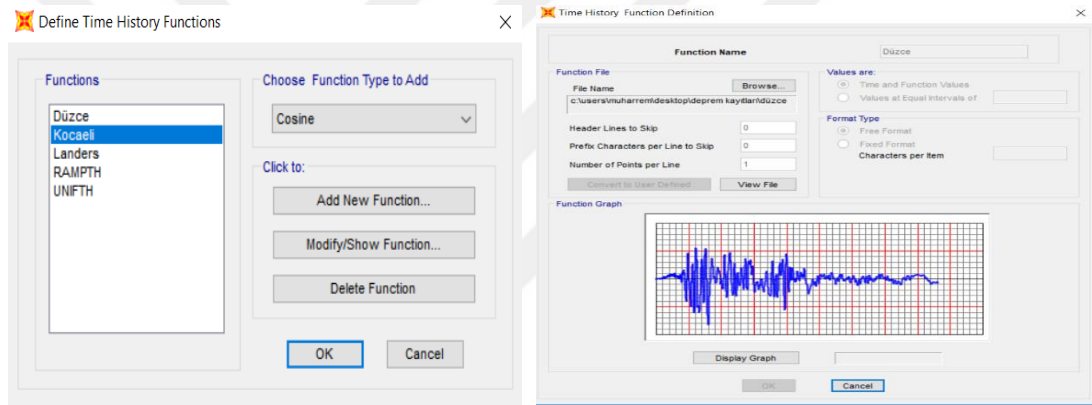
- a) “Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.”
- b) “Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_{0g} 'den daha küçük olmayacaktır.”
- c) “Yapay olarak üretilen 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 periyodlar için, TDY2007 Bölüm 2.4.'te tanımlanan $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.”



Şekil 4.25. Üç farklı deprem kaydına ait ivme-zaman grafikleri

4.2.6. Deprem kayıtlarının zaman tanım alanında sisteme tanıtılması ve doğrusal olmayan analiz verilerinin girilmesi

SAP2000 programı kullanılarak öncelikle sisteme deprem kayıtları girilmelidir. Bu işlemi yapabilmek için Define-Functions-Time History sekmeleri sırasıyla seçilmeli ve deprem kaydının nasıl girileceği seçildikten sonra program otomatik olarak grafiği tanımlamaktadır. Deprem kayıtları, SAP2000 programının içinde bulunan deprem kayıtlarının olduğu dosyadan çekilebilir, el ile tek tek girilebilir ya da üretilen bir deprem kaydını kişisel dosya içerisinden alarak sisteme tanımlanabilir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için yapılan yüklemeler From File sekmesi kullanılarak sisteme girilmiş ve bunlara ait veri girişi Şekil 4.26.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Deprem kayıtlarının programa girilmesi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yapılabilmesi için gerekli başlangıç koşulları bulunmaktadır. Başlangıç koşulları hangi çözüm adımının seçileceğine göre değişiklik göstermektedir. Zaman tanım alanında modal çözüm yöntemi ve direct integration çözüm yöntemi olmak üzere iki yöntem mevcuttur. Kullanılan yöntemin direct integration olması durumunda bir başlangıç koşulu tanımlanmaktadır. Şekil 4.27.'de Load Case sekmesi kullanılarak $G+0,3Q$ olacak şekilde non-linear static başlangıç koşulu tanımlanmıştır. Şekil 4.28.'de Load Application sekmesinde monitored displacement kısmı U3 olarak seçilir böylelikle düşey yönde gözlemleme yapılabilir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: G+0,3Q Set Def Name 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

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

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	G	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...

Mass Source: Previous

OK Cancel

Şekil 4.27. G+0,3Q başlangıç koşulunun girilmesi

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control: ☒ Full Load ☐ Displacement Control

Control Displacement: ☒ Use Conjugate Displacement ☐ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of:

Monitored Displacement: ☒ DOF U3 at Joint 21 ☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements: Modify/Show...

OK Cancel

Şekil 4.28. G+0,3Q nonlineer analiz için yükleme verilerinin tanımlanması

G+0,3Q yüklemesi tanımlandıktan sonra Load Case Data kısmından depremlere ait yüklemeler sırasıyla tanımlanmaya başlanır. Load Case Type kısmından Time History seçilir ve sonrasında sırasıyla Nonlinear, Direct Integration ve P-Delta seçilir. Initial Conditions kısmında daha öncede tanımlamış olduğumuz başlangıç koşulumuz seçilerek işlemlere devam edilir. Şekil 4.29.'da görüldüğü gibi Loads Applied

kısımında yükleme tipi, yükleme yönü, deprem kaydı ve ölçek seçilerek sisteme tanımlanır.

Şekil 4.29. Zaman tanım alanında nonlineer analiz veri girişi

Şekil 4.30.'da Other Parametres-Damping sekmesinde periyodlar kullanılarak sönüm katsayılarının belirlenmesi gösterilmiştir. Birinci ve ikinci periyod değerleri depremin etkidiği yöndeki ilk iki periyod değerleridir. Bu işlemler 3 farklı deprem kaydı kullanılarak X ve Y yönlerinin her biri için ayrı ayrı tanımlanan toplamda 6 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan kayıt sisteme girilir.

