

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ferhat KIRAN

**BİNALARIN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN KULLANILAN DOĞRUSAL
VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNALARIN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN KULLANILAN DOĞRUSAL
VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Ferhat KIRAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez/.../2010 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oybirliği/ oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Kamil TANRIKULU
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
ÜYE

.....
Doç. Dr. Sıdıka Seren GÜVEN
ÜYE

Bu tez Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARIN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN KULLANILAN DOĞRUSAL VE DOĞRUSAL OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Ferhat KIRAN

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof Dr. Kamil TANRIKULU
Yıl : 2010 Sayfa:111 Sayfa
Jüri : Prof. Dr. Kamil TANRIKULU
: Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
: Doç. Dr. Sıdıka Seren GÜVEN

2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi konusu Bölüm 7 olarak eklenmiştir. Bu tez çalışması ile birinci örnek yapıda DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre tasarlanmış bir binada Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. İkinci örnek yapıda ise Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi Yöntemi kullanılmıştır. Bölüm 7 deki değerlendirme kuralları çerçevesinde örnek binaların deprem performansı belirlenmiştir. Analiz için SAP2000, Xtract V.3.08, STA4CAD V.11 programları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri, Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri, Performans Değerlendirilmesi,

ABSTRACT

MSc THESIS

<p>ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF BUILDINGS USED FOR INVESTIGATION OF LINEAR AND NONLINEAR ANALYSIS METHOD</p>

Ferhat KIRAN

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

Supervisor : Prof Dr. Kamil TANRIKULU
Year : 2010 Page:111 Pages
Jury : Prof. Dr. Kamil TANRIKULU
: Prof. Dr. Cengiz DÜNDAR
: Assoc. Prof. Dr. Sıdıka Seren GÜVEN

Regulations for Buildings Earthquake in 2007, the Assessment and Strengthening of existing buildings that have been added in Chapter 7. Of this study is the first example of a building structure is designed according to the regulations DBYBHY 2007 Linear Elastic Equivalent Earthquake Load Calculator method was used. The second example structure of the Linear Elastic Equivalent Earthquake Load method of the Account and Non-Linear Elastic Analysis of the Account Methods Incremental Equivalent Earthquake Load Method Push Method was used. Sample of buildings in seismic performance evaluation within the framework of the rules of Section 7 were determined. For analysis, SAP2000, Xtract V.3.08, STA4CAD V.11 programs were used

Key Words: Linear Elastic Calculation Methods, Nonlinear Methods of Account, Performance Evaluation.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca her tŸrlŸ desteği benden esirgemeyen bilgi ve deneyimiyle bana yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Kamil TANRIKULU'na sonsuz teőekkŸrler.

Tez çalıőmamda bana yardımcı Yasin ARSLAN'A, Suat BAŐER'E, teőekkŸrler.

Hayatım boyunca bana destek olan, yalnız bırakmayan ve her zaman yanımda olan aileme sonsuz teőekkŸr ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. DBYBHY-07'YE GÖRE BİNALARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	5
3.1. Binaların Performansının Değerlendirilmesi.....	5
3.1.1. Kapsam.....	5
3.2. Binalardan Bilgi Toplanması.....	6
3.2.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı.....	6
3.2.2. Bilgi Düzeyleri.....	6
3.2.3. Mevcut Malzeme Dayanımı.....	7
3.2.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	7
3.2.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	8
3.2.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	10
3.2.7. Bilgi Düzeyi Katsayıları.....	11
3.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri.....	11
3.3.1. Kesit Hasar Sınırları.....	11
3.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri.....	12
3.3.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması.....	12
3.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	13
3.5. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi.....	15
3.5.1. Hesap Yöntemleri.....	15

3.5.2.	Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi	19
3.5.3.	Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü.....	22
3.6.	Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi	22
3.6.1.	Tanım.....	22
3.6.2.	Kapsam	23
3.6.3.	Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol	23
3.6.4.	Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi.....	24
3.6.5.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi.....	26
3.6.6.	Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi	33
3.6.7.	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	33
3.6.8.	Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi.....	33
3.6.9.	Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri... 34	
3.6.10.	Güçlendirilen Dolgu Duvarlarının Şekildeğiştirme Kapasiteleri.....	35
3.6.11.	Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri	35
3.7.	Bina Deprem Performansının Belirlenmesi.....	36
3.7.1.	Betonarme Binaların Deprem Performansı.....	36
3.7.2.	Hemen Kullanım Performans Düzeyi.....	36
3.7.3.	Can Güvenliğı Performans Düzeyi.....	37
3.7.4.	Göçme Öncesi Performans Düzeyi	37
3.7.5.	Göçme Durumu	38
3.8.	Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	38
4.	SAYISAL UYGULAMALAR.....	41
4.1.	Örnek 1	41
4.1.1.	Bina Bilgileri.....	41
4.1.2.	Yapının Matematik Modelinin Oluşturulması	44
4.1.3.	Doğrusal Elastik Hesap Yöntemiyle Çözüm	44
4.1.4.	Çatlamış Kesite Ait Etkin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi.....	44

4.1.5.	Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı.....	45
4.1.6.	Yapı Düzensizliklerinin Kontrolü	48
4.1.7.	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Yapılan Performans Değerlendirilmesinde İzlenecek Hesap Adımları	49
4.1.8.	Kirişlerin Artık Moment Kapasitelerinin Belirlenmesi	50
4.1.9.	Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Belirlenmesi	52
4.1.10.	Perdelerin Tasarım ve Kapasite Eğilme Momentlerinin Belirlenmesi	53
4.1.11.	Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü.....	56
4.1.12.	Kolon Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü.....	59
4.1.13.	Kirişlerin Performans Değerlendirilmesi.....	60
4.1.14.	Kolonların Performans Değerlendirilmesi.....	61
4.1.15.	Perdelerin Performans Değerlendirilmesi.....	63
4.1.16.	Bina Performansının Belirlenmesi	63
4.2.	Örnek 2	65
4.2.1.	Bina Bilgileri.....	65
4.2.2.	Çatlamış Kesite Ait Etkin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi.....	68
4.2.3.	Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Analiz	69
4.2.3.1.	Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı.....	69
4.2.3.2.	Yapı Düzensizlikleri Kontrolü.....	71
4.2.3.3.	Kirişlerin Artık Moment Kapasitelerinin Hesabı.....	71
4.2.3.4.	Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	73
4.2.3.5.	Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü.....	74
4.2.3.6.	Kolon Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü.....	77
4.2.3.7.	Kirişlerin Performans Değerlendirilmesi.....	78
4.2.3.8.	Kolonların Performans Değerlendirilmesi.....	79

4.2.4. Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü	
Yöntemi İle Analiz	81
4.2.4.1. Yapıya Etkiyen Eşdeğer Deprem Kuvvetleri.....	81
4.2.4.2. Kirişlerde Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması.....	82
4.2.4.3. Kolonların Plastik Mafsal Özelliklerin Tanımlanması.....	84
4.2.4.4. Artımsal İtme Analizi (Pushover Analiz)	85
4.2.4.5. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi	86
4.2.4.6. Modal ve Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Hesabı	88
4.2.4.7. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü.....	90
4.2.4.8. Kolon Kiriş Bölgelerinin Kesme Kuvveti Kontrolü	92
4.2.4.9. Kirişlerin Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Hesabı.....	93
4.2.4.10. Kolonların Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Hesabı.....	95
4.2.5. Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemlerinin Kesit Düzeyinde Karşılaştırılması ve Bina Performansının Belirlenmesi.....	96
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	99
KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ	103
EKLER.....	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY-07).....	11
Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007).....	20
Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007).....	21
Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007).....	21
Çizelge 3.5. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) ve görelî kat ötelemesi oranları (DBYBHY, 2007).....	21
Çizelge 3.6. Görelî kat ötelemesi sınırları.....	22
Çizelge 3.7. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans hedefleri (DBYBHY, 2007).....	39
Çizelge 4.1. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri.....	47
Çizelge 4.2. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri.....	47
Çizelge 4.3. +X yönünde burulma düzensizliği kontrolü.....	48
Çizelge 4.4. +Y yönünde burulma düzensizliği kontrolü.....	48
Çizelge 4.5. +X yönünde görelî kat ötelemesi kontrolü.....	49
Çizelge 4.6. +Y yönünde görelî kat ötelemesi kontrolü.....	49
Çizelge 4.7. A Aksı Zemin Kat ve 1. Kat Düşey Yük, X Yönü Artık Moment ve X Yönü Deprem Eğilme Momentleri.....	51
Çizelge 4.8. S9 (255x25) perdesi için kesit tesirleri.....	54
Çizelge 4.9. S9 perdesi +X deprem yönü tasarım eğilme momentleri.....	54
Çizelge 4.10. S9 perdesi normal kuvvet moment kapasite değerleri.....	55
Çizelge 4.11. S9 perdesinin eğilme momenti kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri.....	59
Çizelge 4.12. S9 perdesinin +X deprem yönü için r (etki/kapasite) oranların belirlenmesi ve hasar durumu.....	63
Çizelge 4.13. Taşıyıcı Sistem Elemanları Hasar Durumları.....	64

Çizelge 4.14. İleri hasar bölgesindeki kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti kontrolü.....	65
Çizelge 4.15 . Taşıyıcı sistem çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri	69
Çizelge 4.16. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	71
Çizelge 4.17. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	71
Çizelge 4.18. +X deprem yönü kirişlerinin artık eğilme momenti kapasitesi hesabı.....	72
Çizelge 4.19. +Y deprem yönü kirişlerinin artık eğilme momenti kapasitesi hesabı.....	72
Çizelge 4.20 . +X deprem yönü kolonların normal kuvvet ve moment kapasitesi	73
Çizelge 4.21 . +Y deprem yönü kolonların normal kuvvet ve moment kapasitesi	74
Çizelge 4.22 . +X deprem yönü için kolonların eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü	75
Çizelge 4.23 . +Y deprem yönü için kolonların eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü	76
Çizelge 4.24. +X deprem yönü için kirişlerin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü	77
Çizelge 4.25 . +Y deprem yönü için kirişlerin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü	77
Çizelge 4.26. +X deprem yönü kolon kiriş bölgesinin kesme kontrolü	78
Çizelge 4.27. +Y deprem yönü kolon kiriş bölgesinin kesme kontrolü	78
Çizelge 4.28. +X yönü kirişlerin hasar bölgesi	79
Çizelge 4.29. +Y yönü kirişlerin hasar bölgesi	79
Çizelge 4.30. +X yönü kolonların hasar bölgesi	80
Çizelge 4.31. +Y yönü kolonların hasar bölgesi	80
Çizelge 4.32. Etkin kütle katılım oranları	81
Çizelge 4.33. +X Yönü yapıya etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri	81
Çizelge 4.34. +Y yönü yapıya etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri.....	82
Çizelge 4.35. Tip kiriş pozitif yöndeki mafsal özellikleri.....	83
Çizelge 4.36. Tip kiriş negatif yöndeki mafsal özellikleri.....	84
Çizelge 4.37. +X yönü etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.....	87

Çizelge 4.38. +Y yönü etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi.....	87
Çizelge 4.39. +X yönü modal kapasite değerlerinin elde edilmesi	87
Çizelge 4.40. +Y yönü modal kapasite değerlerinin elde edilmesi	88
Çizelge 4.41. Kirişlerde kesme kuvveti kapasitesi kontrolü	90
Çizelge 4.42. +X yönü kolon kesme kuvveti kontrolü	91
Çizelge 4.43. +Y yönü kolon kesme kuvveti kontrolü	92
Çizelge 4.44 . +X yönü kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kuvveti kontrolü.....	93
Çizelge 4.45. +Y yönü kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kuvveti kontrolü.....	93
Çizelge 4.46. Kolonların doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile hasar bölgelerinin Karşılaştırılması.....	97
Çizelge 4.47. Kirişlerin Doğrusal Elastik Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile hasar bölgelerinin Karşılaştırılması.....	98
Çizelge 4.48. +X yönü taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları	98
Çizelge 4.49. +Y yönü taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği (DBYBHY-07)	12
Şekil 3.2. Kolon kesitinde (M_K, N_K) eğilme momenti ve normal kuvvet kapasite değerleri bulunması (DBYBHY-07)	18
Şekil 3.3. Moment-eğrilik diyagramının idealleştirilmesi (DBYBHY, 2007)	26
Şekil 3.4. Statik itme ve modal kapasite eğrileri	28
Şekil 3.5. $T_1^{(1)}$ Başlangıç periyodunun T_B 'den uzun olması durumu	30
Şekil 3.6. $T_1^{(1)}$ Başlangıç periyodunun T_B 'den kısa olması durumu.....	32
Şekil 4.1. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli	42
Şekil 4.2. Normal kat planı.....	43
Şekil 4.3. Zemin kat S1 kolonu çatlamış kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması...45	
Şekil 4.4. 1 Aksı K1-K2 Kirişleri +X Deprem Yönü ile Uyumlu Artık Moment Kapasitesi Hesabı	51
Şekil 4.5. 1S2 kolonu kesit görünüşü.....	52
Şekil 4.6. 1S2 kolonu etkileşim diyagramı.....	53
Şekil 4.7. S9 perdesi +X yönü tasarım eğilme momenti diyagramı	55
Şekil 4.8. Kirişlerde Moment Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Hesabı.....	56
Şekil 4.9. 1S2 Kolonu Moment Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Hesabı.....	58
Şekil 4.10. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli	66
Şekil 4.11. Örnek 2 yapının kat planı.....	67
Şekil 4.12. Tip kolon kesit görünüşü	68
Şekil 4.13. Tip kiriş kesit görünüşü	68
Şekil 4.14. Xtract programında sargılı beton modelinin tanımlanması	82
Şekil 4.15. Kirişlerde moment-eğrilik ilişkisi	83
Şekil 4.16. 0° derece için P-M etkileşim diyagramı.....	85
Şekil 4.17. +X yönü statik itme eğrisi.....	86
Şekil 4.18. +Y yönü statik itme eğrisi.....	86
Şekil 4.19. X Yönü Davranış Spektrumu ve Modal Kapasite Diyagramı	89
Şekil 4.20. Y Yönü Davranış Spektrumu ve Modal Kapasite Diyagramı	89

Şekil 4.21. SZ1 kolunu +X yönü tasarım depremi için performans değerlendirilmesi.....	95
---	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

A_c	:Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
$a_1^{(i)}$:(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
b_w	:Kirişin gövde genişliği
d	:Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
$d_1^{(i)}$:(i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal yerdeğiştirme
$d_1^{(p)}$:Birinci moda ait modal yerdeğiştirme istemi
$(EI)_e$:Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(EI)_o$:Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
f_{cm}	:Mevcut beton dayanımı
f_{ctm}	:Mevcut betonun çekme dayanımı
f_{yw}	:Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
H_w :	:Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
h	:Çalışan doğrultudaki kesit boyutu
h_k	:Kolon boyu
L_p	:Plastik mafsalsal boyu
ℓ_w	:Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
M_{x1}	:x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
N_d	:Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
N_k	:Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet
R_a	:Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
r	Etki/kapasite oranı
r_s	:Etki/kapasite oranının sınır değeri
s	:Çelik sargıda yatay plakaların aralığı
S_{di1}	:Birinci moda ait doğrusal olmayan spektral yerdeğiştirme

$u_{xN1}^{(p)}$:Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yerdeğiştirme
$u_{xN1}^{(i)}$:Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yerdeğiştirme istemi
V_e	:Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
V_j	:Çelik sargı ile sağlanan ek kesme dayanımı
V_r	:Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
$V_{x1}^{(i)}$:x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda hakim moda) ait taban kesme kuvveti
ϵ_{cg}	:Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi
ϵ_{cu}	:Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değıştirmesi
ϵ_s	:Donatı çeliğı birim şekil değıştirmesi
Φ_p	:Plastik eğrilik istemi
Φ_t	:Toplam eğrilik istemi
Φ_y	:Eşdeğer akma eğriliğı
Φ_{xn1}	:Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliğı
Γ_{x1}	:x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	:i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliğı Katsayısı
λ	:Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
θ_p	:Plastik dönme istemi
ρ	:Çekme donatısı oranı
ρ_b	:Dengeli donatı oranı
ρ_s	:Kesitte mevcut bulunan ve 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı
ρ_{sm}	:Kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
ρ'	:Basınç donatısı oranı
MN	:Kesit minimum hasar sınırı
GV	:Kesit güvenlik sınırı
GÇ	:Kesit göçme sınırı

MHB	:Minimum hasar bölgesi
BHB	:Belirgin hasar bölgesi
İHB	:İleri hasar bölgesi
GB	:Göçme bölgesi
M_A	:Artık moment kapasitesi
M_D	:Düşey yüklerden oluşan moment
M_E	:Deprem yükleri altında oluşan moment
M_K	:Mevcut malzeme dayanımlarına göre hesaplanan moment kapasitesi
N_A	:Artık moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
N_D	: Düşey yüklerden oluşan eksenel kuvvet
N_E	:Deprem yükleri altında oluşan eksenel kuvvet
N_K	:Kesit moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet
a_{y1}	:Birinci moda ait eşdeğer akma ivmesi
CR1	:Birinci moda ait spektral yerdeğiştirme oranı
d_1	:Birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme
dy_1	:Birinci moda ait eşdeğer akma yerdeğiştirmesi
$d_1^{(p)}$:En son (p)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait maksimum modal yer değıştirme (modal yer değıştirme istemi)
R_{y1}	:Birinci moda ait Dayanım Azaltma Katsayısı
$S_{ae1}^{(1)}$:İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{de1}^{(1)}$:İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değıştirme
S_{di1}	:Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değıştirme
T_B	:İvme spektrumundaki karakteristik periyod
$T_1^{(1)}$:Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim titreşim moduna ait doğal titreşim periyodu
$\omega_1^{(1)}$:Başlangıçtaki (i=1) itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim moduna ait doğal açısal frekans
ω_B	:İvme spektrumundaki karakteristik periyoda karşı gelen doğal açısal frekans

1. GİRİŞ

Son 20 yılda yaşadığımız depremler ve can kayıpları nüfusunun %45'inin 1. Derece deprem bölgesinde yaşadığı ülkemizde depreme dayanıklı yapı analiz ve tasarımı konusu daha çok önem kazanmıştır. Bu konu hakkında hem yurt dışında hem yurt içindeki akademisyenler tarafından araştırmalar yapılmış ve yapılmaya da devam etmektedir. Bu yapılan araştırmalarla birlikte bilgisayar, teknoloji, malzeme, ve imalat sektöründeki gelişmelere paralel olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kapsamına Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi için Bölüm 7 eklenmiş ve 06.03.2007 tarih 26454 nolu resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (DBYBHY-07)

Yönetmeliğe eklenen Bölüm 7'ye göre, mevcut yapıların deprem performansı Doğrusal Elastik veya Doğrusal Elastik Olmayan analiz yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Bundan önceki yönetmeliklerde genel anlamda binanın küçük depremleri hasarsız atlması, büyük depremleri can güvenliğini sağlayan sınırlı hasarla atlması ve çok büyük depremleri de toptan göçme olmadan atlması gibi performans seviyeleri hedeflenmiştir. DBYBHY-07'de binaların performansa dayalı değerlendirmesinde bu amaçlar daha belirgin olarak tanımlanmış, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin ortaya çıkması için kullanılacak yöntemler belirlenmiştir.

Mevcut bina performansının doğrusal elastik yöntem ile belirlenmesi çok büyük kolaylıklar getirmekte ve mevcut bilgisayar çözümlene programlarının kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Yeni binaların tasarımında kullanılan yöntemin genişletilmiş olarak görülebilir. Yeni binalarda tüm taşıyıcı sistem için öngörülen tek bir R_a Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı tanımlanırken, mevcut binada taşıyıcı eleman kesiti ve donatı düzenine ve alınan beton numunelerine bağlı olarak her bir taşıyıcı eleman için deprem yükü azaltma katsayısı (r =etki/kapasite) hesaplanmakta ve öngörülen sınır değerleri ile karşılaştırılarak DBYBHY-07'de tanımlanan bina performansı bulunmaktadır. Her bir eleman için farklı r katsayısı bulunmasının sebebi, mevcut taşıyıcı sistem elemanlarının sahip olduğu kesit, malzeme ve donatı düzeninden dolayı süneklik düzeylerinin farklı olmasıdır. Yeni binada süneklik

düzeyinin bütün elemanlarda belirli bir seviyeye getirilmesi mümkün iken, mevcut binada tespit edilen süneklik seviyesinin dikkate alınması gerekir Buna karşılık doğrusal olmayan değerlendirme yöntemi elastik ötesi davranışı daha gerçekçi biçimde ele almakta ise de iki bakımdan zorluk ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, taşıyıcı sisteme ait daha çok parametreye ihtiyaç duyulmasıdır. Bu durum, özellikle mevcut binalar için bazen aşılması çok zor olan büyük belirsizlikler ortaya çıkarmaktadır. İkinci zorluk ise, mevcut doğrusal çözüm programlarının kullanılmaması ve çok daha ayrıntılı çözüm tekniklerini içeren programlara ihtiyaç duyulmasıdır.

Performans kavramı, deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavram olup, önce mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Ancak, daha sonra bu yöntemin yeni binaların tasarımında da kullanılabilceği söz konusu olmuştur.

Bu tez çalışmasında, söz konusu alternatif analiz yöntemlerini uygulamak ve aralarında bir kıyaslama yapmak amacıyla, önce DBYBHY-07'ye göre 8 katlı, düzensiz bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan yeni bir bina tasarlanmış ve mevcut bir bina gibi kabul edilmiştir. Binadan DBYBHY-07'de tanımlanan "Kapsamlı Bilgi Düzeyi"nde bilgi toplandığı varsayılmıştır. Binanın Doğrusal Elastik Performans Analizi (DEPA), geçerliliği uluslar arası kabul görmüş SAP2000 programıyla yapılmış ve yönetmelikteki tanımlar doğrultusunda kesit ve bina düzeyinde performans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu örnek yardımıyla DBYBHY-07'nin tasarım ilkeleri ile performans değerlendirme kriterlerinin birbiriyle uyumluluğu kontrol edilmiştir.

İkinci olarak, taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan, düzgün bir aks sistemine sahip, 2 katlı betonarme bir yapı ele alınıp performans analizleri doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile yapılarak sonuçlar kesit ve bina düzeyinde karşılaştırılmıştır.

Yukarıda sözü edilen analizler, EXTRACT V.3.0.8 ve SAP2000 bilgisayar yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-07), 06.03.2007 tarihinde resmi gazete de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olup; Bölüm-7 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümü yönetmeliğe eklenmiştir. Bu konu hakkında araştırma çalışmaları yürütülmektedir.

Deprem performansını belirlemede Amerika Birleşik Devletlerinde “Applied Technology Council, California 1996” tarafından ATC-40, “Federal Emergency Management Agency” tarafından Washington 1997 yayınlanan Fema-273, Fema-274 ve Washington 1999’da Fema-276 yayınları deprem performansını belirlemede kullanılan önemli yurtdışı kaynaklardır.

Ülkemizde yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

K. A. KORKMAZ ve M. DÜZGÜN (2006), “Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmalarında betonarme yapıların performanslarının belirlenmesinde kullanılan doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerini, doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizler ile karşılaştırarak değerlendirmesini yapmışlardır.

16-20 Ekim 2007 tarihinde İstanbul’da Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı adı altında bir sempozyum düzenlenmiş ve bildiriler kitabı yayınlanmıştır. Bildiriler kitabında yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

G. UGUN, Z. CELEP (2007)’in “Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007) deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırılmalı İncelenmesi” başlıklı çalışmalarında bir bina tasarlanmış ve bu bina mevcut kabul edilerek doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerin değerlendirme kuralları çerçevesinde incelenmiş ve elde edilen sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca mevcut binada doğrusal olmayan dinamik analiz kullanılarak, bunun doğrusal olmayan statik itme analizi ile olan uyuşumu tartışılmıştır

M. İNEL, H. BİLGİN ve H. B. ÖZMEN (2007), “Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında doğrusal

olmayan eleman davranışı dikkate alınarak seçilen tip projeli mevcut betonarme okul binalarının sismik kapasiteleri bulunup, performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Z. CELEP (2008)'in İnşaat mühendisleri Odası İstanbul Şubesinde düzenlenen “Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi” başlıklı Meslek içi Eğitim Kursunda yönetmeliğimize yeni giren Bölüm 7 ile ilgili eğitim verilmiş ve uygulamalı problemler çözülmüştür.

M .KUTANİS (2008), İMO Sakarya bülteni için hazırlanan “Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-2” adlı makalesinde 2 açıklı 4 katlı betonarme bir bina ele almış ve doğrusal olmayan yöntemlerle performansını belirlemiştir.

M .KUTANİS (2007), “Performansa Dayalı Değerlendirme” başlıklı meslek içi eğitim seminerinde DBYBHY-07'nin Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi adlı 7.Bölümünü örneklerle açıklamıştır.

3. DBYBHY-07'YE GÖRE BİNALARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1. Binaların Performansının Değerlendirilmesi

3.1.1. Kapsam

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri bu bölümde tanımlanmıştır.

Bu kısımda verilen hesap yöntemleri ve değerlendirme esasları çelik ve yığma yapılar için geçerli değildir. Ancak mevcut çelik ve yığma binaların bilgileri bu bölüme göre toplanacaktır. Mevcut ve güçlendirilen çelik binaların hesabı ve değerlendirilmesi DBYBHY-07 Bölüm 2 ve Bölüm 4'de yeni yapılacak yapılar için tanımlanan esaslar çerçevesinde yapılacaktır. Mevcut ve güçlendirilen yığma binaların hesabı ve değerlendirilmesi ise DBYBHY-07 Bölüm 5'deki esaslar çerçevesinde yapılacaktır.

Mevcut prefabrike betonarme binalar, yeni yapılar için DBYBHY-07 Bölüm 2 ve Bölüm 3'de verilen kurallara göre değerlendirilebilir veya bu binaların performanslarının belirlenmesinde DBYBHY-07 Bölüm 7 kullanılabilir. Ancak birleşim bölgelerinin değerlendirilmesinde DBYBHY-07 Bölüm 3.5'deki kurallar geçerli olacaktır.

Bu bölümde verilen kurallar, DBYBHY-07 Bölüm 2.12'de belirtilen bina türünde olmayan yapılar için geçerli değildir. Ayrıca tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu DBYBHY-07 kapsamı dışındadır.

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı bu bölümde verilen yöntemlerle belirlenemez.

Binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu bölümde verilen esaslar uygulanacaktır. Hasarlı binanın güçlendirilmesinde mevcut elemanların dayanım ve rijitliklerinin hangi ölçüde göz önüne alınacağına projeden sorumlu inşaat mühendisi karar verecektir.

3.2. Binalardan Bilgi Toplanması

3.2.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

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

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, 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.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında tanımlanan inceleme, veri toplama, derleme, değerlendirme, malzeme örneği alma ve deney yapma işlemleri inşaat mühendislerinin sorumluluğu altında yapılacaktır.

3.2.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre, her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak 3.2.7'de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta

ve kapsamlı olara sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

Sınırlı Bilgi Düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi Çizelge 3.7'de tanımlanan "Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar" ile "İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar" için uygulanamaz.

