

TC
ONDOKUZMAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENİSTİTÜSÜ



BETONARME YAPILARIN DEPREM ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ
BELİRLENMESİNDE KULLANILAN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

NOYAN BAŞOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TC
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETONARME YAPILARIN DEPREM ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ
BELİRLENMESİNDE KULLANILAN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL
OLMAYAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

NOYAN BAŞOĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Noyan BAŞOĞLU tarafından hazırlanan “**Betonarme Yapıların Deprem Etkisindeki Davranışlarının Belirlenmesinde Kullanılan Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması**” adlı tez çalışması 10.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Zeki KARACA
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Zeki KARACA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Erdem TÜRKEİ
Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
İnşaat Bölümü

Yukarıdaki sonucu onaylarım.../.../20..

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10.07.2019

Noyan BAŞOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME YAPILARIN DEPREM ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Noyan Başoğlu

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Zeki KARACA

Ülkemizin mevcut konumu itibari ile deprem kuşağında bulunmasından dolayı yeni tasarlanan yapıların ve mevcut yapıların deprem güvenilirliğinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada TS500 ve 2007 deprem yönetmeliğine göre bina türünde tasarlanan yapının mevcut bir bina olduğu düşünülüp doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile performans analizi değerlendirilmesi yapılmıştır. Tasarımı yapılan binada İdecad programı, performans değerlendirilmesinde Sap2000 programı kullanılmıştır.

Mevcut sistem kullanım amacı ve türü bakımından konut olduğu için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım deprem kuvvetinde Can Güvenliği performans düzeyini sağlaması beklenmektedir. Doğrusal yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemine ve doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yapılan analizlerde sistem can güvenliği performans düzeyini sağlamaktadır.

Temmuz 2019, 64 sayfa

Anahtar Kelimeler: mevcut yapı, eşdeğer deprem, artımsal eşdeğer deprem

ABSTRACT

Master's Thesis

COMPARISON OF LINEAR AND NONLINEAR METHODS USED FOR DETERMINING BEHAVIOR OF EARTHQUAKE EFFECTS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Noyan Başoğlu

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Civil Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Zeki Karaca

It is important to determine the earthquake reliability of newly designed structures and existing structures due to the presence of our country in the earthquake zone.

In this study, it is thought that the building designed in the type of building is an existing building according to the TS500 and 2007 Earthquake Regulations, and performance analysis is evaluated with linear and non-linear methods. In the designed building, the program of Idecad were used. The Sap2000 program were used for performance evaluation.

Since the current system is a residential area in terms of its purpose and type of use, it is expected to achieve a performance level of Life Safety in design earthquake force of 10% which is the probability of exceeding 50 years. The system provides the safety level of the system in the analyzes made according to the equivalent earthquake load method and the non-linear methods using the incremental equivalent earthquake load method.

July 2019, 64 page

Key Words: existing building, equivalent earthquake, incremental equivalent earthquake

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarımı yapılan bir binanın deprem etkilerine karşı güvenliklerinin doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile çözümlenme aşamaları verilmekte ve bazı sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında tecrübe ve desteğini benden esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Zeki Karaca'ya, değerleri yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA ve Dr. Öğr. Üyesi Erdem TÜRKEİ hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her anlamda desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2019, Samsun

Noyan BAŞOĞLU

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Konu	1
1.2. Çalışmanın amacı ve kapsamı	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	4
3.1. Binalardan Bilgi Toplanması	4
3.1.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı	4
3.1.2. Bilgi düzeyi	5
3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	5
3.2.1. Kesit hasar sınırları	5
3.2.2. Kesit hasar bölgeleri	6
3.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	8
3.5. Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik(Lineer) Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	10
3.5.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi	10
3.5.2. Mod birleştirme yöntemi	11
3.5.3. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	12
3.5.4. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü	15
3.6. Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan(NonLineer) Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi	15
3.6.1. Artımsal İtme Analizi İle Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol	16
3.6.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	17
3.6.3. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	18
3.6.4. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi	21
3.6.5. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi	22
3.6.6. Birim şekil değiştirme istemlerinin belirlenmesi	22
3.6.7. Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri	23
3.6.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri	24
3.8. Binaların Deprem Performans Seviyeleri	25
4. BETONARME SİSTEM ÜZERİNDE DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ	27
4.1. Bina Bilgileri	27

4.2. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi.....	31
4.3. Hedeflenen Performans Seviyesi	32
4.4. Bina Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem İle Belirlenmesi	32
4.4.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği	32
4.4.2. Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı	33
4.4.3. Düşey yük analizi	34
4.4.4. Yatay yük analizi.....	35
4.4.5. Kirişlerin artık moment kapasitelerinin hesabı	36
4.4.6. Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Hesabı.....	37
4.4.7. Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kontrolü.....	39
4.4.8. Kirişlerin performans değerlendirilmesi	39
4.4.9. Kolonların Performans Değerlendirilmesi	41
4.5. Bina Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem İle Belirlenmesi	42
4.5.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilirliği	42
4.4.2. Artımsal eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi	42
4.4.3. Plastik mafsal özelliklerinin hesaplanması	43
4.4.4. Kirişlerde plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması	45
4.4.5. Kolonlarda plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması.....	49
4.4.6. Artımsal itme analizi (Pushover analizi)	52
4.4.7. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi	53
4.4.8. Sistemin performans noktasının hesaplanması	55
4.4.9. Kirişlerin birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı	57
4.4.10. Kolonların birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı	58
4.6. Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinin karşılaştırılması	60
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

$a_1^{(i)}$	i'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
A_c	Kolon enkesit alanı
$(EI)_e$	Çatlamış kesite ait etkin eğilme ritijliği
$(EI)_o$	Çatlamamış kesite ait etkin eğilme ritijliği
f_c	Beton basınç dayanımı
f_{cc}	Sargılı beton basınç dayanımı
f_{ctd}	Betonun tasarım çekme dayanımı
f_{ctm}	Mevcut betonun çekme dayanımı
n	Hareketli yük katılım katsayısı
r	Etki/kapasite oranı
r_s	Etki/kapasite oranının sınır değeri
Q	Hareketli yük simgesi
R_a	Deprem yükü azaltma katsayısı
h_w	Perde yüksekliği
h_{kat}	Kat yüksekliği
L_p	Plastik mafsallık boyu
M_1	Birinci moda ait kütle
M_{x1}	x deprem doğrultusundaki birinci moda ait etkin kütle
N_D	Deprem hesabında esas alınan toplam kütleler ile uyumlu düşey yükler altında kolon veya perde duvarda oluşan aksel kuvvet
S_{di}	Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlineer) spektral yerdeğiştirme
S_{de1}	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yerdeğiştirme
T_1	Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
T_A	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
T_B	İvme spektrumundaki karakteristik periyot
V_t	Binaya etkiyen toplam taban kesme kuvveti
U_{xN1}	Binanın tepesinde x deprem doğrultusundaki (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
W_{bina}	Bina ağırlığı
W_i	i. kata ait ağırlık
ϵ_{cu}	Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliğinin birim şekil değiştirmesi
ρ	Çekme donatısı oranı
ρ_b	Dengeli donatısı oranı
ρ_s	Enine donatının hacimsel oranı
ΔF_N	Binanın N'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
I	Bina önem katsayısı
$\emptyset_p$	Plastik eğrilik istemi
$\emptyset_y$	Eşdeğer anındaki eğrilik

θ_p	Plastik dönme istemi
θ_t	Toplam eğrilik istemi
Γ_{x1}	x deprem doğrultusundaki birinci moda ait katkı çarpanı
C_{R1}	Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
A_0	Etkin yer ivme katsayısı
λ	Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
N	Normal kuvvet diyagramı
M	Moment diyagramı
T	Kesme kuvveti diyagramı
G	Sabit yükler
N_K	Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_E	Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
M_A	Artık moment kapasitesi
M_D	Düşey yüklerden oluşan moment
$w_1^{(1)}$	Başlangıçtaki (i=1) itme adımında deprem doğrultusunda hakim 1. Titreşim moduna ait doğal açısal frekans
V_e	Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
S_{ae1}	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme

KISALTMALAR

CG	Can güvenliği
GÇ	Göçme sınırı
GD	Göçme durumu
GÖ	Göçme öncesi
HK	Hemen kullanım
MN	Minimum hasar sınırı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri[4].....	6
Şekil 3.2. Deprem düzeyleri.....	7
Şekil 3.3. Deprem kuvveti etki yönleri.....	8
Şekil 3.4. Kolon veya perdenin moment eksenel kuvvet etkileşim diyagramı.....	14
Şekil 3.5. Plastik mafsallık yerleri[8].....	18
Şekil 3.6. Pekleşme etkisi.....	19
Şekil 3.7. İtme ve modal kapasite eğrisi.....	20
Şekil 3.8. Bina performans düzeyleri.....	27
Şekil 4.1. Normal kat planı.....	29
Şekil 4.2. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli.....	30
Şekil 4.3. Kolon kesitleri ve donatıları.....	31
Şekil 4.4. Kolon etkin eğilme rijitliğinin programa tanıtılması.....	32
Şekil 4.5. Kiriş etkin eğilme rijitliğinin programa tanıtılması.....	33
Şekil 4.6. Sistemin düşey yükler altında normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramları.....	36
Şekil 4.7. Deprem yüklerinin programa tanıtılması.....	36
Şekil 4.8. Sistemin yatay yükler altında normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramları.....	37
Şekil 4.9. S101 kolonuna ait normal kuvvet moment diyagramı.....	38
Şekil 4.10. S101 kolonun kesit görünüşü.....	39
Şekil 4.11. S101 kolonuna ait normal kuvvet eğilme momenti diyagramı.....	39
Şekil 4.12. Donatı çeliği modeli.....	45
Şekil 4.13. Sargılı beton modeli.....	46
Şekil 4.14. Sargısız beton modeli.....	46
Şekil 4.15. Bileneer moment eğrilik ilişkisi.....	47
Şekil 4.16. Kirişlerde moment eğrilik ilişkisi.....	48
Şekil 4.17. Kiriş için plastik mafsallık tanımlaması.....	49
Şekil 4.18. Kiriş kesiti için plastik mafsallık özelliklerinin programa tanımlanması.....	49
Şekil 4.19. 0^0 için P-M etkileşim diyagramı.....	51
Şekil 4.20. Kolon için moment eğrilik analizi.....	51

Şekil 4.21. Kolon kesiti için karşılıklı etki diyagramının programa tanımlanması.....	52
Şekil 4.22. Kolon kesitine ait moment- eğrilik ilişkisinin programa tanımlanması.....	52
Şekil 4.23 Sisteme ait statik itme eğrisi.....	53
Şekil 4.24 Modal kapasite diyagramı.....	56
Şekil 4.25 Modal kapasite ve talep eğrilerinin çakıştırılması.....	56
Şekil 4.26 Spektral yer değiştirme grafik üzerinde hesaplanması.....	57
Şekil 4.27 Sistemde oluşan plastik mafsallar.....	58



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	5
Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)	14
Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)	15
Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)	15
Çizelge 3.5. Göreli kat ötelemesi sınırları	15
Çizelge 3.6. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	25
Çizelge 4.1. Kiriş donatıları	32
Çizelge 4.2. Eşdeğer deprem kuvvetleri	35
Çizelge 4.3. Deprem yönü ile uyumlu kirişlerin artık moment kapasitesi	37
Çizelge 4.4. Kolon kesitlerine ait normal kuvvet ve moment kapasitesi	40
Çizelge 4.5. Binaların birinci titreşim modlarına ait etkin kütle oranları	43
Çizelge 4.6. Eşdeğer deprem kuvvet değerleri	44
Çizelge 4.7. Kirişlerin plastik mafsallık özellikleri	48
Çizelge 4.8. Etkin kütle ve modal katkı çarpanı değerleri.....	54
Çizelge 4.9. Modal yer değiştirme ve modal ivme değerleri	54
Çizelge 4.10. Taşıyıcı sistemin elemanları hasar oranları	61

1. GİRİŞ

1.1. Konu

Ülkemizin mevcut konumu itibari ile yeni tasarlanan yapıların ve mevcut yapıların değerlendirilmesi son derece önem arz etmektedir. Son yıllarda ülkemizde yaşanan depremler mevcut yapıların büyük bir çoğunluğunun deprem güvenliğinin yetersiz olduğunu göstermiştir. Bunun en önemli nedeni yapıların ne zaman yapılmış olurla olsunlar deprem etkileri dikkate alınmadan tasarlanan ve deprem dayanımı son derece yetersiz yapısal özelliklerde olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu durumun sonucu olarak mevcut binaların değerlendirilmesi ve yetersiz olanların güçlendirilmesi gerekliliği oluşmuştur. Bunun sonucu, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik 1998'in bazı bölümlerinde kapsamlı değişiklikler yapılmış ve mevcut binaların değerlendirilmesi ile ilgili Bölüm 7 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi başlığı eklenerek 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(DBYBHY,2007) ortaya konmuştur.. Performans kavramı, deprem mühendisliğinde sürekli gelişen bir kavram olup, önce mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Ancak, daha sonra bu yöntemin yeni binaların tasarımında kullanılabileceği söz konusu olmuştur. Bu durumdan çıkan yeni yönetmelikte bahsedilmiştir. Performansa dayalı tasarım günümüz yönetmeliğinde mevcuttur (Arıcı, 2010; Celep, 2008).

Türkiye Deprem Yönetmeliğinde mevcut binaların depremde bina performanslarının belirlenmesi için kuvvet esaslı yöntemler Doğrusal elastik yöntemler, şekil değiştirme esaslı yöntemler ise Doğrusal elastik olmayan yöntemler olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma da doğrusal analiz yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü kullanılmıştır.

Mevcut binaların değerlendirmesinde deprem yönetmeliğine ek olarak, yoğun bina stoğu göz önüne alındığında “ekonomi ve zaman ön plana çıkmaktadır. Mevcut binaların tümü için kapsamlı değerlendirme yapmak zaman ve iş gücü

gerektireceğinden hızlı değerlendirme yöntemleri, PERA(Performance Based Rapid Assesment Method), de geliştirilmiştir (Gündoğan, 2014).

1.2. Çalışmanın amacı ve kapsamı

Bu tez çalışmasının amacı, betonarme binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi deprem yönetmeliğinde tanımlanan doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer yükü yöntemini karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaçla mevcut binanın bir aksının göz önüne alınmıştır. Sistemin tasarım depremi etkisinde bahsi geçen her iki yöntemle detaylı incelemesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Uygun ve Celep (2007)'in betonarme bir binanın deprem güvenliğinin yönetmeliğindeki doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle karşılaştırılmalı incelenmişler. Yönetmeliğe göre bir bina tasarlanmış ve bu bina mevcut kabul edilip yönetmelikteki kurallar gereğince incelenmiş ve elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak dinamik analiz yöntemleri kullanılmış olup, bunun doğrusal olmayan statik itme analizi ile uyuşumu tartışılmıştır.

Aydın (2008)'in Betonarme taşıyıcı bir sistemin deprem güvenliğinin değişik yöntemlerle değerlendirilmesi isimli çalışmada, bir yapının deprem performansı doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile belirlenerek, her iki yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır.

Kıran (2010)'ın binaların performans değerlendirilmesi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan değerlendirme yöntemlerini incelemişler. Bu çalışma kapsamında farklı bina modelleri tasarlanmış, analizleri yapılmıştır. Deprem yönetmeliği Bölüm 7 deki değerlendirme kurallarına göre sistemlerin deprem performansları belirlenmiştir.

Duman (2012)'in 2007 deprem yönetmeliğine göre tasarlanan betonarme yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle deprem performansının belirlenmesi çalışmasında mevcut bina üzerinde yöntemlerin değerlendirilmesi incelenmiştir.

Kanbir (2012)'in performans analizinde doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ile doğrusal elastik olmayan itme analizi yönteminin karşılaştırılması çalışmasında ele alınan mevcut bina üzerinde eşdeğer deprem yükü ve itme analizi yöntemlerinin değerlendirilmesi incelenmiştir.

Yıldız (2015)'in perdeli ve perdesiz yapıların TDY2007'ye göre değerlendirilmesi çalışmasında bir yapının perdeli ve perdesiz modellenmiş hallerinin artımsal eşdeğer deprem yüküne göre değerlendirilmesi yapılmıştır.