Şekil 4.30. Zaman tanım alanında sönüm katsayılarının belirlenmesi

4.3. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Zaman tanım alanında deprem etkisi altında doğrusal elastik olmayan analiz iki farklı yapı için de ayrı ayrı yapılmıştır. Yapılan çözümlemeler doğrultusunda elde edilen değerler göz önünde bulundurularak iki farklı yapı arasındaki deprem etkileri irdelenmiş bunlara bağlı olarak yer değiştirmeler ve oluşan plastik mafsallar gözlemlenmiştir.

Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi için TDY2007 madde 7.6.8' göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemine göre yapılan hesap sonucunda seçilen bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, $\phi_p = \theta_p/L_p$ bağıntısı ile hesaplanacaktır.

“Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli de kullanılarak, kesitteki eksenel kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan ϕ_y eşdeğer akma eğriliği, $\phi_p = \theta_p/L_p$ ile tanımlanan ϕ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki ϕ_t toplam eğrilik istemi $\phi_t = \phi_p + \phi_y$ şeklinde elde edilecektir.”

“Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekildeğiştirme üst sınırları(kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:”

- (a) “Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (4.3)$$

- (b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (4.4)$$

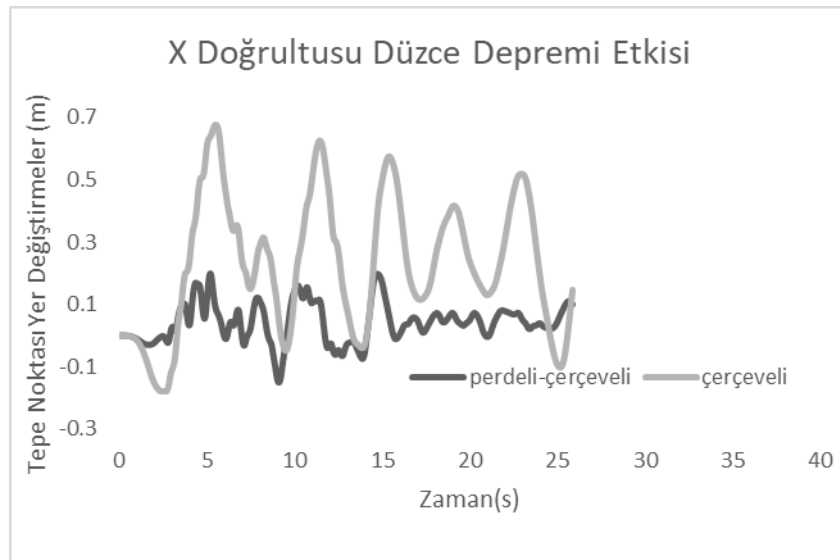
(c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ) için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları:”

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (4.5)$$

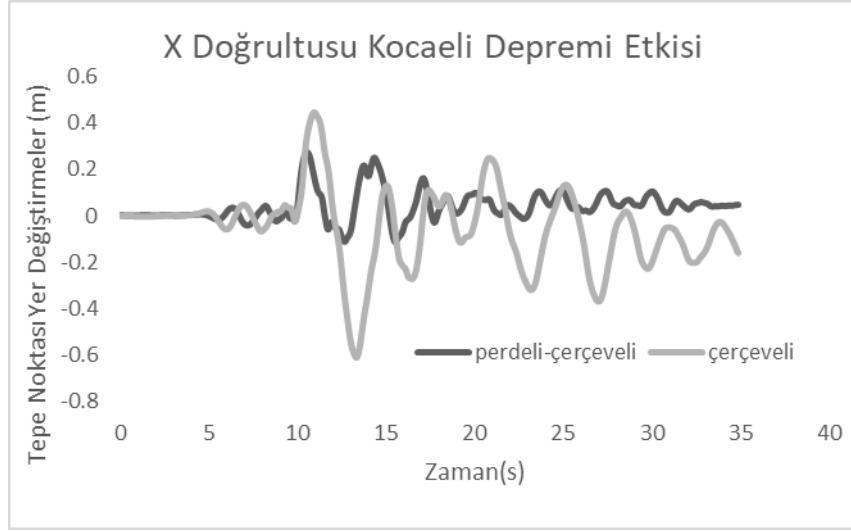
TDY2007’ye bağlı kalınarak kiriş, kolon ve perdelerde hasar durumlarının incelenmesi yapılmıştır.