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

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

3.2.3. Mevcut Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları bu bölümünde mevcut malzeme dayanımı olarak tanımlanır.

3.2.4. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

(a) Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

(b) Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az

birer adet olmak üzere perde ve kolonların %10'unun ve kirişlerin %5'inin pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

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

3.2.5. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

(a) Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir.

Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

(b) Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise 3.2.4.(b)'deki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak perde, kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için 3.2.4.(b)'de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

(c) Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.2.6. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

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

(b) Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için 3.2.5.(b)'de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

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

ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.2.7. Bilgi Düzeyi Katsayıları

(a) İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 3.1'de verilmektedir.

(b) Malzeme dayanımları, özellikle belirtilmedikçe ilgili tasarım yönetmeliklerinde verilen malzeme katsayıları ile bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesabında mevcut malzeme dayanımları kullanılacaktır.

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları (DBYBHY-07)

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

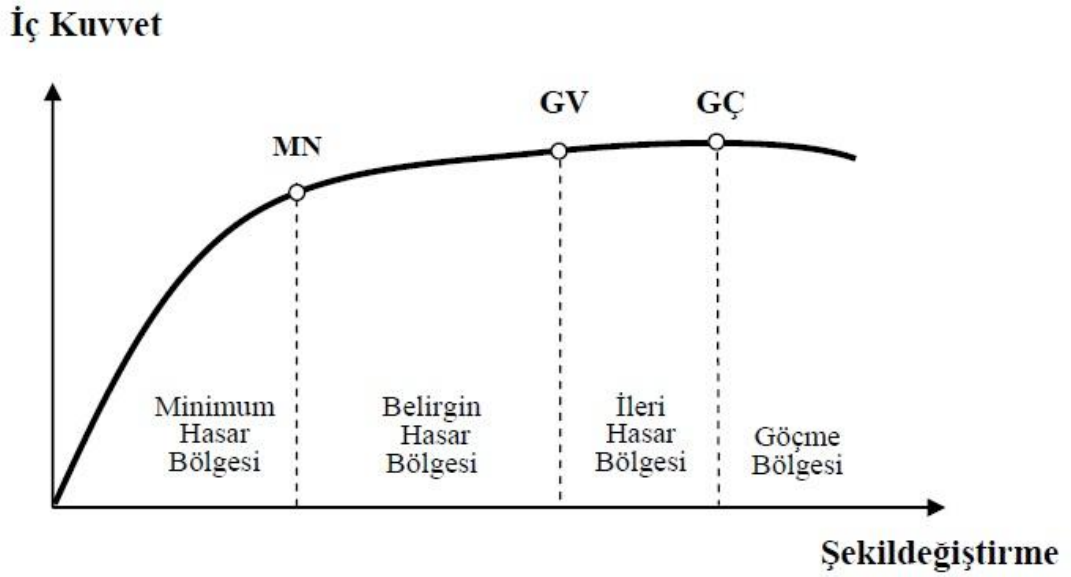
3.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.3.1. Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ)'dir. Minimum hasar sınırı ilgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek olarak hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma geçerli değildir.

3.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Şekil değiştirme-iç kuvvet grafiği (DBYBHY-07)

3.3.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

3.5 veya 3.6'da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekildeğiştirmelerin, 3.3.1'deki kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenecektir.

3.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

(a) DBYBHY-07 Bölüm 7.4'e göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla 3.5'de tanımlanan doğrusal elastik veya 3.6'da tanımlanan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler için de geçerlidir.

(b) Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.8'e göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında DBYBHY-07 Bölüm 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).

(c) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, 3.4.(g)'ye göre deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

(d) Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

(e) Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY-07 Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

(f) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

(g) Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY-07 Bölüm 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

(h) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri

göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlilik uygulanmayacaktır.

(1) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre 3.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

(i) DBYBHY-07 Bölüm 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

(j) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

(1) Analizde beton ve donatı çeliğinin 3.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(2) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

(3) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

(k) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak gözönüne alınabilir.

(l) 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:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde:

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

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

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin gözönüne alındığı ve çatlama kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme

rijitliği (EI)e kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

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

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

(o) Zemindeki şekildeğiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zemin özellikleri analiz modeline yansıtılacaktır.

DBYBHY-07 Bölüm 2'de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

3.5. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle Belirlenmesi

3.5.1. Hesap Yöntemleri

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, DBYBHY-07 Bölüm 2.7 ve 2.8'de tanımlanmış olan hesap yöntemleridir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) DBYBHY-07 Denk.(2.4)'e göre hesabında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

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

Yöntemin Adımları şu şekilde özetlenebilir.

- Taşıyıcı sistem $G+nQ$ yüklemesi altında çözülerek M_D ve N_D kuvvet çiftleri bulunur.
- Taşıyıcı sistem azaltılmamış deprem kuvvetleri altında çözülerek M_E ve N_E kuvvet çiftleri hesaplanır.
- Şekil 3.2 yardımıyla kolonların eğilme momenti ve normal kuvvet kapasiteleri bulunur. Kirişlerin kesit özellikleri ve donatı düzeni dikkate alınarak pozitif ve negatif eğilme momenti kapasiteleri hesaplanır.
- Kolon ve kirişlerde kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanır. Bu değerler tanımlanan değerlerle karşılaştırılarak kesitin sünek veya gevrek eleman olduğuna karar verilir.
- Eğer taşıyıcı sistem elemanları sünek eleman ise analize devam edilerek $r=\text{etki/kapasite}$ oranları hesaplanır. Etki/kapasite oranları DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7/A'ya göre hesaplanmıştır. Hesaplama adımları aşağıda açıklanmıştır.

Doğrusal elastik yöntemler ile yapılan hesapta, moment–eksenel kuvvet etkisi altındaki kolon ve perde kesitlerinde etki/kapasite oranı (r)'nin belirlenmesi için uygulanabilecek yöntemler aşağıdaki paragraflarda açıklanmıştır.

Herhangi bir kolon veya perde 3.4.(j).3'e göre doğrusallaştırılan moment–eksenel kuvvet etkileşim diyagramı Şekil 3.2.'de görülmektedir. Şekildeki 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 yönü ile uyumlu olan M_E-N_E çiftine karşı gelmektedir (Şekil 3.2'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 ve buna karşı gelen eksenel kuvvet N_A aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$M_A = M_K - M_D \quad (3.2)$$

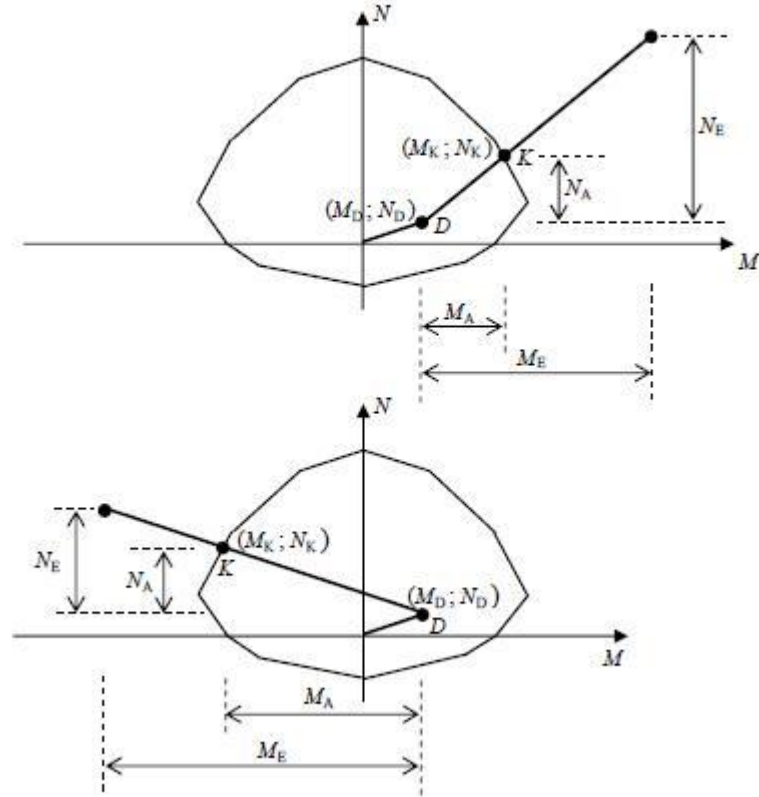
$$N_A = N_K - N_D \quad (3.3)$$

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı ise şu şekilde tanımlanabilir:

$$r = \frac{M_E}{M_A} = \frac{N_E}{N_A} \leq r_s \quad (3.4)$$

Şekil 3.2'deki K kesişme noktasının koordinatları olan M_K veya N_K 'nin geometrik veya sayısal olarak elde edilmesi durumunda, düşey yük hesabından M_D veya N_D , deprem hesabından ise M_E veya N_E bilindiğine göre, Denk.(3.2) ve Denk.(3.3)'den yararlanılarak kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı doğrudan hesaplanabilir. Kolon kesitinin moment kapasitesine karşı gelen eksenel kuvvet N_K , hasar sınırlarını tanımlayan Çizelge 3.3.'de gözönüne alınacak olan eksenel kuvvettir.

Kolon veya perdenin etki/kapasite oranı, bir ardışık yaklaşım hesabı ile de belirlenebilir. Bu amaçla başlangıçta r için bir tahmin yapılır. N_E deprem hesabından bilindiğinden Denk.(3.4)'den N_A hesaplanır ve N_D bilindiğine göre Denk.(3.3)'den N_K bulunur. Buna bağlı olarak M_K moment kapasitesi kesit hesabından elde edilir ve bundan M_D çıkarılarak Denk.(3.2)'den M_A hesaplanır. M_A ve M_E kullanılarak Denk.(3.2)'den r 'nin yeni değeri elde edilir ve başa dönülerek ardışık yaklaşımın bir sonraki adımına geçilir. Bir önceki adımda bulunana yeteri kadar yakın olarak edilen son ardışık yaklaşım adımındaki r değeri, kesitin eğilme ve eksenel kuvvet altındaki etki/kapasite oranı olarak tanımlanır. Son adımdaki M_A ve N_A değerleri Denk.(3.2) ve Denk(3.3)' deki yerlerine konularak M_K ve N_K hesaplanır. Elde edilen N_K , hasar sınırlarını tanımlayan Çizelge 3.3'de gözönüne alınacak olan eksenel kuvvettir. Yukarıda tek eksenli eğilme/eksenel kuvvet durumu için açıklanan etki/kapasite oranı hesabı, iki eksenli eğilme/eksenel kuvvet durumu için de benzer biçimde uygulanabilir.



Şekil 3.2. Kolon kesitinde (M_K, N_K) eğilme momenti ve normal kuvvet kapasite değerleri bulunması (DBYBHY-07)

- f. Bulunan r (etki/kapasite) değeri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'deki değerler ile karşılaştırılarak taşıyıcı sistem elemanların hasar bölgesi belirlenir.
- g. Analizi yapılan yapı için görel kat kontrolleri yapıldıktan sonra bu değerler yönetmelikteki değerler ile karşılaştırılır.
- h. Taşıyıcı eleman düzeyinde hasar bölgesi belirlendikten sonra bu değerler kullanılarak taşıyıcı sistem performans durumu belirlenir.

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta DBYBHY-07 Denk.(2.13)'de $R_a=1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

3.5.2. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılacaktır. Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise “sünek”, kesme ise “gevrek” olarak sınıflanırlar.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, 3.2'de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar için DBYBHY-07 Bölüm 3.3.7'ye, kirişler için DBYBHY-07 Bölüm 3.4.5'e ve perdeler için DBYBHY-07 Bölüm 3.6.6'ya göre yapılacak, ancak DBYBHY-07 Denk.(3.16)'da $\beta_v=1$ alınacaktır. Kolon, kiriş ve perdelerde V_e 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte $R_a=1$ alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin V_e 'den küçük olması durumunda ise, V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır.

Perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmesi için ayrıca $H_w/\ell_w > 2.0$ koşulunu sağlaması gereklidir.

Yukarıda verilen sünek eleman koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır. 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. etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınacaktır.

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A'da açıklandığı üzere hesaplanabilir.

Sarıma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından DBYBHY-07 Bölüm 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolonlar, DBYBHY-07 Bölüm 3.4.4'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde DBYBHY-07 Bölüm 3.6.5.2'yi sağlayan betonarme perdeler "sargılanmış", sağlamayanlar ise "sargılanmamış" eleman sayılır. "Sargılanmış" sayılan elemanlarda sargı donatılarının DBYBHY-07 Bölüm 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4'de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca Çizelge 3.5'de verilen görelî kat ötelemesi oranı sınırları gözönüne alınacaktır. Görelî kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilecektir. Ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007)

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	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

(1) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 3.5.2.'ye göre hesaplanacaktır.

3. DBYBHY-07'YE GÖRE BİNALARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ Ferhat KIRAN

Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007)

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

(1) N_K Eksenel kuvveti DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A'ya göre hesaplanabilir.

(2) V_e kesme kuvveti depremin yönü ile uyumlu olarak 3.5.2.'ye göre hesaplanacaktır

Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) (DBYBHY, 2007)

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

Çizelge 3.5. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) ve görelî kat ötelemesi oranları (DBYBHY, 2007)

l_{duvar} / h_{duvar} oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı (r_s)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve DBYBHY-07 Denk.(3.11)'den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin

DBYBHY-07 Bölüm 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak DBYBHY-07 Denk.(3.11)'de V_{kol} yerine DBYBHY-07 Bölüm 3.3.7'ye göre pekleşmeyi gözönüne almadan hesaplanan V_e kullanılacak, DBYBHY-07 Denk.(3.12) veya Denk.(3.13)'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine 3.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut beton dayanımı kullanılacaktır. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

3.5.3. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin göreli kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Çizelge 3.6'da verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda 3.5.2'de yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır. Çizelge 3.6'da δ_{ji} i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.6. Göreli kat ötelemesi sınırları

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

3.6. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi

3.6.1. Tanım

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekildeğiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin

hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekildeğiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılacaktır.

3.6.2. Kapsam

DBYBHY-07 kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem, bu Yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

3.6.3. Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol

Artımsal İtme Analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirilmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir. 3.4'de tanımlanan genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi ve analiz modelinin oluşturulması için 3.6.4'de tanımlanan kurallara uyulacaktır.

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

Artımsal itme analizinin 3.6.5'de tanımlanan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları "modal yerdeğiştirme-modal ivme" olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait "modal kapasite diyagramı" elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.8'de yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenecektir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanacaktır.

Artımsal itme analizinin 3.6.6'da tanımlanan 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 3.6.8'e göre toplam eğrilik istemleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme istemleri hesaplanacaktır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için 3.6.9'da tanımlanan ilgili birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görelî kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekildeğiştirme istemleri, 3.6.10'da tanımlanan şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, 3.6.11'de tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.6.4. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

(a) 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 mafsal 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 mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), çalışan doğrultudaki kesit boyutu (h)'nin yarısına eşit

alınacaktır ($L_p = 0.5 h$). $H_w / \ell_w \leq 2.0$ olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekildeğiştirmeler gözönüne alınmayacaktır.

(b) Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınacaktır.

(c) Yığılı plastik şekildeğiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak 3.6.4.(a)'de tanımlanan plastik şekildeğiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

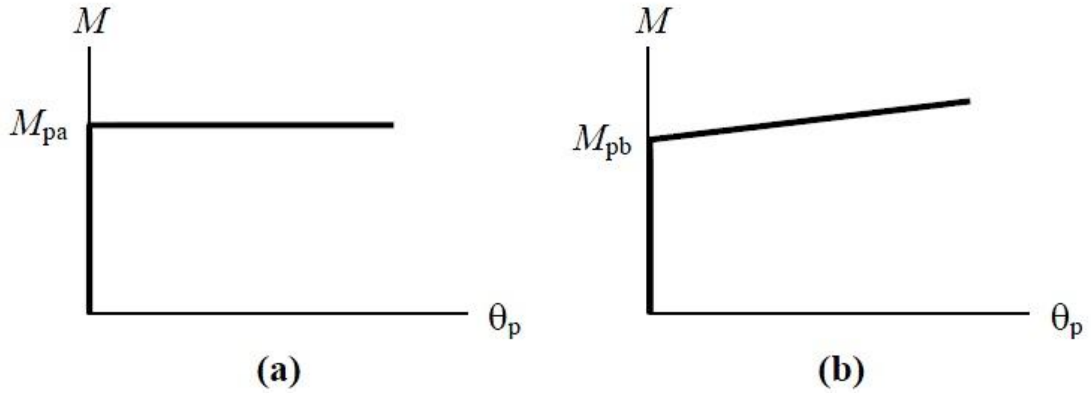
(1) Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği gözönüne alınmalıdır.

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

(d) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak 3.4. de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, 3.4.'ye göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.

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

(1) İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 3.3a)



Şekil 3.3. Moment-eğrilik diyagramının idealleştirilmesi (DBYBHY, 2007)

Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekil değiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu gözönüne alınacaktır.

(2) Pekleşme etkisinin gözönüne alınması durumunda (Şekil 3.3b), bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekil değiştirme vektörünün sağlaması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanacaktır.

3.6.5. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü 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 analiz'inin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı istemdeki 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. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme gözönüne alınacaktır.

Statik İtme analizinde yapılan kabuller aşağıda sıralanmaktadır.

a. Plastik Şekil Değiştirmenin belirli kesitlerde toplandığı kabul edilerek plastik mafsallık kabulü yapılır.

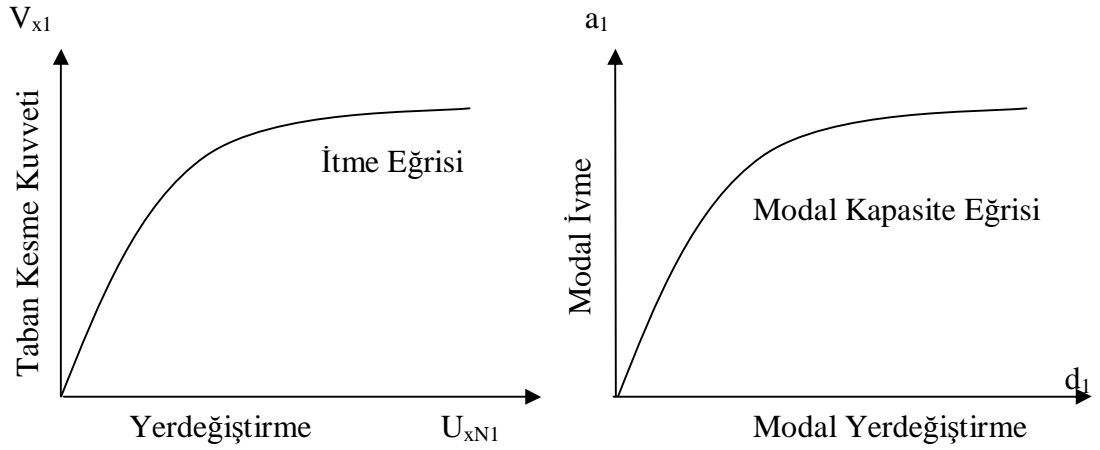
b. Plastik mafsallık boyu kesit yüksekliğinin yarısı olarak kabul edilir ($L_p=0.5h$)

c. Plastik mafsallar deprem etkisinde en çok zorlanan kolon ve kirişlerin uçlarına, perdelerde ise alt ucuna tanımlanır.

d. Eğilme momenti yanında normal kuvvet etkisinin de olduğu kolon kesitlerinde plastik mafsallık kesitlerinin güç tükenmesi, mevcut malzeme dayanımları kullanılarak elde edilen akma yüzeyleri yardımıyla belirlenir. Betonarme elemanlarda daha gerçekçi olması sebebiyle çatlamış kesit rijitlikleri kullanılır.

Yukarıda tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları "tepe yerdeğiştirmesi – taban kesme kuvveti" olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan

yerdeğiştirmedi. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:



Şekil 3.4. Statik itme ve modal kapasite eğrileri

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

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (3.5)$$

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

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.6)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımıdaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.7)$$

Alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre değişken olarak gözönüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler gözönüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri 3.6.5.'deki gibi tanımlanacaktır.

İtme analizi sonucunda 3.6.5'e göre elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.8'e göre yapılan değişiklikler gözönüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle modal yerdeğiştirme istemi hesaplanacaktır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi, $d_1^{(p)}$, doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme S_{di1} 'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{di1} \quad (3.8)$$

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

$$S_{di1} = C_{R1} S_{de1} \quad (3.9)$$

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

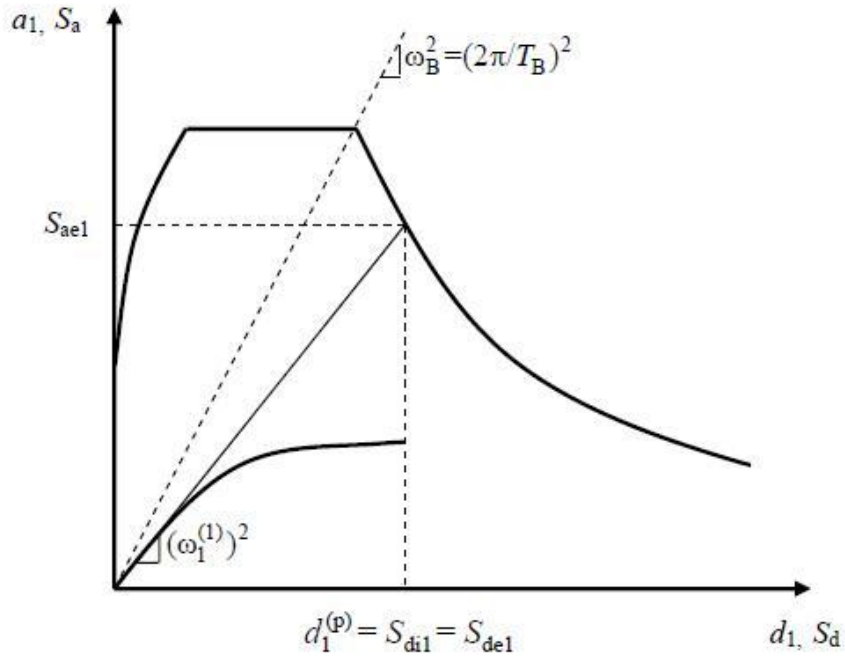
$$S_{de1} = \frac{S_{ae1}}{(w_1^{(1)})^2} \quad (3.10)$$

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyodu T_B 'ye eşit veya daha uzun olması durumunda ($T_1 \geq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \leq \omega_B^2$)

Spektral yerdeğiştirme oranı:

$C_{R1}=1$ alınır

Nonlinear spektral yerdeğiştirme S_{di1} eşit yerdeğiştirme kuralı uyarınca doğal periyodu $T_1^{(1)}$ olan eşlenik doğrusal elastik sistem'e ait lineer elastik spektral yerdeğiştirme S_{de1} eşit alınır. Denlem (3.8) ile modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ hesaplanır.



Şekil 3.5. $T_1^{(1)}$ Başlangıç periyodunun T_B 'den uzun olması durumu

$T_1^{(1)}$ başlangıç periyodunun ivme spektrumundaki karakteristik periyodun T_B 'den daha kısa olması durumunda ($T_1 \leq T_B$ veya $(\omega_1^{(1)})^2 \geq \omega_B^2$)

Spektral yerdeğiştirme oranı C_{R1} ardışık yaklaşımla belirlenir.

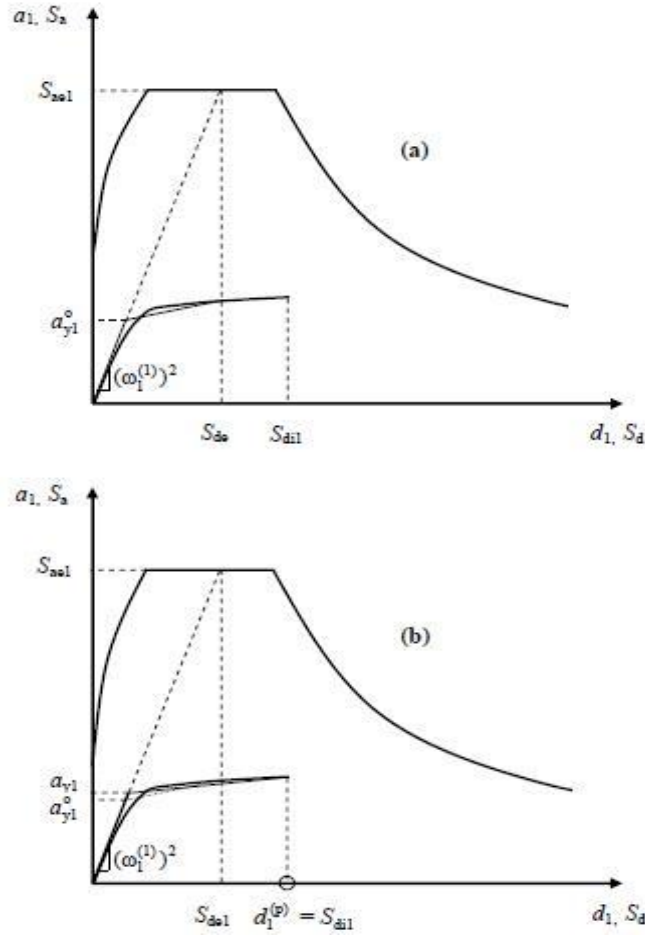
Ardışık yaklaşımın ilk adımında $C_{R1} = 1$ kabulü yapılarak eşdeğer akma noktası'nın koordinatları eşit alanlar kuralı ile belirlenir. Şekil 3.5.'de görülen a_{y1}^0 esas alınarak C_{R1} aşağıda şekilde tanımlanır:

$$C_{R1} = \frac{1 + (R_Y - 1)T_B / T_1^{(1)}}{R_{Y1}} \geq 1 \quad (3.11)$$

Bu bağıntıda R_{Y1} birinci moda ait dayanım azaltma katsayısı'nı göstermektedir.

$$R_{Y1} = \frac{S_{ae1}}{a_{y1}} \quad (3.12)$$

C_{R1} kullanılarak hesaplanan S_{di1} esas alınarak eşdeğer akma noktası'nın koordinatları, Şekil 3.6.'de gösterildiği üzere, eşit alanlar kuralı ile yeniden belirlenir ve bunlara göre a_{y1} , R_{Y1} ve C_{R1} tekrar hesaplanır. Ardışık iki adımda elde edilen sonuçların kabul edilebilir ölçüde birbirlerine yaklaştıkları adımda ardışık yaklaşıma son verilir.



Şekil 3.6. $T_1^{(1)}$ Başlangıç periyodunun T_B 'den kısa olması durumu

Denklem (3.9) ve Denklem (3.8) kullanılarak modal yerdeğiştirme istemi belirlenir.

Son itme adımı $i=p$ için Denk.(3.8)'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi $d_1^{(p)}$ 'nin Denklem.(3.6)'da yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilecektir:

$$u_{xN1} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.13)$$

Buna karşı gelen diğer tüm 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.

3.6.6. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme 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 yöntemi, DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7D'de açıklanmıştır.