3. DEPREM YÖNETMELİĞİNE GÖRE BİNALARIN DEPREM GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi işlemi üç adım olarak görülebilir:

Kapasitelerin belirlenmesi: Mevcut binanın taşıyıcı sistem elemanlarının geometrik ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve bu bilgileri kullanarak deprem etkisinde zorlanması beklenen kesit kapasitelerinin hesaplarının yapılmasıdır.

Talebin belirlenmesi: Göz önüne alınacak deprem etkisinin seçilmesi ve bu depremde binada ortaya çıkacak kesit etkileri, şekil değiştirme ve yerdeğiştirmelerin hesabının yapılmasıdır.

Karşılaştırma ve sonuç: Eleman ve kesitlerde bulunan kapasite ve talebin karşılaştırılarak beklenen hasar durumunun(taşıyıcı sistem performans durumunun) belirlenmesi. Bu durumun kabul edilebilir veya edilemez olmasına karar verilmesi (Celep, 2008).

3.1. Binalardan Bilgi Toplanması

3.1.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı

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

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

3.1.2. Bilgi düzeyi

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut bilgi durumuna göre aşağıda Çizelge 3.1’ de verilmiş olan her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmıştır.

Bilgi düzeyleri: Sınırlı, Orta, Kapsamlı

a)Sınırlı Bilgi Düzeyi

Binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenmektedir.

b)Orta Bilgi Düzeyi

Eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer taşıyıcı sistem projeleri mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

c)Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bu bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacı ile yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Performans hesabında eleman kapasiteleri hesaplanırken mevcut malzeme dayanımı kullanılacaktır.

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

3.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

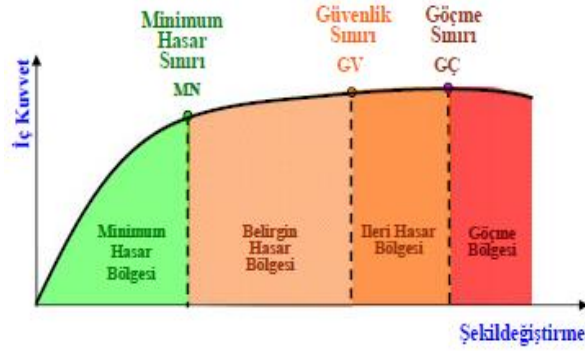
3.2.1. Kesit hasar sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durumu tanımlanmıştır;

Minimum Hasar Sınırı (MN): Kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını,

Güvenlik Sınırı(GV): Kesitin dayanımını güvenle sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını,

Göçme Sınırı(GÇ): Kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır.



Şekil 3.1. Kesit hasar sınırları ve bölgeleri (Düzgün, 2013; Bozdağ, 2013)

Eksenel basınç ve kesme gibi etkiler altında gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu değerlendirme geçerli değildir.

3.2.2. Kesit hasar bölgeleri

Kritik kesitlerin hasarı ;

MN' ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi* ' nde,

MN ve 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.

3.2.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Doğrusal elastik ve doğrusal olmayan elastik yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin bölüm 3.6.7' de tanımlanan kesit hasar sınırlarına karşı gelen değerler ile karşılaştırılarak, kesitlerin hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir.

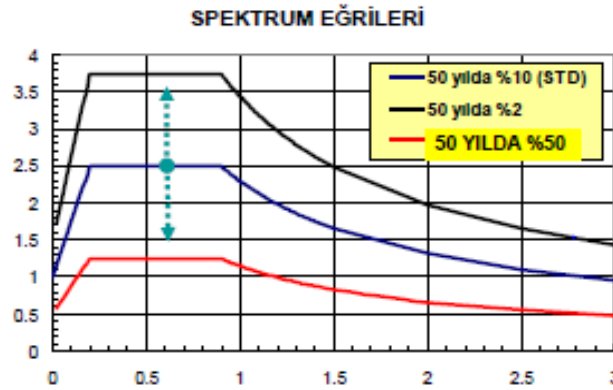
3.3. Deprem Düzeyleri

Mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesinde ve güçlendirilmesinde esas alınacak 3 deprem düzeyi tanımlanmıştır.

Kullanım depremi: Bu deprem etkileri binanın servis ömürleri boyunca maruz kalması yüksek olan, göreceli olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan depremi ifade etmektedir. 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremdir. Buna karşı gelen ortalama dönüş periyodu 72 yıldır. Bu depremin ivme spektrumunun ordinatları, tasarım depremi'nde tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınabilir.

Tasarım depremi: Bu deprem düzeyi binanın ömrü boyunca maruz kalma olasılığı çok fazla olmayan, seyrek ancak şiddetli depreme karşılık gelir. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremdir. Buna karşılık gelen ortalama dönüş periyodu 475 yıldır. Bu deprem düzeyinin ivme spektrumunun ordinatları yeni yapılacak binalar için tanımlanan tasarım ivme spektrumuna karşılık gelmektedir.

En büyük deprem: Bu deprem düzeyi binaların maruz kalabileceği en yüksek şiddetli depreme karşılık gelir. 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremdir. Buna karşılık gelen ortalama dönüş periyodu 2475 yıldır. Bu deprem düzeyinin ivme spektrumunun ordinatları, tasarım depreminde tanımlanan spektrum ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak alınabilir (Celep, 2008). Bu deprem düzeyleri Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Deprem düzeyleri

3.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansı belirlenmesinde doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir.

Deprem etkisinin tanımında;

Elastik(azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak.

Farklı aşılma olasılıkları durumunda bu spektrum üzerinde tanımlanan 3 farklı deprem düzeyine(D1,D2,D3) göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır.

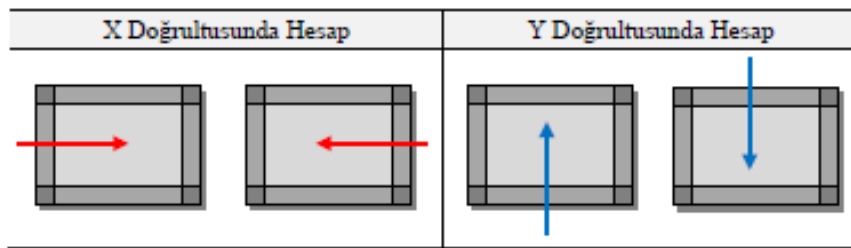
Deprem hesabında Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır.(I=1.0)

Binaların deprem performansı, yapıya düşey olarak etkiyen yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları;

$W = \sum_{i=1}^N w_i$, $w_i = g_i + nq_i$ (g_i =sabit yük, q_i =hareketli yük, n =hareketli yük katılım katsayısı) Kat kütleleri ile kat ağırlıkları uyumlu olarak tanımlanacaktır.

Deprem kuvvetleri binaya Şekil 3.3’de olduğu her iki yönde ve her iki doğrultuda ayrı ayrı etki ettirilecektir.



Şekil 3.3. Deprem kuvveti etki yönleri(Karabulut, 2011)

Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yer değiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri, her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dış merkezlik uygulanmayacaktır.

Tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

Kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

Etkileşim diyagramlarının tanımlanmasında ;

Mevcut malzeme dayanımları esas alınacaktır.

-Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

-Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenenabilir.

Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır.

Kirişlerde $(EI)_e = 0.40(EI)_o$

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 eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir.

Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.

Betonarme elemanlarda kenetlenme ve bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentlerinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

3.5. Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik(Lineer) Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Kuvvet(dayanım) esaslı doğrusal elastik hesap yöntemlerinin amacı, verilen deprem etkisi altında, deprem yükü azaltma katsayısının $R_a=1$ değeri için etki/kapasite oranlarının hesaplanması ve bu değerlerin ilgili sınır değerleri ile kıyaslanarak yapı elemanlarının kesit hasar bölgelerinin belirlenmesi ve bunlardan yola çıkarak bina düzeyinde performans değerlendirmesi yapılmasıdır.

Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri:

- Eşdeğer deprem yükü yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi

olmak üzere iki yöntemden oluşur.

3.5.1. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yöntem, birinci modun etkili olduğu düşük katlı binalarda ve binada burulma düzensizliğinin sınırlı olduğu durumlarda yeterli yaklaşımı sağlar. Yöntemin uygulama sınırları:

- Bodrum üzerindeki yüksekliği 25 m’yi geçmeyen binalarda,
- Toplam kat sayısı 8 m’yi aşmayan binalarda,
- Burulma düzensizliği katsayısı(n_{bi}) 1.4 den küçük olan binalar(ek dış merkezlik göz önüne alınmayacaktır)

Toplam eşdeğer deprem yükü(taban kesme kuvveti)

$$V_t = \lambda W A(T_1) / R_a \quad (3.1)$$

$$A(T_1) = A_0 I S(T)$$

bağıntıları yardımıyla hesaplanacaktır.

Denklemden $R_a=1$ (azaltılmamış deprem yükü)alınacak ve λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Yöntemin adımları şu şekilde özetlenebilir[7]:

Gerekli çalışmalar yapılarak bina bilgi düzeyi belirlenir.

Elemanların analizinde etkin eğilme rijitlikleri kullanılacağından dolayı, kolon ve perdedeki normal kuvvetlerin belirlenmesi amacıyla, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait(EI_o) eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı yapılacaktır.

Etkin eğilme rijitliklerinin kullanıldığı model oluşturulur. Daha sonraki hesaplarda da bu rijitlikler kullanılarak işlem yapılır.

Tüm yapı elemanlarının taşıma kapasiteleri hesaplanır. Kapasite hesabında mevcut malzeme dayanımı kullanılır. Bu dayanım değerlerine malzeme güvenlik katsayıları uygulanmaz, buna karşılık mevcut dayanımlar bilgi düzeyi katsayıları ile çarpılır.

Deprem yükü azaltma katsayısı $R_a=1$ alınarak ve bina önem katsayısı dikkate alınmadan taban kesme kuvveti (eşdeğer deprem yükü) hesaplanır. Denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılır. Sistem yatay ve düşey yük altında çözülerek iç kuvvetler hesaplanır.

Uygulanan deprem yükü dikkate alınarak elemanların etki/kapasite oranları belirlenir. Bu işlemler diğer deprem doğrultusu içinde yapılarak hesaplanan etki/kapasite oranları sınır değerler ile karşılaştırılarak hasar seviyeleri belirlenir.

Birleşim bölgelerinde kesme güvenliği kontrolü yapılır.

Elemanların kesitleri için belirlenen hasar bölgeleri ele alınarak yapı sisteminin deprem performansı değerlendirilir. Ayrıca görel kat ötelemeleri değerlendirilerek bina performans seviyesi kontrol edilir.

3.5.2. Mod birleştirme yöntemi

Bu yöntemde birden fazla mod göz önüne alındığı için tüm binalarda uygulanabilir. Tüm modlar için deprem kuvvetleri ve kesit etkilerini ayrı ayrı hesaplanır, daha sonra bu etkiler yönetmelikte bulunan mod etkilerinin birleştirilmesi için verilen iki yöntemden biri kullanılarak birleştirilir.

TDY07 Bölüm 2 de mod birleştirme yönteminde verilen denklemde $R_a=1$ (spektrumun azaltılamaması) alınacaktır.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.2)$$

Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan mod da elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

Mod birleştirme yöntemi hesap adımlarına eşdeğer deprem yöntemine ek olarak kütle katılım oranları, periyotları, mod katılım çarpanları hesaplanır. Her mod için sisteme etkiyen kuvvetler bulunur ve mod birleştirme yöntemiyle taban kesme kuvveti bulunur.

3.5.3. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının *etki/kapasite oranları*(r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır.

Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflandırılır.

TS500 e göre hesaplanan kesme kapasitesinin V_r 'yi aşmaması gerekir.

V_e 'nin Kolonlar için hesabı $V_e = (M_a + M_u)/l_n$

Kirişler için hesabı $V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj})/l_n$

Perdeler için $V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d$ $\beta_v = 1$

Denklemlerde pekileşmeli taşıma gücü yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır.

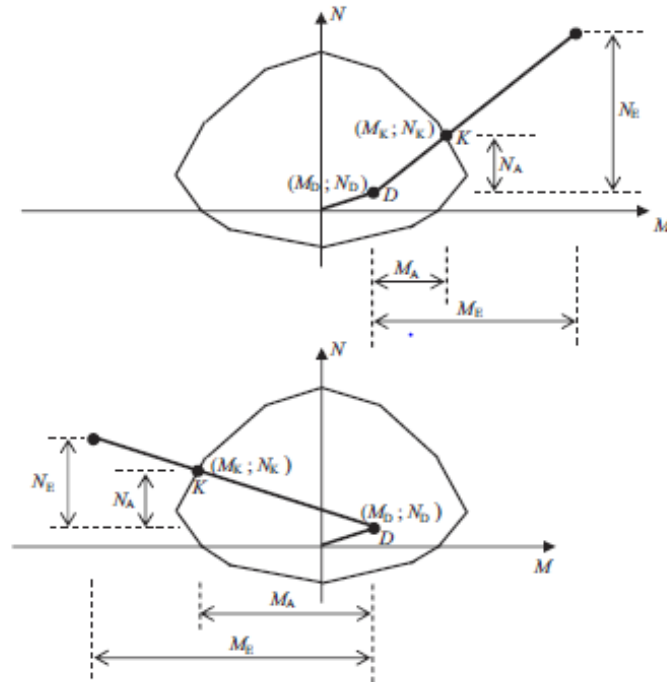
Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında $R_a=1$ alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilir.

Kesit artık moment kapasitesi kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır.

Kolonların ve perdelerin etki/kapasite oranları aşağıda açıklandığı üzere hesaplanabilir:

Herhangi bir kolon veya perde kesitinin, deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallar kısmında etkileşim diyagramının tanımlanmasına ilişkin koşullara göre doğrusallaştırılan moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı şekil 3.4’ de verilmiştir. Şekilde D noktasının koordinatları, düşey yüklerden meydana gelen $M_D - N_D$ çiftine karşı gelmektedir. D noktasından başlayan ve etkileşim diyagramının dışına çıkan ikinci doğru parçasının yatay ve düşey izdüşümleri ise $R_a=1$ için deprem hesabından elde edilen ve depremin yönünden ile uyumlu olan $M_E - N_E$ çiftine karşı gelmektedir. (Şekil 3.4’ de M_E ’nin işaretlerinin farklı olduğu iki durum ayrı ayrı gösterilmiştir). İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği K noktasının koordinatları, kolon veya perde kesitinin M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen N_K eksenel kuvvetidir.

Artık moment kapasitesi(M_A) moment kapasite(M_K) değerinden düşey yüklerden(M_D) oluşan moment değerinin çıkarılmasıyla hesaplanır. Kolon ve perdelerin etki/kapasite oranı deprem yükleri altında oluşan momentin artık moment kapasitesine bölünmesi ile bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Kolon veya perdenin moment-eksenel kuvvet etkileşim diyagramı $H_W/L_W \leq 2.0$ koşulunu sağlayan betonarme perdelerin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme dayanımına oranıdır.

Kesitlerin etki/kapasite oranları(r), Çizelge 3.2, Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’ de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Tablodaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{p-p'}{p_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2,5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2,5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2,5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1,5	2,5	4

Çizelge3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2,5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1,5	2,5	3,5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2,0	3,5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1,5	2,5	3,5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1,5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1,5	2
≥ 0.7	-	-	1	1	1

Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s)

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

3.5.4. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda yapılan etki/kapasite oranları karşılaştırmasına ek olarak, binanın herhangi bir katındaki görelî kat ötelemeleri Çizelge 3.5’de verilen değerler ile karşılaştırılıp elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir.

Bu karşılaştırmanın daha elverişsiz sonuçları vermesi durumunda o elemanın etki/ kapasite oranları ile yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. Çizelge 3.5’de δ_{ji} belirli bir kattaki kolonun veya perdenin üst ve alt uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini, h_{ji} ise bu kolonun veya perdenin yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.5. Görelî kat ötelemesi sınırları

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

3.6. Deprem Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan(NonLineer) Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

Yer değiştirme esaslı doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvetlerin hesaplanması ve daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesinin yapılmasıdır.