4.3.1. Deprem etkisi sonucunda oluşan yerdeğiştirmelerin incelenmesi

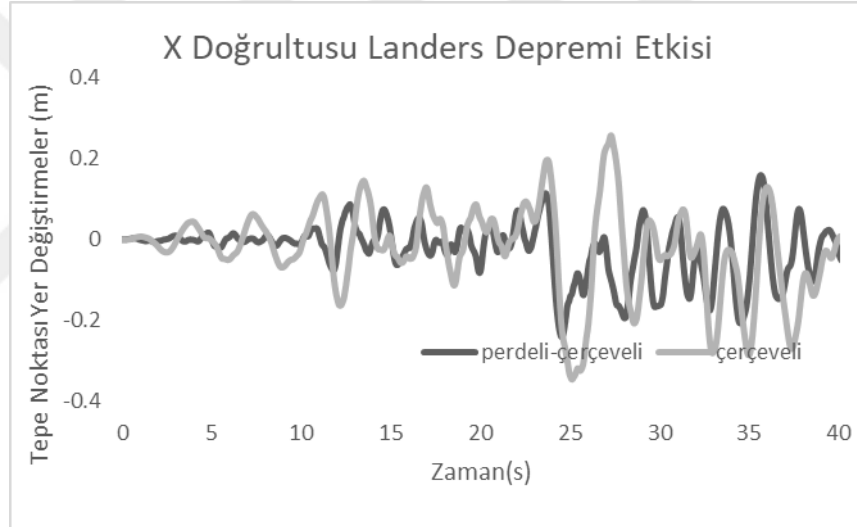
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler sonucunda perdeli-çerçevesel ve çerçevesel modellere ait yer değiştirmeler karşılaştırılmış şekil 4.31.’de 4.32.’de ve 4.33’de verilmiştir. Yapısal sistem simetrik olduğu için her iki doğrultuda yer değiştirmeler aynı olacaktır. Bu sebepten dolayı bütün yer değiştirme grafikleri sadece X doğrultusunda verilmiştir.



şekil 4.31. Düzce depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri



Şekil 4.32. Kocaeli depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri

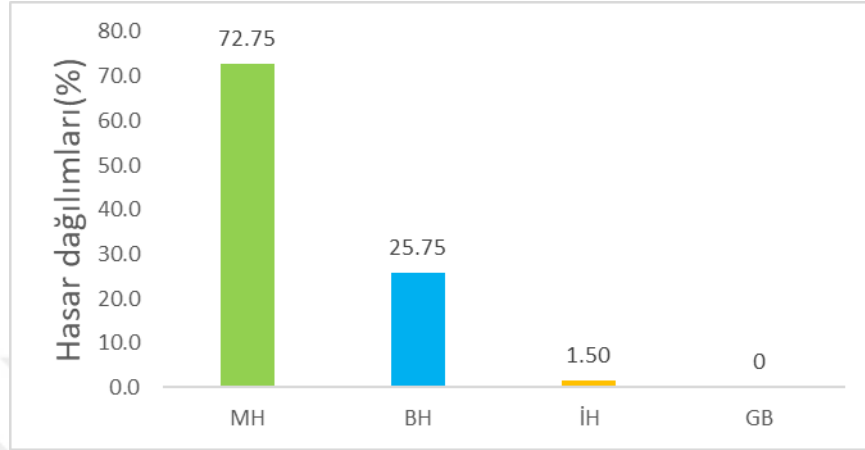


Şekil 4.33. Landers depremi etkisi sonucunda oluşan yer değiştirme-zaman grafikleri

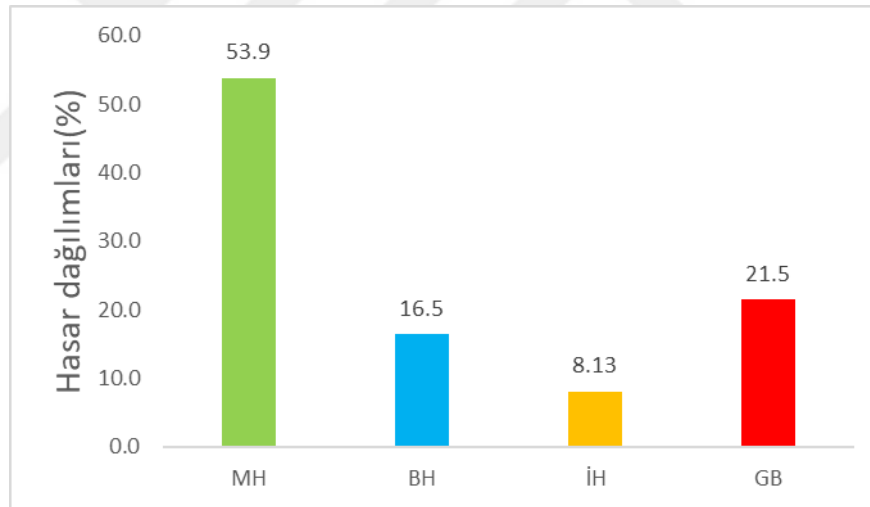
4.3.2. Kirişlerde oluşan hasar durumunun incelenmesi

X ve Y yönlerinde uygulanan üç farklı deprem kuvveti etkisi altında oluşan maksimum yer değiştirmeler göz önünde bulundurularak hasar durumu incelemesi yapılmıştır. Kirişlerde oluşan plastik mafsalların hasar sınırlarının tespiti için plastik dönme değeri bulunması gerekmektedir. Plastik dönme istemi, SAP2000 programında seçilen bir kirişte 'Hinge Results' sekmesinde Plastic R3 Max'a karşılık gelen sayı değeri olarak belirlenir. Kirişlere ait perdeli-çerçeve ve çerçeve yapı modellerinin hasar dağılımları Şekil 4.34. ve 4.35.'de gösterilmiştir. Burada 'MH' minimum hasar

bölgesini, ‘BH’ belirgin hasar bölgesini, ‘İH’ ileri hasar bölgesini ve ‘GB’ göçme bölgesini temsil etmektedir. Hasar dağılım grafikleri yapı simetrik olduğu için sadece X doğrultusunda gösterilmiştir.