3.6.7. 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 DBYBHY-07 Bölüm 2.9.1 ve Bölüm 2.9.2'ye göre belirlenecek ve analizde DBYBHY-07 Bölüm 2.9.3 gözönüne alınacaktır.

3.6.8. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

3.6.5 veya 3.6.6'ya göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında 3.6.7'ye göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$f_p = \frac{q_p}{L_p} \quad (3.14)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan Φ_y eşdeğer akma eğriliği, Denk.(3.14) ile tanımlanan Φ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki Φ_t toplam eğrilik istemi elde edilecektir:

$$f_t = f_p + f_y \quad (3.15)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirmesi istemi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi, Denk.(3.15) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

Sargılı veya sargısız beton ve donatı çeliği modelleri için, başkaca bir seçim yapılmadığı durumlarda, DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7B'den yararlanılabilir.

3.6.9. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Beton ve donatı çeliğinin birim şekildeğiştirmeleri cinsinden 3.6.8'e göre elde edilen deprem istemleri, aşağıda tanımlanan birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

Plastik şekil değiştirmelerin 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 şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\varepsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.16)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.17)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 ; (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.18)$$

Gözönüne alınan enine donatıların DBYBHY-07 Bölüm 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

3.6.10. Güçlendirilen Dolgu Duvarlarının Şekildeğiştirme Kapasiteleri

DBYBHY-07 Bölüm 7.10.4 ve Bilgilendirme Eki 7F'e göre güçlendirilen dolgu duvarlarının, kendilerini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte DBYBHY-07 Bölüm 7.6.4.2'e göre modellenerek yapılan itme analizi sonucunda elde edilen görelî kat ötelemeleri için izin verilen sınır değerler (kapasiteler) Çizelge 3.5'in ikinci satırında tanımlanmıştır.

3.6.11. 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 belirlenecektir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında, 3.2'de 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 tanımlanacaktır Betonarme kolon-kiriş

birleşimleri için DBYBHY-07 Denk.(3.11)'den hesaplanacak kesme kuvveti isteminin DBYBHY-07 Bölüm 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak DBYBHY-07 Denk.(3.11)'de V_{kol} yerine doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti istemi kullanılacak, DBYBHY-07 Denk.(3.12) veya DBYBHY-07 Denk.(3.13)'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine 3.2'de 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. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

3.7.1. Betonarme Binaların Deprem Performansı

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. 3.5 ve 3.6'da tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir. Binaların deprem performansının belirlenmesi için uygulanacak kurallar aşağıda verilmiştir. Burada verilen kurallar betonarme ve prefabrike betonarme binalar için geçerlidir. Yığma binalarda uygulanacak kurallar DBYBHY-07 Bölüm 7.7.6'da verilmiştir.

3.7.2. Hemen Kullanım Performans Düzeyi

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

3.7.3. Can Güvenliği Performans Düzeyi

Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, aşağıdaki koşulları sağlayan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki (b) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

(b) İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır. En üst katta İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden DBYBHY-07 Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

3.7.4. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

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

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

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

taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

(c) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.7.5. Göçme Durumu

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

3.8. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de tanımlanan ivme spektrumu, DBYBHY-07 Bölüm 1.2.2'ye göre 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi esas almaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirme tasarımında kullanılmak üzere ayrıca aşağıda belirtilen iki farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

(a) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

(b) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise DBYBHY-07 Bölüm 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak kabul edilmiştir.

Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

3. DBYBHY-07'YE GÖRE BİNALARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ Ferhat KIRAN

Çizelge 3.7. Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans hedefleri (DBYBHY, 2007)

<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	-

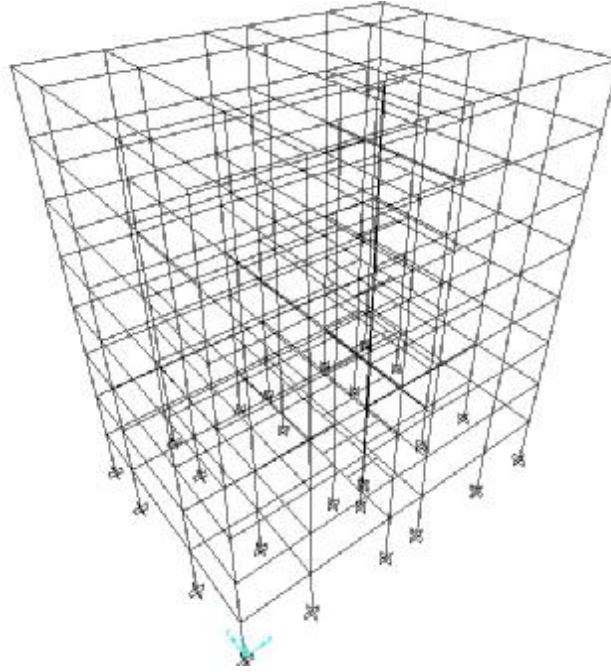
4. SAYISAL UYGULAMALAR

Bu bölümde iki adet yapı örneği ele alınmaktadır. Birinci örnekte 8 katlı, düzensiz bir aks sistemine sahip, taşıyıcı sistemi perde ve çerçevelerden oluşan bir binanın Doğrusal Elastik hesap yöntemlerinden Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile performans değerlendirilmesi yapılarak, DBYBHY-07'nin tasarım ilkeleri ile performans değerlendirme kriterlerinin birbiriyle uyumluluğu kontrol edilmektedir. İkinci örnekte ise, taşıyıcı sistemi sadece çerçevelerden oluşan, düzgün bir aks sistemine sahip, 2 katlı betonarme bir yapı ele alınıp performans analizleri doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri ile yapılarak sonuçlar kesit ve bina düzeyinde karşılaştırılmaktadır. Binanın performans analizlerinde Doğrusal Elastik Hesap Yöntemlerinden “Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi”, Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemlerinden ise “Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi Yöntemi” tercih edilmiştir. Yöntemlerin uygulanması esnasında Sap2000V.11, Sap2000 Advanced V.14.2.3, Xtract V.3.0.2 programlarından faydalanılmıştır.

4.1. Örnek 1

4.1.1. Bina Bilgileri

Performans değerlendirilmesi yapılacak bina 14.5x20.20 ölçülerinde x yönünde 5, y yönünde ise 3 açıklıklıdır. Yapı Z+7 katlı konut olarak tasarlanmıştır. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 4.1'de, kat planı ise Şekil 4.2'de görülmektedir. Yapının kiriş, kolon ve perdelerinin sarılma bölgelerinde enine donatı bakımından özel deprem etriyeleri ve çirozlar düzenlenmiştir. Yapı ile ilgili diğer parametreler aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4.1. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli

Genel Bilgiler

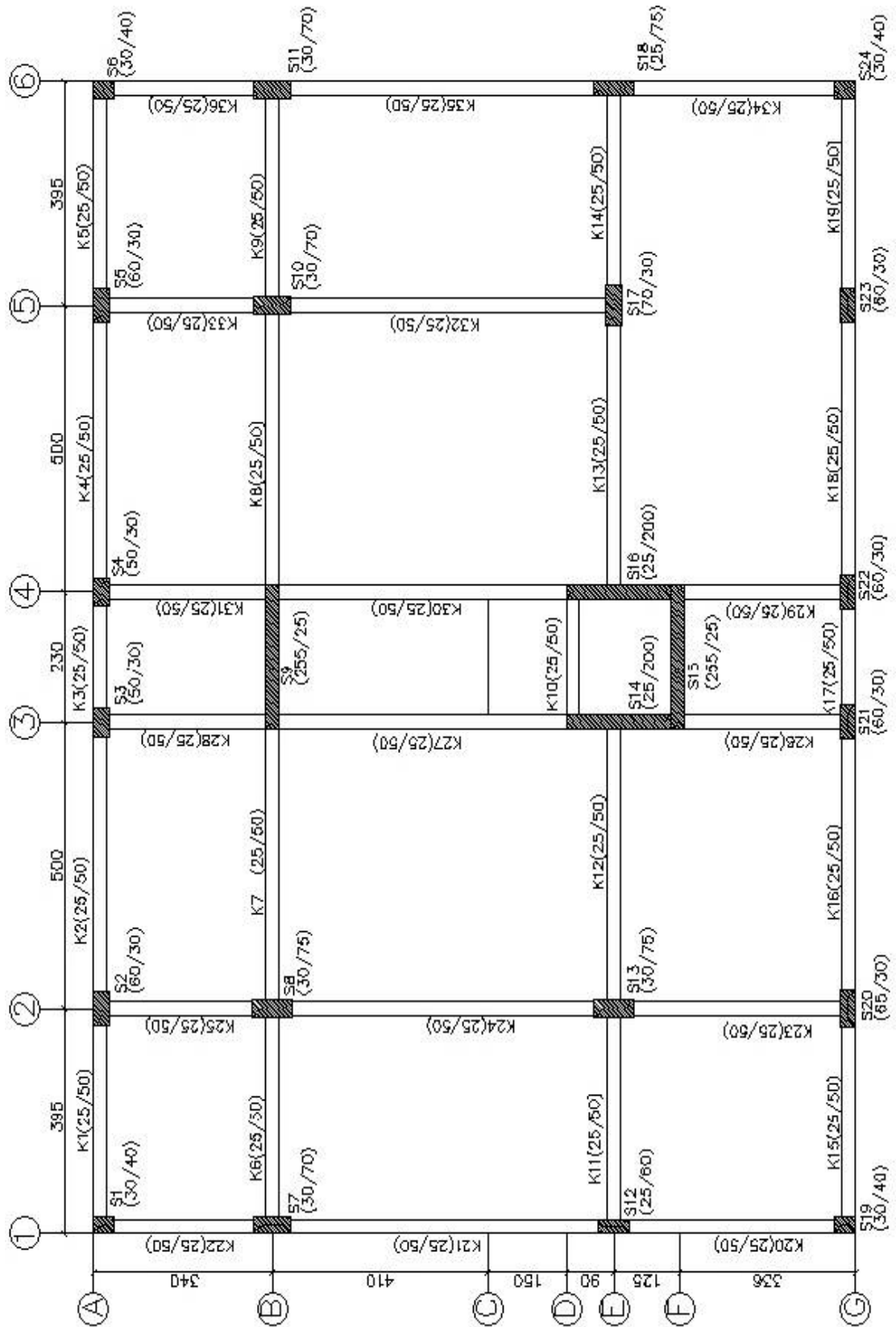
Kat adedi	8
Kat Yüksekliği	3m
Toplam bina yüksekliği	24m
Kullanım amacı	Konut

Malzeme Bilgileri

Beton	C20
Donatı Çeliği	S420
Beton Elastisite Modülü	28500Mpa
Donatı Çeliği Elastisite Modülü	2×10^5 Mpa

Deprem Parametreleri

Deprem Bölgesi	1. Derece
Spektrum Karakteristik Periyodu	0.15/0.4



Şekil 4.2. Normal kat planı

Binaya Etkiyen Yükler

Beton Yoğunluğu	25kN/m ³
Dış Duvar Yükleri	3.95 kN/m
İç Duvar yükü	3.35 kN/m
Hareketli Yük (Normal Katlarda)	2 kN/m ²
Hareketli Yük (Çatı Katı)	1.5 kN/m ²
Döşeme Kaplama(Fayans Kaplama)	1.7 kN/m ²

4.1.2. Yapının Matematik Modelinin Oluşturulması

Yapının bilgisayar ortamında matematik modeli Sap2000 programıyla yapılmıştır. Döşeme yükleri trapez yük olarak kirişlere aktarılmıştır. Kirişler dikdörtgen olarak tanımlanmıştır. Perdeler orta kolon modeline göre perde genişliğinde çubuk eleman olarak tanımlanmış düğüm noktalarına rijit fiktif kirişler tanımlanmıştır. Fiktif kirişlerin rijitliği normal kirişlerin 1000 katı olarak alınmıştır. Döşemeler yatayda rijit diyafram olarak tanımlanmış olup düğüm noktaları sonsuz rijit kabul edilmiştir.

4.1.3. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemiyle Çözüm

Bu Bölümde Doğrusal Elastik Hesap Yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Çözüm irdelenecektir. Bu binanın 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında DBYBHY-07'ye göre "Can Güvenliği (CG)" performans hedefini sağlaması gerekmektedir.

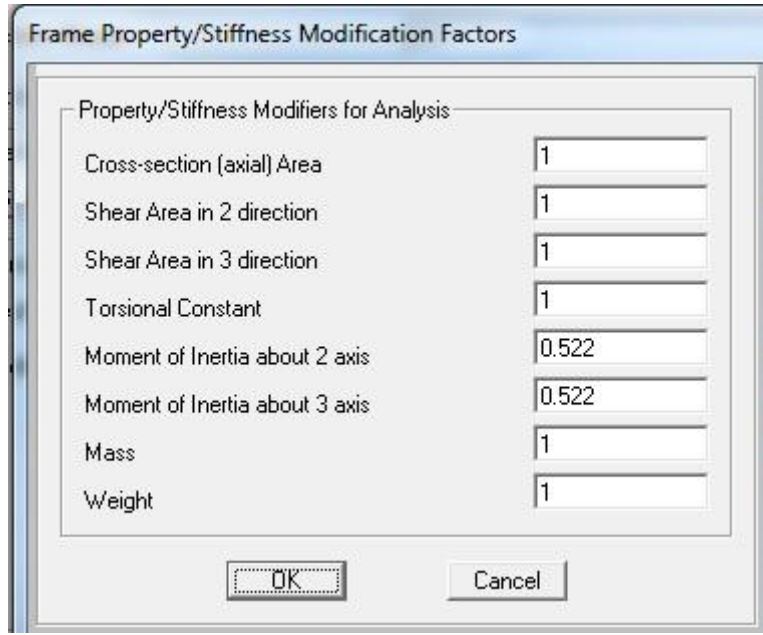
4.1.4. Çatlamış Kesite Ait Etkin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi

Matematik Modeli Sap2000 V.11 Programında oluşturulan yapı G+0.3xQ Düşey yüklemeyle çözülmüştür. Çıkan sonuçlara göre DBYBHY-07 Bölüm 7.4.13'e göre Kolon ve Perdeler eleman rijitlikleri tanımlanmıştır. Çatlamış kesit

rijitliklerinin hesabına örnek olarak, Zemin Kat S1 kolonu için yapılan hesap aşağıda görülmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Zemin Kat S1 (30x40) kolonu} \quad N_d &= 460.33 \text{ kN} \\ A_c &= 120000 \text{ mm}^2 \\ \frac{N_D}{A_c f_{cm}} &= \frac{460.33 * 1000}{120000 * 20} = 0.1918 \end{aligned}$$

$0.10 \leq 0.1918 \leq 0.4$ aralığında olduğundan $(EI)_e$ çatlama kesit rijitliği 0.4 ile 0.8 aralığından enterpolasyon yapılarak ZS1 kolonu için $(EI)_e = 0.522(EI)_o$ bulunur. Bu değer Sap2000'e aktarılmıştır (Şekil 4.3). Örneğe ait Sap2000 data dosyası ekli CD'de yer almaktadır (8 katlı bina.sdb).



Şekil 4.3. Zemin kat S1 kolonu çatlama kesit rijitliğinin Sap2000'e aktarılması

4.1.5. Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Yapı çatlama kesit rijitliklerine göre mod şekillerinin ve titreşim periyodlarının belirlenebilmesi için Sap2000'de 24 modlu bir analiz yapılmış ve yapı periyodu X yönünde 0.8914sn, Y yönünde ise 1.0868sn bulunmuştur. DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1'e göre $R_a=1$ alınmış ve Denklem (3.1)'in sağ tarafında yer alan λ

katsayısı 0.85 alınmıştır. Katlara etkiyecek eşdeğer deprem kuvvetleri DBYBHY-07 Bölüm 2.7'ye göre aşağıda görüldüğü gibi bulunmuş ve X ve Y yönü için sırasıyla Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

X Yönü Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı:

X yönü titreşim periyodu	$T_x=0,8914\text{sn}$
Etkin yer ivme katsayısı	$A_o=0,4$
Yapı önem katsayısı	1
Spektrum karakteristik periyotları	$T_a=0,15\text{sn}$ $T_b=0,4\text{sn}$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	$R_a=1$

$T_x > T_b$ olduğundan

$$S(T_x) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_x} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.8914} \right)^{0.8} = 1.317$$

$$A(T) = A_o \cdot I \cdot S(T_x) = 0,4 \times 1 \times 1.317 = 0,527$$

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1'a göre $R_a=1$ alınacaktır.

Eşdeğer Deprem Kuvveti:

$$V_{tx} = \frac{W \cdot A(T_x)}{R_a} = \frac{24477,11 \times 0,527}{1} = 12892,88 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{N_x} = 0,0075 \cdot N \cdot V = 0,0075 \cdot 8 \cdot 12892,88 = 773,57 \text{ kN}$$

Y Yönü Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı:

Y yönü titreşim periyodu	$T_y=1,0868\text{sn}$
Etkin yer ivme katsayısı	$A_o=0,4$
Yapı önem katsayısı	1
Spektrum karakteristik periyotları	$T_a=0,15\text{sn}$ $T_b=0,4\text{sn}$
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	$R_a=1$

$$T_y > T_b \text{ olduğundan } S(T_y) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_y} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.4}{1,0868} \right)^{0.8} = 1,124$$

$$A(T)=A_0.I.S(T_y)=0,4 \times 1 \times 1,124=0,449$$

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1'a göre $R_a=1$ alınacaktır.

Eşdeğer Deprem Kuvveti

$$V_{ty} = \frac{W.A(T_y)}{R_a} = \frac{24477,11.0,449}{1} = 11002,22 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0,0075.N.V_t = 0,0075.8.1002,22 = 660,13 \text{ kN}$$

Çizelge 4.1. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i.H_i$ (kN.m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V - \Delta F_{Nx}) \cdot \frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$ (kN)	ΔF_{Nx} (kN)	F_{ix} (kN)	λF_{ix} (kN)
7	2653.03	24	63672.71	0.19558	2370.27	773.57	3143.84	2672.27
6	3117.73	21	65472.24	0.20111	2437.26		2437.26	2071.67
5	3117.73	18	56119.06	0.17238	2089.08		2089.08	1775.72
4	3117.73	15	46765.89	0.14365	1740.90		1740.90	1479.76
3	3117.73	12	37412.71	0.11492	1392.72		1392.72	1183.81
2	3117.73	9	28059.53	0.08619	1044.54		1044.54	887.86
1	3117.73	6	18706.35	0.05746	696.36		696.36	591.91
Z	3117.73	3	9353.18	0.02873	348.18		348.18	295.95

Çizelge 4.2. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i.H_i$ (kN.m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V - \Delta F_{Ny}) \cdot \frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$ (kN)	ΔF_{Ny} (kN)	F_{iy} (kN)	λF_{iy} (kN)
7	2653.03	24	63672.71	0.19558	2022.69	660.13	2682.82	2280.40
6	3117.73	21	65472.24	0.20111	2079.85		2079.85	1767.87
5	3117.73	18	56119.06	0.17238	1782.73		1782.73	1515.32
4	3117.73	15	46765.89	0.14365	1485.61		1485.61	1262.77
3	3117.73	12	37412.71	0.11492	1188.49		1188.49	1010.21
2	3117.73	9	28059.53	0.08619	891.36		891.36	757.66
1	3117.73	6	18706.35	0.05746	594.24		594.24	505.11
Z	3117.73	3	9353.18	0.02873	297.12		297.12	252.55

4.1.6. Yapı Düzensizliklerinin Kontrolü

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1 maddesine göre eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabilmesi için ek dış merkezlik uygulanmadan hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} \leq 1.4$ olması gerekir. Yukarıda hesaplanan eşdeğer deprem kuvvetleri her katın kütle merkezine uygulanmış ve her iki deprem yönü için kat deplasmanları, burulma düzensizliği ve görelî kat ötelemesi kontrolleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.3-4.6'da görülmektedir. Görelî kat ötelemesi kontrollerinde “Can Güvenliği Performans” hedefi sağlanmıştır.

Çizelge 4.3. +X yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	Δ_{i-max}	Δ_{i-min}	Δ_{i-ort}	$n_{bi} < 1,4$
7	0.0147	0.0135	0.014	1.045
6	0.0165	0.0159	0.016	1.018
5	0.0185	0.0180	0.018	1.013
4	0.0205	0.0189	0.020	1.039
3	0.0215	0.0189	0.020	1.063
2	0.0208	0.0175	0.019	1.088
1	0.0176	0.0142	0.016	1.107
Z	0.0096	0.0079	0.009	1.098

Çizelge 4.4. +Y yönünde burulma düzensizliği kontrolü

Kat No	Δ_{i-max}	Δ_{i-min}	Δ_{i-ort}	$n_{bi} < 1,4$
7	0.0148	0.0139	0.014	1.032
6	0.0175	0.0165	0.017	1.032
5	0.0202	0.0190	0.020	1.032
4	0.0223	0.0209	0.022	1.032
3	0.0232	0.0218	0.023	1.032
2	0.0223	0.0210	0.022	1.031
1	0.0188	0.0177	0.018	1.030
Z	0.0103	0.0097	0.010	1.028

Çizelge 4.5. +X yönünde görelî kat ötelemesi kontrolü

KAT NO	$d_{i,max}$	$\delta_{i,max}$	$\delta_{i,max}/h$		sınır
Z	0.0137	0.0137	0.0046	<	0.030
1	0.0405	0.0268	0.0089	<	0.030
2	0.0731	0.0326	0.0109	<	0.030
3	0.1075	0.0344	0.0115	<	0.030
4	0.1409	0.0334	0.0111	<	0.030
5	0.1712	0.0303	0.0101	<	0.030
6	0.1973	0.0261	0.0087	<	0.030
7	0.2194	0.0221	0.0074	<	0.030

Çizelge 4.6. +Y yönünde görelî kat ötelemesi kontrolü

KAT NO	$d_{i,max}$	$\delta_{i,max}$	$\delta_{i,max}/h$		sınır
Z	0.0136	0.0136	0.0045	<	0.030
1	0.0397	0.0261	0.0087	<	0.030
2	0.0719	0.0322	0.0107	<	0.030
3	0.1063	0.0344	0.0115	<	0.030
4	0.1400	0.0337	0.0112	<	0.030
5	0.1710	0.0310	0.0103	<	0.030
6	0.1985	0.0275	0.0092	<	0.030
7	0.2222	0.0237	0.0079	<	0.030

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1 maddesine göre bina yüksekliği 25 m'tyi aşmadığından ve her katta $n_{bi} \leq 1.4$ olduğundan, performans analizinde eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılabilirliği anlaşılmaktadır.

4.1.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle Yapılan Performans Değerlendirilmesinde İzlenecek Hesap Adımları

Eşdeğer Deprem yükü yönteminde uygulanan işlem sırası aşağıda özetlenmiştir.

- 1- Kolon ve kirişlerin kapasitelerinin (M_K) bulunması
- 2- Kiriş ve kolonlarda artık moment kapasitesinin (M_A) hesabı
- 3- Kirişlerde ve kolonlarda kesme kontrolü

- 4- Birleşim bölgelerinin kesme kontrolü
- 5- Kirişlerde ve kolonlarda Etki/Kapasite (r) Oranları'nın bulunması
- 6- Kiriş, kolon ve perdelerde Hasar Sınır (r_s) Değerlerinin bulunması
- 7- Kiriş, kolon ve perdelerde Etki/Kapasite (r) Oranları ile Hasar Sınır (r_s) Değerlerin karşılaştırılması ve Eleman hasar düzeylerinin bulunması

Yukarıda verilen işlem sırası uygulanarak binanın tüm kiriş, kolon ve perdelerine ait hasar düzeyleri belirlenmiştir. İlerleyen bölümlerde bu hesaplamalar ile ilgili bazı örnekler yer almaktadır.

4.1.8. Kirişlerin Artık Moment Kapasitelerinin Belirlenmesi

DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A Denklem 7A.1.a'dan faydalanılarak yapıdaki tüm kirişlerin artık moment kapasiteleri hesaplanmıştır.

Örnek olarak, A aksı K1 ve K3 kirişlerinin eğilme momenti kapasitelerinin belirlenmesi için Uğur Ersoy tarafından 1997 yılında hazırlanan Excel dosyası kullanılmıştır. Malzeme özellikleri ve donatı bilgileri dosyanın ilgili hücrelerine girilerek eğilme momenti kapasiteleri belirlenmiştir.

Şekil 4.4. de gösterildiği gibi K1 kirişi i ucunda düşey yüklerden dolayı oluşan M_D eğilme momenti 9.88 kNm, +X yönü ile uyumlu K1 kirişi i ucundaki eğilme M_K kapasite momenti ise 65.89 kNm'dir. Buna göre K1 kirişinin i ucundaki artık kapasite momenti:

$$M_A = M_K - M_D$$

$$M_A = 65.89 - (-9.88) = 75.77 \text{ kNm}$$

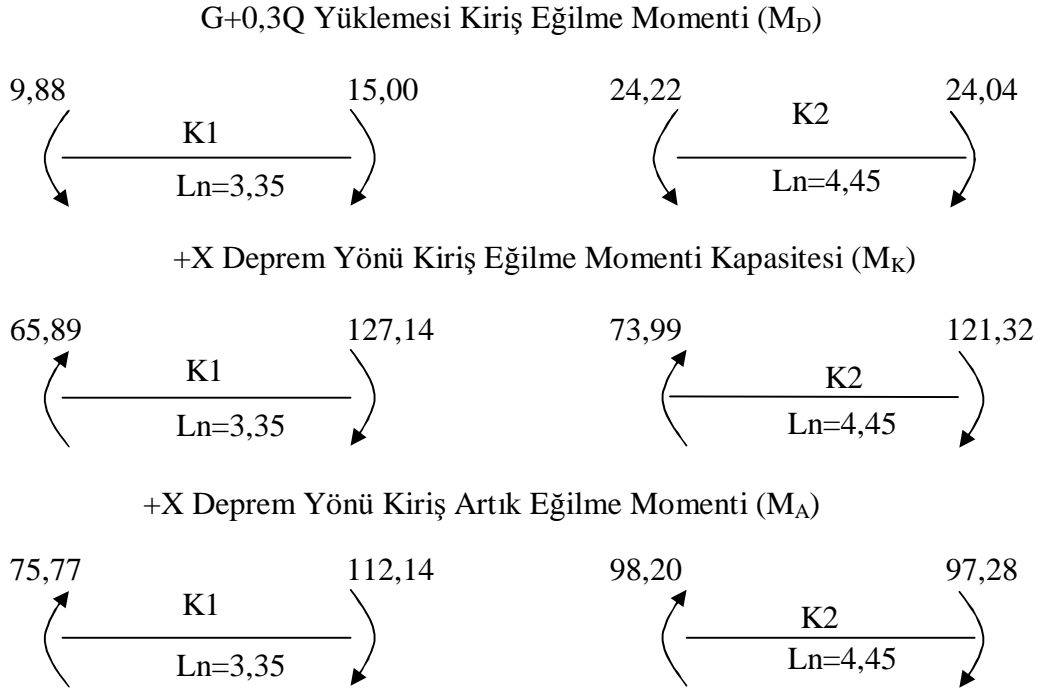
Formüldeki eksi işareti farklı yönlü momentlerin toplanması aynı yönlü momentlerin farkının alınacağını ifade etmektedir. Aynı kirişin j ucundaki artık eğilme momenti ise:

$$M_A = M_K - M_D$$

$$M_A = 127.14 - 15.00 = 112.14 \text{ kNm}$$

Şeklinde hesaplanmaktadır.