Bu kapsamda yer alan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri;

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

olmak üzere üç yöntemden oluşmaktadır.

İlk iki yöntem doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi için ve güçlendirme hesapları için *Artımsal İtme Analizi* ’nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

3.6.1. Artımsal İtme Analizi İle Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol

Bölüm 3.4’de anlatılan deprem hesabında uygulanacak ilke ve kurallara ek olarak, Bölüm 3.6.2’de tanımlanan taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi kısmındaki kurallara uyulacaktır.

Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin gözönüne alındığı doğrusal olmayan statik analiz yapılacaktır. Bu analizin sonuçları artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınacaktır.

Artımsal itme analizinin Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda koordinatları “modal yerdeğiştirme- modal ivme” olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait “modal kapasite diyagramı” elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde tanımlanan deprem düzeylerinde verilen değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son durumda, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

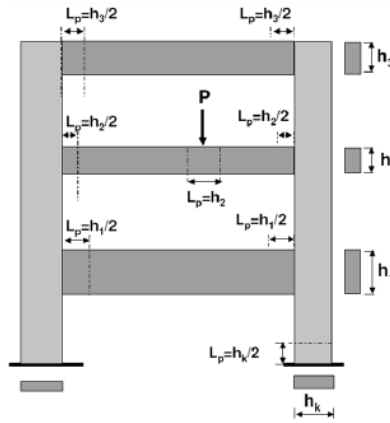
Artımsal itme analizinin Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, gözönüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için tanımlanan ilgili birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri kısmında tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.6.2. Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

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 mafsallara hipotezi'ne karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılmaktadır. Plastik mafsalları boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesi'nin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit alınacaktır.



Şekil 3.5. Plastik mafsalları yerleri (Celep, 2008)

Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekil değiştirme yapan elemanların plastik şekil değiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.

Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak ilk maddede tanımlanan plastik şekil değiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir.

Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

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.

U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir.

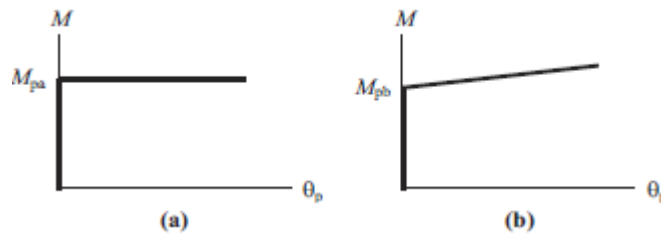
Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir.

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

İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir(Şekil 3.6a)Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır.

Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 3.6b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır.



Şekil 3.6. Pekleşme etkisi

3.6.3. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar

monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem yükü Yönteminin kullanılabilmesi için;

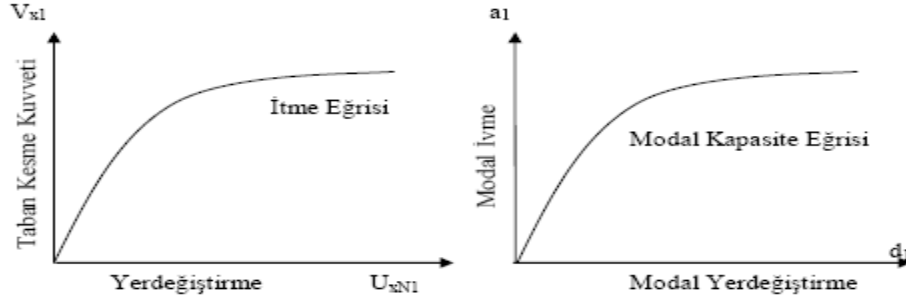
a)Binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması

b)Herhangi bir katta ek dış merkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir.

c)Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan birinci(hakim) titreşim moduna ait etkin kütle bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde *sabit* kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır.

Tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, gözönüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilir. Bu değişim ileriki aşamada yapılacak olan statik itme eğrisini talep eğrisiyle bir araya getirmek için yapılır (Celep, 2008).



Şekil 3.7. İtme ve modal kapasite eğrisi(Kıran, 2010)

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.3)$$

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\phi_{xN1} \cdot \Gamma_{x1}} \quad (3.4)$$

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.5)$$

İtme analizinin sonucunda elde edilen modal kapasite diyagramı ile elastik davranış spektrumu göz önüne alınarak 1. Moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer bir deyişle modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan(nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} ’e eşittir.

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.6)$$

Doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme, TDY07 Bilgilendirme Eki 7C’de doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirmenin belirlenmesi adlı başlık altında anlatılmıştır.

Son itme adımı $i=p$ için Denklem(3.6)’e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ ’nin Denklem(3.4) ‘de yerine konulması ile, x doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilir:

$$u_{xN1}^{(p)} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.7)$$

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

3.6.4. Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranışın esas alındığı bu tür bir itme analizi yöntemidir.

Yöntemin adımları şu şekilde özetlenebilir (Tuncer, 2008) :

Bina bilgi düzeyi belirlenir.

Elemanların analizinde etkin eğilme rijitlikleri kullanılacağından dolayı, kolon ve perdede normal kuvvetlerin belirlenmesi amacıyla, deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait(EI_o) eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı yapılacaktır.

Etkin eğilme rijitliklerinin kullanıldığı model oluşturulur.

İtme analizinden önce kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin sonuçları artımsal itme analizinin başlangıcı olarak alınır.

Düşey yük analizinden sonra sistem adım adım çözülecektir. Bunun için titreşim hesabı yapılır ve ilgili modal büyüklükler hesaplanarak ele alınan her bir mod için modal yerdeğiştirmeler hesaplanır.

İlgili her bir mod için elde edilen modal yerdeğiştirmeler altında sistem çözülerek iç kuvvetler, yerdeğiştirmeler ve benzeri büyüklükler hesaplanır. Hesaplanan bu büyüklükler mod birleştirme yöntemi ile birleştirilir.

İç kuvvetler elemanın taşıma kapasitesine bölünerek aralarındaki oran elde edilir. Her kesit için bu işlem yapılır. En küçük orana sahip kesit ilk plastikleşen kesittir. Buda ilk adımın sonunu oluşturur. Hesaplanan tüm büyüklükler en küçük oranla çarpılarak itme adımı sonundaki büyüklükler elde edilmiş olur.

Artık sistemde ilk plastik kesitin yeri ve büyüklüğü belli olmuş olur. Bu noktalara plastik mafsal atanır ve yeni bir doğrusal sistem oluşturulur. Fakat bu sistemin başlangıç koşullarını bir önceki itme adımı oluşturmaktadır. Yeni sistem önceki adımda çözüldüğü gibi çözülür ve iç kuvvetler hesaplanır.

Bu değerler bir önceki adım sonunda elde edilen değerlerle toplanarak gerçek sistemin iç kuvvetleri bulunur ve yeni plastik kesitin yeri aranır.

Birlikimli spektrum ölçek katsayısı $F=1$ oluncaya kadar devam edilir. Son itme adımından sonra tüm kritik kesitlerdeki plastik mafsal dönmeleri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik istemleri hesaplanır. Hesaplanan plastik eğrilikler akma eğrilikleri ile toplanarak toplam eğrilik istemleri hesaplanır.

Her bir kesitte beton ve donatı çeliği kullanılarak analiz yapılır, birim boy değişimleri yönetmeliklerdeki sınır değerler ile karşılaştırılır.

Birleşim bölgelerinde ve elemanlarda kesme güvenliği kontrolü yapılır.

Elemanların kesitleri için belirlenen hasar bölgeleri ele alınarak yapı sisteminin deprem performansı değerlendirilir. Buna ek olarak göreceli kat ötelemeleri değerlendirilerek bina performans seviyesi kontrol edilir.

3.6.5. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış gözönüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her 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 ve analiz durumu TDY07 Bölüm 2'de zaman tanım alanı hesap yöntemleri için verilenler kullanılacaktır.

3.6.6. Birim şekildeğiştirme istemlerinin belirlenmesi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal mod birleştirme yöntemine göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi

olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.8)$$

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

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (3.9)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denk.(3.9) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden elde edilen deprem istemleri, bölüm 3.6.7'de tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

3.6.7. Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri

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:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN}=0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN}=0.010 \quad (3.10)$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.010 \quad (3.11)$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s/\rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.12)$$

3.6.8. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri dışında tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS-500'e göre belirlenir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, belirlenen bilgi düzeylerine göre tanımlanan mevcut dayanım değerleri kullanılacaktır. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti isteminden daha küçük olduğu elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanır.

Betonarme kolon-kiriş birleşimleri için hesaplanacak kesme kuvveti isteminin kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak kesme kuvvetinin istemi hesabında V_{kol} yerine doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti istemi kullanılacak, birleşim bölgelerindeki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut beton dayanımı esas alınacaktır. Kesme kuvveti isteminin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

3.7. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyi

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.6'da verilmektedir.

Çizelge 3.6. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

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

3.8. Binaların Deprem Performans Seviyeleri

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Doğrusal elastik yöntemler ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının düzeylerinin belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir.

Hemen kullanım performans düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u belirgin hasar bölgesine geçebilir. Ancak diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesindedir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan deprem doğrultuları için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30 u ve kolanların ise her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olan kadarı ileri hasar bölgesine geçebilir.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesinde bulunur. Herhangi bir katta alt ve üst kesitlerin ikisinde birden, bulunması gereken minimum hasar bölgesini aşmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30' u aşmaması gerekir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Herhangi bir katta uygulanan bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %20' si göçme bölgesine geçebilir.

Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşıma kesme

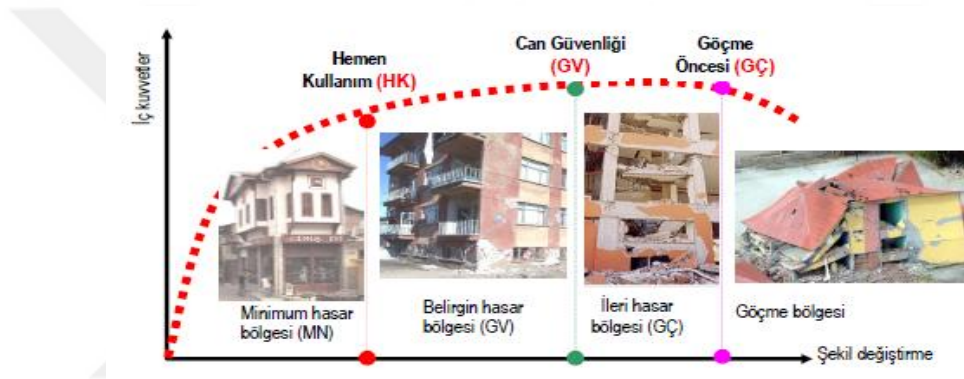
kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.

Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Göçme Durumu

Bina göçme öncesi performans düzeyini sağlamıyorsa Göçme Durumundadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

Şekil 3.8' de bina performans düzeyleri grafik üzerinde verilmiştir.

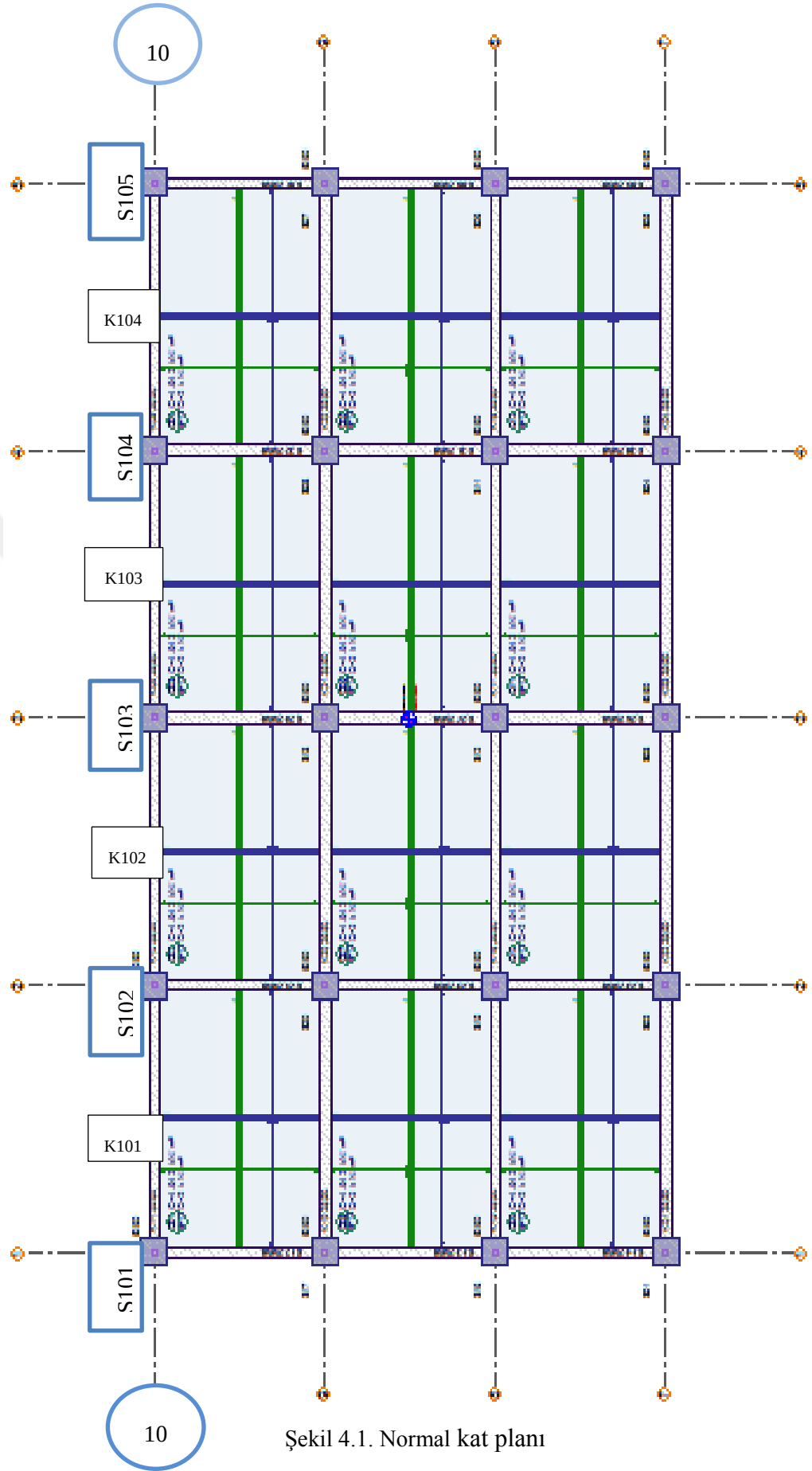


Şekil 3.8. Bina performans düzeyleri

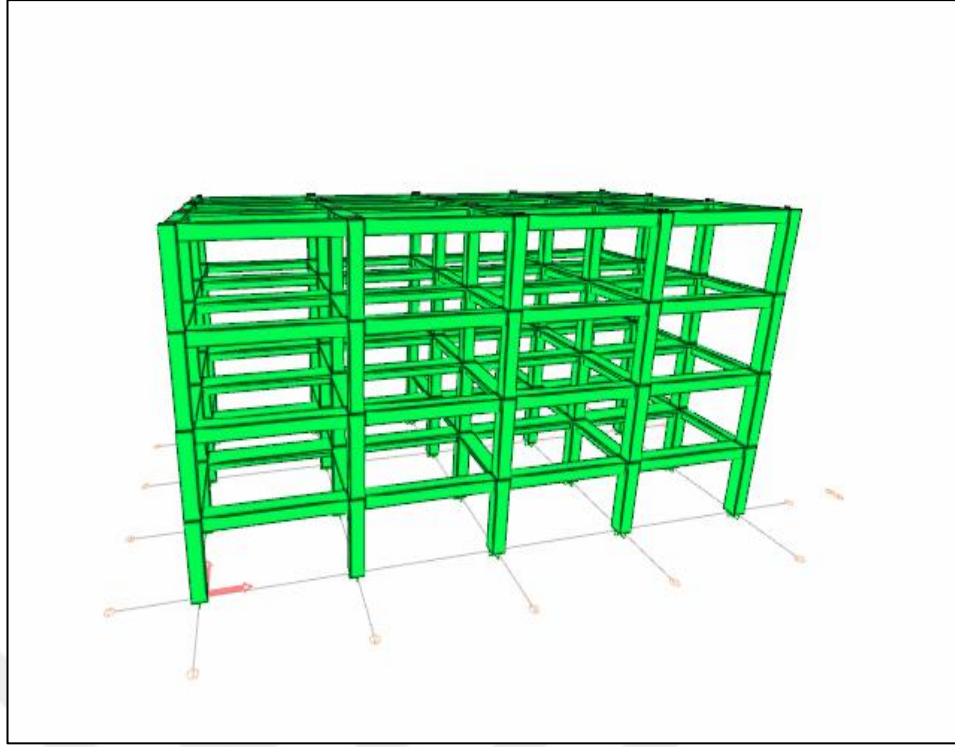
4. BETONARME SİSTEM ÜZERİNDE DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