Şekil 4.34. X doğrultusunda perdeli-çerçevesel model için kirişlerde oluşan hasar durumları



Şekil 4.35. X doğrultusunda çerçevesel model için kirişlerde oluşan hasar durumları

X doğrultusunda perdeli-çerçevesel yapı modeli için yapıda bulunan tüm kirişlere ait hasar dağılım oranları Şekil 4.34.’te verilmiş ve %72,75’inin minimum hasar bölgesinde, %25,75’inin belirgin hasar bölgesinde, %1,50’unun ileri hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir.

Çerçevesel model için X doğrultusunda yapıda bulunan tüm kirişlere ait hasar dağılım oranları Şekil 4.35.’te verilmiş ve %53,90’ının minimum hasar bölgesinde, %16,5’inin

belirgin hasar bölgesinde, %8,13'ünün ileri hasar bölgesinde, %21,5'inin göçme bölgesinde olduğu tespit edilmiştir.

Hasar sınırlarının tespiti için SAP2000 programı kullanılarak rastgele seçilen bir kiriş üzerinde yapılan örnek aşağıda verilmiştir. Örnekte çerçeveli yapı modeli kullanılarak ikinci katta bulunan 522H numaralı kiriş seçilmiş ve bu kirişin sağ ve sol uçları için plastik dönme istemleri bulunarak çözüme başlanmıştır.

Plastik Dönme istemi ;

$$\theta_{p,sol} = 0,00574 \text{ rad (522H1 kirişi)}$$

$$\theta_{p,sağ} = 0,00106 \text{ rad (522H2 kirişi)}$$

TDY2007'ye bağlı kalınarak, plastik şekil değiştirme uzunluğu(L_p) aşağıdaki şekilde bulunur. 'h' simgesi kesit boyutunun yarısı olarak ifade edilmektedir.

$$L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 0,70 = 0,35 \text{ m}$$

Plastik Eğrilik istemi ;

$$\phi_p = \theta_p / L_p$$

$$\phi_{p,sol} = 0,00574 / 0,35 = 0,0164 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{p,sağ} = 0,00106 / 0,35 = 0,0030 \text{ rad / m}$$

Plastik eğrilik istemi bulunduktan sonra SAP2000 programında çubuk elemanları tanımlarken kullanılan section designer sekmesinden eşdeğer akma eğriliği değeri alınır. Bu değere ulaşabilmek için Section Designer sekmesinde bulunan Moment Curvature Curve simgesine tıklanır ve model idealize edilir Phi-yield(initial) değerinin gösterdiği değer eşdeğer akma eğriliği değerini verir.

$$\phi_y = 0,0041 \text{ (Eşdeğer akma eğriliği)}$$

Toplam Eğrilik istemi ;

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

$$\phi_{t,sol} = 0,0164 + 0,0041 = 0,0205 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{t,sağ} = 0,0030 + 0,0041 = 0,0071 \text{ rad / m}$$

Hasar durumunun tespiti için TDY2007 madde 7.6.8'e göre toplam eğrilik istemleri verilen sınır değerlerle karşılaştırılır. Toplam eğrilik istemi değeri Section Designer-Moment Curvature Curve sekmesinde bulunan moment-eğrilik grafiği üzerinde tespit edilir ve bu değerlere karşılık gelen donatı ile betona ait birim uzama miktarları program tarafından hesaplanarak elde edilir.

$$\phi_{t,sol} = 0,0205 \text{ rad / m için birim şekildeğiştirme değerleri,}$$

$$(\epsilon_{cu}) = 0,00103 \text{ ve } (\epsilon_s) = 0,012$$

$$\phi_{t,sağ} = 0,0071 \text{ rad / m için birim şekildeğiştirme değerleri,}$$

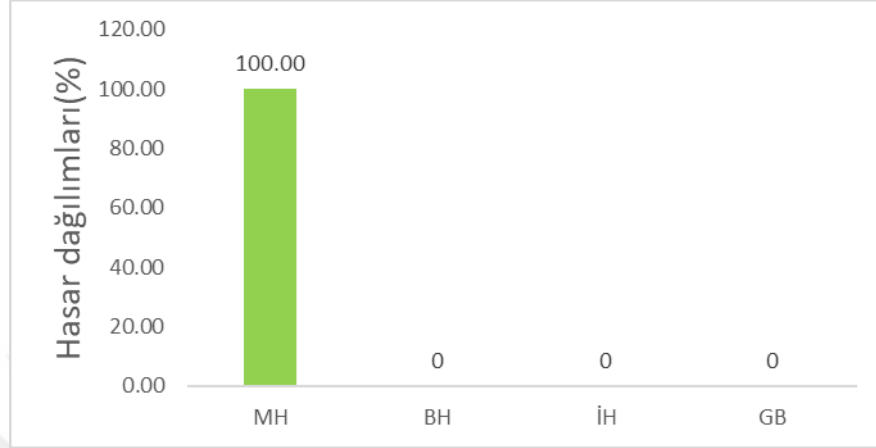
$$(\epsilon_{cu}) = 0,00068 \text{ ve } (\epsilon_s) = 0,0038$$

Bulunan (ϵ_{cu}) değerleri yönetmelik maddelerine göre kontrol edildiğinde bu iki değer minimum hasar bölgesi için verilen maksimum değer olan 0,0035'den küçük olduğu için minimum hasar bölgesindedir. Donatı çeliği kontrolleri yapıldığında minimum hasar sınırı için verilen maksimum değer olan 0,010 değerinden daha büyük, güvenlik sınırı için verilen maksimum değer olan 0,040 değerinden daha küçük değerler olduğu görülmektedir. Donatı çeliği uzama miktarı güvenlik sınırında olduğu için bu kirişin belirgin hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir.