A Aksı zemin ve 1.kat kirişlerine ait hesap sonuçları Çizelge 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. 1 Aksı K1-K2 Kirişleri +X Deprem Yönü ile Uyumlu Artık Moment Kapasitesi Hesabı

Çizelge 4.7. A Aksı Zemin Kat ve 1. Kat Düşey Yük, X Yönü Artık Moment ve X Yönü Deprem Eğilme Momentleri

A Aksı			Moment Kapasitesi M_K (kN.m)				G+0,3.Q		Artık Moment +X Yönü		+X Yönü Deprem Momenti	
			İ Ucu	İ Ucu	J Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu
Kiriş Adı	Ln (m)					M_D (kN.m)	$M_A=M_K-M_D$ (kN.m)		M_E (kN.m)			
		-X	+X	+X	-X		İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu		
Zemin Kat	K1	3.35	-85.42	65.89	-127.14	94.49	-9.88	-15.00	75.77	-112.14	262.57	-284.41
	K2	4.45	-126.96	73.99	-121.32	102.57	-24.22	-24.04	98.20	-97.28	247.17	-233.63
	K3	1.8	-121.32	101.43	-121.25	86.26	-4.59	-4.53	106.02	-116.72	372.90	-372.94
	K4	4.45	-121.25	87.35	-126.96	73.99	-24.09	-24.16	111.45	-102.80	233.72	-247.28
	K5	3.35	-127.14	94.49	-85.42	65.89	-14.96	-9.91	109.44	-75.50	284.62	-262.68
1. Kat	K1	3.35	-100.54	86.89	-149.47	108.01	-11.27	-13.60	98.15	-135.87	368.20	-398.08
	K2	4.45	-149.19	87.36	-149.41	102.57	-23.90	-24.43	111.26	-124.98	361.82	-344.91
	K3	1.8	-149.41	101.43	-149.41	101.43	-4.48	-4.44	105.91	-144.97	488.80	-488.92
	K4	4.45	-149.41	102.57	-147.78	102.57	-24.50	-23.82	127.07	-123.95	345.08	-362.01
	K5	3.35	-147.96	123.00	-106.42	86.89	-13.47	-11.37	136.47	-95.05	398.40	-368.34

4.1.9. Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Belirlenmesi

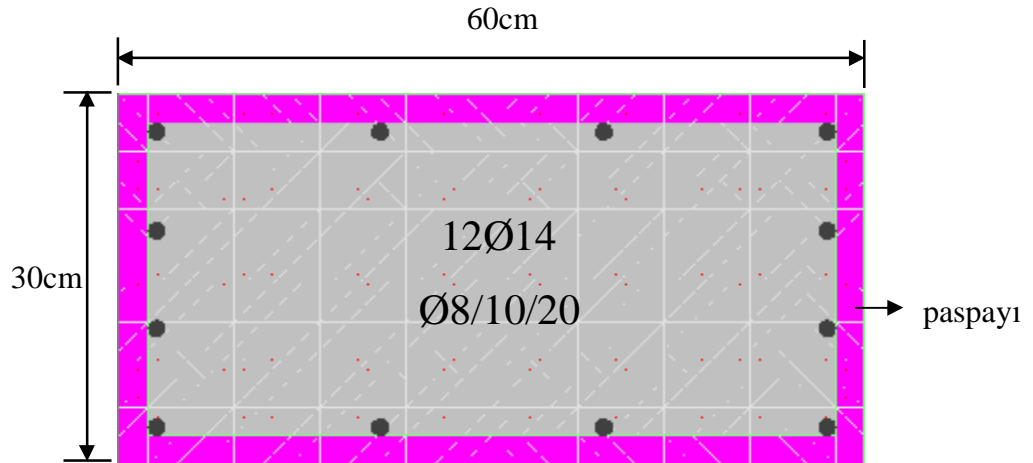
DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A'ya göre, örnek yapıdaki kolonlarının malzeme özellikleri, donatı yerleşimi ve kesit özellikleri dikkate alınarak deprem doğrultusu ile uyumlu moment ve normal kuvvet kapasiteleri hesaplanmıştır.

Örnek olarak Şekil 4.5'te kesit özellikleri verilen 1S2 kolonunu için; Xtract programıyla DBYBHY-07 Bölüm 7.4.11 deki sınır değerler dikkate alınarak moment-etkileşim diyagramı elde edilmiştir (Şekil 4.6). G+0.3Q yüklemesinden elde edilen $N_D=715.53$ kN, $M_D=-6.31$ kNm; +X yönü eşdeğer deprem kuvveti yüklemesinden elde edilen $N_E=369.07$ kN, $M_E=507.03$ kNm'dir. Şekil 4.6'da görülen kolona ait etkileşim diyagramı üzerinde koordinatları (N_d , M_d) ve (N_D+N_E , M_D+M_E) olan noktalar işaretlenerek düz doğru ile birleştirilmiştir. Doğrunun etkileşim diyagramını kestiği nokta sayısal olarak hesaplanmıştır.

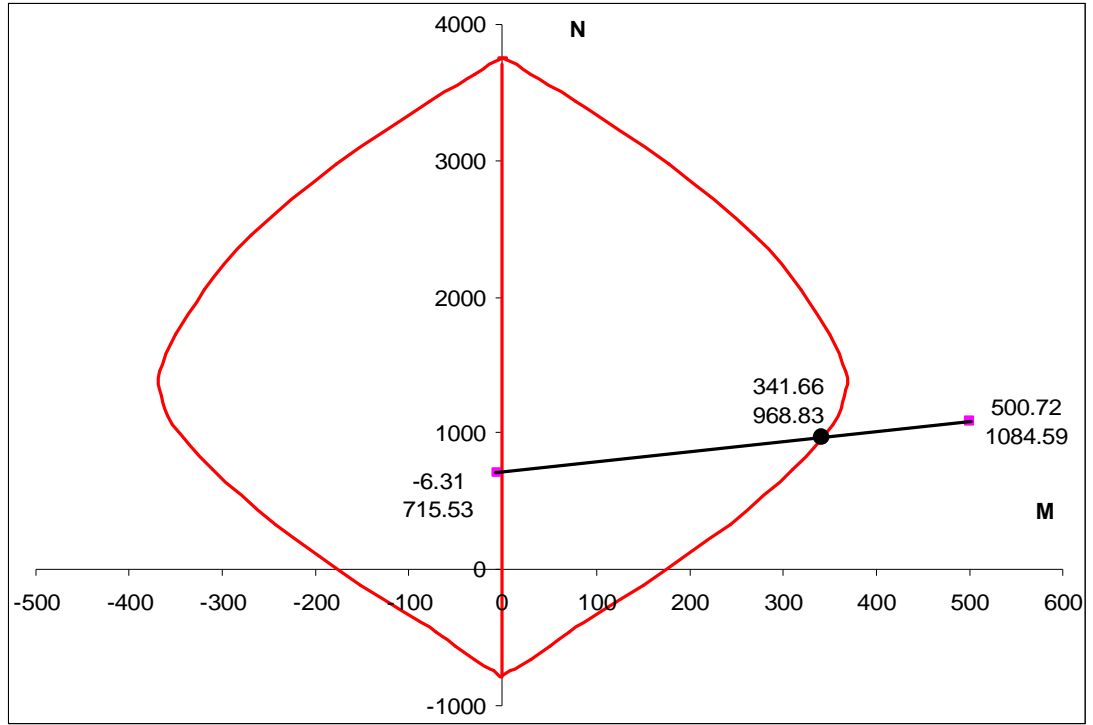
Örnek kolon için yukarıda anlatılan şekilde hesaplanan Kapasite momenti ve karşı gelen normal kuvvet kapasite değerleri:

$$N_K=968.83 \text{ kN}$$

$$M_K=341.66 \text{ kNm} \quad \text{dir.}$$



Şekil 4.5. 1S2 kolon kesit görünüşü



Şekil 4.6. 1S2 kolonu etkileşim diyagramı

4.1.10. Perdelerin Tasarım ve Kapasite Eğilme Momentlerinin Belirlenmesi

DBYBHY-07 Bölüm 3.6.6'ya göre perdelerin tasarım eğilme momentleri hesaplanmıştır. Kapasite eğilme momentleri ise aynı kolonlardaki gibi DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A'ya göre yapılmıştır.

Örnek olarak S9 perdesinin bodrum kat üst kotundan 7.kat üst ucuna kadar olan yüksekliği $H_w=24m$ 'dir. Perdenin X doğrultusundaki boyu $l_w=255cm$, genişliği ise $b_w=25'cm$ 'dir. Yatay donatılar çift sıra şeklinde düzenlenmiş olup $\Phi 8$ mm. çapında 15 cm ara ile konulmuştur.

Buna göre kritik perde yüksekliği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$H_{cr} \geq l_w = 2.55m$$

$$H_{cr} \geq H_w/6 = 24/6 = 4m$$

$$H_{cr} = 4m$$

S9 perdesine +X yönü deprem kuvvetinden dolayı oluşan kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri ile düşey yük analizinden elde edilen normal kuvvetler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

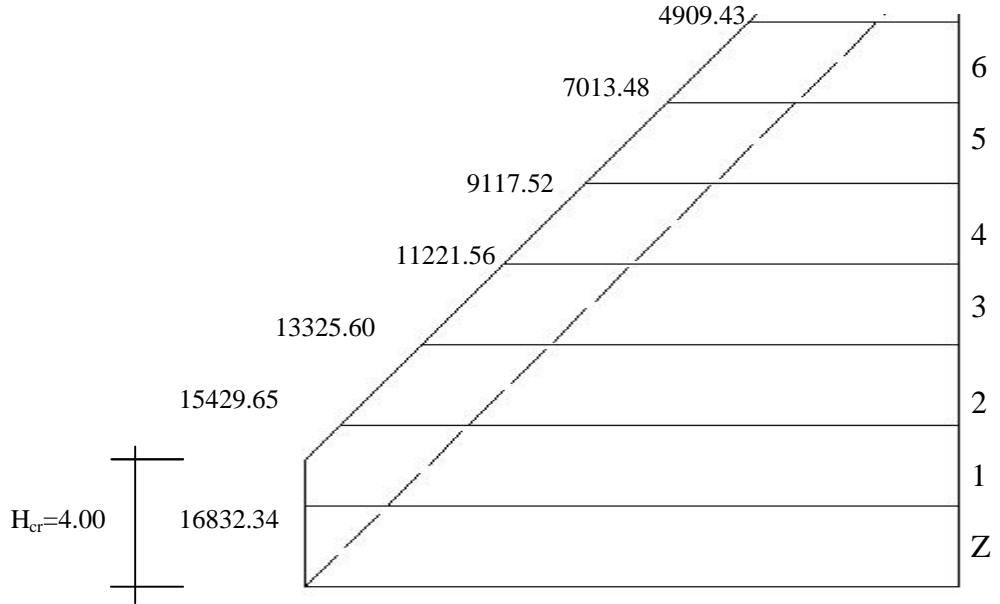
Yapı en üst noktasındaki perde eğilme momenti sıfır alınarak perde tabanındaki eğilme momenti ile birleştiren doğru elde edilmiştir. Kritik perde yüksekliğinden sonra bu doğruya paralel bir doğru çizilerek her kattaki perde tasarım eğilme momentleri hesaplanmıştır (Şekil 4.7). Hesaplanan perde tasarım eğilme momentleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. S9 (255x25) perdesi için kesit tesirleri

S9 X yönü 255/25 perde için kesit tesirleri				
Kat		V kN	M kNm	N Kn
7	j	-59.92	-1330.22	269.33
	i	-59.92	-1483.61	
6	j	580.11	-2637.99	589.97
	i	580.11	-1189.83	
5	j	790.13	-2499.28	910.31
	i	790.13	-526.16	
4	j	976.74	-1942.01	1229.95
	i	976.74	497.70	
3	j	1136.52	-939.81	1548.42
	i	1136.52	1899.54	
2	j	1411.15	638.62	1865.44
	i	1411.15	4164.81	
1	j	1950.69	3407.35	2180.71
	i	1950.69	8282.16	
Z	j	3242.21	8728.56	2495.84
	i	3242.21	16832.34	

Çizelge 4.9. S9 perdesi +X deprem yönü tasarım eğilme momentleri

Kat	h (m)	Md (kNm)
7	21	4909.43
6	18	7013.48
5	15	9117.52
4	12	11221.56
3	9	13325.60
2	6	15429.65
1	3	16832.34
Z	0	16832.34



Şekil 4.7. S9 perdesi +X yönü tasarım eğilme momenti diyagramı

Xtract programından elde edilen etkileşim diyagramından faydalanılarak DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A'ya göre S9 perdesinin moment ve normal kuvvet kapasiteleri hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Hesap yapılırken düşey yüklemekten oluşan normal kuvvet ve moment değerleri ile +X deprem kuvveti yönündeki normal kuvvet ve tasarım eğilme momentleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.10. S9 perdesi normal kuvvet moment kapasite değerleri

Kat	h (m)	N_k (kN)	M_p (kNm)
7	21	269.27	2007.62
6	18	590.09	2284.72
5	15	910.59	2561.56
4	12	1230.42	2837.81
3	9	1549.11	3068.70
2	6	1866.36	3282.84
1	3	2181.89	3495.82
Z	0	2497.27	3708.71

4.1.11. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.2.2.(a)'ya göre, kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman sayılabilmesi için bu elemanların eğilme kapasitesiyle uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin 3.2 de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_r 'yi aşmaması gerekmektedir.

a) Kirişler için V_e değerleri DBYBHY-07 Bölüm 3.4.5'e göre, kesme Kuvveti Kapasitesi (V_r) ise:

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

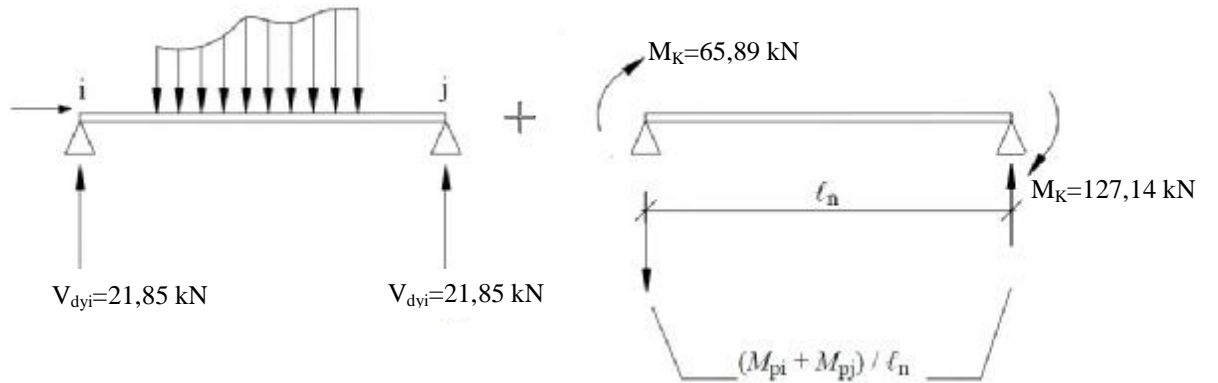
formülü ile hesaplanmıştır. Örnek olarak,Zemin kat K1 kirişi için yapılan hesaplar aşağıda verilmektedir.

$$V_c = 0.8 * 0.65 * f_{ctm} b_w d = 0.8 * 0.65 * 1.60 * 250 * 470 = 97760 \text{ N}$$

$$V_w = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} = \frac{100,5 * 420 * 470}{200} = 99193,5 \text{ N}$$

$$V_r = V_c + V_w = 97760 + 99193,5 = 196,98 \text{ kN}$$

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / l_n \quad (\text{Şekil 4.8})$$



Şekil 4.8. Kirişlerde Moment Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Hesabı

$$V_e = 21,85 \pm (65,89 + 127,14)/3,35$$

$$V_{ei} = -35,77 \text{ kN}; V_{ej} = 79,47 \text{ kN} \leq V_r = 196,98 \text{ kN}$$

Olduğundan K1 kirişi sünektir. Yapıya ait diğer kirişlerin kritik kesitlerinde eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (8 katlı bina kiriş.xls)

b) Kolonlara ait eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü DBYBHY-07 Bölüm 7.5.2.2'ye göre, V_r değerleri ise TS500'e göre:

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

$$V_c = 0.8 * 0.65 * f_{ctm} b_w d (1 + \gamma N/A_c)$$

Formülleri ile hesaplanmıştır. Örnek olarak, 1S1 kolonuna ait hesap detayları aşağıda görülmektedir.

$$V_c = 0.8 * 0.65 * 1.6 * 300 * 570 (1 + 0.07 * 575325 / (300 * 600))$$

$$V_c = 195972.25 \text{ N}$$

$$V_w = \frac{A_{sw} f_{yw} d}{s} = \frac{100.5 * 420 * 570}{150} = 160398 \text{ N}$$

$$V_r = 195972.25 + 160398 = 356.42 \text{ kN}$$

$$V_e = (M_a + M_{\bar{u}}) / l_n \text{ (Şekil 4.9).}$$

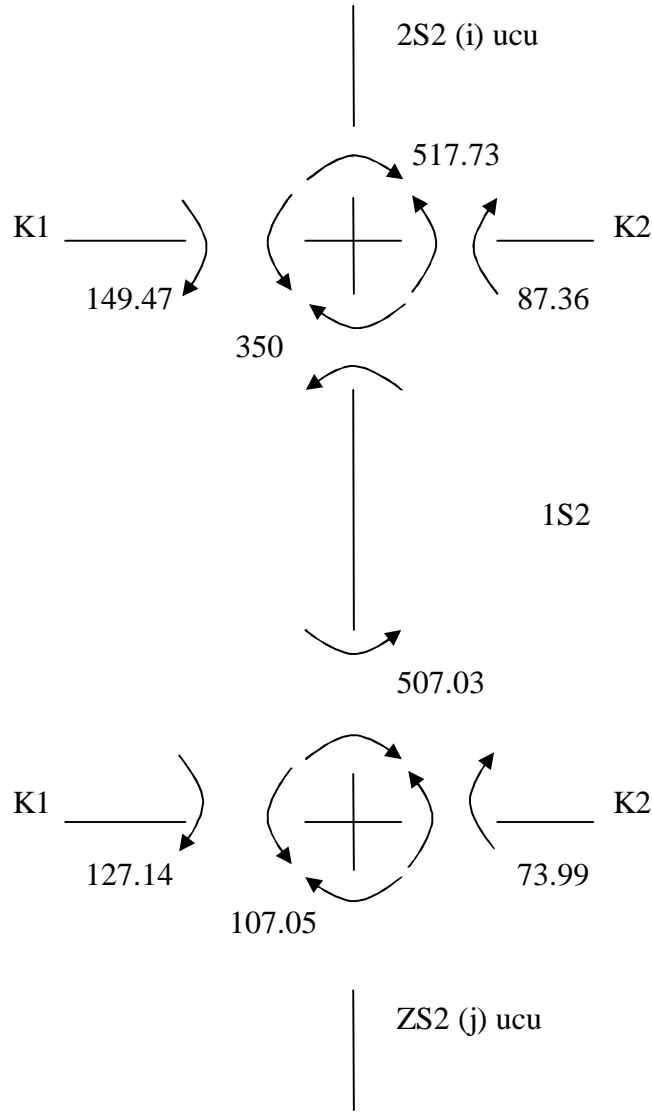
$$\sum M_{pj} = 149.47 + 87.36 = 236.83 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{pi} = 127.14 + 73.99 = 201.13 \text{ kNm}$$

$$M_{\bar{u}} = \frac{350}{350 + 517.73} 236.83 = 95.53 \text{ kNm}$$

$$M_a = \frac{507.03}{507.03 + 107.5} 201.13 = 166.06 \text{ kNm}$$

$V_e = (95.53 + 166.06) / 2.5 = 104.64 \text{ kN} < V_r = 356.42 \text{ kN}$ olduğundan 1S1 kolunu sünektir. Diğer kolonların eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (8 katlı bina kolon.xls)



Şekil 4.9. 1S2 Kolonu Moment Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Hesabı

c) Perdelerin kırılma türünün belirlenmesi DBYBHY-07 Bölüm 7.5.2.2'göre yapılmıştır. Örnek olarak S9 perdesinin eğilme kapasitesi ile uyumlu kesme kuvvetleri DBYBHY-07 Denklem (3.7)'e göre hesaplanarak Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. S9 perdesinin eğilme momenti kapasiteleri ile uyumlu kesme kuvvetleri

Kat	h (m)	M _p (kapasite) (kNm)	M _d (kNm)	V _d (kN)	$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d$		V _r (kN)
7	21	2007.62	4909.43	-59.92	-24.50	<	1344.90
6	18	2284.72	7013.48	580.11	188.98	<	1344.90
5	15	2561.56	9117.52	790.13	221.99	<	1344.90
4	12	2837.81	11221.56	976.74	247.01	<	1344.90
3	9	3068.70	13325.60	1136.52	261.73	<	1344.90
2	6	3282.84	15429.65	1411.15	300.24	<	1344.90
1	3	3495.82	16832.34	1950.69	405.13	<	1344.90
Z	0	3708.71	16832.34	3242.21	714.36	<	1344.90

S9 perdesinin kesme dayanımı, DBYBHY-07 Denklem (3.17)'ye göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$V_r = A_{ch} (0.65f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd})$$

$$\rho_{sh} = \frac{38 * 50.26}{3000 * 250} = 0.0025468$$

$$V_r = 2550 * 250(0.65 * 1.6 + 0.0025468 * 420) = 1344.90 \text{ kN}$$

Tüm katlarda $V_e < V_r$ olduğundan, S9 perdesinin “sünek” olduğu belirlenmiştir. Binanın diğer perdelerine ait hesap detayları ekli CD’de yer almaktadır (perde.xls).

4.1.12. Kolon Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.2.6’ya göre betonarme kolon-kiriş birleşimlerinin kontrolü yapılmıştır. DBYBHY-07 Denk.3.22’de hesaplanan kesme kuvvetlerinin DBYBHY-07 Bölüm 3.5.2.2’ye göre hesaplanan kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Aşması durumunda ilgili eleman gevrek hasar gören eleman olarak tanımlanmıştır.

Örnek olarak, Zemin kat K1-ZS2-K2 birleşim bölgesi için yapılan hesaplar aşağıda görülmektedir.

$$A_{s1}=679\text{mm}^2 \quad A_{s2}=380\text{mm}^2 \quad f_{yk}=420 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{kol}=\text{Min}(157.31;104.64)$$

$$V_e = 1.25 * 420 * (679 + 380) / 1000 - 104.64 = 451.34 \text{ kN}$$

$$V_r = 0.45 * 250 * 600 * 20 / 1000 = 1350 \text{ kN}$$

$V_e < V_r$ olduğundan örnek kiriş birleşim bölgesinin kesme bakımından güvenli olduğu görülmüştür. Diğer kolon-kiriş birleşim bölgelerine ait hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (8 katlı bina kolon.xls)

4.1.13. Kirişlerin Performans Değerlendirilmesi

Matematik modeli oluşturulan yapı Sap2000 programında deprem yönündeki kirişlerin deprem yönündeki eşdeğer deprem kuvvetleri (M_E) bulunmuştur. Deprem kuvvetinin artık moment kapasitesine (M_A) bölünmesiyle kirişlerin etki/kapasite (r) oranı hesaplanmıştır. DBYBHY-07 Tablo 7.2 yardımıyla Etki/Kapasite (r_s) değeri hesaplanmıştır. Kirişler için hesaplanan (r) oranı ile (r_s) oranı karşılaştırılarak kirişlerin kesit düzeyinde hasar sınırı belirlenmiştir. Her hangi bir kirişin hasar bölgesi belirlenirken en çok hasar gören kesiti dikkate alınmıştır.

Örnek olarak zemin kat K1 kirişinde +X yönü eşdeğer deprem yüklemesinden kirişin i ucunda $M_{Ei}=262,57 \text{ kNm}$, j ucunda ise $M_{Ej}=-284.41 \text{ kNm}$ değerleri Sap2000'den alınmıştır. i ucunda artık moment kapasitesi $M_{Ai}=75.77 \text{ kNm}$; j ucunda ise $M_{Aj}=-112.14 \text{ kNm}$ olarak 4.1.8'de hesaplanmıştır.

Buna göre Etki/Kapasite oranları:

$$\text{i ucunda:} \quad r_i = M_{Ei} / M_{Ai} = 262.57 / 75.77 = 3.47$$

$$\text{j ucunda} \quad r_j = M_{Ej} / M_{Aj} = 284.41 / 112.14 = 2.54$$

şeklinde elde edilmiştir.

Elemanın Hasar sınırı hesabı ise aşağıdaki gibidir.

i ucunda:

$$\rho = \%0.2885 \quad \rho' = \%0.3847 \quad \rho_b = \%2.024$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.2885 - 0.3847}{2.02} = -0.05$$

$$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}} = \frac{35.77 * 1000}{250 * 470 * 1.6} = 0.19$$

Buna göre:

Minimum hasar sınırı (MN) $r_{si}=3$

Güvenlik sınırı(GV) $r_{si}=7$

Göçme sınırı (GÇ) $r_{si}=10$

olarak belirlenmiştir. Hesaplanan kiriş r (etki/kapasite) oranı MN ile GV arasında olduğundan, örnek kirişin i ucu “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığındadır.

J ucunda :

$$\rho = \%0.5779 \quad \rho' = \%0.4196 \quad \rho_b = \%2.024$$

$$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b} = \frac{0.5779 - 0.4196}{2.02} = 0.08$$

$$\frac{V_e}{b_w df_{ctm}} = \frac{79.47 * 1000}{250 * 470 * 1.6} = 0.42$$

Buna göre enterpolasyonla:

Minimum hasar sınırı (MN) $r_{si}=3$

Güvenlik sınırı(GV) $r_{si}=6.69$

Göçme sınırı (GÇ) $r_{si}=9.52$

olarak belirlenmiştir. Hesaplanan kiriş r (etki/kapasite) oranı MN rsi değerinden küçük olduğundan, örnek kirişimizin j ucu “Minimum Hasar Bölgesi” aralığındadır.

Elemanın en fazla hasar gören kesitine göre zemin kat K1 kirişi “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığında olduğu belirlenmiştir. Her iki deprem doğrultusundaki diğer kirişlerin performans değerlendirilmesine ait hesap detayları ekli CD’de yer almaktadır (8 katlı bina kiriş.xls)

4.1.14. Kolonların Performans Değerlendirilmesi

Kolonların 4.1.9’a göre hesaplanan normal kuvvet (N_K) ve moment (M_K) kapasitesi kullanılarak

$$r=N_E/(N_K-N_D), \text{ veya}$$

$$r=M_E/(M_K-M_D)$$

formülü ile elemana ait etki/kapasite (r) katsayısı hesaplanmıştır. Daha sonra kolonların i ve j ucundaki sınır değerler (r_s) ile (r) katsayısı ile karşılaştırılarak kolonların kesit düzeyinde Hasar Sınırı belirlenmiştir. Her hangi bir kolonun hasar bölgesi belirlenirken en çok hasar gören kesiti dikkate alınmıştır.