4.1. Bina Bilgileri

Bu bölümde planda düzensizliği bulunmayan 4 kat(zemin kat + 3 kat)'lı bir bina İdecad programında boyutlandırılıp daha sonra mevcut bina olarak düşünülmüştür. Doğrusal elastik hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri ile performans değerlendirmesi yapılacaktır. Performans değerlendirilmesi yapılacak mevcut yapıda işlem kolaylığı ve çalışma süresini kısaltmak amacıyla yapının 10-10 aksı ele alınmış ve onun üzerinden işlem yapılmıştır. Ele alınan sistemde performans analizinin detaylı olarak nasıl yapılacağı anlatılmış ve sistemin performansı bulunmuştur. Malzeme özellikleri tanımlanırken beton birim hacim ağırlığı dikkate alınmıştır. Bunun yanında döşemedeki yükler kirişlere dağıtılmıştır. Yapının kat planı ve 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.1' de zemin kat için verilen kat planının 10-10 aksında bulunan kolon ve kirişlerin isimlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 4.1. Normal kat planı



Şekil 4.2. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli

Mevcut Yapının Özellikleri

Bina Bilgileri:

Kat Adeti	: 4
Zemin Kat	: 3 m
Normal Kat	: 3 m
Toplam Bina Yüksekliği	: 12 m
Kullanım Amacı	: Konut

Malzeme Özellikleri:

Beton Sınıfı	: C30
f_{ck}	: 30 MPa
f_{ctk}	: 1.9 MPa
Donatı Sınıfı	: S420

f_{sy} :420 MPa

Deprem karakteristikleri

Deprem bölgesi : 1. Derece Deprem Bölgesi

Etkin Yer İvme Katsayısı(A_0) : 0.4

Zemin Sınıfı : Z2

Spektrum Karakteristik Periyotları : $T_a=0.15$, $T_b=0.40$

Bina Önem Katsayısı(I) : 1.0

Hareketli Yük Katılım Katsayısı(n) : 0.3

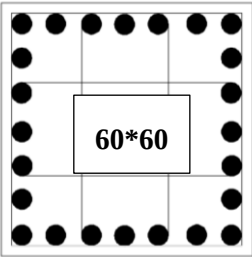
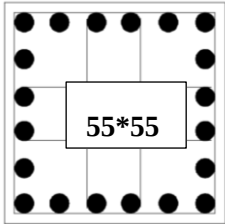
Yük Analizi

Kaplama Yükü : 1.7kN/m^2 (normal kat ve çatı katı için)

Hareketli Yük : 2kN/m^2 (normal kat ve çatı katı için)

Duvar Yükü : 6.25kN/m^2 (normal katlar için)

Şekil 4.3 ve Çizelge 4.1' de sistemdeki kolon ve kirişlerin boyutları ve donatı oranları verilmiştir. Kiriş kesiti 25*50 cm boyutundadır.

Kolon Kesiti	Kesit Kullanılan kolonlar	Düşey Donatı	Yatay Donatı
	S101, S102 S103, S104 S105, S201 S202, S203 S204, S205	24Ø14	Ø10/20/10
	S301, S302 S303, S304 S305, S401 S402, S403 S404, S405	20Ø14	Ø10/20/10

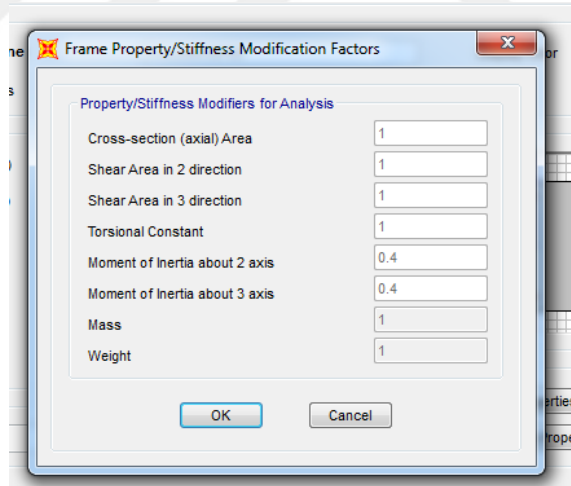
Şekil 4.3. Kolon kesitleri ve donatıları

Çizelge 4.1. Kiriş donatıları ve tip kesiti

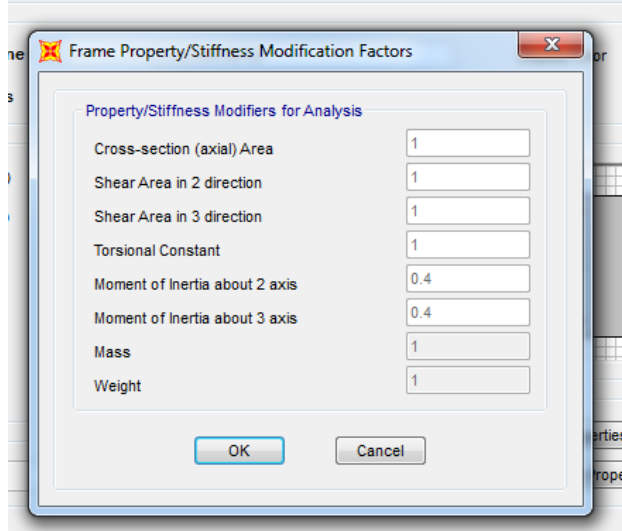
Kiriş Tip No	Kesitin kullanılan Kirişler	Montaj Donatısı	Düz Donatı	Sağ Mesnet İlave	Sol Mesnet İlave
Tip 1	K101, K102, K103, K104	2Ø14	2Ø16	1Ø22	1Ø22
Tip 2	K201, K204	2Ø14	2Ø16	3Ø20	3Ø20
Tip 3	K203	2Ø14	2Ø16	1Ø22	3Ø20
Tip 4	K202	2Ø14	2Ø16	3Ø20	1Ø22
Tip 5	K301, K302, K303, K304, K401, K402, K403, K404	2Ø14	2Ø16	1Ø20	1Ø20

4.2. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi

İlk aşamada toplam kütleler ile uyumlu yüklerin($g+nq$) gözönüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait eğilme rijitliklerinin kullanıldığı düşey yük hesabı ile etkin eğilme rijitlikleri belirlenmiş ve SAP2000 programına her kesit için tanıtılmıştır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ de sisteme nasıl tanımlanacağı kolon ve kiriş kesitleri için ayrı ayrı gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Kolon etkin eğilme rijitliğinin programa tanıtılması



Şekil 4.5. Kiriş etkin eğilme rijitliğinin programa tanıtılması

4.3. Hedeflenen Performans Seviyesi

Yapıya ait performansın belirlenmesi aşamasında yapının projesi mevcuttur. Buna ek olarak yapının planını ve malzeme özellikleri projesine tamamen uygundur. Bu duruma göre bilgi düzeyi “kapsamlı bilgi düzeyi” olarak dikkate alınmış olup “bilgi düzeyi katsayısı” 1,00 alınmıştır. Yapının performans analizi tek eksen üzerinde yapılmıştır.

Mevcut sistem kullanım amacı ve türü bakımından konut sınıfına girdiği için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyi altında CAN GÜVENLİĞİ performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

4.4. Bina Deprem Performansının Doğrusal Elastik Yöntem İle Belirlenmesi

Mevcut sistemin doğrusal elastik yöntemler ile performans değerlendirilmesinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılacaktır.

4.4.1. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilirliği

Eşdeğer deprem yükünün uygulanması için gereken şartlar;

- Bodrum üzerindeki yüksekliği 25 m’yi geçmeyen binalar
- Toplam kat sayısı 8 m’yi aşmayan binalar

- Burulma düzensizliği katsayısı(n_{bi}) 1.4 den küçük olan binalar

Mevcut sistem için gerekli şartlar sağlanmaktadır. Dolayısıyla eşdeğer deprem yükü ile performans analizi mevcut sistem için uygulanabilir.

4.4.2. Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

Sistemin titreşim periyotlarını ve mod şekillerini belirlemek için modal analiz yapılmış ve x yönündeki periyodu 0.49694 sn bulunmuştur. Her kata etkiyecek eşdeğer deprem kuvveti aşağıdaki gibi bulunmuştur.

Toplam Eşdeğer Deprem Kuvvetinin Hesabı:

Titreşim Periyodu $T_x = 0.49694\text{sn}$ (Modal analiz sonucunda bulunmuştur.)

Etkin yer ivme katsayısı $A_o = 0.4$ (Yapı 1. Derece deprem bölgesinde bulunduğu için TDY07 Bölüm 2.4.1' e göre değer alınmıştır.)

Bina önem katsayısı $I=1$ (Yönetmelik Bölüm 7.4.2'e göre alınmıştır.)

Spektrum karakteristik periyotları $T_a=0.15\text{sn}$; $T_b=0.40\text{sn}$ (Yönetmelik Bölüm 2.4'e göre alınmıştır.)

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R_a=1$ (yönetmelik Bölüm 7.5.1.1'e göre alınmıştır.)

$\lambda=0.85$ (Yönetmelik Bölüm 7.5.1.1'e göre yapı dört katlı olduğu için yazılı değer kullanılmıştır.)

$$\text{Eşdeğer Deprem Kuvveti} = V_t = \frac{W \cdot A(T_x)}{R_a} \quad (4.1)$$

$$A(T_x) = A_o I S(T) \quad (4.2)$$

TDY07 Bölüm 2.4.3.1'e göre spektrum katsayıları aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad 0 \leq T \leq T_A \quad (4.3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad T_a < T \leq T_B \quad (4.4)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad T_B < T \quad (4.5)$$

$T_x=0.49694$ sn $>$ $T_b=0.40$ sn olduğu için

$$S(T)=2.5\left(\frac{T_B}{T}\right)^{0.8}=2.5\cdot\left(\frac{0.4}{0.49694}\right)^{0.8}=2.1$$

$$V_t=\frac{W.A(T_x)}{R_a}=\frac{1642.475*0.4*1*2.1}{1}=1172.72\text{KN}$$

$\Delta F_n=0.0075.N.V_t=0.0075*4*1172.72=35.18\text{KN}$ olarak bulunmaktadır.

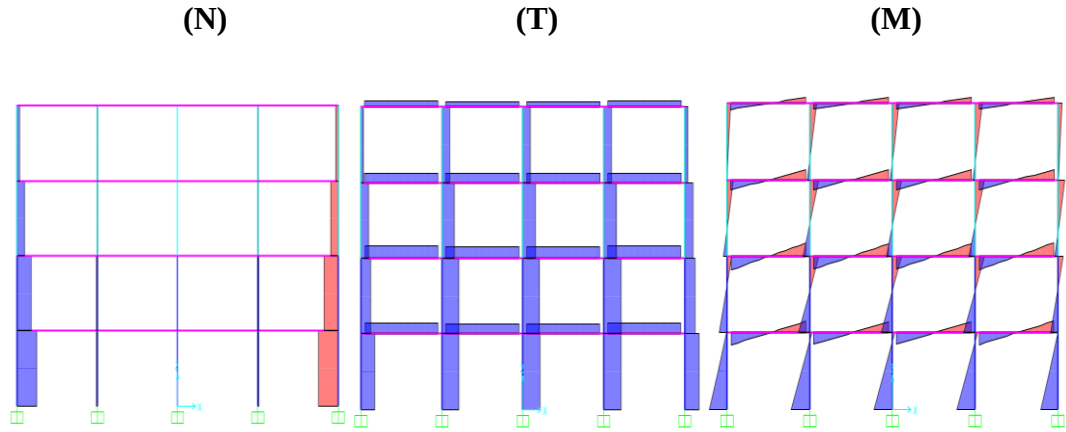
Çizelge 4.2. Eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	$W_i(\text{kN})$	$H_i(\text{m})$	$W_i H_i$	$\frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i}$	(V- $\Delta F_n) \frac{W_i H_i}{\sum W_i H_i}$	$\Delta F_n(\text{kN})$	$F_i(\text{kN})$
3.	333.245	12	3998.94	0.33734	383.74	35.18	418.92
2.	436.41	9	3927.69	0.33133	376.90		376.90
1.	436.41	6	2618.46	0.22089	251.27		251.27
Z	436.41	3	1309.23	0.11044	125.63		125.63
Toplam	1642.475		11854.32	1			1172.72

Daha sonrasında eşdeğer deprem yükleri sisteme tanımlanarak yatay yükler altında analiz yapılacaktır.

4.4.3. Düşey yük analizi

Bulunan etkin eğilme rijitlikleri Bölüm 4.2’de anlatıldığı üzere SAP2000 programına tanımlandıktan sonra düşey yükler altında analiz yapılarak sonuç diyagramları Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.8.Sistemin yatay yükler altında sırasıyla normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment diyagramları

4.4.5. Kirişlerin artık moment kapasitelerinin hesabı

Kirişlerin artık moment kapasitesi kesitin moment kapasitesinden düşey yükler altındaki moment değerini çıkartarak bulunur.