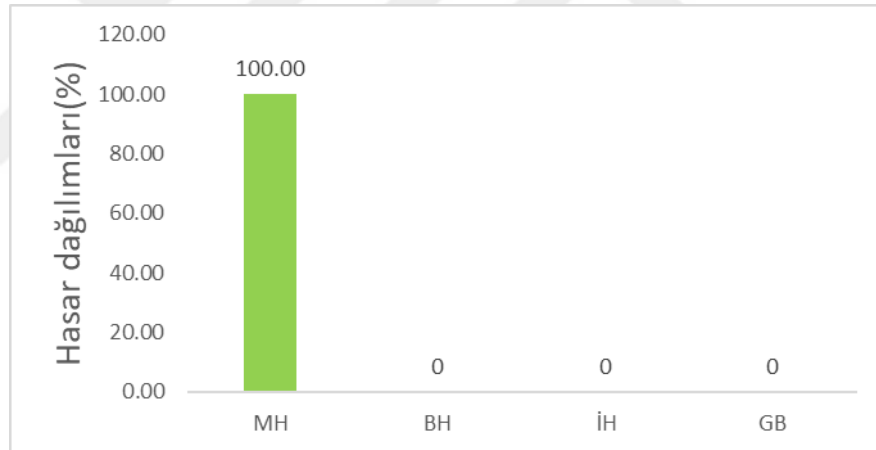
4.3.3. Kolonlarda oluşan hasar durumunun incelenmesi

Kirişlerin hasar durumu incelemesi yapılırken kullanılan yolların aynısı kolonlar için de tekrarlanacaktır. Analizde kullanılan üç farklı deprem kaydı göz önüne alındığında maksimum yer değiştirmeyi veren deprem kaydı çözümlerde kullanılmıştır. Hasar durumlarının bulunabilmesi için her bir kolonun alt ve üst uçlarına gelen plastik dönme

istemlerinin tek tek bulunması gerekmektedir. Plastik dönme istemleri bulunduğundan sonra hasar dağılımlarına ulaşılabilir. Perdeli-çerçeve ve çerçeve yapı modelleri hasar dağılımları X doğrultusu için Şekil 4.36. ve 4.37.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.36. X doğrultusunda perdeli-çerçeve model için kolonlarda oluşan hasar durumları



Şekil 4.37. X doğrultusunda çerçeve model için kolonlarda oluşan hasar durumları

X doğrultusunda perdeli-çerçeve yapı modeli için yapıda bulunan tüm kolonlara ait hasar dağılım oranları Şekil 4.36.'da verilmiş ve kolonların tamamının minimum hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir.

Çerçeve yapı modeli için kolonların tamamının minimum hasar bölgesinde olduğu tespit edilmiştir.

Hasar sınırlarının tespiti için SAP2000 programı kullanılarak rastgele seçilen bir kolon üzerinde yapılan örnek aşağıda verilmiştir. Örnekte çerçeve yapı modeli kullanılarak 21H numaralı kolon seçilmiş ve bu kolonun alt ve üst uçları için plastik dönme istemleri bulunarak çözüme başlanmıştır.

Plastik Dönme istemi;

$$\theta_{p,alt} = 0,0021 \text{ rad (21H1 için plastik dönme değeri)}$$

$$\theta_{p,üst} = 0,0018 \text{ rad (21H2 için plastik dönme değeri)}$$

TDY2007'ye bağlı kalınarak, plastik şekildeğiştirme uzunluğu(L_p) aşağıdaki şekilde bulunur. 'h' simgesi kesit boyutunun yarısı olarak ifade edilmektedir.

$$L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 1,00 = 0,50 \text{ m}$$

Plastik Eğrilik istemi;

$$\phi_p = \theta_p / L_p$$

$$\phi_{p,alt} = 0,0021 / 0,50 = 0,0042 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{p,üst} = 0,0018 / 0,50 = 0,0036 \text{ rad / m}$$

Plastik eğrilik istemi bulunduktan sonra SAP2000 programında çubuk elemanları tanımlarken kullanılan section designer sekmesinden eşdeğer akma eğriliği değeri alınır. Bu değere ulaşabilmek için Section Designer sekmesinde bulunan Moment Curvature Curve simgesine tıklanır ve model idealize edilir Phi-yield(initial) değerinin gösterdiği değer eşdeğer akma eğriliği değerini verir.