Örnek olarak 1S2 kolunu +X yönü depremi için yapılan hesap detayları aşağıdaki gibidir.

i ucu:

$$N_D=715.53 \text{ kN}$$

$$N_E=369.07 \text{ kN}$$

$$N_K=968.33 \text{ kNm}$$

$$N_A=N_K-N_D=968.33-715.53=252.8 \text{ kN}$$

$$r=N_E/N_A=369.07/252.8=1.45$$

$$N_K/(A_c f_{cm})=0.270$$

$$V_e/(b_w d f_{ctm})=0.382$$

Buna göre enterpolasyonla:

$$\text{Minimum hasar sınırı (MN)} \quad r_{si}=2.43$$

$$\text{Güvenlik sınırı (GV)} \quad r_{si}=4.87$$

$$\text{Göçme sınırı (GÇ)} \quad r_{si}=6.87$$

Hesaplanan r değeri, MN'den küçük olduğundan, kolonun i ucunun minimum hasar bölgesinde olduğu anlaşılmıştır.

j ucu:

$$N_D=696.22$$

$$N_E=369.07$$

$$N_K=----$$

N_{e+q} ve M_{e+q} etkileşim diyagramının içinde kaldığından dolayı $r < 1$ dir

Elemanın en fazla hasar gören kesitine göre 1S2 kolonu “Minimum Hasar Bölgesi” aralığında olduğu belirlenmiştir.

Her iki deprem doğrultusundaki diğer kolonların performans değerlendirilmesine ait hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (8 katlı bina kolon.xls)

4.1.15. Perdelerin Performans Değerlendirilmesi

Perdelerin etki/kapasite oranlarının hesaplanmasında kolonlar için izlenen yol takip edilmektedir.

Örnek olarak S9 perdesinin etki/kapasite oranların hesaplanarak sınır değerle karşılaştırılması Çizelge 4.12'de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. S9 perdesinin +X deprem yönü için r (etki/kapasite) oranlarının belirlenmesi ve hasar durumu

			G+0.3Q		+X		+X		+X	
			Nd	Md	Ne	Me	Nk	Mk	r	
S9	Z	i	2495.84	-3.65	6.50	16832.34	2497.27	3708.71	4.52	BHB
		j	2427.46	-1.90	6.50	8728.56	2430.20	3663.43	2.37	MHB
	1	i	2180.71	-2.37	5.63	8282.16	2183.10	3496.64	2.36	MHB
		j	2112.34	-0.46	5.63	3407.35			r<1	-
	2	i	1865.44	-1.50	4.33	4164.81	1868.88	3284.54	1.26	MHB
		j	1797.06	0.18	4.33	638.62			r<1	-
	3	i	1548.42	-1.36	3.00	1899.54			r<1	-
		j	1480.04	0.59	3.00	-939.81			r<1	-
	4	i	1229.95	-1.26	1.85	497.70			r<1	-
		j	1161.58	0.89	1.85	-1942.01			r<1	-
	5	i	910.31	-1.19	0.98	-526.16			r<1	-
		j	841.94	1.03	0.98	-2499.28			r<1	-
	6	i	589.97	-1.22	0.36	-1189.83			r<1	-
		j	521.60	0.89	0.36	-2637.99	521.92	-2375.35	1.10	MHB
7	i	269.33	-1.50	-0.13	-1483.61			r<1	-	
	j	200.95	2.08	-0.13	-1330.22			r<1	-	

4.1.16. Bina Performansının Belirlenmesi

Doğrusal elastik hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılan performans analizi sonucunda ele alına yapının taşıyıcı elemanlarında her iki doğrultudaki deprem etkisi altında hesaplanan hasar yüzdeleri Çizelge 4.13'de özetlenmektedir.

Çizelgenin incelenmesi neticesinde görüleceği gibi, her bir kattaki kirişlerinin en fazla % 6'sı, ileri hasar bölgesine geçmektedir. Bu değer, yönetmelikte “Can Güvenliği” performans düzeyi için tanımlanan %30 sınır değerinin altında kalmaktadır.

Çizelge 4.13. Taşıyıcı Sistem Elemanları Hasar Durumları

		Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi											
		+X Doğrultusu			-X Doğrultusu			+Y Doğrultusu			-Y Doğrultusu		
		MHB %	BHB %	İHB %	MHB %	BHB %	İHB %	MHB %	BHB %	İHB %	MHB %	BHB %	İHB %
Zemin Kat	Kolon	70	5	10	70	5	10	70	0	20	65	10	10
	Kiriş	84	16	0	68	32	0	88	12	0	76	24	0
1. Kat	Kolon	85	5	0	75	5	5	60	0	20	70	10	5
	Kiriş	58	42	0	47	53	0	59	35	6	59	35	0
2. Kat	Kolon	90	5	0	95	5	0	80	0	0	65	10	0
	Kiriş	32	68	0	21	79	0	41	53	6	47	53	0
3. Kat	Kolon	85	5	0	90	5	0	80	0	0	55	5	0
	Kiriş	32	68	0	21	79	0	36	59	6	41	59	0
4. Kat	Kolon	90	0	0	95	0	0	75	0	0	50	0	0
	Kiriş	26	68	0	11	84	0	29	65	6	41	59	0
5. Kat	Kolon	90	0	0	95	0	0	65	0	0	60	0	0
	Kiriş	26	68	0	16	79	0	29	65	6	47	47	6
6. Kat	Kolon	95	0	0	100	0	0	60	0	0	50	0	0
	Kiriş	21	68	5	26	68	0	36	59	6	53	47	0
7. Kat	Kolon	100	0	0	100	0	0	90	0	0	95	0	0
	Kiriş	47	42	0	37	53	0	53	41	6	76	24	0

Yine aynı çizelgede, her bir kat için ileri hasar bölgesine geçen kolonların oranı verilmiştir. İleri hasar bölgesine geçen kolonlar ile ilgili detaylı bilgiler Çizelge 4.14'de sunulmaktadır. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi, her bir katta ileri hasar bölgesine geçen kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti toplamının, o kata ait toplam kesme kuvvetine oranı, hiçbir katta yönetmelikte tanımlanan %20 sınır değerinin üstüne çıkmamıştır.

Sonuç olarak, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda ele alınan yapının “Can Güvenliği” performans düzeyini sağladığı anlaşılmaktadır.

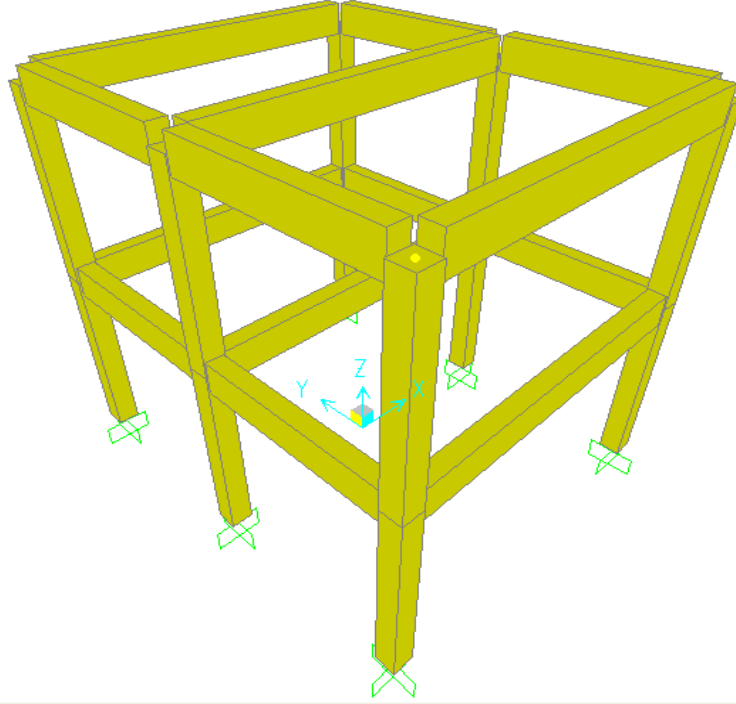
Çizelge 4.14. İleri hasar bölgesindeki kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti kontrolü

İleri Hasar Bölgesindeki Kolonlar	Kolonlar Tarafından Taşınan Kesme Kuvveti (kN)	Toplam Kesme Kuvveti (kN)	Oran %	Sınır %
S1,S2,S5,S6 +Y Yönü Zemin Kat	354,58	9351,89	3,79	20
S1,S2,S5,S6 +Y Yönü 1. Kat	516,88	9099,34	5,68	20
S19 -X Yönü Zemin kat	45,66	10958,95	0,42	20
S21 -Y Yönü Zemin kat	83,91	9351,89	0,90	20
S21 -Y Yönü 1. kat	124,92	9099,34	1,37	20
S22 -Y Yönü Zemin kat	83,66	9351,89	0,89	20
S24 +X Zemin kat	45,3	10958,95	0,41	20

4.2. Örnek 2

4.2.1. Bina Bilgileri

Performans değerlendirilmesi yapılacak bina 5x6 ölçülerinde x yönünde 1 açıklık, y yönünde 2 açıklıklıdır. Yapı Z+1 katlıdır. İvme Spektrumu 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem esas alınmaktadır. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 4.10'da kat planı Şekil 4.11'de tip kolon kesit görünüşü Şekil 4.12'de ve tip kiriş kesit görünüşü Şekil 4.13'de verilmiştir. DBYBHY-07 Bölüm 7.2.16'da tanımlanan bilgi düzeyi katsayısı "Kapsamlı bilgi Düzeyi" olarak alınmıştır. Yapı ile ilgili diğer parametreler aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 4.10. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli

Genel Bilgiler

Kat adedi	2
Kat Yüksekliği	3m
Toplam bina yüksekliği	6m
Kullanım amacı	Konut

Malzeme Bilgileri

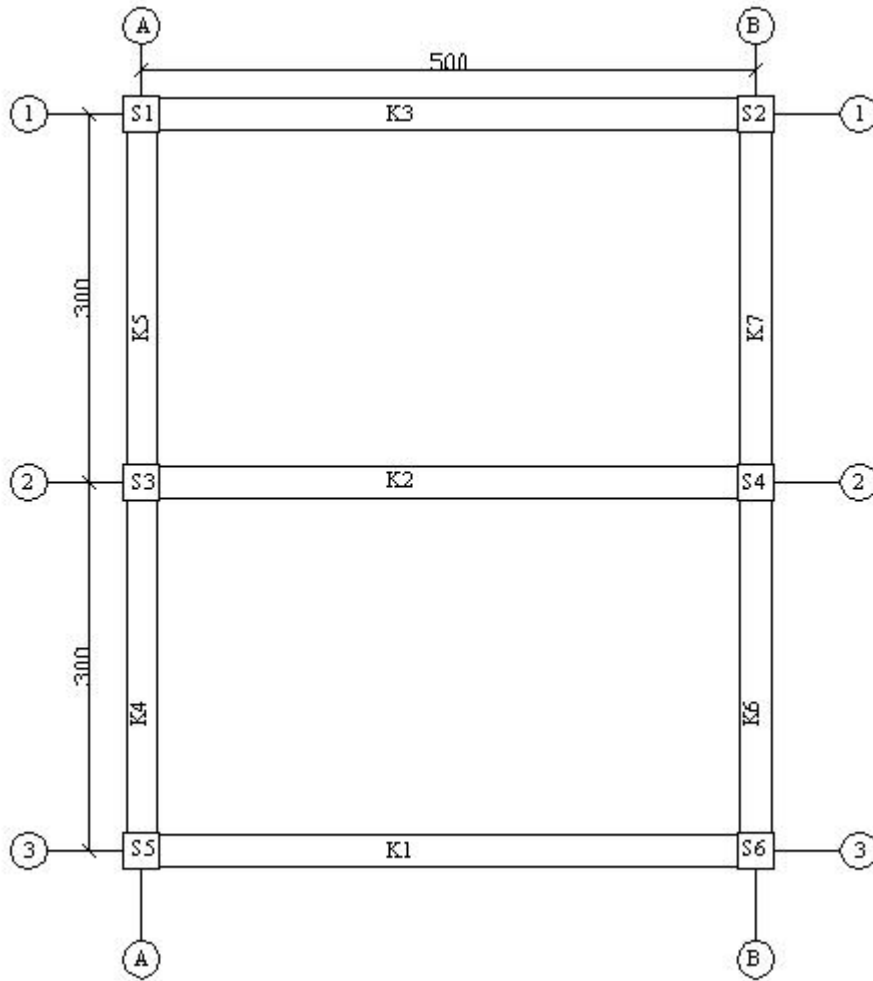
Beton	C20
Donatı Çeliği	S420
Beton Elastisite Modülü	28000Mpa
Donatı Çeliği Elastisite Modülü	2×10^5 Mpa

Deprem Bilgileri

Deprem Bölgesi	1. Derece
Yapı Önem Katsayısı	1
Spektrum Karakteristik Periyodu	0.15/0.4

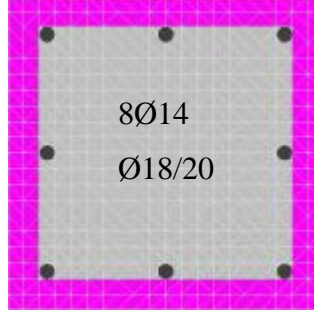
Binaya Etkiyen Yükle

Beton Yoğunluğu	25kN/m ³
Sabit Yük(4.5 kN/m ³
Duvar Yükleri	6 kN/m
Hareketli Yük	3.5 kN/m ²



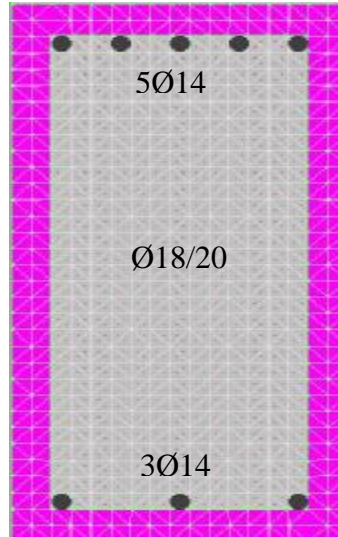
Şekil 4.11. Örnek 2 yapının kat planı

Kolon Bilgileri: 30x30cm (Tüm kolonlar-Sargılanmamış)



Şekil 4.12. Tip kolon kesit görünüşü

Kiriş Bilgileri:25x50 cm (Tüm Kirişler-sargılanmamış)



Şekil 4.13. Tip kiriş kesit görünüşü

4.2.2. Çatlamış Kesite Ait Etkin Eğilme Rijitliklerinin Belirlenmesi

Çatlamış kesit rijitlikleri DBYBHY-07 Bölüm 7.4'ye göre hesaplanmış olup, 4.1.4'de hesaplama adımları detaylı olarak açıklanmıştır. Yapının G+0.3Q'luk düşey yük hesabı ile elde edilen çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri Çizelge 4.15'te özetlenmiş ve bu değerler Sap2000 programına aktarılmıştır. Örneğe ait Sap2000 data dosyası ekli CD'de yer almaktadır (2 katlı bina lineer.sdb).

Çizelge 4.15. Taşıyıcı sistem çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri

Kat		N_D (kN)	$\frac{N_D}{A_c f_{cm}}$	$(EI)_e$
Z	S1	136.92	0.0761	0.400
	S2	136.92	0.0761	0.400
	S3	211.04	0.1172	0.423
	S4	211.04	0.1172	0.423
	S5	136.92	0.0761	0.400
	S6	136.92	0.0761	0.400
1	S1	68.17	0.0379	0.400
	S2	68.17	0.0379	0.400
	S3	106.09	0.0589	0.400
	S4	106.09	0.0589	0.400
	S5	68.17	0.0379	0.400
	S6	68.17	0.0379	0.400
	Kiriş			0.400

4.2.3. Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle Analiz

4.2.3.1. Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı

Sap2000 programında mod şekillerini ve titreşim periyotlarını belirleyebilmek için 6 modlu modal analiz yapılmış ve yapı periyodu X yönünde 0.50856sn, Y yönünde ise 0.46212sn bulunmuştur. Katlara etkiyecek eşdeğer deprem kuvvetleri DBYBHY-07 Bölüm 2.7'ye göre aşağıda görüldüğü gibi bulunmuş, X ve Y yönü için sırasıyla Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17'de sunulmuştur.

X Yönü Toplam Eşdeğer Deprem Yüğüünün Hesabı:

X yönü titreşim periyodu	$T_x=0,50856sn$
Etkin yer ivme katsayısı	$A_o=0,4$
Yapı önem katsayısı	1
Spektrum karakteristik periyotları	$T_a=0,15sn$ $T_b=0,4sn$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R_a=1$

$T_x > T_b$ olduğundan

$$S(T_x) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_x} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.50856} \right)^{0.8} = 2.063$$

$$A(T) = A_o \cdot I \cdot S(T_x) = 0.4 \times 1 \times 2.063 = 0.825$$

DBYBHY-07 7.5.1.1'a göre $R_a=1$ alınacaktır.

Eşdeğer Deprem Kuvveti:

$$V_{tx} = \frac{W \cdot A(T_x)}{R_a} = \frac{1014.30 \cdot 0.825}{1} = 837.03 \text{ kN}$$

$$\Delta F_n = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 2 \times 837.03 = 12.56 \text{ kN}$$

Y Yönü Toplam Eşdeğer Deprem Yükünün Hesabı:

Y yönü titreşim periyodu $T_y=0.46212$

Etkin yer ivme katsayısı $A_o=0,4$

Yapı önem katsayısı 1

Spektrum karakteristik periyotları $T_a=0,15$ $T_b=0,4$

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R_a=1$

$T_y > T_b$ olduğundan

$$S(T_x) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_y} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.4}{0.46212} \right)^{0.8} = 2.227$$

$$A(T) = A_o \cdot I \cdot S(T_y) = 0,4 \times 1 \times 2.227 = 0.891$$

DBYBHY-07 7.5.1.1'a göre $R_a=1$ alınacaktır.

Eşdeğer Deprem Kuvveti:

$$V_{Ty} = \frac{W \cdot A(T_y)}{R_a} = \frac{1014.30 \times 0.891}{1} = 903.67 \text{ kN}$$

$$\Delta F_n = 0,0075 \cdot N \cdot V_t = 0,0075 \times 2 \times 903.67 = 13.56 \text{ kN}$$

Çizelge 4.16. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \cdot H_i$ (kN.m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V - \Delta F_{Nx}) \cdot \frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$ (kN)	ΔF_{Nx} (kN)	F_i (kN)
1	507.15	6	3042.90	0.66667	549.65	12.56	562.20
Z	507.15	3	1521.45	0.33333	274.82		274.82
Toplam	1014.30		4564.35	1.00			837.03

Çizelge 4.17. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	w_i (kN)	H_i (m)	$w_i \cdot H_i$ (kN.m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V - \Delta F_{Ny}) \cdot \frac{w_i H_i}{\sum w_i H_i}$ (kN)	ΔF_{Ny} (kN)	F_i (kN)
1	507.15	6	3042.90	0.66667	593.41	13.56	606.97
Z	507.15	3	1521.45	0.33333	296.71		296.71
Toplam	1014.30		4564.35				903.67

4.2.3.2. Yapı Düzensilikleri Kontrolü

DBYBHY-07 Bölüm 7.5.1.1' e göre; Örnek 2 yapının her iki eksene göre simetrik olduğundan dolayı burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Kat yüksekliği 25 metreyi ve toplam katsayısı 8'i aşmadığından dolayı doğrusal elastik hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapının performansı belirlenebilir.

4.2.3.3. Kirişlerin Artık Moment Kapasitelerinin Hesabı

4.1.8'de detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait kirişlerin artık moment kapasitesi hesabı DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A Denklem 7A.1.a'dan yararlanılarak yapılmıştır +X ve +Y deprem yönü için artık moment kapasitesi hesabı sırasıyla Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19'da sunulmuştur.

Çizelge 4.18. +X deprem yönü kirişlerinin artık eğilme momenti kapasitesi hesabı

			Moment Kapasitesi		G+0,3Q		Artık Moment	
			İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu
	Kiriş Adı	L _n (m)	M _K (kNm)		M _D (kNm)		M _A =M _K -M _D (kNm)	
Zemin Kat	K1	4.7	86.45	-138.10	-22.53	-22.53	108.98	-115.57
	K2	4.7	86.45	-138.10	-33.47	-33.47	119.92	-104.63
	K3	4.7	86.45	-138.10	-22.53	-22.53	108.98	-115.57
1. Kat	K1	4.7	86.45	-138.10	-21.76	-21.76	108.21	-116.34
	K2	4.7	86.45	-138.10	-26.18	-26.18	112.63	-111.92
	K3	4.7	86.45	-138.10	-21.76	-21.76	108.21	-116.34

Çizelge 4.19. +Y deprem yönü kirişlerinin artık eğilme momenti kapasitesi hesabı

			Moment Kapasitesi		G+0,3Q		Artık Moment	
			İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu	İ Ucu	J Ucu
	Kiriş Adı	L _n (m)	M _K (kNm)		M _D (kNm)		M _A =M _K -M _D (kNm)	
Zemin Kat	K4	2.7	86.45	-138.10	-4.20	-10.25	90.65	-127.85
	K5	2.7	86.45	-138.10	-10.25	-4.20	96.70	-133.90
	K6	2.7	86.45	-138.10	-4.20	-10.25	90.65	-127.85
	K7	2.7	86.45	-138.10	-10.25	-4.20	96.70	-133.90
1. Kat	K4	2.7	86.45	-138.10	-2.51	-10.57	88.96	-127.53
	K5	2.7	86.45	-138.10	-10.57	-2.51	97.02	-135.59
	K6	2.7	86.45	-138.10	-2.51	-10.57	88.96	-127.53
	K7	2.7	86.45	-138.10	-10.57	-2.51	97.02	-135.59

4.2.3.4. Kolonların Normal Kuvvet ve Eğilme Momenti Kapasitelerinin Belirlenmesi

4.1.9’da detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait kolonların normal kuvvet ve eğilme momenti kapasitelerinin hesabı DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7A’ya göre yapılmıştır. +X ve +Y deprem yönü için normal kuvvet ve eğilme momenti kapasitesi sırasıyla Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. +X deprem yönü kolonların normal kuvvet ve moment kapasitesi

			G+0.3Q		+X		+X	
			N _D (kN)	M _D (kNm)	N _E (kN)	M _E (kNm)	N _K (kN)	M _K (kNm)
S1	Z	i	122,90	-4,27	-185,38	200,11	55,34	68,65
		j	116,71	7,66	-185,38	-157,89	30,37	-65,87
	1	i	60,51	-16,95	-58,68	95,58	10,99	63,71
		j	54,89	20,00	-58,68	-120,14	13,82	-64,03
S2	Z	i	122,90	-4,27	185,38	200,11	203,68	82,90
		j	116,71	7,66	185,38	-157,89	225,37	-84,88
	1	i	60,51	-16,95	58,68	95,58	116,99	74,95
		j	54,89	20,00	58,68	-120,14	100,48	-73,28
S3	Z	i	207,58	-5,85	-211,57	242,76	135,59	76,75
		j	201,39	10,49	-211,57	-192,14	108,27	-74,07
	1	i	103,97	-21,74	-66,77	121,56	54,36	68,54
		j	98,35	25,29	-66,77	-149,75	56,41	-68,77
S4	Z	i	207,58	-5,85	211,57	242,76	291,20	90,08
		j	201,39	10,49	211,57	-192,14	313,39	-91,21
	1	i	103,97	-21,74	66,77	121,56	159,29	78,89
		j	98,35	25,29	66,77	-149,75	144,21	-77,53
S5	Z	i	122,90	-4,27	-185,38	200,11	55,34	68,65
		j	116,71	7,66	-185,38	-157,89	30,37	-65,87
	1	i	60,51	-16,95	-58,68	95,58	10,99	63,71
		j	54,89	20,00	-58,68	-120,14	13,82	-64,03
S6	Z	i	122,90	-4,27	185,38	200,11	203,68	82,90
		j	116,71	7,66	185,38	-157,89	225,37	-84,88
	1	i	60,51	-16,95	58,68	95,58	116,99	74,95
		j	54,89	20,00	58,68	-120,14	100,48	-73,28

Çizelge 4.21. +Y deprem yönü kolonların normal kuvvet ve moment kapasitesi

			G+0.3Q		+Y		+Y	
			N _D (kN)	M _D (kNm)	N _E (kN)	M _E (kNm)	N _K (kN)	M _K (kNm)
S1	Z	i	122,90	1,07	267,96	206,86	232,32	85,51
		j	116,71	-1,92	267,96	-174,86	246,73	-86,73
	1	i	60,51	3,77	79,64	95,92	119,90	75,25
		j	54,89	-4,15	79,64	-115,96	102,52	-73,49
S2	Z	i	122,90	1,07	267,96	206,86	232,32	85,51
		j	116,71	-1,92	267,96	-174,86	246,73	-86,73
	1	i	60,51	3,77	79,64	95,92	119,90	75,25
		j	54,89	-4,15	79,64	-115,96	102,52	-73,49
S3	Z	i	207,58	0,00	0,00	244,51	207,58	83,26
		j	201,39	0,00	0,00	-234,62	201,39	-82,69
	1	i	103,97	0,00	0,00	164,88	103,97	73,63
		j	98,35	0,00	0,00	-170,07	98,35	-73,06
S4	Z	i	207,58	0,00	0,00	244,51	207,58	83,26
		j	201,39	0,00	0,00	-234,62	201,39	-82,69
	1	i	103,97	0,00	0,00	164,88	103,97	73,63
		j	98,35	0,00	0,00	-170,07	98,35	-73,06
S5	Z	i	122,90	-1,07	-267,96	206,86	35,45	66,43
		j	116,71	1,92	-267,96	-174,86	15,36	-64,20
	1	i	60,51	-3,77	-79,64	95,92	5,01	63,05
		j	54,89	4,15	-79,64	-115,96	8,45	-63,43
S6	Z	i	122,90	-1,07	-267,96	206,86	35,45	66,43
		j	116,71	1,92	-267,96	-174,86	15,36	-64,20
	1	i	60,51	-3,77	-79,64	95,92	5,01	63,05
		j	54,89	4,15	-79,64	-115,96	8,45	-63,43

4.2.3.5. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü

4.1.11’de detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait taşıyıcı sistem elemanlarının kritik kesitlerinde eğilme momenti kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü Bölüm 7.5.2.2.(a)’ya göre yapılmıştır. +X, +Y deprem yönü için kolonların ve kirişlerin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü sırasıyla Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. +X deprem yönü için kolonların eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü