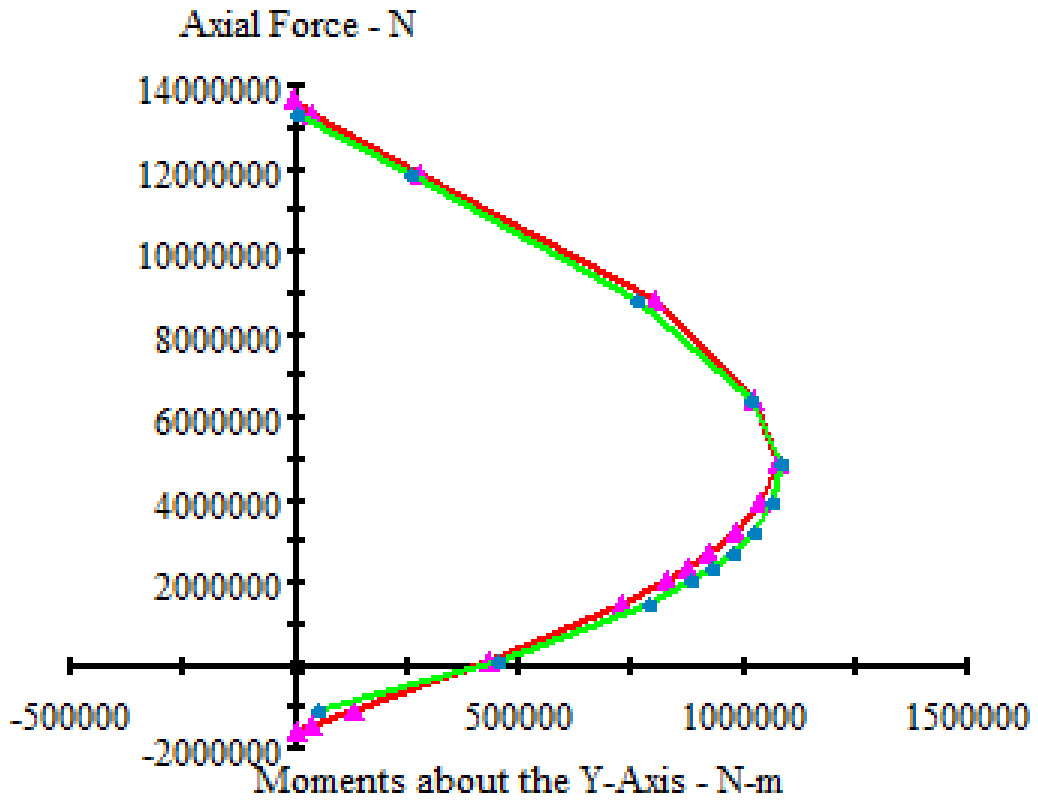
Sistemde ki kirişlerinin artık moment kapasiteleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Deprem yönü ile uyumlu kirişlerin artık moment kapasitesi

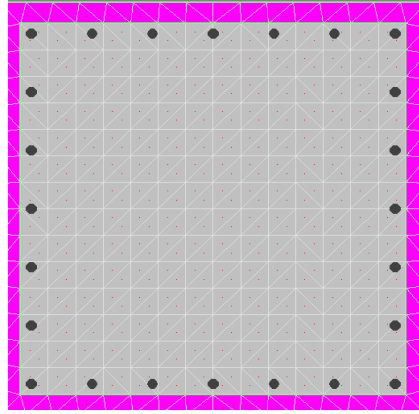
	G+0.3Q(kNm)		Moment kapasitesi(kNm)		Artık moment kapasitesi(kNm)	
	SOL UÇ	SAG UÇ	SOL UÇ	SAG UÇ	SOL UÇ	SAĞ UÇ
K101	-31.37	-34.18	64.29	-106.90	95.66	-72.72
K102	-33.40	-33.33	64.29	-106.90	97.68	-73.57
K103	-33.33	-33.40	64.29	-106.90	97.61	-73.50
K104	-34.18	-31.37	64.29	-106.90	98.47	-75.53
K201	-31.60	-33.99	110.98	-141.82	142.57	-107.83
K202	-33.39	-33.34	110.98	-141.82	144.36	-108.48
K203	-33.34	-33.39	64.29	-106.90	97.62	-73.51
K204	-33.99	-31.60	110.98	-141.82	144.97	-110.22
K301	-32.39	-34.66	64.29	-97.29	96.68	-62.63
K302	-34.05	-34.09	64.29	-97.29	98.34	-63.20
K303	-34.09	-34.05	64.29	-97.29	98.38	-63.24
K304	-34.66	-32.39	64.29	-97.29	98.95	-64.90
K401	-24.13	-29.73	64.29	-97.29	88.42	-67.56
K402	-28.48	-28.08	64.29	-97.29	92.77	-69.21
K403	-28.08	-28.48	64.29	-97.29	92.37	-68.81
K403	-29.73	-24.13	64.29	-97.29	94.02	-73.16

4.4.6. Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Hesabı

Bu bölümde, örnek olması adına sistemdeki zemin kat kolonlarından S101 numaralı kolonun mevcut malzeme özellikleri, donatıların kesit ve yerleri dikkate alınarak moment ve normal kuvvet kapasiteleri hesaplanmıştır. Şekil 4.9' da ilgili kolona ait Xtract programından çıkan normal kuvvet moment diyagramı gösterilmiştir. Programa analiz yaptırmadan önce kaç aşamada çözümleme yapılacağı girilir. Çıktılar text. dosyası olarak kaydedilir ve Excel office programına aktarılır.

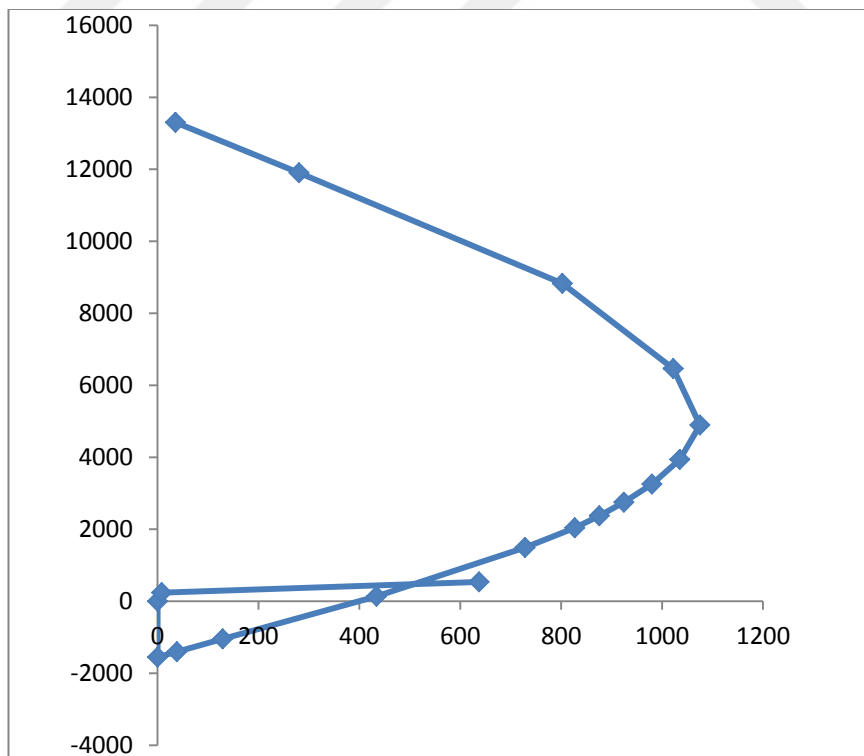


Şekil 4.9. S101 kolonuna ait normal kuvvet moment diyagramı



Şekil 4.10. S101 kolonun kesit görünüşü

Düşey yükler($G+0.3Q$) altında hesaplanana $N_D=240.17$ KN ve $M_D=8.26$ KNM ile, uygulanan eşdeğer deprem yüklemesinden oluşan $N_E=209.05$ KN ve $M_E=629.69$ KNM olarak bölüm 4.4.3 ve 4.4.4 'de detaylı olarak açıklanmıştır. Aşağıdaki şekilde görülen S101 kolonuna ait etkileşim diyagramı üzerinde koordinatları(N_D, M_D) ve (N_E, M_E) olan noktalar işaretlenerek düz bir doğru şeklinde birleştirilmiştir. İkinci doğru parçasının etkileşim diyagramını kestiği noktanın koordinatları kolonun moment kapasitesini ve normal(eksenel) kuvvet kapasitesini verir. Bu nokta sayısal olarak hesaplanır.



Şekil 4.11. S101 kolonuna ait normal kuvvet eğilme momenti diyagramı

Örnek S101 kolonu için yapılan hesaplamalar sisteminde ki bütün kolonlar için yapılmıştır.

İkinci bir durum olarak yukarıdaki şekildeki ikinci doğru parçasının etkileşim eğrisini kesmemesi yani doğru parçasının içeri de kalması durumu için r değeri etki/kapasite değerinin hesaplanmasına gerek yoktur.

Çizelge 4.4. Kolon kesitlerine ait normal kuvvet ve moment kapasitesi

	M_k (kNm)	N_k (kN)
S101	500	500
S102	478	327
S103	455	224
S104	478	327
S105	500	500

Diğer kolon elemanları için doğru parçası etkileşim diyagramının içinde kaldığı için etki-kapasite değerinin hesaplanmasına gerek yoktur.

4.4.7. Kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kontrolü

Betonarme kolon kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden yönetmelik 3.11'den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin yönetmelik 3.5.2.2' verilen kuşatılmış ve kuşatılmamış birleşimleri için hesaplanacak kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Mevcut sistem için değerlendirilmeler yapıldığında gevrek hasar gören eleman bulunmamaktadır.

4.4.8. Kirişlerin performans değerlendirilmesi

Kirişlerin performans değerlendirilmesi için etki/kapasite(r) oranlarının Çizelge 3.2 'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde hasar sınır belirlenmesi yapılır.

Bunun için Sap2000 programında deprem kuvvetleri etkisi altında sistemin kesit momentleri bulunmuştur. Ardından bölüm 4.4.5'e göre anlatılan aşamalara göre artık moment kapasitesi bulunmuştur. Bu iki değerin; deprem kuvvetleri etkisi altında kesitteki momentin, yine aynı kesit için hesaplanan kesit artık momentine; bölünmesiyle etki/kapasite oranı bulunmuş olur.

Sistemdeki herhangi bir kirişin hasar bölgesi belirlenirken o kesitin en çok hasar gören kesiti dikkate alınır.

Örnek olarak 1. Kat K101 kirişinin etki/kapasite oranları:

$$\text{İ ucunda: } r_i = \frac{M_E}{M_A} = 233.48/95.66 = 2.44$$

İ ucunda:

$$\rho = \%0.3497 ; \rho' = \%0.5983; \rho_b = \%3.0350$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.3497 - 0.5983}{3.0350} = -0.08$$

$$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}} = \frac{3.53 \cdot 100}{25 \cdot 46 \cdot 19} = 0.02$$

Hesaplanan değerler Çizelge 3.2'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılır. K101 kirişi için hesaplanan r(etki/kapasite) oranının i ucu minimum hasar bölgesinde kalmaktadır.

J ucunda:

$$\text{J ucunda: } r_j = \frac{M_E}{M_A} = 227.40/72.22 = 3.14$$

$$\rho = \%0.5983 ; \rho' = \%0.3497; \rho_b = \%3.0350$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.5983 - 0.3497}{3.0350} = 0.08$$

$$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}} = \frac{67.98 \cdot 100}{25 \cdot 46 \cdot 19} = 0.31$$

Hesaplanan değerler Çizelge 3.2'de verilen sınır değerler ile karşılaştırılır. K101 kirişi için hesaplanan r(etki/kapasite) oranının j ucu belirgin hasar bölgesinde kalmaktadır.

Hasar sınıfı elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenmiştir. Sonuç olarak K101 kirişi için hasar sınıfı belirgin hasar bölgesi olarak belirlenmektedir.

K101 kirişi için yapılan değerlendirme sistemdeki bütün yapısal elemanlar için yapılır ve Çizelge 3.2'deki sınır değerler ile kıyaslanarak hasar bölgeleri belirlenir.

4.4.9. Kolonların Performans Değerlendirilmesi

Bölüm 3.5.3'de anlatıldığı üzere kolonların etki/kapasite(r) değeri denklem (4.6) ile hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \quad (4.6)$$

Örnek olarak S101 kolonunun deprem kuvvetleri yönünde hasar bölgesinin hesaplanma şekli aşağıdaki gibidir.

İ ucu:

$$r = \frac{629.69}{500 - 8.26} = 1.28$$

$$\frac{N_K}{A_c f_{cm}} = \frac{500}{10800} = 0.046$$

Hesaplanan r değeri Çizelge 3.3'de verilen sınır değerler ile karşılaştırıldığında elemanın i ucunun minimum hasar bölgesinde olduğu ortaya çıkmıştır.

J ucu:

İkinci doğru parçası etkileşim diyagramının içinde kaldığı için etki kapasite oranı hesaplanmaz.

Sonuç olarak S101 kolonu için en fazla hasar gören kesite göre minimum hasar bölgesinde olduğu anlaşılmıştır.

S101 kolonu için yapılan değerlendirme sistemdeki bütün yapısal elemanlar için yapılır ve Çizelge 3.3'de ki sınır değerler ile kıyaslanarak hasar bölgeleri belirlenir.

4.5. Bina Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem İle Belirlenmesi

Mevcut sistem için doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile performans değerlendirilmesinde artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılacaktır.

4.5.1. Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi uygulanabilirliği

Artımsal eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanması için gereken şartlar;

- Binanın toplam kat sayısı bodrum hariç 8' den fazla olmaması
- Burulma düzensizliği katsayısı(n_{bi}) 1.4' den küçük olan binalar
- Göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci titreşim moduna ait etkin kütlelerin bina toplam kütlelerine oranının en az 0.70 olması gereklidir.

Çizelge 4.5. Binaların birinci titreşim modlarına ait etkin kütle oranları

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.496941	0.78783	0	0	0.78783

Çizelge 4.5'de görüldüğü üzere sistemin sağlaması gereken değer 0.70 den büyüktür. Diğer şartların Bölüm 4.4.1'de sağlandığı anlatılmıştır.

Sonuç olarak artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans analizi mevcut sistem için uygulanabilir.

4.4.2. Artımsal eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizinin yapılabilmesi için ilk olarak yapısal elemanların kolon, kiriş ve perdeler için Bölüm 4.2'de hesaplanma şekli anlatılan etkin eğilme rijitlik katsayıları hesap modeline uygulanmış ve modal analiz gerçekleştirilmiştir.

Eşdeğer deprem yükü dağılımı analizin başlangıç aşamasında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerler ile orantılı olacak şekilde sisteme tanımlanacaktır.

Mevcut sistemin hakim mod şekillerine ve kat ağırlıklarına bağlı olarak eşdeğer deprem yükü dağılımları Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.6. Eşdeğer deprem kuvvet değerleri

A	B	C	D	E
Kat No	Kat Ağırlıkları(KN)	1. Mod Şekli Genlikleri(m)	B*C	Eşdeğer Deprem Yüğü Dağılımı
1. Kat	436.41	0.0215	9.38	0.2358
2. Kat	436.41	0.0598	26.10	0.6559
3. Kat	436.41	0.0961	41.94	1.0540
4. Kat	333.245	0.1194	39.79	1.0000

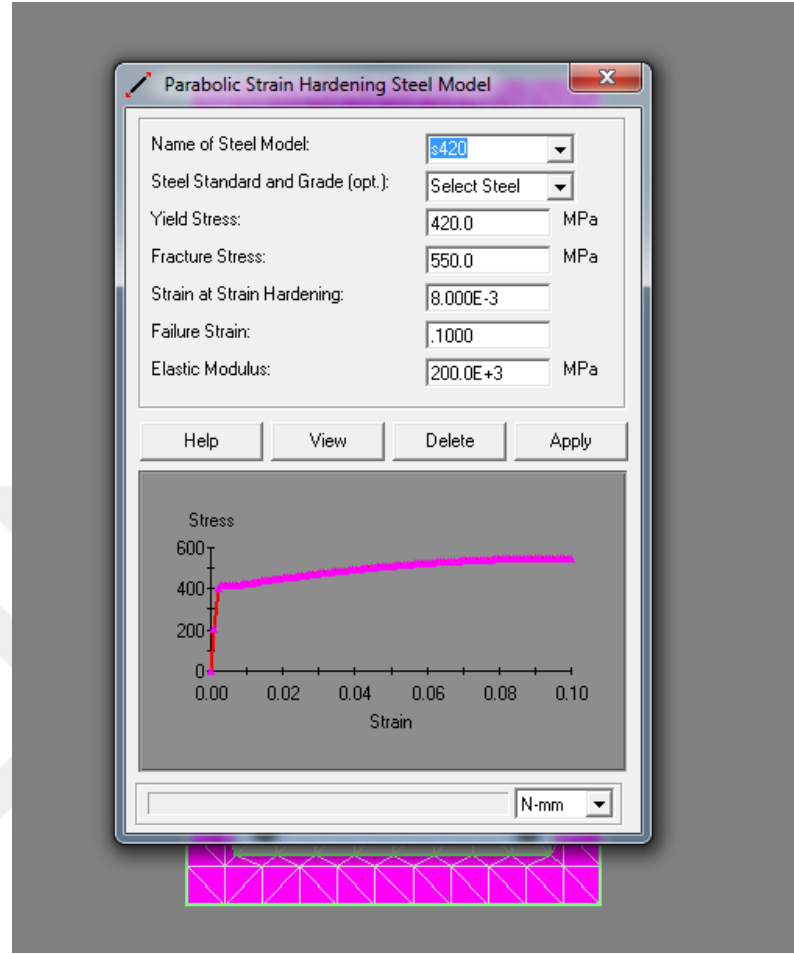
4.4.3. Plastik mafsallık özelliklerinin hesaplanması

4.4.3.1. Beton ve donatı çeliği için malzeme modelleri

Kolon ve kirişlerin plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesinde Xtract programından yararlanılmıştır. Xtract yazılımında sargılı, sargısız beton malzeme modeli ve donatı çeliği modeli tanımlanabilmektedir. Beton malzeme modellerinin tanımlamasında Mander Modeli kullanılmaktadır. Donatı çeliği malzeme modeli ise pekleşme etkisini içermektedir.