Eşdeğer akma eğriliği;

$$\phi_y = 0,0029$$

Toplam Eğrilik istemi;

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

$$\phi_{t,alt} = 0,0042 + 0,0029 = 0,0071 \text{ rad / m}$$

$$\phi_{t,üst} = 0,0036 + 0,0029 = 0,0065 \text{ rad / m}$$

Hasar durumunun tespiti için TDY2007 madde 7.6.8'e göre toplam eğrilik istemleri verilen sınır değerlerle karşılaştırılır. Toplam eğrilik istemi değeri Section Designer-Moment Curvature Curve sekmesinde bulunan moment-eğrilik grafiği üzerinde tespit edilir ve bu değerlere karşılık gelen donatı ile betona ait birim uzama miktarları program tarafından hesaplanarak elde edilir.

$\phi_{t,alt} = 0,0071 \text{ rad / m}$ için birim şekildeğiştirme değerleri, $(\epsilon_{cu}) = 0,00105$ ve $(\epsilon_s) = 0,0056$ olarak bulunur.

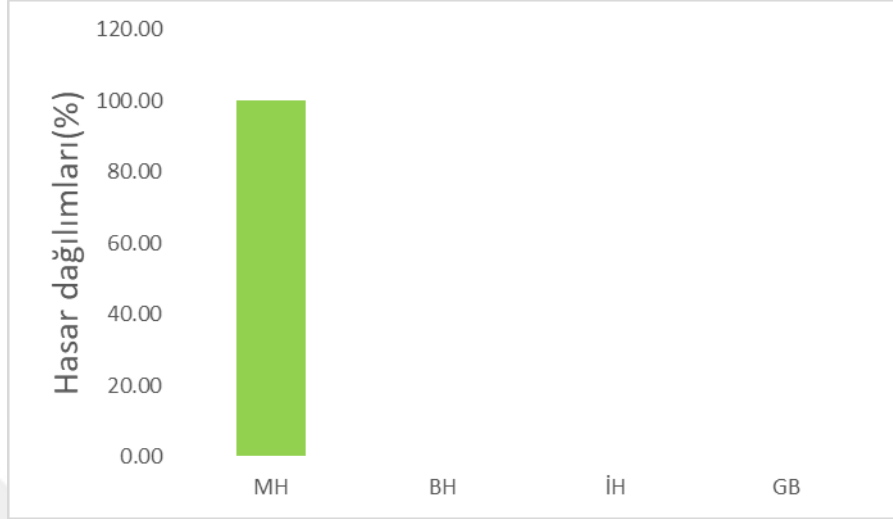
$\phi_{t,üst} = 0,0065 \text{ rad / m}$ için birim şekildeğiştirme değerleri, $(\epsilon_{cu}) = 0,001$ ve $(\epsilon_s) = 0,0051$ olarak bulunur.

Bulunan (ϵ_{cu}) değerleri yönetmelik maddelerine göre kontrol edildiğinde bu iki değer minimum hasar bölgesi için verilen maksimum değer olan 0,0035'den küçük olduğu için minimum hasar bölgesindedir. Donatı çeliği kontrolleri yapıldığında minimum hasar sınırı için verilen maksimum değer olan 0,010 değerinden daha küçük değer olduğu görülmektedir. Hem donatı çeliği uzama miktarı hem de beton uzama miktarı minimum hasar sınırı içerisinde kaldığı için bu kolonun minimum hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir.

4.3.4. Perdelerde oluşan hasar durumunun incelenmesi

Analizde kullanılan üç farklı deprem kaydı göz önüne alındığında maksimum yer değiştirmeyi veren deprem kaydı çözümlerde kullanılmıştır. Hasar durumlarının bulunabilmesi için her bir perdenin alt bölgesine gelen plastik dönme istemlerinin tek tek bulunması gerekmektedir. Plastik mafsallar perdelerin alt kısmında oluştuğu için

perdelerde plastik dönme istemleri sadece alt bölgede bulunur. Perdeli-çerçeve yapı modeli için hasar dağılımları Şekil 4.38.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.38. X doğrultusunda perdelerde oluşan hasar durumları

Şekil 4.38.'de görüldüğü gibi bütün perdeler X doğrultusunda minimum hasar bölgesindedir.

Hasar sınırlarının tespiti için SAP2000 programı kullanılarak rastgele seçilen bir perde üzerinde yapılan örnek aşağıda verilmiştir. Örnekte perdeli-çerçeve yapı modeli kullanılarak birinci katta bulunan 221H numaralı perde seçilmiş ve bu perdenin alt ucu için plastik dönme istemi bulunarak çözüme başlanmıştır.

Plastik Dönme istemi ;

$$\theta_{p,alt} = 0,0013 \text{ rad (221H1 plastik dönme değeri)}$$

TDY2007'ye bağlı alınarak, plastik şekildeğiştirme uzunluğu(L_p) aşağıdaki şekilde bulunur. 'h' simgesi kesit boyutunun yarısı olarak ifade edilmektedir.

$$L_p = 0,5 \times h = 0,5 \times 9,00 = 4,50 \text{ m}$$

Plastik Eğrilik istemi ;

$$\phi_p = \theta_p / L_p$$

$$\phi_{p,alt} = 0,0013 / 4,50 = 0,0003 \text{ rad / m}$$

Plastik eğrilik istemi bulunduktan sonra SAP2000 programında çubuk elemanları tanımlarken kullanılan section designer sekmesinden eşdeğer akma eğriliği değeri alınır. Bu değere ulaşabilmek için Section Designer sekmesinde bulunan Moment Curvature Curve simgesine tıklanır ve model idealize edilir Phi-yield(initial) değerinin gösterdiği değer eşdeğer akma eğriliği değerini verir.