--	S5	K1	+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			---sol kiriş	K1-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				68,65	49,00	<	127,29
			J			157,89			
1	İ	2,5		86,45	95,58	32,60	38,65	<	124,97
			J			64,03			
--	S3	K2	+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			---sol kiriş	K2-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				76,75	51,88	<	131,50
			J		86,45	192,14			
1	İ	2,5			121,56	33,50	40,91	<	127,24
			J			68,77			
--	S1	K3	+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			---sol kiriş	K3-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				68,65	49,00	<	127,29
			J		86,45	157,89			
1	İ	2,5			95,58	32,60	38,65	<	124,97
			J			64,03			
K1	S6		+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			K1-sol kiriş	-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				82,90	67,57	<	135,07
			J	138,1		157,89			
1	İ	2,5			95,58	52,08	50,14	<	130,53
			J			73,28			
K2	S4		+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			K2-sol kiriş	-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				90,08	69,87	<	139,66
			J	138,1		192,14			
1	İ	2,5			121,56	53,51	52,42	<	132,74
			J			77,53			
K2	S2		+X yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+X yönü deprem momenti	+X yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)		Vr (kN)
			K2-sol kiriş	-sağ kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$			
Z	İ	2,5				82,90	67,57	<	135,07
			J	138,1		157,89			
1	İ	2,5			95,58	52,08	50,14	<	130,53
			J			73,28			

Çizelge 4.23. +Y deprem yönü için kolonların eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü

-	S5	K4	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			--Sol Kiriş	K4-Sağ Kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5		86,45		66,43	48,90	< 126,25
						174,86		55,83
1	i	2,5		86,45	95,92	30,62	37,62	< 124,66
								63,43
K4	S3	K5	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			K4 Sol Kiriş	K5-Sağ Kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5	138,1	86,45		83,26	86,05	< 135,27
						234,62		131,87
1	i	2,5	138,1	86,45	164,88	92,68	66,30	< 129,84
								73,06
K5	S1	--	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			K5-Sol Kiriş	---Sağ Kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5	138,1			85,51	69,88	< 136,57
						174,86		89,18
1	i	2,5	138,1		95,92	48,92	48,96	< 130,68
								73,49
--	S6	K6	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			---Sol Kiriş		$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5		86,45		66,43	48,90	< 126,18
						174,62		55,83
1	i	2,5		86,45	98,49	30,62	37,62	< 124,65
								63,43
K6	S4	K7	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			K4-Sol Kiriş	K5-Sağ Kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5	138,1	86,45	0,00	83,26	86,05	< 135,27
						234,62		131,87
1	i	2,5	138,1	86,45	164,88	92,68	66,30	< 129,84
						0,00		73,06
K7	S2	--	+Y yönü ile uyumlu kiriş kapasitesi		+Y yönü deprem momenti	+Y yönü kolon kapasitesi	Ve (kN)	Vr (kN)
			K5-Sol Kiriş	---Sağ Kiriş	$M_E(kNm)$	$M_K(kNm)$		
Z	i	2,5	138,1			85,51	69,88	< 136,57
						174,86		89,18
1	i	2,5	138,1		95,92	48,92	48,96	< 130,68
								73,49

Çizelge 4.24. +X deprem yönü için kirişlerin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü

			Moment Kapasitesi M_K (kNm)		Basit Kiriş Kesme Kuvveti		+X Yönü		Moment kapasitesi ile uyumlu kesme kuvveti	
	Kiriş Adı	L_n (m)	İ ucu	J ucu	V_{di} (kN)	V_{dj} (kN)	V_{ei} (kN)	V_{ej} (kN)		V_r (kN)
Zemin kat	K1	4.7	86.45	-138.10	32.75	32.75	15.03	80.53	<	196.98
	K2	4.7	86.45	-138.10	44.06	44.06	3.72	91.84	<	196.98
	K3	4.7	86.45	-138.10	32.75	32.75	15.03	80.53	<	196.98
1. kat	K1	4.7	86.45	-138.10	32.75	32.75	15.03	80.53	<	196.98
	K2	4.7	86.45	-138.10	44.06	44.06	3.72	91.84	<	196.98
	K3	4.7	86.45	-138.10	32.75	32.75	15.03	80.53	<	196.98

Çizelge 4.25. +Y deprem yönü için kirişlerin eğilme kapasitesiyle uyumlu kesme kuvveti kontrolü

			Moment Kapasitesi M_K (kNm)		Basit Kiriş Kesme Kuvveti		+Y Yönü		Moment kapasitesi ile uyumlu kesme kuvveti	
	Kiriş Adı	L_n (m)	İ ucu	J ucu	V_{di} (kN)	V_{dj} (kN)	V_{ei} (kN)	V_{ej} (kN)		V_r (kN)
Zemin kat	K4	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K5	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K6	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K7	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
1. kat	K4	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K5	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K6	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98
	K7	2,7	86,45	-138,10	42,86	42,86	40,30	126,03	<	196,98

4.2.3.6. Kolon Kiriş Birleşim Bölgelerinin Kesme Kontrolü

4.1.12 'de detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait kolon kiriş birleşim bölgelerinin kontrolü DBYBHY-07 Bölüm 3.5.2.2'ye göre yapılmıştır. +X ve +Y deprem yönü için birleşim bölgelerinin kontrolü sırasıyla Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. +X deprem yönü kolon kiriş bölgesinin kesme kontrolü

		A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	$V_{e(kol)}$ (kN)	V_e (kN)		V_r (kN)
ZS1	---;-K1		462	38.65	203.90	<	810
1S1	---;-K1		462	38.65	203.90	<	810
ZS2	---;-K2		462	50.14	192.41	<	810
1S2	---;-K2		462	50.14	192.41	<	810
ZS3	---;-K3		462	40.91	201.64	<	810
1S3	---;-K3		462	40.91	201.64	<	810
ZS4	K4;---	770		52.42	351.83	<	810
1S4	K4;---	770		52.42	351.83	<	810
ZS5	K5;---	770		38.65	365.60	<	810
1S5	K5;---	770		38.65	365.60	<	810
ZS6	K6;---	770		50.14	354.11	<	810
1S6	K6;---	770		50.14	354.11	<	810

Çizelge 4.27. +Y deprem yönü kolon kiriş bölgesinin kesme kontrolü

		A_{s1} (mm ²)	A_{s2} (mm ²)	$V_{e(kol)}$ (kN)	V_e (kN)		V_r (kN)
ZS1	---;-K4		462	37.62	204.93	<	810
1S1	---;-K4		462	37.62	204.93	<	810
ZS2	K4;K5	770	462	66.30	580.50	<	810
1S2	K4;K5	770	462	66.30	580.50	<	810
ZS3	K5;--	770		48.96	355.29	<	810
1S3	K5;--	770		48.96	355.29	<	810
ZS4	---;K6			37.62	204.93	<	810
1S4	---;K6			37.62	204.93	<	810
ZS5	K6;K7	770	462	66.30	580.50	<	810
1S5	K6;K7	770	462	66.30	580.50	<	810
ZS6	K7;---	770		48.96	355.29	<	810
1S6	K7;---	770		48.96	355.29	<	810

4.2.3.7. Kirişlerin Performans Değerlendirilmesi

4.1.13 'de detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait kirişlerin performans değerlendirilmesi yapılmıştır. +X ve +Y deprem yönü için kirişlerin performans değerlendirilmesi sırasıyla Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da verilmiştir. Her iki deprem doğrultusundaki kirişlerin performans değerlendirilmesine ait hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (2 katlı bina kiriş.xls)

Çizelge 4.28. +X yönü kirişlerin hasar bölgesi

			İ ucu	J ucu	İ ucu	J ucu	+X M_E/M_A		Hasar Bölgesi	
	Kiriş Adı	L_n	$(\rho-\rho')/\rho_b$		$\frac{V_{ei}}{b_w df_{ctm}}$	$\frac{V_{ej}}{b_w df_{ctm}}$	r_i	r_j	r_i	r_j
Zemin Kat	K1	4.7	-0.13	-0.13	0.08	0.43	2.75	2.59	BH	BH
	K2	4.7	-0.13	-0.13	0.02	0.49	2.88	3.30	BH	BH
	K3	4.7	-0.13	-0.13	0.08	0.43	2.75	2.59	BH	BH
1. kat	K1	4.7	-0.13	-0.13	0.08	0.43	1.29	1.20	MH	MH
	K2	4.7	-0.13	-0.13	0.02	0.49	1.44	1.45	MH	MH
	K3	4.7	-0.13	-0.13	0.08	0.43	1.29	1.20	MH	MH

Çizelge 4.29. +Y yönü kirişlerin hasar bölgesi

			İ ucu	J ucu	İ ucu	J ucu	+Y M_E/M_A		Hasar Bölgesi	
	Kiriş Adı	L_n	$(\rho-\rho')/\rho_b$		$\frac{V_{ei}}{b_w df_{ctm}}$	$\frac{V_{ej}}{b_w df_{ctm}}$	r_i	r_j	r_i	r_j
Zemin Kat	K4	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	3.32	1.66	BH	MH
	K5	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	2.19	2.25	MH	MH
	K6	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	3.32	1.66	BH	MH
	K7	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	2.19	2.25	MH	MH
1. kat	K4	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	1.44	0.72	MH	-
	K5	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	0.94	0.94	-	-
	K6	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	1.44	0.72	MH	-
	K7	2.7	-0.13	-0.13	0.21	0.67	0.94	0.94	-	-

4.2.3.8. Kolonların Performans Değerlendirilmesi

4.1.14 'de detaylı olarak açıklanan hesap yöntemiyle örnek yapıya ait kolonların performans değerlendirilmesi yapılmıştır. +X ve +Y deprem yönü için kolonların performans değerlendirilmesi sırasıyla Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31'da verilmiştir. Her iki deprem doğrultusundaki kolonların performans değerlendirilmesine ait hesap detayları ekli CD'de yer almaktadır (2 katlı bina kolon.xls)

Çizelge 4.30. +X yönü kolonların hasar bölgesi

			+X			Güvenlik Sınırı	Minimum Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
			$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	r			
S1	Z	i	0.031	0.030	2.74	3.500	2.000	BHB
		j	0.017	0.030	2.15	3.500	2.000	BHB
	1	i	0.006	0.024	1.18	3.500	2.000	MHB
		j	0.008	0.024	1.43	3.500	2.000	MHB
S2	Z	i	0.113	0.042	2.30	3.431	1.977	BHB
		j	0.125	0.042	1.71	3.368	1.956	MHB
	1	i	0.065	0.031	1.04	3.500	2.000	MHB
		j	0.056	0.031	1.29	3.500	2.000	MHB
S3	Z	i	0.075	0.032	2.94	3.500	2.000	BHB
		j	0.060	0.032	2.27	3.500	2.000	BHB
	1	i	0.030	0.025	1.35	3.500	2.000	MHB
		j	0.031	0.025	1.59	3.500	2.000	MHB
S4	Z	i	0.162	0.043	2.53	3.186	1.895	BHB
		j	0.174	0.043	1.89	3.078	1.859	BHB
	1	i	0.088	0.032	1.21	3.500	2.000	MHB
		j	0.080	0.032	1.46	3.500	2.000	MHB
S5	Z	i	0.031	0.030	2.74	3.500	2.000	BHB
		j	0.017	0.030	2.15	3.500	2.000	BHB
	1	i	0.006	0.024	1.18	3.500	2.000	MHB
		j	0.008	0.024	1.43	3.500	2.000	MHB
S6	Z	i	0.113	0.042	2.30	3.431	1.977	BHB
		j	0.125	0.042	1.71	3.368	1.956	MHB
	1	i	0.065	0.031	1.04	3.500	2.000	MHB
		j	0.056	0.031	1.29	3.500	2.000	MHB

Çizelge 4.31. +Y yönü kolonların hasar bölgesi

			+Y			Güvenlik Sınırı	Minimum Hasar Sınırı	Hasar Bölgesi
			$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}$	r			
S1	Z	i	0.129	0.043	2.45	3.349	1.950	BHB
		j	0.137	0.043	2.06	3.302	1.934	BHB
	1	i	0.067	0.030	1.34	3.500	2.000	MHB
		j	0.057	0.030	1.67	3.500	2.000	MHB
S2	Z	i	0.129	0.043	2.45	3.349	1.950	BHB
		j	0.137	0.043	2.06	3.302	1.934	BHB
	1	i	0.067	0.030	1.34	3.500	2.000	MHB
		j	0.057	0.030	1.67	3.500	2.000	MHB
S3	Z	i	0.115	0.053	2.94	3.423	1.974	BHB
		j	0.112	0.053	2.84	3.441	1.980	BHB
	1	i	0.058	0.041	2.24	3.500	2.000	BHB
		j	0.055	0.041	2.33	3.500	2.000	BHB
S4	Z	i	0.115	0.053	2.94	3.423	1.974	BHB
		j	0.112	0.053	2.84	3.441	1.980	BHB
	1	i	0.058	0.041	2.24	3.500	2.000	BHB
		j	0.055	0.041	2.33	3.500	2.000	BHB
S5	Z	i	0.020	0.030	3.06	3.500	2.000	BHB
		j	0.009	0.030	2.64	3.500	2.000	BHB
	1	i	0.003	0.023	1.44	3.500	2.000	MHB
		j	0.005	0.023	1.72	3.500	2.000	MHB
S6	Z	i	0.020	0.030	3.06	3.500	2.000	BHB
		j	0.009	0.030	2.64	3.500	2.000	BHB
	1	i	0.003	0.023	1.44	3.500	2.000	MHB
		j	0.005	0.023	1.72	3.500	2.000	MHB

4.2.4. Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi İle Analiz

Artımsal Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analiz yönteminin uygulanabilmesi için yapının bodrum hariç 8 kattan fazla olmaması ve burulma düzensizliği katsayısı n_{bi} 'nin hiçbir katta 1.4 değerini aşmaması ve her bir deprem doğrultusu için etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranının %70'den fazla olması gerekir. Örnek yapının her iki deprem doğrultusunda simetrik olması nedeniyle yapıda burulma düzensizliği bulunmamaktadır. Çizelge 4.32'ten görüleceği gibi, etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine oranı her iki yönde de %70 oranını aşmıştır. Bina Modellemesi SAP2000 V14.2.3 de yapılmış itme analizinin başlangıç değerleri, G+0.3Q yüklemesi altında gerçekleştirilen nonlineer analiz sonuçlarından alınmıştır. Örneğe ait Sap2000 data dosyası ekli CD'de yer almaktadır (2 katlı bina nonlineer.sdb)

Çizelge 4.32. Etkin kütle katılım oranları

Mod	Period	Etkin Kütle Oranları		Kontrol	
		X Doğ.	Y Doğ.	>	0.7
1	0.508555	0.933293	0	>	0.7
2	0.462116	0	0.948026	>	0.7

4.2.4.1. Yapıya Etkiyen Eşdeğer Deprem Kuvvetleri

Artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımının DBYBHY-07 Bölüm 7.6.5.3'e göre taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayılarak, X ve Y doğrultusu için eşdeğer deprem kuvvetleri sırasıyla Çizelge 4.33 ve 4.34'de sunulmuştur.

Çizelge 4.33. +X Yönü yapıya etkiyen eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	m_i	Φ_{xN1}	$m_i * \Phi_{xN1}$	$m_i * \Phi_{xN1} / \sum m_i * \Phi_{xN1}$	F_i (kN)
1	51.70	0.4115	21.27	0.633	529.99
Z	51.70	0.2384	12.32	0.367	307.04
Toplam	103.39		33.60	1.00	837.03

Çizelge 4.34. +Y yönü yapıya etkileyen eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	m_i	Φ_{yN1}	$m_i * \Phi_{yN1}$	$m_i * \Phi_{yN1} / \sum m_i * \Phi_{yN1}$	F_i (kN)
1	51.70	0.4154	21.48	0.61595	556.62
Z	51.70	0.2590	13.39	0.38405	347.05
Toplam	103.39		34.86	1.00	903.67

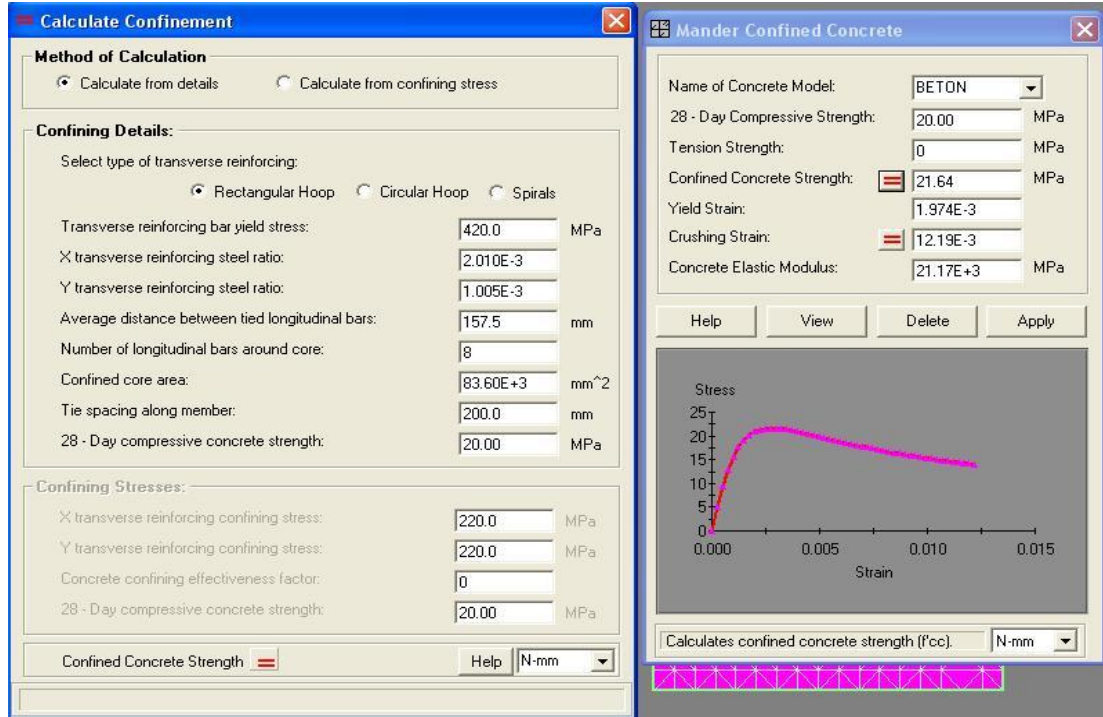
4.2.4.2. Kirişlerde Plastik Mafsal Özelliklerinin Tanımlanması

Kirişlerin Plastik mafsal özellikleri Xtract programı yardımıyla hesaplanmıştır. Programa data girişi aşağıdaki sırada yapılmaktadır (Şekil 4.14):

- kesit boyutları ve paspayları,
- donatı boyutları ve düzeni,

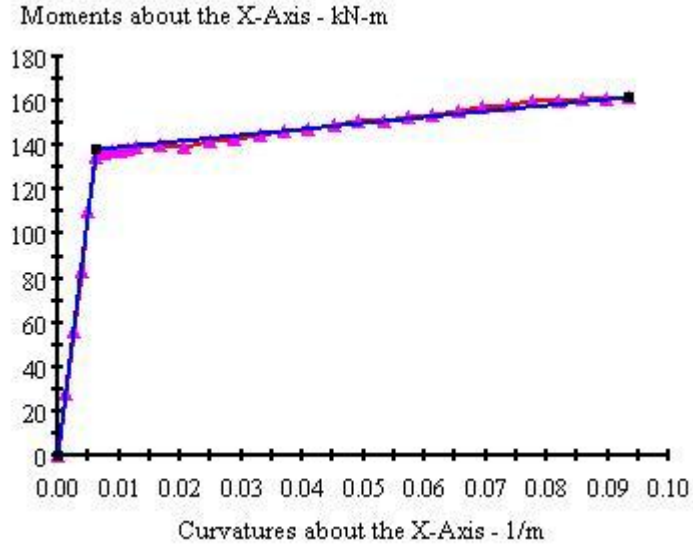
-S420 çelik ve C20 sargılı ve sargısız beton modelleri için gerilme-şekil değiştirme parametreleri DBYBHY-07 Bigilendirme Eki 7B'ye göre tanımlanmıştır.

Xtract programı, yukarıda tanımlanan bilgiler doğrultusunda kiriş kesitine ait moment eğrilik diyagramını, malzeme özelliklerinin şekil değiştirme ve eğrilik değerlerini hesaplamaktadır.



Şekil 4.14. Xtract programında sargılı beton modelinin tanımlanması

Kirişler için tek eksenli eğilme momenti analizi yapılmış olup, pozitif ve negatif yöndeki moment eğrilik ilişkisi program tarafından hesaplanmıştır. Program moment-eğrilik ilişkisini pekleşme etkisini de dikkate alarak Şekil 4.15 de görüldüğü gibi en iyi iki doğru ile idealize etmektedir.



Şekil 4.15. Kirişlerde moment-eğrilik ilişkisi

Xtract programıyla elde edilen tip kirişe ait moment-eğrilik ilişkisi değerleri Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Plastik mafsal boyu $L_p = h/2 = 50/2 = 25\text{cm}$

$\Phi = \Theta/L_p$ formülü ile akma ve plastik dönme değeri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.35. Tip kiriş pozitif yöndeki mafsal özellikleri

	Akma Momenti	Akma Eğriliği	Akma Dönmesi	Maksimum Plastik Moment	Maksimum Plastik Eğrilik	Maksimum Plastik Dönme
	$M_y(\text{kNm})$	$\Phi_y(1/\text{m})$	$\Theta_y(\text{rad})$	$M_p(\text{kNm})$	$\Phi_p(1/\text{m})$	$\Theta_p(\text{rad})$
Kiriş	86.45	5.888e-3	1.472e-3	104.26	0.1337	0.03343

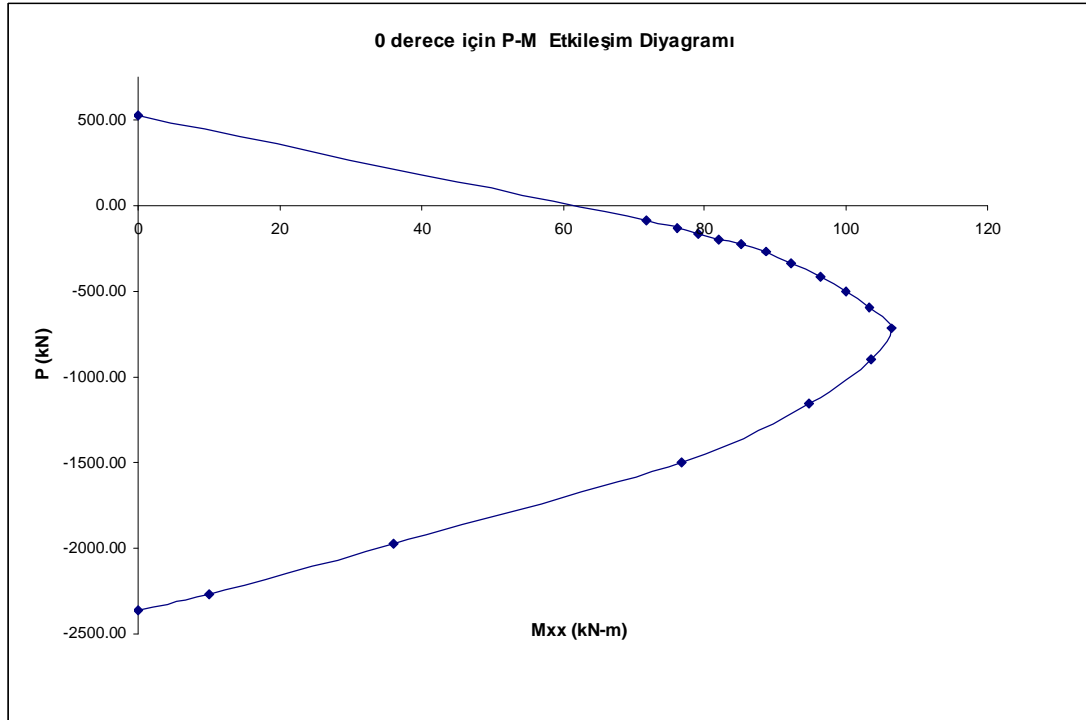
Çizelge 4.36. Tip kiriş negatif yöndeki mafsal özellikleri

	Akma Momenti	Akma Eğriliği	Akma Dönmesi	Maksimum Plastik Moment	Maksimum plastik Eğrilik	Maksimum plastik Dönme
	$M_y(\text{kNm})$	$\Phi_y(1/\text{m})$	$\Theta_y(\text{rad})$	$M_p(\text{kNm})$	$\Phi_p(1/\text{m})$	$\Theta_p(\text{rad})$
Kiriş	138.10	6.274e-3	1.569e-3	161.99	0.09342	0.02335

4.2.4.3. Kolonların Plastik Mafsal Özelliklerin Tanımlanması

Kolonlar için iki eksenli eğilme momenti ve normal kuvvet altında plastik mafsal oluşabildiğinden dolayı P-M2-M3 mafsal tanımlaması yapılmıştır. Yapımızda tek tip kolon olduğundan dolayı bir adet P-M2-M3 mafsal tanımı yapılmıştır. Xtract programıyla DBYBHY-07 Bölüm 7.4.11’de tanımlanan beton için maksimum basınç birim şekil değiştirmesi ($\epsilon_c=0.003$) ve donatı çeliği maksimum birim şekil değiştirme ($\epsilon_s=0.01$) değerleri kullanarak 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 derecelik açılarla 7 adet etkileşim diyagramları elde edilmiştir. Ancak; Xtract programında basınç yönü pozitif yön kabul edildiğinden dolayı normal kuvvet değerlerinin ters işaretleri alınarak hesaplanan etkileşim diyagramları Sap2000’e aktarılmıştır. Şekil(4.16)

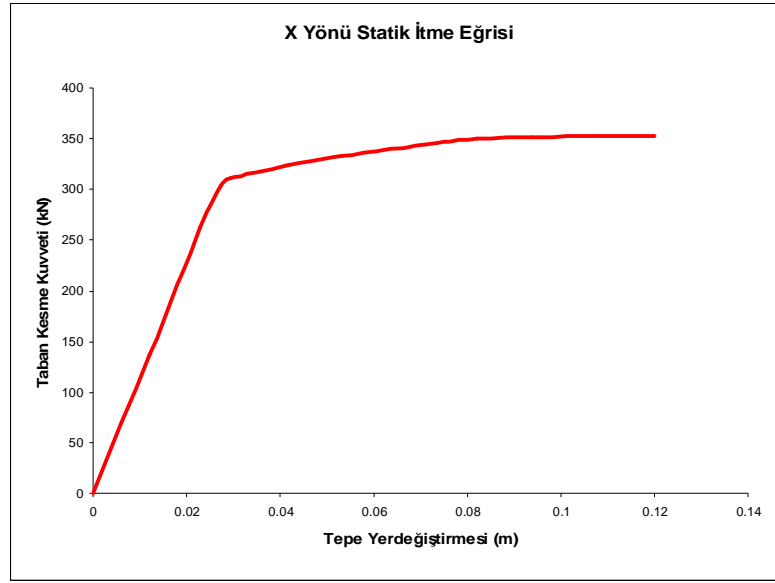
Sap2000’de kolonlar için normal kuvvet yönünden de mafsal tanımı yapıldığından dolayı Xtract programı yardımıyla DBYBHY-07 Bölüm 7.6.9’da tanımlanan her bir hasar durumu için Normal Kuvvet-Eğrilik diyagramı çizilecektir. Deprem isteminde oluşan normal kuvvet değerindeki itme yönü ile uyumlu momentten dolayı oluşan plastik eğrilik ile akma eğrilik değeri toplanarak, toplam eğrilik değeri elde edilecektir. Normal Kuvvet eğrilik grafiği üzerine itme analizini son adımında oluşan normal kuvvet ve toplam eğrilik değerleri işaretlenerek kolonun hasar bölgesi belirlenecektir.