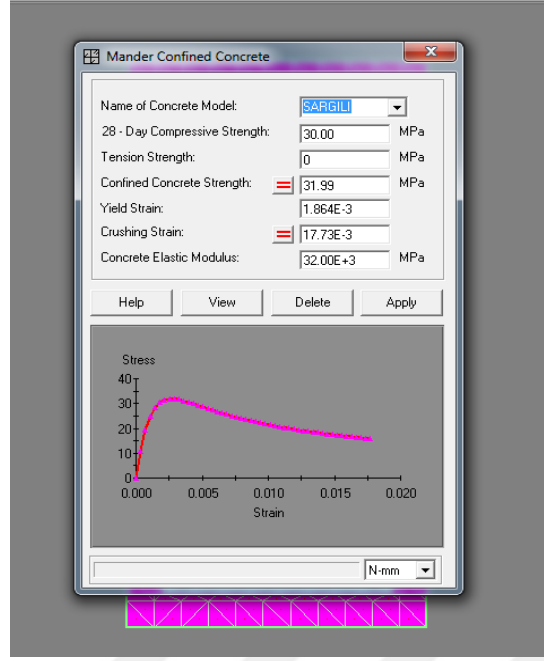
Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de sistem kesitlerin de kullanılan malzeme modelleri gösterilmektedir. Enine sargı donatısı yani etriye içinde kalan beton sargılanmış beton olarak tanımlanmaktadır. Enine donatı dışında kalan kısım sargılanmamış beton olarak tanımlanmaktadır. Sargılı beton sargılanmamış betona göre daha sünek ve dayanımlıdır.

Donatı çeliği malzeme modeli hem enine hem de boyuna donatılarda kullanılmaktadır.

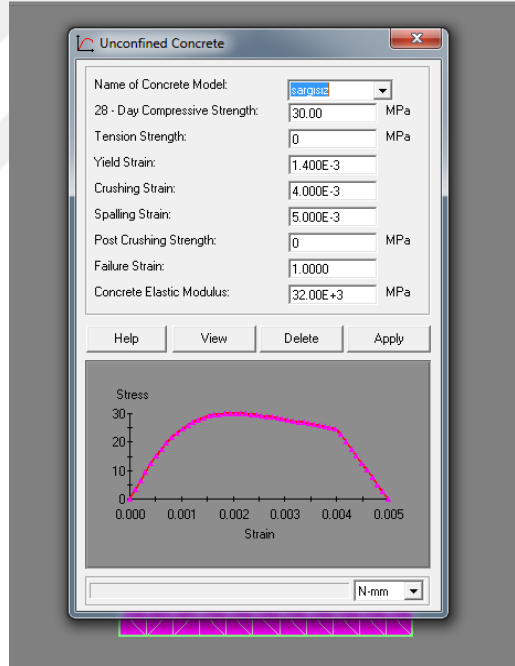


Şekil 4.12. Donatı çeliği modeli

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’de Xtract programına sargılı ve sargısız beton modellerinin nasıl tanımlanacağı ve sonuç diyagramları gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Sargılı beton modeli



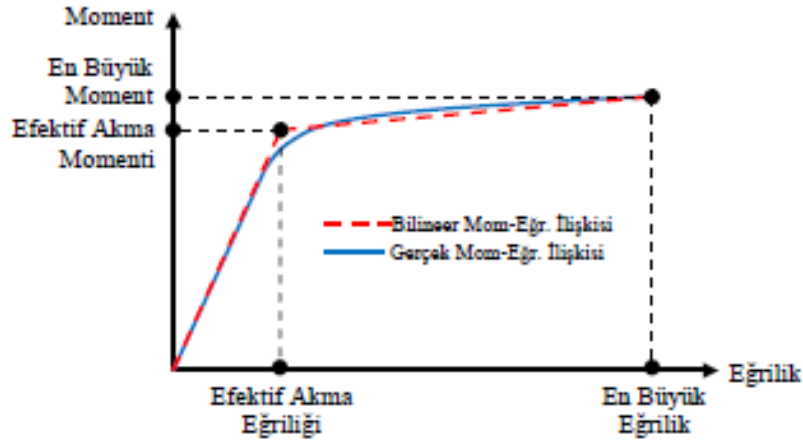
Şekil 4.14.Sargısız beton modeli

4.4.4. Kirişlerde plastik mafsallıkların tanımlanması

Kirişlerin sağ ve sol mesnetleri olası plastik mafsallık bölgesi olarak tanımlanmıştır. Kirişlerde plastik mafsallık özelliklerinin belirlenmesi için Xtract programına her kesite

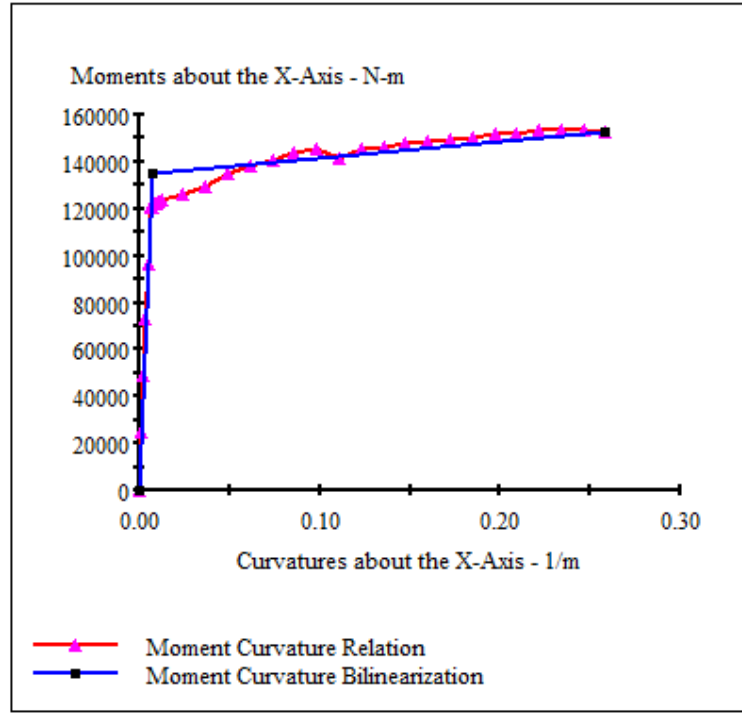
ait boyutlar, pas payı, donatı boyutları ve yerleşimi, beton ve donatı sınıfına göre gerilme şekil değiştirme bağıntıları tanımlanmıştır.

Ele alınan kirişin kesit özelliklerine göre Xtract programı kesite ait moment eğrilik diyagramını hesaplamaktadır. Xtract programı moment eğrilik diyagramını elde ettikten sonra elde edilen diyagramı idealize hale getirmektedir. Şekil 4.15’de tipik bir kiriş kesitine ait moment eğrilik diyagramının idealize olmuş şekli verilmektedir.



Şekil 4.15. Bileneer moment eğrilik ilişkisi (Karabulut, 2011)

Şekil 4.16’da ise sisteme ait K201 kirişinin moment eğrilik diyagramı verilmektedir.



Şekil 4.16. K201 kirişine ait moment eğrilik ilişkisi

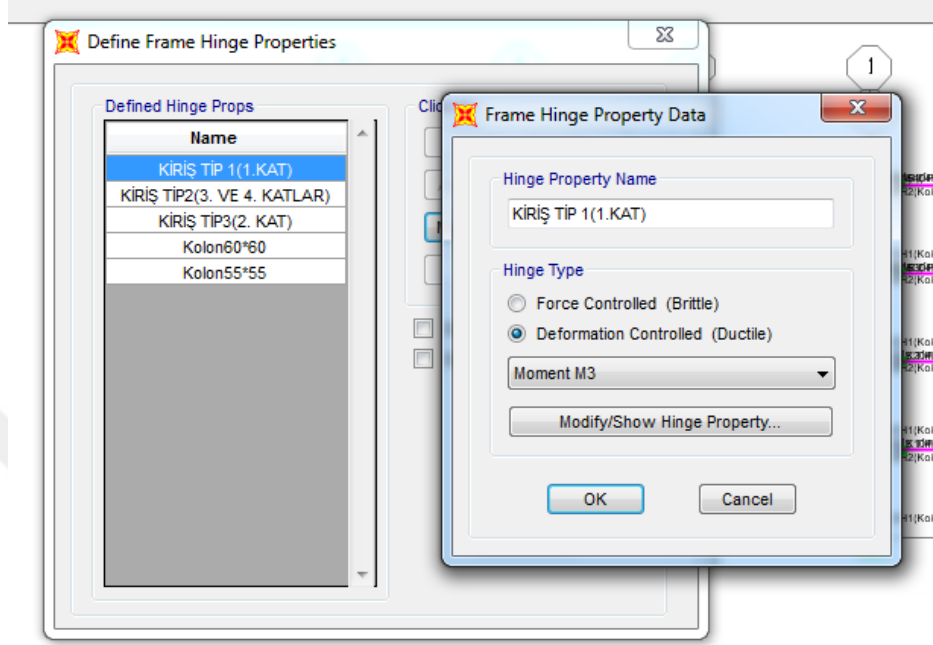
Gerçekleştirilen kesit analizleri sonucunda elde edilen kirişlerin plastik mafsalları Çizelge 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7. Kirişlerin plastik mafsalları özellikleri

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kiriş Tipi	Mesnet Yeri	Çekme Bölgesi	Efektif Akma Momenti(Knm)	En Büyük Moment(knm)	E/D	Efektif Akma Eğriligi(1/m)	En Büyük Eğrilik(1/m)	Süneklik (H/G)	Efektif Akma Dönmesi(rad)	En Büyük Dönme(rad)
Tip1(1.kat)	Sol Mesnet(i)	Alt uç(+)	80,76	91,85	1,137	0,006366	0,2461	38,66	0,00159	0,061525
		Üst Uç(-)	135,3	152,9	1,130	0,006812	0,2585	37,95	0,0017	0,064625
	Sağ Mesnet(j)	Alt uç(+)	80,76	91,85	1,137	0,006366	0,2461	38,66	0,00159	0,061525
		Üst Uç(-)	135,3	152,9	1,130	0,006812	0,2585	37,95	0,0017	0,064625
Tip(3. ve 4. kat)	Sol Mesnet(i)	Alt uç(+)	82,28	91,7	1,114	0,006427	0,2462	38,31	0,00161	0,06155
		Üst Uç(-)	122,9	139,4	1,134	0,006774	0,2555	37,72	0,00169	0,063875
	Sağ Mesnet(j)	Alt uç(+)	82,28	91,7	1,114	0,006427	0,2462	38,31	0,00161	0,06155
		Üst Uç(-)	122,9	139,4	1,134	0,006774	0,2555	37,72	0,00169	0,063875
Tip1(2.kat- K201 kirişi)	Sol Mesnet(i)	Alt uç(+)	137,7	159,9	1,161	0,006747	0,2516	37,29	0,00169	0,0629
		Üst Uç(-)	178,5	206,8	1,159	0,007025	0,259	36,87	0,00176	0,06475
	Sağ Mesnet(j)	Alt uç(+)	137,7	159,9	1,161	0,006747	0,2516	37,29	0,00169	0,0629
		Üst Uç(-)	178,5	206,8	1,159	0,007025	0,259	36,87	0,00176	0,06475

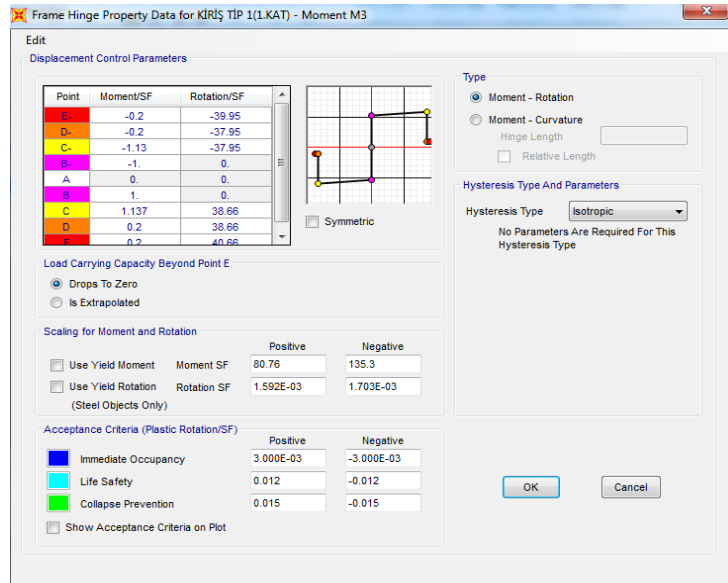
Çizelge 4.7’de verilen kirişlerin plastik mafsalları özellikleri SAP2000 programına Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de gösterildiği şekilde tanımlanmaktadır.

İlk olarak plastik mafsal tanımlanacak kiriş için o kesite ait isim girilmiştir. Hemen altında bulunan plastik mafsal türlerinde M3 momenti seçilmiştir. M3 momenti eğilme momentine karşı gelmektedir.



Şekil 4.17. Kiriş için plastik mafsal tanımlanması

Daha sonra Xtract programından elde edilen veriler aşağıdaki Şekil 4.18’de gösterildiği gibi ilgili yerlerine girilmiştir.



Şekil 4.18. Kiriş kesiti için plastik mafsal özelliklerinin programa tanımlanması

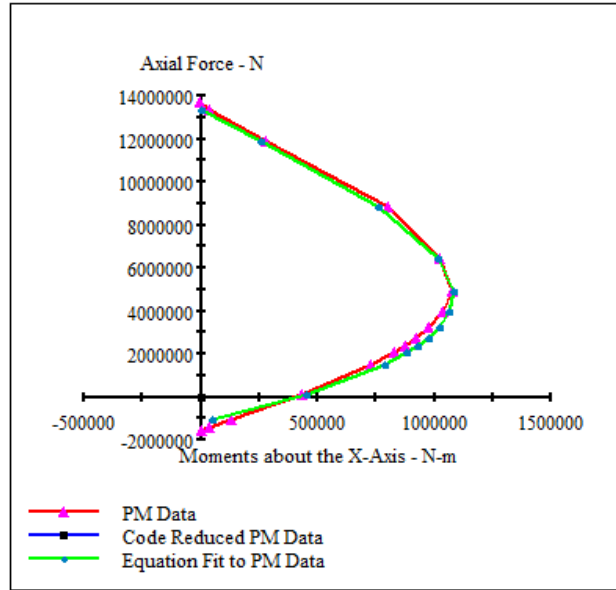
Bu işlemde yapıldıktan sonra ilgili kesite ait tanımlama yapılmış olur. Anlatılan işlemler sistemde ki tüm kiriş kesitleri için yapılmıştır.

4.4.5. Kolonlarda plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması

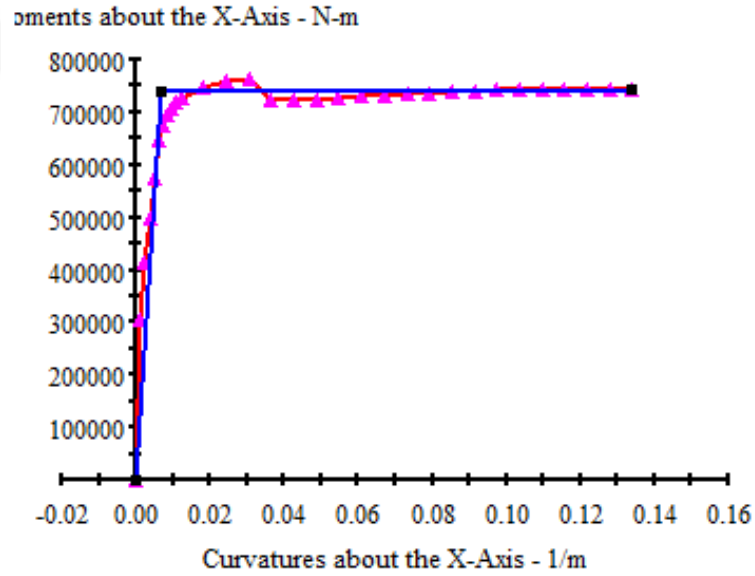
Kolonların alt ve üst mesnet bölgeleri olası plastik mafsal bölgesi olarak tanımlanmıştır. Kolon kesitlerinde plastik mafsal; iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvet altında oluşur. Plastik mafsal tanımlamasının yapılabilmesi için kolonun üç boyutlu etkileşim yüzeylerinin ve doğrusal olmayan davranışını temsil eden moment eğrilik ilişkisinin tanımlanması gerekmektedir. Sap2000 programının da kolonlar için plastik mafsal tanımlanırken Hinge Type kısmından P-M3 tipi plastik mafsal seçilmiştir.