Eşdeğer akma eğriliği;

$$\phi_y = 0,0057$$

Toplam Eğrilik istemi;

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

$$\phi_{t,alt} = 0,0003 + 0,0057 = 0,006 \text{ rad / m}$$

Hasar durumunun tespiti için TDY2007 madde 7.6.8'e göre toplam eğrilik istemleri verilen sınır değerlerle karşılaştırılır. Toplam eğrilik istemi değeri Section Designer-Moment Curvature Curve sekmesinde bulunan moment-eğrilik grafiği üzerinde tespit edilir ve bu değerlere karşılık gelen donatı ile betona ait birim uzama miktarları program tarafından hesaplanarak elde edilir.

$\phi_{t,alt} = 0,006 \text{ rad / m}$ için birim şekildeğiştirme değerleri,

$(\epsilon_{cu}) = 0,0004$ ve $(\epsilon_s) = 0,002$ olarak bulunur.

Bulunan (ϵ_{cu}) değeri yönetmelik maddelerine göre kontrol edildiğinde bu değer minimum hasar bölgesi için verilen maksimum değer olan 0,0035'den küçük olduğu için minimum hasar bölgesindedir. Donatı çeliği kontrolleri yapıldığında minimum

hasar sınırı için verilen maksimum değer olan 0,010 değerinden daha küçük değer olduğu görülmektedir. Hem donatı çeliği uzama miktarı hem de beton uzama miktarı minimum hasar sınırı içerisinde kaldığı için bu perdenin minimum hasar bölgesinde olduğu belirlenmiştir.



BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan çözüm yöntemi kullanılarak üç farklı deprem etkisi altında 20 katlı iki farklı betonarme yapının çözümlemesi yapılmıştır. Perdeli-çerçeve ve çerçeve olarak belirlenen bu iki çok katlı yapıya, deprem kuvvetleri etkilmiş ve en olumsuz sonuçları veren deprem kaydı alınarak çözümlemeye gidilmiştir. Çözümlemeler sonucunda yapılara ait deprem davranışları ve deprem performansları belirlenmiştir. Yapıların hasar durumları için hedeflenen 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremde ‘Can Güvenliği’ performans seviyesinin perdeli-çerçeve yapı modeli için sağlandığı ancak çerçeve yapı modeli için sağlanamadığı ve çerçeve modelin Göçme bölgesinde olduğu görülmektedir.

Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz çözümünde perdeli-çerçeve yapı modeli ve çerçeve yapı modelinin Düzce depremi etkisi altında tepe noktası yerdeğiştirme grafiği Şekil 4.31.’de verilmiştir. Tepe noktası maksimum yerdeğiştirmeleri perdeli-çerçeve model için 5. saniyede 25 cm, çerçeve model için 6. saniye civarında 71 cm’dir. Plastik mafsallar perdeli-çerçeve modelde ilk olarak 1.2’nci saniyede görülmektedir. Çerçeve modelde ise 1.5’inci saniyede ilk plastik mafsal görülmektedir.

Perdeli-çerçeve ve çerçeve yapı modelleri için Kocaeli deprem etkisi altında tepe noktasında oluşan yerdeğiştirme grafiği Şekil 4.32.’de sunulmuştur. Tepe noktası maksimum yerdeğiştirmeleri perdeli-çerçeve model için 10. saniyede 30 cm, çerçeve model için 13. saniyede 62 cm’dir. Plastik mafsallar perdeli-çerçeve modelde ilk olarak 6.1’üncü saniyede görülmektedir. Çerçeve modelde ise 10.0’ıncı saniyede ilk plastik mafsal görülmektedir.

Perdeli-çerçeve ve çerçeve yapı modelleri için Landers deprem etkisi altında tepe noktasında oluşan yerdeğiştirme grafiği Şekil 4.33.'de sunulmuştur. Tepe noktası maksimum yerdeğiştirmeleri perdeli-çerçeve model için 24. saniyede 22 cm, çerçeve model için 25. saniyede 33 cm'dir. Plastik mafsallar perdeli-çerçeve modelde ilk olarak 5.3'nci saniyede görülmektedir. Çerçeve modelde ise 10.7'nci saniyede ilk plastik mafsal görülmektedir.

Perdeli-çerçeve yapı modeli için hasar durumları incelendiğinde toplam 800 adet kiriş içerisinde minimum hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 582 adet, belirgin hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 206 adet, ileri hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 12 adettir. Kolon ve perde elemanlarının tamamı minimum hasar bölgesindedir.

Çerçeve yapı modeli için hasar durumları incelendiğinde toplam 800 adet kiriş içerisinde minimum hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 431 adet, belirgin hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 132 adet, ileri hasar bölgesinde bulunan kiriş sayısı 65 adet ve göçme bölgesinde bulunan kiriş sayısı 172 adettir. 500 adet kolon içerisinde minimum hasar bölgesinde bulunan kolon sayısı 500 adettir. Belirgin hasar bölgesinde kolon bulunmamaktadır.