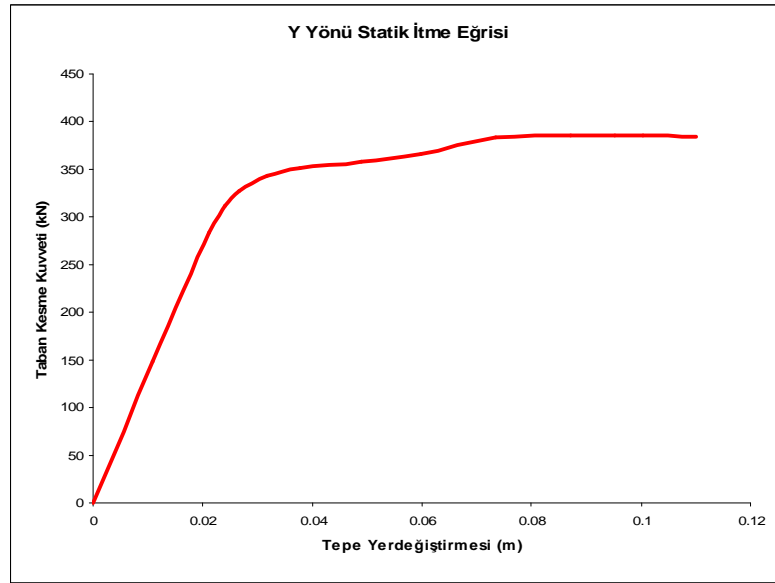
Şekil 4.16. 0° derece için P-M etkileşim diyagramı

4.2.4.4. Artımsal İtme Analizi (Pushover Analiz)

Yukarıda tanımlanan kolon ve kirişlerin mafsal özellikleri Sap2000 programında Assign-Frame-Hinges menüsünden ilgili elemanın net açıklarının uçlarına atanır. Bundan sonraki adım Statik itme analizi için analiz tanımlanmasıdır. Statik itme analizi iki aşamadan oluşur. Birinci aşama düşey yüklerin ($G+0.3Q$) dikkate alındığı nonlineer analiz yapılır. Bu analizin amacı: Düşey yüklerin deprem istem sınırına kadar, itme analizin her adımı için yapıya olan etkisini tanımlamaktır. İkinci aşama ise birinci aşamanın sonuçlarını başlangıç koşulları olarak dikkate alan deplasman kontrollü artımsal itme analizidir. Artımsal itme analizi sonucunda X ve Y Yönünde statik itme eğrisi Şekil 4.17’de ve Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.17. +X yönü statik itme eğrisi



Şekil 4.18. +Y yönü statik itme eğrisi

4.2.4.5. Modal Kapasite Diyagramının Elde Edilmesi

Her iki doğrultudaki statik itme eğrileri, spektral ivme-spektral yerdeğiştirme grafiğinde gösterilebilmesi için modal ivme modal yerdeğiştirme grafiğine çevrilmesi gerekir. Statik itme eğrisinin modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi

için etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi DBYBHY-07 Bölüm 7.6.5.4'e göre yapılarak X ve Y yönü için Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38'de verilmiştir

Çizelge 4.37. +X yönü etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi

Kat	m_i	Φ_{xN1}	$m_i\Phi_{xN1}$	$m_i\Phi_{xN1}^2$	L_{x1}	M_1	M_{x1}	Γ_{x1}
1	51.70	0.4115	21.27	8.75	33.60	11.69	96.55	2.87
Z	51.70	0.2384	12.32	2.94				

Çizelge 4.38. +Y yönü etkin kütle ve modal katkı çarpanının belirlenmesi

Kat	m_i	Φ_{yN1}	$m_i\Phi_{yN1}$	$m_i\Phi_{yN1}^2$	L_{y1}	M_1	M_{y1}	Γ_{y1}
1	51.70	0.4154	21.48	8.92	34.86	12.39	98.12	2.81
Z	51.70	0.2590	13.39	3.47				

DBYBHY-07 Bölüm 7.6.5.4'te tanımlanan Denk(7.1) ve Denk(7.2) denklemleri kullanılarak X ve Y yönündeki statik itme eğrisi modal ivme-modal yerdeğiştirme diyagramına dönüştürülmesi sırasıyla Çizelge 4.39 ve Çizelge 4.40'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. +X yönü modal kapasite değerlerinin elde edilmesi

$V_{ix}^{(i)}$ (kN)	$U_{xi}^{(i)}$ (m)	$d_1^{(i)}$ (m)	$a_1^{(i)}$ (m/sn ²)
0	0.000011	0.0000	0.0000
137.283	0.01201	0.0102	1.4220
262.452	0.02295	0.0194	2.7184
303.453	0.02733	0.0231	3.1431
311.205	0.02913	0.0246	3.2234
323.173	0.04127	0.0349	3.3474
332.349	0.05327	0.0450	3.4424
345.195	0.07342	0.0621	3.5755
350.019	0.08203	0.0694	3.6254
351.63	0.09403	0.0795	3.6421
351.854	0.09573	0.0810	3.6444
352.152	0.10773	0.0911	3.6475
352.436	0.11973	0.1013	3.6505
352.443	0.12001	0.1015	3.6505

Çizelge 4.40. +Y yönü modal kapasite değerlerinin elde edilmesi

$V_{iy}^{(i)}$ (kN)	$U_{yi}^{(i)}$ (m)	$d_1^{(i)}$ (m)	$a_1^{(i)}$ (m/sn ²)
0.00	0.00000	0.0000	0.0000
148.59	0.01100	0.0094	1.5144
283.36	0.02098	0.0179	2.8879
311.77	0.02403	0.0206	3.1775
326.57	0.02656	0.0227	3.3283
342.58	0.03180	0.0272	3.4915
351.35	0.03779	0.0323	3.5809
357.46	0.04879	0.0417	3.6432
366.25	0.05979	0.0511	3.7327
383.17	0.07351	0.0629	3.9052
385.68	0.08705	0.0745	3.9308
385.79	0.09512	0.0814	3.9320
385.45	0.10042	0.0859	3.9285
383.86	0.11000	0.0941	3.9122

4.2.4.6. Modal ve Tepe Yerdeğiştirme İsteminin Hesabı

X ve Y yönünde son itme adımıdaki modal yerdeğiştirme istemi DBYBHY-07 Bilgilendirme Eki 7C'ye göre; tepe yerdeğiştirme istemi ise DBYBHY-07 Denklem(7.5)'e göre yapılmıştır

X doğrultusu modal yerdeğiştirme istemi:

$$T_{x1}=0.50856\text{sn}>T_B=0.4\text{sn}$$

$$C_{R1}=1$$

$$\omega_1^2=(2\pi/T_{x1})^2=152.64$$

$$d_1=S_{d1}=0.053\text{m}(\text{Şekil 4.19})$$

X doğrultusu tepe yerdeğiştirme istemi:

$$u_{xN1} = 0.4115 \times 2.87 \times 0.053 = 0.063\text{m}$$

Y doğrultusu modal yerdeğiştirme istemi:

$$T_{y1}=0.46212>T_B=0.4\text{sn}$$

$$C_{R1}=1$$

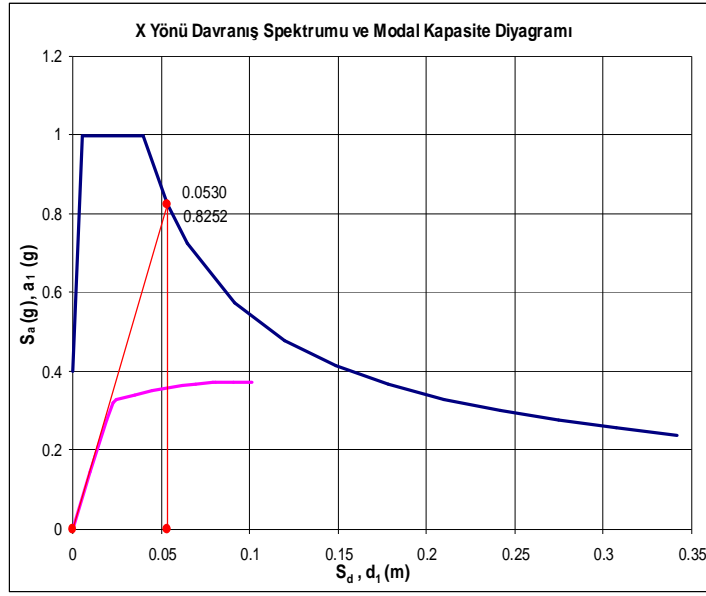
$$\omega_1^2=(2\pi/T_{y1})^2=184.86$$

$$d_1=S_{d1}=0.0473\text{m}(\text{Şekil 4.20})$$

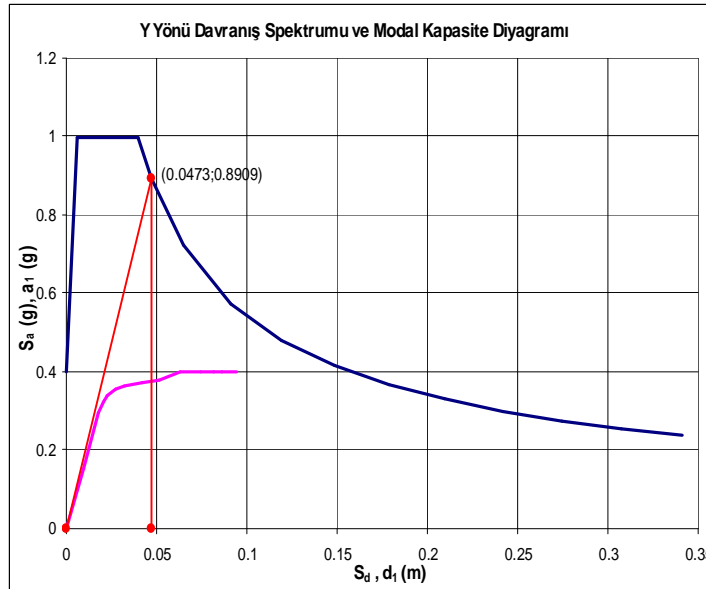
Y doğrultusu tepe yerdeğiştirme istemi:

$$u_{yN1} = 0.4154 \times 2.81 \times 0.0473 = 0.056\text{m}$$

+X ve +Y yönünde bulunan tepe yerdeğiştirme istemine ulaşıncaya kadar yeni bir itme analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda oluşan plastik dönme ve iç kuvvet istemleri Sap2000 programından alınmıştır.



Şekil 4.19. X Yönü Davranış Spektrumu ve Modal Kapasite Diyagramı



Şekil 4.20. Y Yönü Davranış Spektrumu ve Modal Kapasite Diyagramı

4.2.4.7. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kritik Kesitlerinde Eğilme Kapasitesiyle Uyumlu Kesme Kuvveti Kontrolü

a) Kirişlerde kesme kuvveti kapasitesi hesabı 4.2.3.5’de doğrusal elastik yöntemde hesaplanmış olup kesit özellikleri, donatı düzeni ve etriye aralıkları dikkate alınarak $V_r=196.98$ kN bulunmuştu.

Örnek olarak K3 kirişi için yapılan hesaplar aşağıda verilmiştir.

X yönü i ucu için tasarım depremi kesme kuvveti istemi $V_{ei}=85.63$ kN’dur

X yönü j ucu için tasarım depremi kesme kuvveti istemi $V_{ej}=13.73$ kN’dur

$V_r > V_e$ olduğundan dolayı kiriş elemanımız sünekler. Mafsallaşmanın olduğu diğer kirişlerde kesme kuvveti kapasitesi kontrolü Çizelge 4.41 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.41. Kirişlerde kesme kuvveti kapasitesi kontrolü

	Kiriş Adı		V_e (kN)		V_r (kN)
X Yönü Kirişler	KZ1	i	13.73	<	196.98
	KZ1	j	85.63	<	196.98
	KZ2	i	-0.592	<	196.98
	KZ2	j	100.318	<	196.98
	KZ3	i	13.73	<	196.98
	KZ3	j	85.63	<	196.98
Y Yönü Kirişler	KZ4	i	47.94	<	196.98
	KZ4	j	84.94	<	196.98
	KZ5	i	61.23	<	196.98
	KZ5	j	98.235	<	196.98
	KZ6	i	47.94	<	196.98
	KZ6	j	84.94	<	196.98
	KZ7	i	61.23	<	196.98
	KZ7	j	98.235	<	196.98

b) Kolonlarda kesme kuvveti kapasitesi TS500’de tanımlanan aşağıdaki formüllerle yapılacaktır.

Örnek olarak Zemin kat S2 kolonu i için yapılan hesaplar aşağıda verilmiştir.

ZS2 kolunu +X yönü için i ucu:

$$N_D=198.51 \text{ kN}$$

$$\gamma=0.07$$

$$V_c = 0.8 * 0.65 * 1.6 * 300 * 270(1 + 0.07 * 198510/300 * 300)$$

$$V_c=77.80 \text{ kN.}$$

$$V_w = \frac{100.53 * 420 * 270}{200} = 57.00 \text{ kN}$$

$$V_r=77.80+57.00=134.80 \text{ kN}$$

$$V_e=59.99 \text{ kN}$$

$V_r > V_e$ olduğundan dolayı ZS2 kolonu +X yönü tasarım depremi için sünektr. Diğer kolonların +X ve +Y yönü tasarım depremine göre kesme kuvveti kontrolü hesabı sırasıyla Çizelge 4.42 ve Çizelge 4.43'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. +X yönü kolon kesme kuvveti kontrolü

Kolon	N_D (kN)	V_c (kN)	V_w (kN)	V_r (kN)		V_e (kN)
ZS1	43.90	69.69	57.00	126.69	>	49.44
1S1	-	-	-	-		-
ZS2	198.51	77.80	57.00	134.80	>	59.99
	192.32	77.47	57.00	134.47	>	59.99
1S2	81.29	71.65	57.00	128.65	>	46.89
ZS3	130.63	74.24	57.00	131.24	>	56.24
1S3	-	-	-	-		-
ZS4	291.30	82.66	57.00	139.66	>	64.65
	285.12	82.34	57.00	139.34	>	64.65
1S4	131.27	74.27	57.00	131.27	>	50.58
ZS5	43.90	69.69	57.00	126.69	>	49.44
1S5	-	-	-	-		-
ZS6	198.51	77.80	57.00	134.80	>	59.99
	192.32	77.47	57.00	134.47	>	59.99
1S6	81.29	71.65	57.00	128.65	>	46.89

Çizelge 4.43. +Y yönü kolon kesme kuvveti kontrolü

Kolon	N _D (kN)	V _c	V _w	V _r		V _e
ZS1	237.67	79.85	57.00	136.85	>	53.36
	231.49	79.53	57.00	136.53	>	53.36
1S1						
ZS2	237.67	79.85	57.00	136.85	>	53.36
	231.49	79.53	57.00	136.53	>	53.36
1S2						
ZS3	188.82	77.29	57.00	134.29	>	65.89
	182.64	76.97	57.00	133.97	>	65.89
1S3	103.18	72.80	57.00	129.80	>	55.05
	97.56	72.51	57.00	129.51	>	55.05
ZS4	188.82	77.29	57.00	134.29	>	65.89
	182.64	76.97	57.00	133.97	>	65.89
1S4	103.18	72.80	57.00	129.80	>	55.05
	97.56	72.51	57.00	129.51	>	55.05
ZS5	26.88	68.80	57.00	125.80	>	63.50
	20.70	68.48	57.00	125.48	>	63.50
1S5						
ZS6	26.88	68.80	57.00	125.80	>	63.50
	20.70	68.48	57.00	125.48	>	63.50
1S6						

4.2.4.8. Kolon Kiriş Bölgelerinin Kesme Kuvveti Kontrolü

Kolon kiriş bölgelerinin birleşim bölgelerinin kontrolü DBYBHY-07 Bölüm 7.6.11.2'ye göre hesaplanmış olup; DBYBHY-07 Denk(3.11)'e göre hesaplanan kesme kuvveti istemi DBYBHY-07 Bölüm 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak V_{kol} yerine doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti istemi kullanılmıştır.

Örnek olarak ZS1-1S1 kolonu birleşim bölgesinde

$$A_{s1}=0; A_{s2}=462 \text{ mm}^2$$

$$V_{kol}=\min(49.44;22.58)$$

$$V_e = 1.25 * 420 * (462)/1000 - 22.58 = 219.97 \text{ kN}$$

$$V_r=810 \text{ kN}$$

$V_e < V_r$ olduğundan kolon kiriş bölgesi sünekler. Diğer kolon-kiriş bölgesi için +X ve +Y yönünde yapılan hesaplar sırasıyla Çizelge 4.44 ve Çizelge 4.45'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. +X yönü kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kuvveti kontrolü

		$A_{s1}(mm^2)$	$A_{s2}(mm^2)$	$V_{kol}(kN)$	$V_e(kN)$		$V_r(kN)$
ZS1	---;-K1		462	22.58	219.97	<	810
1S1	---;-K1		462	22.58	219.97	<	810
ZS2	---;-K2		462	46.89	195.66	<	810
1S2	---;-K2		462	46.89	195.66	<	810
ZS3	---;-K3		462	24.96	217.59	<	810
1S3	---;-K3		462	24.96	217.59	<	810
ZS4	K4;---	770		50.58	353.67	<	810
1S4	K4;---	770		50.58	353.67	<	810
ZS5	K5;---	770		22.58	381.67	<	810
1S5	K5;---	770		22.58	381.67	<	810
ZS6	K6;---	770		46.89	357.36	<	810
1S6	K6;---	770		46.89	357.36	<	810

Çizelge 4.45. +Y yönü kolon kiriş birleşim bölgelerinin kesme kuvveti kontrolü

		$A_{s1}(mm^2)$	$A_{s2}(mm^2)$	$V_{kol}(kN)$	$V_e(kN)$		$V_r(kN)$
ZS1	---;-K4		462	37.81	204.74	<	810
1S1	---;-K4		462	37.81	204.74	<	810
ZS2	K4;K5	770	462	37.81	608.99	<	810
1S2	K4;K5	770	462	37.81	608.99	<	810
ZS3	K5;--	770		55.05	349.20	<	810
1S3	K5;--	770		55.05	349.20	<	810
ZS4	---;K6		462	55.05	187.50	<	810
1S4	---;K6		462	55.05	187.50	<	810
ZS5	K6;K7	770	462	19.71	627.09	<	810
1S5	K6;K7	770	462	19.71	627.09	<	810
ZS6	K7;---	770		19.71	384.54	<	810
1S6	K7;---	770		19.71	384.54	<	810

4.2.4.9. Kirişlerin Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Hesabı

Her iki doğrultuda tepe yerdeğiştirme istemine ulaşınca kadar yapılan yeni bir itme analizi sonucunda kirişlerin net açıklıkların uçlarında ulaşan plastik dönme istemleri ve bunlara karşılık gelen plastik eğrilik istemleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır. Kirişlerin akma eğrilikleri ile itme analizinden elde edilen plastik eğrilikler toplanarak toplam eğrilik istemi elde edilmiştir. Toplam eğrilik değerinde oluşan sargılı, sargısız beton ve donatı çeliğinde oluşan şekildeğiştirme değerleri DBYBHY-07 Bölüm 7.6.9'daki hasar sınır değerleri ile karşılaştırılarak kesitin hasar bölgesi belirlenmiştir

Örnek olarak zemin kat K1 kirişi için yapılan hesaplar aşağıda verilmiştir.

Zemin kat K1 kirişi i ucu:

$$\Theta_p = 0.007057 \text{ rad} \quad (\text{Plastik Dönme})$$

$$\Phi_p = \Theta_p / L_p = 0.007057 / 0.25 = 0.028228 \text{ 1/m} \quad (\text{Plastik Eğrilik})$$

$$\Phi_y = 0.005888 \text{ 1/m} \quad (\text{Akma Eğriliği})$$

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p = 0.005888 + 0.028228 = 0.034116 \text{ 1/m} \quad (\text{Toplam Eğrilik})$$

Toplam eğrilik değerinde malzeme şekil değiştirme değerleri:

$$\text{Eriye içi bölgenin en dış lifindeki beton basınç şekil değiştirme} \quad : \epsilon_{cu} = 0.0143$$

$$\text{Donatı birim şekil değiştirme} \quad : \epsilon_s = 0.014$$

Bu değerlere göre zemin kat K1 kirişi (i) ucunda kesit hasarı göçme sınırı ile güvenlik sınırı arasında kalmış olup “İleri Hasar Bölgesi” aralığındadır.

Zemin kat K1 Kirişi (j) ucu:

$$\Theta_p = -0.005868 \quad (\text{Plastik Dönme})$$

$$\Phi_p = \Theta_p / L_p = -0.005868 / 0.25 = -0.023472 \quad (\text{Plastik Eğrilik})$$

$$\Phi_y = -0.006274 \quad (\text{Akma Eğriliği})$$

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p = -0.005868 + (-0.006274) = -0.029746 \quad (\text{Toplam Eğrilik})$$

Toplam eğrilik değerinde malzeme şekil değiştirme değerleri:

$$\text{Eriye içi bölgenin en dış lifindeki beton basınç şekil değiştirme} \quad : \epsilon_{cu} = 0.0118$$

$$\text{Donatı birim şekil değiştirmesi} \quad : \epsilon_s = 0.012$$

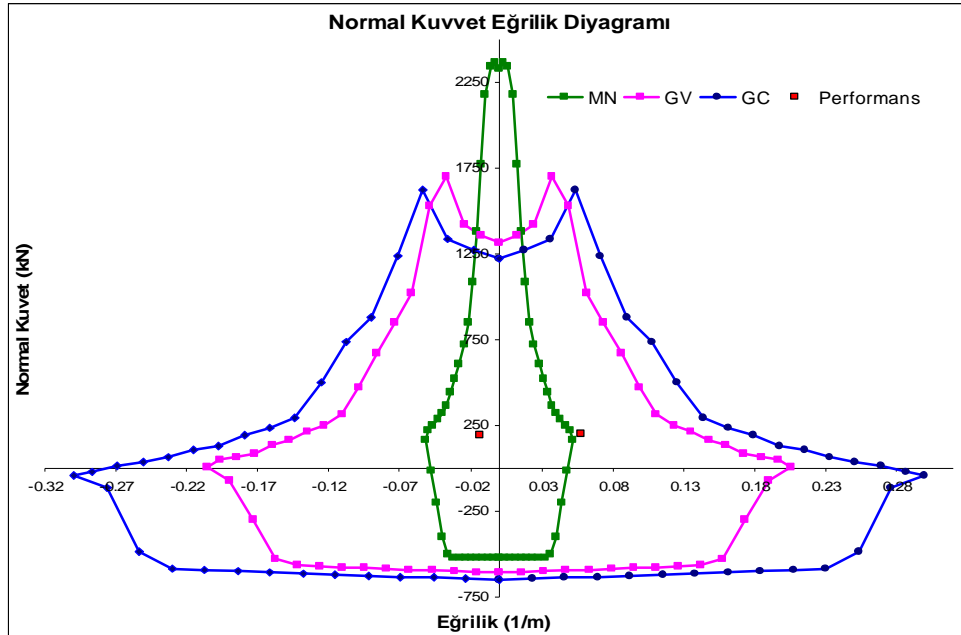
Bu değerlere göre zemin kat K1 kirişi (j) ucunda kesit hasarı Minimum Hasar Sınırı ile Güvenlik Sınırı arasında kalmış olup “Belirgin Hasar Bölgesi” aralığındadır

Zemin kat K1 kirişi +X yönüne göre “İleri Hasar Bölgesi”ndedir.

4.2.4.10. Kolonların Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Hesabı

Kolonlar için Sap2000 programına P-M2-M3 mafsal tanımı yapılmıştır. Yapılan İtme analizi sonucu eğilme isteminde toplam dönme değeri yeterli olmamakta, bunun yanı sıra deprem etkisinde normal kuvvet istemi altında moment eğrilik ilişkisine ihtiyaç duyulur. Bu noktada Xtract programı çok kolaylık sağlamaktadır. Xtract programıyla DBYBHY-07 Bölüm 7.6.9'da tanımlanan hasar sınırları için tanımlanan birim şekildeğiştirme değerleri kullanılarak Normal kuvvet-Eğrilik diyagramı elde edilir. İtme analizi sonucu elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsal boyuna bölünerek plastik eğrilik değeri elde edilir. Plastik eğrilik değeriyle akma eğrilik değeri toplanarak toplam eğrilik elde edilir. Normal kuvvet değeri ile toplam eğrilik değeri Xtract programıyla tanımlanan Normal kuvvet-Eğrilik diyagramında gösterilerek kesitin hasar sınırı tespit edilmiş olur

Örnek olarak ZS2 kolonu (i) ucu Belirgin hasar bölgesinde (j) ucu minimum hasar bölgesinde olup; ZS2 kolonu +X yönü tasarım depremi için Belirgin hasar bölgesindedir (Şekil 4.21)



Şekil 4.21. SZ1 kolunu +X yönü tasarım depremi için performans değerlendirilmesi

4.2.5. Doğrusal Elastik ve Doğrusal Elastik Olmayan Analiz Yöntemlerinin Kesit Düzeyinde Karşılaştırılması ve Bina Performansının Belirlenmesi

Örnek 2 yapımız doğrusal elastik yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi yapılmıştır. Örnek yapı konut olarak modellendiğinden dolayı her iki yöntemde de 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım deprem kuvvetinde Can güvenliği performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

Çizelge 4.46 görüldüğü gibi kolonlar her iki yöntemde de ileri hasar bölgesine geçmemiş olup Belirgin Hasar Bölgesi'nde kalmışlardır. Eşdeğer Deprem yükü yönteminde ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ile itme analizinde zemin katta benzer sonuçlar çıkmıştır ancak 1. kat kolonlarında farklı sonuçlar çıkmıştır.

Çizelge 4.47'de görüldüğü gibi zemin kat kirişlerinde +X yönü depremde doğrusal yöntemle belirgin hasar bölgesi çıkmasına rağmen doğrusal olmayan analiz yönteminde ileri hasar bölgesi çıkmıştır. +Y depremde zemin kattaki kirişler doğrusal yöntemde belirgin ve minimum hasar bölgesinde olmasına rağmen doğrusal olmayan yöntemde bütün kirişler belirgin hasar bölgesindedir.