Bu tez çalışmasına için konu olan sistem düzlem çerçeve olmasından dolayı bir eksen doğrultusunda akma yüzeyi oluşturulacaktır. Sistemin üç boyutlu olarak ele alınması durumunda üç boyutlu oluşturulacaktır. Sap2000 programında 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinin oluşturabilmesi için 2 boyutlu etkileşim yüzeylerinden yararlanılır. Bunun için kesitin yatay eksenini 0^0 kabul edilmek üzere $22,5^0$, 45^0 , $67,5^0$, 90^0 lik açılar için etkileşim diyagramı analizi yapılarak Sap2000 programına tanıtılır. Ardından program otomatik olarak akma düzlemleri olarak modellemektedir.

Akma yüzeylerinin hesaplanması aşamasında Bölüm 3.4' de tanımlanan beton ve çelik için şekil değiştirme değerleri kullanılmaktadır. Şekil 4.19 ve Şekil 4.20' de sırasıyla S102 kolonuna ait normal kuvvet- moment ve moment eğrilik diyagramları verilmiştir.

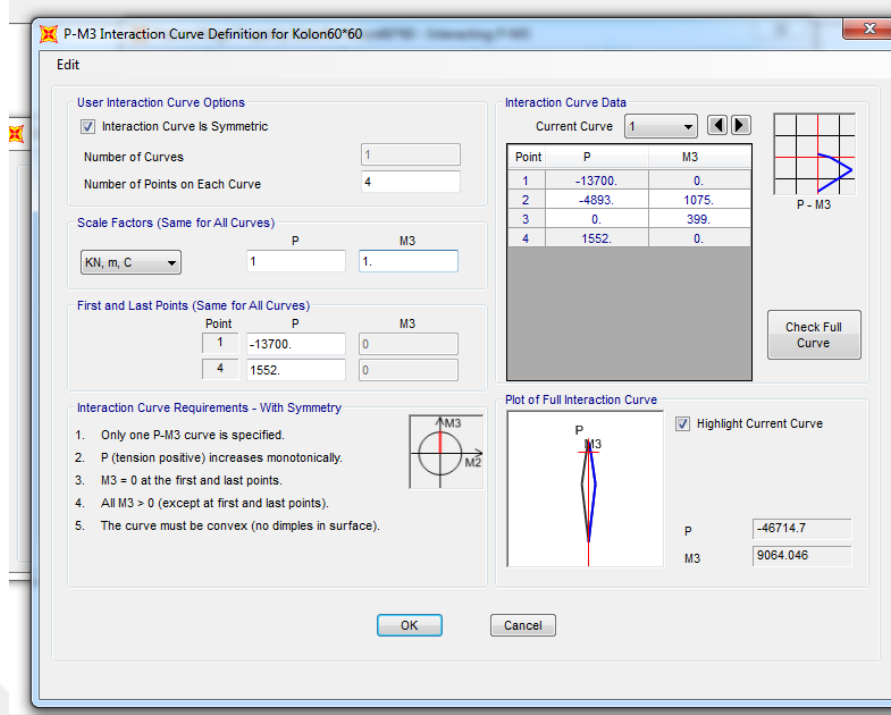


Şekil 4.19. S102 kolonuna ait 0° için P-M etkileşim diyagramı



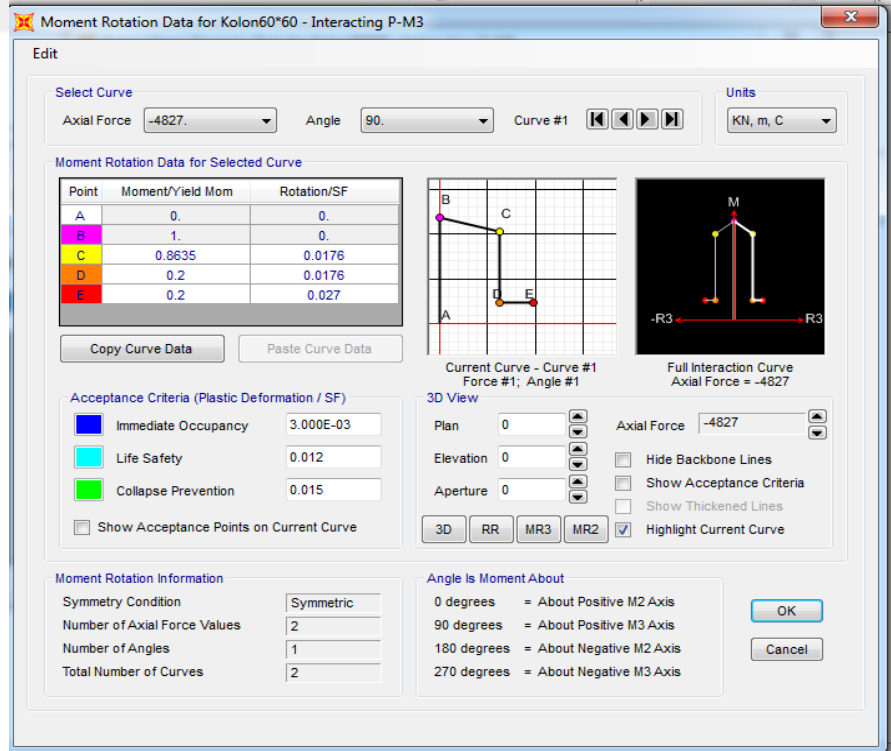
Şekil 4.20. S102 kolonuna ait moment eğrilik analizi

Sistemdeki kolon kesitleri için moment eğrilik diyagramları ve etkileşim diyagramları hesaplandıktan sonra örnek olarak ele alınan kolonun Şekil 4.21 ve Şekil 4.22' de gösterildiği üzere SAP2000 programına tanımlanacaktır.



Şekil 4.21. Kolon kesiti için karşılıklı etki diyagramının tanımlanması

Programda kolon elemanların etkileşim diyagramı 4 noktada idealleştirme yapılarak tanımlanmıştır.

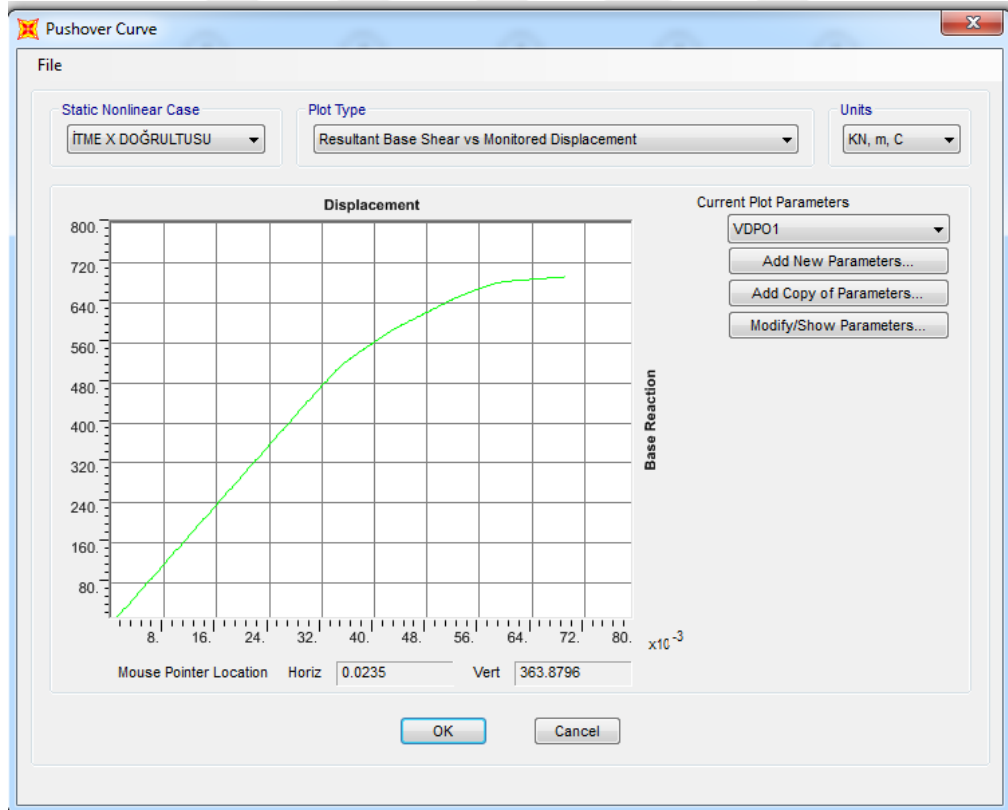


Şekil 4.22. Kolona ait moment-eğrilik ilişkisinin tanımlanması

4.4.6. Artımsal itme analizi (Pushover analizi)

Kolon ve kiriş kesitleri için bulunan plastik mafsallık özellikleri muhtemel plastik mafsallık oluşabilecek yani elemanların net açıklıklarının uçlarına atanır. Bu işlemler yapıldıktan sonraki aşama statik itme analizidir. Statik itme analizi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama kütleler ile uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı doğrusal olmayan statik analiz yapılır. Bu analizin amacı, deprem istem sınırına kadar itme analizinin her adımı için yapıya olan etkisini tanımlamaktır. Bu analiz kuvvet kontrollüdür. İkinci aşama da ise birinci aşamada doğrusal olmayan statik analizden elde edilen sonuçları başlangıç koşulları olarak dikkate alan deplasman kontrollü statik itme analizidir.

Artımsal itme analizi sonucunda elde edilen statik itme eğrisi şekil 4.23’de verilmiştir. Statik itme eğrisi kapasite eğrisi olarak da adlandırılmaktadır. Bu eğrinin koordinatları tepe yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti olmaktadır.



Şekil 4.23. Sisteme ait statik itme eğrisi

4.4.7. Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Sistemin performans noktasının belirlenmesi için elde edilen kapasite diyagramının Bölüm 3.6.3’de verilen denklemler kullanılarak modal kapasite diyagramı elde edilir. Modal kapasite diyagramının eksenlerini spektral ivme(S_a) ve spektral yer değiştirme (S_d) oluşturur. Çizelge 4.8’de modal kapasite diyagramının hesaplanmasında kullanılacak terimler gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. Etkin kütle ve modal katkı çarpanı değerleri

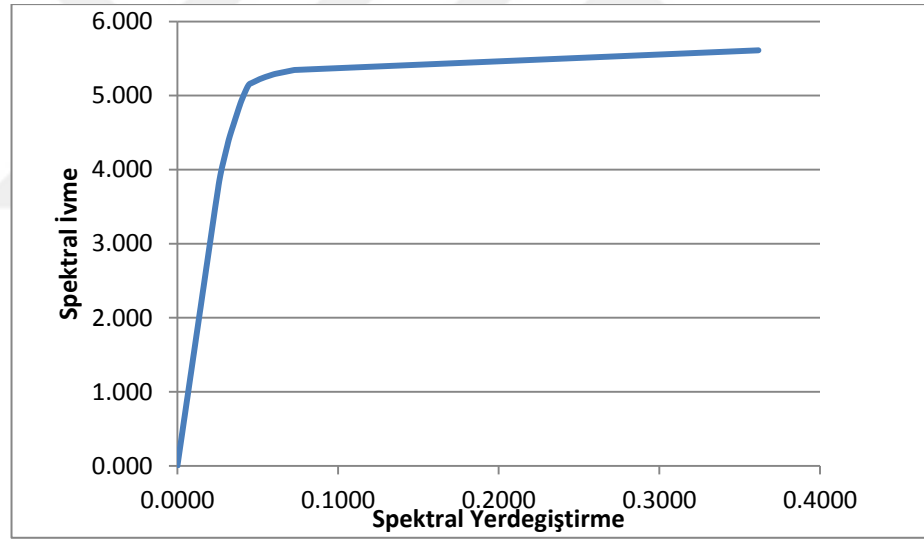
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Kat No	Kat Ağ.	Kat Küt.	1.Mod Şekli Gen.	$C.D^2$	M_1 (E)	M_{X1} ($\frac{I^2}{F}$)	L_{xi1} (C.D)	L_{X1} (H)	Γ_{X1} (I/F)
1.Kat	436.1	44.5	0.0215	0.0206			0.956		
2.Kat	436.1	44.5	0.0598	0.1591	1.0753	132.85	2.660	11.952	11.115
3.Kat	436.1	44.5	0.0961	0.4109			4.276		
4.Kat	333.245	34.0	0.1194	0.4847			4.060		

Elde edilen modal kapasite diyagramı Şekil 4.24’de verilmektedir.

Çizelge 4.9. Modal yer değiştirme ve modal ivme değerleri

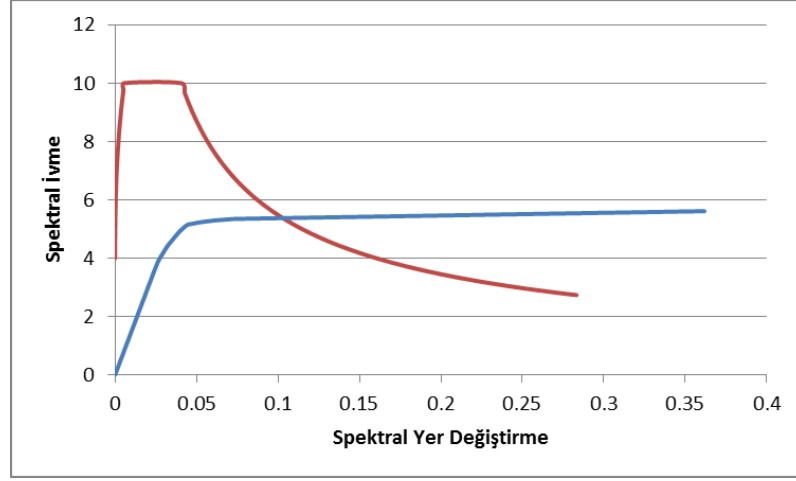
Adım	$u_{xN1}^{(i)}(m)$	$V_{x1}^{(i)}(kN)$	$d_1^{(i)}(m)$	$a_1^{(i)}(m/s^2)$
1	0	0	0.0000	0.000
2	0.0012	17.809	0.0009	0.134
3	0.0024	35.617	0.0018	0.268
4	0.0036	53.426	0.0027	0.402
5	0.0048	71.235	0.0036	0.536
6	0.006	89.043	0.0045	0.670
7	0.0072	106.852	0.0054	0.804
8	0.0084	124.66	0.0063	0.938
9	0.0096	142.469	0.0072	1.072
10	0.0108	160.278	0.0081	1.206
11	0.012	178.086	0.0090	1.341

12	0.0132	195.895	0.0099	1.475
13	0.0144	213.704	0.0109	1.609
14	0.0156	231.512	0.0118	1.743
15	0.0168	249.321	0.0127	1.877
16	0.018	267.13	0.0136	2.011
17	0.0192	284.938	0.0145	2.145
18	0.0204	302.747	0.0154	2.279
19	0.0216	320.555	0.0163	2.413
20	0.0228	338.364	0.0172	2.547
21	0.024	356.173	0.0181	2.681
22	0.0252	373.981	0.0190	2.815
23	0.0264	391.79	0.0199	2.949
24	0.0276	409.599	0.0208	3.083



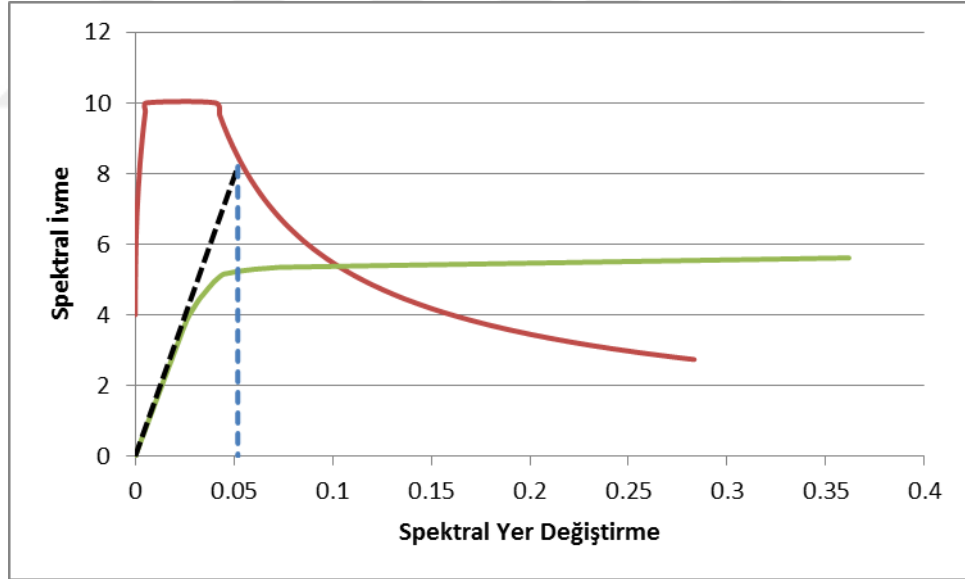
Şekil 4.24. Modal kapasite diyagramı

Sonraki aşama ise deprem etkisini temsil eden ve talep eğrisi olarak adlandırılan elastik ivme spektrumun eğrisinin eksenlerinde de gerekli dönüşümler uygulanarak Şekil 4.24’ de gösterilen modal kapasite diyagramı ile aynı grafik üzerinde çizilir. Şekil 4.25’ de elastik ivme spektrum eğrisi ve modal kapasite eğrisi aynı grafik üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Kapasite ve talep eğrilerinin karşılaştırılması

Daha sonra elastik ivme spektrumuna yani talep eğrisinin başlangıç noktasından başlayan teğetin kapasite diyagramını kestiği nokta spektral yer değiştirme olarak adlandırılmaktadır. Spektral yer değiştirme şekil 4.26'da grafik üzerinden hesaplanabildiği gibi bölüm 4.4.8'de incelenebileceği üzere sayısal olarak da hesaplanabilmektedir.