Perdeli-çerçeve ve çerçeve yapı modelleri için plastik mafsal oluşumları karşılaştırıldığında çerçeve yapı modeli kirişlerin göçme bölgesine girmesinden dolayı hedef performans seviyesini karşılamadığı görülmüştür. Perdeli-çerçeve modelde ise kiriş, kolon ve perdeler göçme bölgesine geçmemişlerdir bu yüzden hedef performans seviyesini sağlamaktadırlar.

Kullanılan deprem kayıtları karşılaştırıldığında Düzce deprem kaydı en büyük etkiyi yaratan deprem kaydı olmuştur. Çerçeve modelde Düzce deprem kaydı sonucunda yaklaşık 71 cm'lik yerdeğiştirme görülmüştür, Kocaeli deprem kaydında bu değer 62 cm ve Landers deprem kaydında 33 cm olarak görülmüştür. Tepe noktası yerdeğiştirmeleri perdeli-çerçeve modelde Düzce deprem kaydı etkisi sonucunda 25 cm, Kocaeli deprem kaydında 30 cm ve Landers deprem kaydında 24 cm olarak

görülmüştür. Burada görüldüğü üzere çerçeveli model perdeli-çerçeveli modele göre daha fazla yerdeğişirmiştir.

Yapılarda bulunan perde duvarların deprem etkileri altında kiriş ve kolonlardan oluşan çerçeveli modele nazaran daha fazla deprem yükünü taşıdığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda perdeli-çerçeveli yapıların daha rijit ve kararlı davranış gösterdiği görülmüştür. Yapının daha rijit bir davranış göstermesi sonucunda yer değışirmeler önemli ölçüde azalmıştır.



KAYNAKLAR

- Altundal, A. 2015. Bileşik Eğilme Tesirindeki Kesitler ve Narin Kolonlar. Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Sakarya.
- Anıl, Ö., 2015. Yapıların Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, Ankara.
- Arslan G., Aydemir C. 2008. Betonarme Yapı Tasarımı Kolon Ön Boyutlandırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Ders Notları, İstanbul.
- Arslan, M. H., Köroğlu, M. A., Köken, A., 2008. Binaların Yapısal Performansının Statik İtme Analizi İle Belirlenmesi, www.dergipark.gov.tr.
- AutoCAD, 1982. Computer Aided Design. AutoDesk, California, USA.
- Celep, Z., 2007. Betonarme Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış: Plastik Mafsal Kabulü ve Çözümleme, İstanbul İnşaat Mühendisleri Odası (İstanbul Bülten), İstanbul.
- Celep, Z., 2008. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Çoban P., 2015. 15 katlı betonarme bir binanın deprem performansının zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi ile belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.
- Erdoğan, A. 2008. 1975 öncesinde inşa edilen mevcut betonarme binaların deprem performanslarının belirlenmesi üzerine sayısal bir inceleme. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Hüsem, M., Basit Eğilme Etkisindeki Elemanlar. www.aves.ktu.edu.tr, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Karaca A., 2014. 33 katlı betonarme bir binanın deprem performansının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Karaduman, A., Döndüren, S. 2004. Çok Katlı Betonarme Yapıların Dinamik Analizi. Türkiye Mühendislik Haberleri 432-2004/4.
- Özer, E., 2006. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul.
- Öztekin, E., Basit eğilme etkisi altındaki bazı betonarme kesitler için dikdörtgen gerilme bloğu parametrelerinin 2007 deprem yönetmeliğindeki kesit hasar sınırlarına göre belirlenmesi. Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Makale
- PEER, 2011. Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center. PEER Strong Motion, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>.
- SAP2000, 2012. Integrated Software for Structural Analysis and Design Program, Computers and Structures, California, USA.
- TS 498, 1997. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. TSE.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. TSE.
- Ünerdem Y., 2011. 30 katlı betonarme bir binanın deprem performansının zaman tanım alanında çözümleme uygulanarak belirlenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Yüksel M., Çağlar N., Dok G., Demir A., 2017. Betonarme yüksek yapıların deprem performansına betonarme perde oranının etkisi. Makale, Isites2017, Baku, Azerbaijan.

ÖZGEÇMİŞ

Muharrem YÜKSEL, 02.07.1988'de Kocaeli'nde doğdu. İlköğretim eğitimini 7. Sınıfa kadar Gaziantep'te, 8. Sınıfı ise Mersin'de tamamladı. Lise eğitimini Mersin Yusuf Kalkavan Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2014-2015 yılları arasında Planotek Mühendislik firmasında saha mühendisi olarak görev yaptı. Bu süre içerisinde ikişer katlı 21 adet villadan oluşan site inşaatında hafriyat dahil olmak üzere iş başlangıcından anahtar teslimine kadar olan süre boyunca bütün saha görevlerinin sorumluluğunu üstlendi. 2015-2017 yılları arasında Proto Yapı firmasında çalışarak site içerisinde bulunan 70 villanın tadilat ve onarımlarından sorumlu oldu bunlara ek olarak otel projeleri, fabrika projeleri, peyzaj işleri ve villa projeleri gibi birçok alanda metrajlar, fiyat analizleri ve teklif çalışmaları yaparak ihalelere teklif dosyaları sundu. 2017-2018 yılları arasında askerlik görevini tamamladı.