Şekil 4.26. Sistemin spektral yer değiştirmesinin grafik ile hesaplanması

4.4.8. Sistemin performans noktasının hesaplanması

Sistemin etkin eğilme rijitlikleri altında periyodu $T=0.496$ sn olarak hesaplanmıştır. Z2 zemin sınıfında $T_a=0.15$ sn , $T_b=0.40$ sn dir.

$$T=0.496 \text{ sn} > T_b=0.40 \text{ sn}$$

Yönetmeliğe göre spektral ivme- spektral yer değiştirme eksen takımında, kapasite eğrisinin başlangıç teğeti ile talep eğrisinin kesişim noktası talep eğrisinin azalan kolunu denk geldiği için doğrusal elastik olmayan spektral yer değiştirme, eşit yer değiştirme kuralı gereğince doğal periyodu $T_1(1)$ olan eşlenik doğrusal elastik sisteme ait lineer elastik spektral yer değiştirme S_{de1} 'e eşit alınır. Buna göre denklem 4.7' deki spektral yer değiştirme oranı yani $C_{R1}=1$ alınır.

$$S_{di1} = C_{R1}S_{de1} \quad (4.7)$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} = C_{R1} \cdot S_{de1} \quad (4.8)$$

$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (4.9)$$

Buradan TDY07 Bölüm 2.4'de spektral ivme katsayısı bölümünden elastik spektral ivme Denklem 4.10 ile hesaplanır.

$$S_{ae1} = A(T) \cdot g = A_0 I S(T) g \quad (4.10)$$

$$w_1 = \frac{2\pi}{T} \quad (4.11)$$

$$S_{ae1} = 0.4 * 1 * 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.498}\right)^{0.8} * 9.81 = 8.2591 \text{ m/sn}^2$$

$$w_1 = \frac{2 * 3.14}{0.496} = 12.6612$$

$$d_1^{(p)} = S_{di1} = S_{de1} = \frac{8.2591}{(12.6612)^2} = 0.052 \text{ m bulunur.}$$

Modal yer değiştirme istemi hesaplandıktan sonra tepe yer değiştirme istemi $u^{(p)}_{xN1}$ elde hesaplanacaktır.

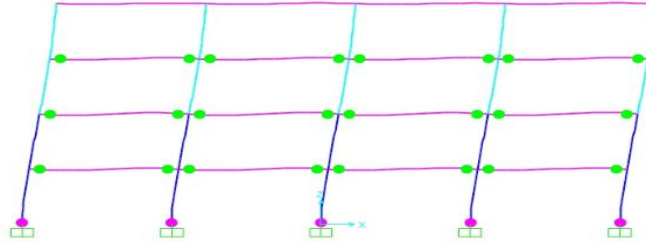
$$u^{(p)}_{xN1} = \phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (4.12)$$

$$u^{(p)}_{xN1} = 0.1194 * 11.115 * 0.052 = 0.069 \text{ m olarak hesaplanmıştır.}$$

Bulunan $u^{(p)}_{xN1}$ tepe yer değiştirmesi istemi büyüklüğüne sistemin performans noktası denilmektedir. Sistemin performans değerlendirilmesi bu tepe yer değiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.

Sistemin hesaplanan tepe yer değiştirmesi istemine kadar gerçekleştirilen itme analizi sonucunda 56. hesap adımı, binaların performans analizinin yapılacağı hesap adımları olarak belirlenir. Tepe yer değiştirme istemine kadar yapılan analiz

sonucunda Sap2000 programından kesitler de oluşan plastik mafsalların yerleri Şekil 4.27' de görülmektedir.



Şekil 4.27 Sistemde oluşan plastik mafsallar

4.4.9. Kirişlerin birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı

Kirişlerin birim şekil değiştirme istemlerinin hesabında izlenecek aşama aşağıdaki gibidir.

İlk olarak itme analizi sonucunda kirişlerin plastik mafsallara atanması yapılan yani net açıklıklarının uçlarında oluşan plastik dönme istemlerinin plastik mafsallara boyuna bölünerek plastik eğrilik istemleri elde edilir.

Daha sonra kirişlerin akma eğrilikleri ile plastik eğrilik toplamalarından toplam eğrilik istemi elde edilir.

Toplam eğrilik istemi bulunduktan sonra, toplam eğrilik değerinde amaca uygun olarak seçilmiş bir beton modeli ile pekileşmeyi de göz önüne alan donatı çeliğinde oluşan şekil değiştirme değerleri Bölüm 3.6.7'de verilen birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesitin hasar sınırı ve bölgesi belirlenmiştir.

Örnek olarak zemin kat K101 kirişinin i ucu için yapılan hesap aşağıdaki verilmiştir.

$$\theta_p = 0.003223 \text{ rad} \quad (\text{Plastik Dönme})$$

$$\phi_p = \theta_p / L_p = 0.003223 / 0.25 = 0.012892 \text{ 1/m} \quad (\text{Plastik Eğrilik})$$

$$\phi_y = 0.006366 \text{ 1/m} \quad (\text{Akma Eğriliği})$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.006366 + 0.012892 = 0.019258 \text{ 1/m} \quad (\text{Toplam Eğrilik})$$

Toplam eğrilik değerinde malzeme şekil değiştirme değerleri:

Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi : $\epsilon_{cu} = 0.008064$

Donatı birim şekil değiştirme : $\epsilon_s = 0.00806$

Hesaplanan değerlere göre K101 kirişi i ucunda kesit hasarı minimum hasar sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalmış olup “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığında kalmaktadır.

Zemin kat K101 kirişinin j ucu için yapılan hesap aşağıdaki verilmiştir.

$$\theta_p = 0.003948 \text{ rad} \quad (\text{Plastik Dönme})$$

$$\phi_p = \theta_p / L_p = 0.003948 / 0.25 = 0.015792 \text{ 1/m} \quad (\text{Plastik Eğrilik})$$

$$\phi_y = 0.006812 \text{ 1/m} \quad (\text{Akma Eğriliği})$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.015792 + 0.006812 = 0.022604 \text{ 1/m} \quad (\text{Toplam Eğrilik})$$

Toplam eğrilik değerinde malzeme şekil değiştirme değerleri:

Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi : $\epsilon_{cu} = 0.009017$

Donatı birim şekil değiştirme : $\epsilon_s = 0.009$

Hesaplanan değerlere göre K101 kirişi j ucunda kesit hasarı minimum hasar sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalmış olup “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığında kalmaktadır.

K101 kiriş kesitinin iki uçunda kontrolü yapılmış olup “Belirgin Hasar Bölgesin’de olduğu görülmüştür.

Bu hesaplamalar sistemin son itme adımında plastik mafsalları oluşturan bütün kesitler için yapılır.

4.4.10. Kolonların birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı

Kolonlar için birim şekil değiştirme istemlerinin hesabı kirişlerin hesaplanma yönteminden farklıdır. Plastik mafsalları oluşturan kesitlerde plastik dönmelerin plastik mafsalları boyuna bölünerek plastik eğrilik değerleri bulunur. Akma eğrilik değerini ise sistemin performans analizi yapılacağı noktaya yani modal yer değiştirme istemine kadar yapılan analiz durumunda plastik mafsalları oluşturan kesitte meydana gelen normal kuvvet değeri alınır. Kesite ait olan moment eğrilik analizinde belirtilen normal

kuvvete karşılık gelen eğrilik değeri alınır. Daha sonra bulunan plastik eğrilik ve akma eğriliği toplanarak toplam eğrilik bulunur. Ardından toplam eğrilik değerine karşı gelen beton ve donatı çeliğinde ki birim şekil değiştirmeler Bölüm 3.6.7’de verilen sınır birim şekil değiştirmeler ile karşılaştırılarak elemana ait hasar sınırı ve bölgesi belirlenir.

Örnek olarak zemin kat S102 kolonu için;

$$\theta_p = 0.001145 \text{ rad} \quad (\text{Plastik Dönme})$$

$$\phi_p = \theta_p / L_p = 0.001145 / 0.25 = 0.00458 \text{ 1/m} \quad (\text{Plastik Eğrilik})$$

$$N = 398 \text{ kN için } \phi_y = 0.006491 \text{ 1/m} \quad (\text{Akma Eğriliği})$$

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p = 0.00458 + 0.006491 = 0.011071 \text{ 1/m} \quad (\text{Toplam Eğrilik})$$

Toplam eğrilik değerinde malzeme şekil değiştirme değerleri:

$$\text{Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi} : \varepsilon_{cu} = 0.00452$$

$$\text{Donatı birim şekil değiştirme} : \varepsilon_s = 0.004497$$

Hesaplanan değerlere göre S102 kolonu için kesit hasarı minimum hasar sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalmış olup “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığında kalmaktadır.

Bu işlemler plastik mafsallardan oluşan bütün kesitler için ayrı ayrı tekrarlanır ve önce kesit düzeyinde performans ardından sistemin geneli hakkında performans değerlendirilmesi yapılabilir.

4.6. Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinin karşılaştırılması

Sistemin performans değerlendirilmesinin sonucunda Çizelge 4.10' da taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları verilmektedir. Detaylı açıklama sonuçlar bölümünde verilmektedir.

Çizelge 4.10. Taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları

		Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi(Doğrusal elastik yöntem)			Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi(Doğrusal Elastik Olmayan Yöntem)		
		MHB%	BHB%	İHB%	MHB%	BHB%	İHB%
ZEMİN KAT	KOLON	100	0	0	0	100	0
	KİRİŞ	0	100	0	0	100	0
1.KAT	KOLON	0	0	0	0	0	0
	KİRİŞ	50	50	0	25	75	0
2.KAT	KOLON	0	0	0	0	0	0
	KİRİŞ	0	100	0	0	100	0
3.KAT	KOLON	0	0	0	0	0	0
	KİRİŞ	100	0	0	0	0	0

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan mevcut sistem için doğrusal elastik deprem yükü yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan deprem yükü yöntemlerinden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi yapılmıştır. Ele alınan mevcut sistem konut olarak ele alındığından 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım deprem kuvvetinde Can Güvenliği performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

Doğrusal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemleri için deprem yönetmeliğinde Can Güvenliği performans düzeyi için aşağıda verilen ibareler bulunmakta olup, Çizelge 4.10 ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılabilmektedir;

a) Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %30 u ileri hasar bölgesine geçebilir.

Bu tezin sayısal uygulamasına konu olan sistemde ileri hasar bölgesine geçen kiriş bulunmamaktadır.

b) En üst katta ileri hasar bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetinin toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

Bu tezin sayısal uygulamasına konu olan sistemde ileri hasar bölgesine geçen kolon bulunmamaktadır.

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesindedir.

Bu tezin sayısal uygulamasına konu olan sistem için tüm elemanlar minimum hasar ve belirgin hasar bölgesindedir.

Verilen bu ibareler ışığında sistemimizin CAN GÜVENLİĞİ performans düzeyini sağladığı görülmektedir.

İncelenen her iki yöntemde kolonlar ileri hasar bölgesine geçmemiş olup doğrusal elastik hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile minimum hasar bölgesinde, doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi ile belirgin hasar

bölgesinde kalmışlardır. Sonuçların aynı değerleri vermemesi iki yöntemin de yapının performans analizinin yapılması ve değerlendirilmesi aşamasında farklı yaklaşımları esas almasına atfedilebilmektedir. Şöyle ki; kullanılan hesap yöntemlerinden, doğrusal hesap yönteminden eşdeğer yükü yöntemi ile yapılan hesaplamalar kuvvet esaslı olup, mevcut betonarme yapı elemanları için hasar bölgelerini tanımlayan etki/kapasite oranları kullanılmıştır. Doğrusal olmayan hesap yönteminden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans belirlenmesi ise şekil değiştirme esaslı olup, malzemelerin birim boy şekil değişimleri dikkate alınmaktadır.

İncelenen sistemde kiriş elemanları için her iki yöntemde de minimum hasar bölgesi ve belirgin hasar bölgesine geçen elemanlar mevcuttur.

Her iki yöntem ile yapılan değerlendirmede kolon elemanlarını kiriş elemanları ile karşılaştırıldığında kolonlarda ki plastik mafsallık sayısının az ve hasar bölgeleri arasında farklar bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu da sistemde “güçlü kolon zayıf kiriş ilkesinin” sağlandığını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların, çalışmaya konu olan sistem ve koşullar altında geçerli olduğu, daha farklı koşullarda bulunan sistemler için üzerinde çalışmalar yapıp elde edilen sonuçlar ile birlikte değerlendirilmesinin gerekli olduğunu belirtmek uygun bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Arıcı, Y. 2010. Betonarme çerçevesi bir yapının deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan analiz metodları ile belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 115, İstanbul
- Gündoğan, S. 2014. 1975 Türk deprem yönetmeliğine göre projelendirilen mevcut betonarme binaların deprem performanslarının incelenmesi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 129, İstanbul
- Düzgün, M., Bozdağ, Ö. 2013. Betonarme yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi, Konferans, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye
- Karabulut, A. 2011. TDY2007 yönetmeliği ve FEMA 440 raporunda tanımlanan doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin mevcut betonarme binalar için karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 331, İstanbul
- Tuncer, Ö. 2008. Betonarme yapıların deprem performansının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 300 İstanbul
- Celep, Z. 2008. *Betonarme taşıyıcı sistemlerde doğrusal olmayan davranış ve çözümleme*(2. Baskı),131, Beta dağıtım, İstanbul
- Kıran, F. 2010. Binaların performans analizi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 130, Adana,
- DBYBHY, 2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, 159 s, Ankara.
- SAP2000, Integrated Structural Analysis and Design Software, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.
- Türk Standardı TS-500, 2000. *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- XTRACT, 2004. Cross Section Analysis Program of Structural Engineers, Imbsen Software Systems
- Idecad Statik 10, Yapı Analiz Programı

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Noyan Başoğlu
Doğum Yeri : Bafra
Doğum Tarihi : 16.05.1992
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bafra Anadolu Lisesi
Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi – İnşaat Mühendisliği
Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü – İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Winkleerpool Manegement Inc. - 2015
Samsun Büyükşehir Belediyesi - 2015
Sera Yapı- 2016
Baranoğlu Mühendislik 2018- (Devam Ediyor)