Bina performansının belirlenmesi:

a). Çizelge 4.48 ve Çizelge 4.49'un incelenmesi neticesinde; doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemine göre +X yönü için zemin kattaki kolon ve kirişlerin %100'ü belirgin hasar bölgesindedir. 1. kattaki kolon ve kirişlerin %100'ü minimum hasar bölgesindedir. +Y yönü için zemin kattaki kolonların %100'ü belirgin hasar bölgesindedir. Kirişlerin %50'si belirgin hasar bölgesinde olup ileri hasar bölgesine geçen kolon yoktur. 1. kattaki kolonların %33'ü belirgin hasar bölgesinde olup ileri hasar bölgesine geçen kolon yoktur. 1. kattaki kirişlerin %50'si minimum hasar bölgesindedir. Belirgin ve ileri hasar bölgesine geçen kiriş yoktur. Örnek yapı doğrusal elastik eşdeğer yöntemine göre "Can Güvenliği" performansını sağlamıştır.

b). Çizelge 4.48 ve Çizelge 4.49'un incelenmesi neticesinde; doğrusal elastik olmayan artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönü için zemin kattaki kolonların %100'ü belirgin hasar bölgesinde ve kirişlerin %100'ü ileri hasar

bölgesindedir. 1. kattaki kolonların %50si minimum hasar bölgesinde olup belirgin ve ileri hasar bölgesine geçen kolon yoktur. Kirişlerde hasar oluşmamıştır. +Y yönü için zemin kat kolon ve kirişlerin %100'ü belirgin hasar bölgesindedir. 1. kattaki kolonların %33'ü minimum hasar bölgesinde olup; belirgin ve ileri hasar bölgesine geçen kolon yoktur. 1. kattaki kirişlerde hasar oluşmamıştır. Örnek yapı doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal itme analizi yöntemine göre “Can Güvenliği” performansını sağlamamıştır.

Çizelge 4.46. Kolonların doğrusal elastik eşdeğer deprem yükü yöntemi ve doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile hasar bölgelerinin Karşılaştırılması

	Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal İtme Analizi	Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal İtme Analizi
Kolon	Tasarım Depremi (+X)		Tasarım Depremi (+Y)	
ZS1	BH	BH	BH	BH
ZS2	BH	BH	BH	BH
ZS3	BH	BH	BH	BH
ZS4	BH	BH	BH	BH
ZS5	BH	BH	BH	BH
ZS6	BH	BH	BH	BH
1S1	MH	-	MH	-
1S2	MH	MH	MH	-
1S3	MH	-	BH	MH
1S4	MH	MH	BH	MH
1S5	MH	-	MH	-
1S6	MH	MH	MH	-

Çizelge 4.47. Kirişlerin Doğrusal Elastik Eşdeğer deprem yükü yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile hasar bölgelerinin Karşılaştırılması

		Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	Doğrusal Elastik Olmayan Artımsal İtme Analizi Yöntemi
		+X Deprem Yönü	
	Kiriş		
ZEMİN KAT	K1	BH	İH
	K2	BH	İH
	K3	BH	İH
1.KAT	K1	MH	-
	K2	MH	-
	K3	MH	-
		+Y Deprem Yönü	
ZEMİN KAT	K4	BH	BH
	K5	MH	BH
	K6	BH	BH
	K7	MH	BH
1.KAT	K4	MH	-
	K5	-	-
	K6	MH	-
	K7	-	-

Çizelge 4.48. +X yönü taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları

		+X Yönü Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi			+X Yönü Artımsal İtme Analizi Yöntemi		
		MHB %	BHB %	İHB %	MHB %	BHB %	İHB %
Zemin Kat	Kolon	0	100	0	0	100	0
	Kiriş	0	100	0	0	0	100
1.Kat	Kolon	100	0	0	50	0	0
	Kiriş	100	0	0	0	0	0

Çizelge 4.49. +Y yönü taşıyıcı sistem elemanları hasar oranları

		+Y yönü Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi			+Y yönü Artımsal İtme Analizi Yöntemi		
		MHB %	BHB %	İHB %	MHB %	BHB %	İHB %
Zemin Kat	Kolon	0	100	0	0	100	0
	Kiriş	50	50	0	0	100	0
1.Kat	Kolon	67	33	0	33	0	0
	Kiriş	50	0	0	0	0	0

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında mevcut binaların tasarım depreminde yapının performans analizinin doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır. Uygulanan performans yöntemleri DBYBHY-07 Bölüm 7’de açıklanan hesap yöntemlerinden doğrusal performans analizlerinden “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ve doğrusal olmayan “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi Yöntemi” dir.

Örnek 1 ‘de 8 katlı bir bina önce STA4CAD programında DBYBHY-07’ye göre tasarlanmış ve tasarlanan bina mevcut bir yapı gibi kabul edilerek doğrusal elastik hesap yöntemiyle performans değerlendirilmesi yapılmaya çalışılmıştır. DBYBHY-07’in tasarım esasları dikkate alınarak tasarlanan binanın özellikle zemin kat ve 1. kattaki bazı taşıyıcı sistem elemanlarında ileri hasar düzeyinin ortaya çıkması dikkat çekici bulunmuştur. Performans analizi yapılan binanın ileri hasar bölgesine geçen taşıyıcı sistem elemanları olmasına rağmen, yapının DBYBHY-07 Bölüm 7.7.3’e göre değerlendirilmesi neticesinde “Can Güvenliği” performans düzeyini sağladığı görülmüştür.

Örnek 2’de SAP2000 programında matematik modeli oluşturulan 2 katlı bir yapı ele alınmış ve DBYBHY-07 Bölüm 7 de tanımlandığı şekilde +X, +Y yönünde eşdeğer deprem yüğü yöntemi ve Artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile performans analizi yapılmıştır.

Artımsal eşdeğer depreme yüğü yöntemi ile itme analizi yöntemiyle analiz yapılırken SAP2000 programına taşıyıcı sistem elemanlarının malzeme ve kesit özelliklerinden dolayı oluşan etkileşim diyagramları, moment-eğrilik diyagramları, kesit birim şekildeğiştirme değerleri girilmiştir. Sap2000’de mafsal özelliklerinin tanımlanmasında XTRACT programıyla elde edilen değerler kullanılmıştır.

Her iki yöntemle yapılan analizler sonucu hiçbir kolonun ileri hasar bölgesine geçmediği gözlenmiştir. Doğrusal elastik yöntemle yapılan analizde kirişler belirgin hasar veya minimum hasar bölgesinde kalmasına rağmen, doğrusal elastik olmayan yöntemle yapılan analizde bazı kirişler ileri hasar bölgesine geçmiştir. Sonuçların

birebir aynı sonucu vermemesi iki yöntemin yapının performans analizinin yapılmasında ve değerlendirilmesin de farklı yaklaşımları temel almasıdır.

Her iki yöntemle yapılan analiz sonucunda; en elverişsiz sonucu Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi İle İtme Analizi Yöntemi vermiştir. Örnek 2 yapımızın zemin kat kirişleri +X yönü tasarım depremi için doğrusal elastik olmayan yöntemle göre ileri hasar bölgesine geçtiğinden dolayı can güvenliği performans düzeyi sağlanamamış olup zemin kat kirişlerinde güçlendirme yapılması düşünülebilir.

KAYNAKLAR

- ARSLAN, YASİN, 2007, Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler Kullanılarak belirlenmesi ve Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- AYDINOĞLU, N., 2006, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik kapsamında Depreme Dayanıklı Tasarımın Genel İlkeleri
- BİLGİN, H., BAYTAN, H., B., İNEL, M., 2005, Deprem Sempozyumu, Kamu Yapılarının Performanslarının Doğrusal Ötesi Davranış Modelleriyle Değerlendirilmesi, Kocaeli
- CELEP, Z., 2008, Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliğinin Belirlenmesi
- CELEP, Z., KUMBASAR N., 2004, Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul
- CELEP, Z., 2008, İMO İstanbul Şubesi Meslek İçi Eğitim Semineri, Mevcut Betonarme Binaların Deprem güvenliğinin Değerlendirilmesi
- DBYBHY,2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- ERSOY, U, 1997, Kolon Etkileşim Diyagramı Excel programı, Kiriş Analizi Excel Programı
- KARAYEL, V., 2008, İMO İstanbul Şubesi Güz Dönemi Seminerleri, Depremde Bina Performansının 2007 Deprem Yönetmeliği Çerçevesinde Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesine Daha Pratik Alternatif Bir Yaklaşım
- KORKMAZ, K., A., DÜZGÜN, M., 2006, Statik Artımsal İtme Analizinde Kullanılan Yük Dağılımlarının Değerlendirilmesi, . İMO Teknik Dergi, 3873-3878, Yazı 255, Kısa Bildiri
- KUTANİS, M., 2008, Yapı ve Deprem Mühendisliğinde Performans Yaklaşımı-2, İMO, Sakarya Bülteni
- İNEL, M., BİLGİN, H., ÖZMEN, H., B., 2007, Okul Binalarının Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Değerlendirilmesi

- ÖZMEN, G., ORAKDÖĞEN, E., DARILMAZ, K., 2009, Örneklerle Sap200 V.12, İstanbul, 478s
- SAP2000 V.14.2.3 Computers and Structures, Inc., 1978-2010, 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA, <http://www.csiberkeley.com>
- STA4CAD V11, Yapı Analiz Programı
- SUCUOĞLU, H., 2009, Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi
- TS 500, 2001, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
- UGUN, G., CELEP, Z., 2007, Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007) deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırılmalı İncelenmesi
- XTRACT V.3.0.8, IMBSEN & ASSOCIATES, INC, 9912 Business Park Drive, Suite 130, Sacramento, CA 95827, <http://www.imbsen.com>

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Osmaniye’de doğdu. İlkokulu Güneysu İlköğretim Okulunu bitirdi. Ortaokulu Osmaniye İmam Hatip Lisesini bitirdi. Liseyi Erzurum İmam Hatip Lisesini bitirdi. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi İnşaat Mühendisliği lisans programını kazandı. 2005 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümünden Fakülte birincisi olarak mezun oldu. 2007 yılında İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Adana Devlet Hava Meydanları İşletmesi Müdürlüğü’nde İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

EKLER

Örnek 2'ye Ait Ekler

			G+0.3Q		+X		+X		+X
			Nd	Md	Ne	Me	Nk	Mk	r
S1	Z	i	122.90	-4.27	-187.52	200.70	54.61	68.57	2.76
		j	116.71	7.66	-187.52	-158.12	28.92	-66.02	2.15
	1	i	60.51	-16.95	-59.72	97.47	10.70	63.68	1.21
		j	54.89	20.00	-59.72	-122.04	13.30	-64.44	1.45
S2	Z	i	122.90	-4.27	187.52	200.70	204.79	83.00	2.30
		j	116.71	7.66	187.52	-158.12	227.34	-85.09	1.70
	1	i	60.51	-16.95	59.72	97.47	117.34	74.99	1.06
		j	54.89	20.00	59.72	-122.04	101.04	-73.62	1.30
S3	Z	i	207.58	-5.85	-214.60	242.20	134.26	76.63	2.94
		j	201.39	10.49	-241.60	-191.09	95.29	-73.10	2.29
	1	i	103.97	-21.74	-68.43	125.68	54.45	68.55	1.39
		j	98.35	25.29	-68.43	-153.75	56.24	-68.79	1.63
S4	Z	i	207.58	-5.85	214.60	242.20	292.98	90.17	2.52
		j	201.39	10.49	241.60	-191.09	331.91	-92.20	1.86
	1	i	103.97	-21.74	68.43	125.68	159.20	78.89	1.25
		j	98.35	25.29	68.43	-153.75	144.43	-77.55	1.49
S5	Z	i	122.90	-4.27	-187.52	200.70	54.81	68.59	2.75
		j	116.71	7.66	-187.52	-158.12	28.92	-66.02	2.15
	1	i	60.51	-16.95	-59.72	97.47	10.70	63.68	1.21
		j	54.89	20.00	-59.72	-122.04	13.30	-64.44	1.45
S6	Z	i	122.90	-4.27	187.52	200.70	204.79	83.00	2.30
		j	116.71	7.66	187.52	-158.12	227.34	-85.09	1.70
	1	i	60.51	-16.95	59.72	97.47	117.34	74.99	1.06
		j	54.89	20.00	59.72	-122.04	101.04	-73.62	1.30

			G+0.3Q		+Y		+Y		+Y
			Nd	Md	Ne	Me	Nk	Mk	r
S1	Z	i	122.90	1.07	271.29	206.90	234.27	85.68	2.45
		j	116.71	-1.92	271.29	-174.62	251.15	-88.05	2.03
	1	i	60.51	3.77	81.33	98.49	119.96	75.26	1.38
		j	54.89	-4.15	81.33	-118.47	102.98	-73.80	1.70
S2	Z	i	122.90	1.07	271.29	206.90	234.27	85.68	2.45
		j	116.71	-1.92	271.29	-174.62	251.15	-88.05	2.03
	1	i	60.51	3.77	81.33	98.49	119.96	75.26	1.38
		j	54.89	-4.15	81.33	-118.47	102.98	-73.80	1.70
S3	Z	i	207.58	0.00	0.00	244.76	207.58	83.26	2.94
		j	201.39	0.00	0.00	-234.77	201.39	-82.90	2.83
	1	i	103.97	0.00	0.00	168.25	103.97	73.63	2.28
		j	98.35	0.00	0.00	-173.48	98.35	-73.38	2.36
S4	Z	i	207.58	0.00	0.00	244.76	207.58	83.26	2.94

	j	201.39	0.00	0.00	-234.77	201.39	-82.90	2.83	
1	i	103.97	0.00	0.00	168.25	103.97	73.63	2.28	
	j	98.35	0.00	0.00	-173.48	98.35	-73.38	2.36	
S5	Z	i	122.90	-1.07	-271.29	206.90	34.27	66.30	3.07
		j	116.71	1.92	-271.29	-174.62	13.24	-64.43	2.63
	1	i	60.51	-3.77	-81.33	98.49	5.00	63.04	1.47
		j	54.89	4.15	-81.33	-118.47	7.93	-63.89	1.74
S6	Z	i	122.90	-1.07	-271.29	206.90	34.27	66.30	3.07
		j	116.71	1.92	-271.29	-174.62	13.24	-64.43	2.63
	1	i	60.51	-3.77	-81.33	98.49	5.00	63.04	1.47
		j	54.89	4.15	-81.33	-118.47	7.93	-63.89	1.74

--	S5	K1	+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	---Sol Kiriş	K1-Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				68.59		<	127.27
	j				158.12	53.48	48.83	<	125.91
	i	2.5	86.45		97.47	32.97		<	124.95
1	j					64.44	38.96	<	125.09

--	S5	K4	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	---Sol Kiriş	K4-Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				66.30		<	126.19
	j				174.62	55.27	48.63	<	125.09
	i	2.5	86.45		98.49	31.18		<	124.66
1	j					63.89	38.03	<	124.81

--	S3	K2	+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	---Sol Kiriş	K2-Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				76.63		<	131.43
	j				191.09	52.15	51.51	<	129.39
	i	2.5	86.45		125.68	34.30		<	127.25
1	j					68.79	41.24	<	127.34

--	S3	K5	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	K4-Sol Kiriş	K5-Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				83.26		<	135.27
	j				234.77	130.81	85.63	<	134.95
	i	2.5	138.1	86.45	168.25	93.74		<	129.84
1	j					73.38	66.85	<	129.55

--	S1	K3	+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	---Sol Kiriş	K3-Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				68.57		<	127.26
	j				158.12	53.48	48.82	<	125.91
	i	2.5	86.45		97.47	32.97		<	124.95
1	j					64.44	38.96	<	125.09

--	S1	--	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.			$V_r=0.8 * 0.65 \text{ fctm bw d} (1 + \gamma N / \text{Ac}) + \text{Asw fywm d/s}$
30x30 ø8/20		ln	K5-Sol Kiriş	---Sağ Kiriş	Me	Mk	Ve		
Z	i	2.5				85.68		<	136.67
	j				174.62	88.30	69.59	<	137.56
	i	2.5	138.1		98.49	49.80		<	130.68
1	j					73.80	49.44	<	129.79

K1	S6		+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			K1-Sol Kiriş	-Sağ Kiriş	Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5				83.00		<	135.13
	j				158.12	85.44	67.38	<	136.31
1	i	2.5	138.1		97.47	52.66		<	130.54
	j					73.62	50.52	<	129.69

--	S6	K6	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			---Sol Kiriş		Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5				66.30		<	126.1894635
	j				174.62	55.27	48.63	<	125.0872641
1	i	2.5		86.45	98.49	31.18		<	124.6550135
	j					63.89	38.03	<	124.808754

K2	S4		+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			K2-Sol Kiriş	-Sağ Kiriş	Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5				90.17		<	139.75
	j				191.09	83.31	69.39	<	141.79
1	i	2.5	138.1		125.68	54.79		<	132.74
	j					77.55	52.94	<	131.96

K6	S4	K7	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			K4-Sol Kiriş	K5-Sağ Kiriş	Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5			0.00	83.26		<	135.27
	j				234.77	130.81	85.63	<	134.95
1	i	2.5	138.1	86.45	168.25	93.74		<	129.84
	j				0.00	73.38	66.85	<	129.55

K2	S2		+X YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+X YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+X YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			K2-Sol Kiriş	-Sağ Kiriş	Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5				83.00		<	135.13
	j				158.12	85.44	67.38	<	136.31
1	i	2.5	138.1		97.47	52.66		<	130.54
	j					73.62	50.52	<	129.69

K7	S2	--	+Y YÖNÜ İLE UYUMLU KİRİŞ KAP.		+Y YÖNÜ DEPREM MOMENTİ	+Y YÖNÜ KOLON KAP.	Ve		Vr=0.8 * 0.65 fctm bw d (1 + γ N / Ac)+Asw fywm d /s
			K5-Sol Kiriş	---Sağ Kiriş	Me	Mk			
30x30 φ 8/20		ln							
Z	i	2.5				85.68		<	136.67
	j				174.62	88.30	69.59	<	137.56
1	i	2.5	138.1		98.49	49.80		<	130.68
	j					73.80	49.44	<	129.79

		+X YÖNÜ S1,S2,S3,S4,S5,S6(30x30) KOLONU KİRİŞ BÖLGESİ KESME KONTROLÜ					
					Ve = 1.25 fym (As1 + As2) – Ve(kol)		Vr = 0.45 bj h fcm; Vr = 0.6 bj h fcm
		As1	As2	Ve(kol)	Ve		Vr
ZS1	---;-K1		462	38.96	203.59	<	810
1S1	---;-K1		462	38.96	203.59	<	810
ZS2	---;-K2		462	50.52	192.03	<	810
1S2	---;-K2		462	50.52	192.03	<	810
ZS3	---;-K3		462	41.24	201.31	<	810
1S3	---;-K3		462	41.24	201.31	<	810
ZS4	K4;---	770		52.94	351.31	<	810
1S4	K4;---	770		52.94	351.31	<	810
ZS5	K5;---	770		38.96	365.29	<	810
1S5	K5;---	770		38.96	365.29	<	810
ZS6	K6;---	770		50.52	353.73	<	810
1S6	K6;---	770		50.52	353.73	<	810

		+Y YÖNÜ S1,S2,S3,S4,S5,S6(30x30) KOLONU KİRİŞ BÖLGESİ KESME KONTROLÜ					
					Ve = 1.25 fym (As1 + As2) – Ve(kol)		Vr = 0.45 bj h fcm; Vr = 0.6 bj h fcm
		As1	As2	Ve(kol)	Ve		Vr
ZS1	---;-K4		462	38.03	204.52	<	810
1S1	---;-K4		462	38.03	204.52	<	810
ZS2	K4;K5	770	462	66.85	579.95	<	810
1S2	K4;K5	770	462	66.85	579.95	<	810
ZS3	K5;--	770		49.44	354.81	<	810
1S3	K5;--	770		49.44	354.81	<	810
ZS4	---;K6		462	38.03	204.52	<	810
1S4	---;K6		462	38.03	204.52	<	810
ZS5	K6;K7	770	462	66.85	579.95	<	810
1S5	K6;K7	770	462	66.85	579.95	<	810
ZS6	K7;---	770		49.44	354.81	<	810
1S6	K7;---	770		49.44	354.81	<	810

30x30			+X			+Y			Güvenlik Sınırı		Minimum Hasar Sınırı		Hasar Bölgesi	
			Nk	Ve	r	Nk	Ve	r	+X rs	+Y rs	+X rs	+Y rs	+X	+Y
			Acfcm	bwdftcm		Acfcm	bwdftcm							
S1	Z	i	0.030	0.030	2.76	0.130	0.043	2.45	3.500	3.349	2.000	1.950	BHB	BHB
		j	0.016	0.030	2.15	0.140	0.043	2.03	3.500	3.302	2.000	1.934	BHB	BHB
	1	i	0.006	0.024	1.21	0.067	0.031	1.38	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
		j	0.007	0.024	1.45	0.057	0.031	1.70	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
S2	Z	i	0.114	0.042	2.30	0.130	0.043	2.45	3.431	3.349	1.977	1.950	BHB	BHB
		j	0.126	0.042	1.70	0.140	0.043	2.03	3.368	3.302	1.956	1.934	MHB	BHB
	1	i	0.065	0.031	1.06	0.067	0.031	1.38	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
		j	0.056	0.031	1.30	0.057	0.031	1.70	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
S3	Z	i	0.075	0.032	2.94	0.115	0.053	2.94	3.500	3.423	2.000	1.974	BHB	BHB
		j	0.053	0.032	2.29	0.112	0.053	2.83	3.500	3.441	2.000	1.980	BHB	BHB
	1	i	0.030	0.025	1.39	0.058	0.041	2.28	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	BHB
		j	0.031	0.025	1.63	0.055	0.041	2.36	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	BHB
S4	Z	i	0.163	0.043	2.52	0.115	0.053	2.94	3.186	3.423	1.895	1.974	BHB	BHB
		j	0.184	0.043	1.86	0.112	0.053	2.83	3.078	3.441	1.859	1.980	BHB	BHB
	1	i	0.088	0.033	1.25	0.058	0.041	2.28	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	BHB
		j	0.080	0.033	1.49	0.055	0.041	2.36	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	BHB
S5	Z	i	0.030	0.030	2.75	0.019	0.030	3.07	3.500	3.500	2.000	2.000	BHB	BHB
		j	0.016	0.030	2.15	0.007	0.030	2.63	3.500	3.500	2.000	2.000	BHB	BHB
	1	i	0.006	0.024	1.21	0.003	0.023	1.47	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
		j	0.007	0.024	1.45	0.004	0.023	1.74	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
S6	Z	i	0.114	0.042	2.30	0.019	0.030	3.07	3.431	3.500	1.977	2.000	BHB	BHB
		j	0.126	0.042	1.70	0.007	0.030	2.63	3.368	3.500	1.956	2.000	MHB	BHB
	1	i	0.065	0.031	1.06	0.003	0.023	1.47	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB
		j	0.056	0.031	1.30	0.004	0.023	1.74	3.500	3.500	2.000	2.000	MHB	MHB

		Akma Eğriliği	Plastik Dönme	Plastik eğrilik	Toplam Eğrilik			Ve		Vr
X Yönü Kirişler	KZ1-Sol	0.005888	0.007057	0.028228	0.034116	İH		13.73	<	196.98
	KZ1-Sağ	-0.006274	-0.005868	-0.023472	-0.029746	BH	İH	85.63	<	196.98
	KZ2-Sol	0.005888	0.007118	0.028472	0.034360	İH		-0.592	<	196.98
	KZ2-Sağ	-0.006274	-0.007158	-0.028632	-0.034906	İH	İH	100.318	<	196.98
	KZ3-Sol	0.005888	0.007057	0.028228	0.034116	İH		13.73	<	196.98
	KZ3-Sağ	-0.006274	-0.005868	-0.023472	-0.029746	BH	İH	85.63	<	196.98
YYönü Kirişler	KZ4-Sol	0.005888	0.005047	0.020188	0.026076	BH		47.94	<	196.98
	KZ4-Sağ						BH	84.94	<	196.98
	KZ5-Sol							61.23	<	196.98
	KZ5-Sağ	-0.006274	-0.001244	-0.004976	-0.011250	BH	BH	98.235	<	196.98
	KZ6-Sol	0.005888	0.005047	0.020188	0.026076	BH		47.94	<	196.98
	KZ6-Sağ						BH	84.94	<	196.98
	KZ7-Sol							61.23	<	196.98
KZ7-Sağ	-0.006274	-0.001244	-0.004976	-0.011250	BH	BH	98.235	<	196.98	

+X Yönü Statik İtme Analizi Sonucu Kolonlarda Performans Analizi						
Kolon	ND (kN)	Akma eğriliği(1/m)	Plastik Dönme	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	
ZS1	43.90	0.011680	0.009872	0.065813	0.077493	BH
IS1						-
ZS2	198.51	0.013070	0.006751	0.045007	0.058077	BH
	192.32	-0.013060	-0.000092	-0.000612	-0.013672	
IS2	81.29	-0.012010	-0.002704	-0.018027	-0.030037	MH
ZS3	130.63	0.012460	0.010600	0.070667	0.083127	BH
IS3						-
ZS4	291.30	0.013990	0.007372	0.049147	0.063137	BH
	285.12	-0.013920	-0.000483	-0.003217	-0.017137	
IS4	131.27	-0.012460	-0.003677	-0.024513	-0.036973	MH
ZS5	43.90	0.011680	0.009872	0.065813	0.077493	BH
IS5						
ZS6	198.51	0.013070	0.006751	0.045007	0.058077	BH
	192.32	-0.013060	-0.000092	-0.000612	-0.013672	
IS6	81.29	-0.012010	-0.002704	-0.018027	-0.030037	MH

+Y Yönü Statik İtme Analizi Sonucu Kolonlarda Performans Analizi						
Kolon	ND (kN)	Akma eğriliği(1/m)	Plastik Dönme	Plastik Eğrilik	Toplam Eğrilik	
ZS1	237.67	0.013440	0.007840	0.052267	0.065707	BH
	231.49	-0.013350	-0.005067	-0.033780	-0.047130	MH
IS1						
ZS2	237.67	0.013440	0.007840	0.052267	0.065707	BH
	231.49	-0.013350	-0.005067	-0.033780	-0.047130	MH
IS2						
ZS3	188.82	0.012970	0.010100	0.067333	0.080303	BH
	182.64	-0.012930	-0.009322	-0.062147	-0.075077	BH
IS3	103.18	0.012180	0.001050	0.007000	0.019180	MH
	97.56	-0.012180	-0.001422	-0.009480	-0.021660	MH
ZS4	188.82	0.012970	0.010100	0.067333	0.080303	BH
	182.64	-0.012930	-0.009322	-0.062147	-0.075077	BH
IS4	103.18	0.012180	0.001050	0.007000	0.019180	MH
	97.56	-0.012180	-0.001422	-0.009480	-0.021660	MH
ZS5	26.88	0.011510	0.011400	0.076000	0.087510	BH
	20.70	-0.011500	-0.004496	-0.029973	-0.041473	MH
IS5						
ZS6	26.88	0.011510	0.011400	0.076000	0.087510	BH
	20.70	-0.011500	-0.004496	-0.029973	-0.041473	MH
IS6						

Kolon	ND (kN)	Vc	Vw	Vr		Ve
ZS1	43.90	69.69	57.00	126.69	>	49.44
1S1						
ZS2	198.51	77.80	57.00	134.80	>	59.99
	192.32	77.47	57.00	134.47	>	59.99
1S2	81.29	71.65	57.00	128.65	>	46.89
ZS3	130.63	74.24	57.00	131.24	>	56.24
1S3						
ZS4	291.30	82.66	57.00	139.66	>	64.65
	285.12	82.34	57.00	139.34	>	64.65
1S4	131.27	74.27	57.00	131.27	>	50.58
ZS5	43.90	69.69	57.00	126.69	>	49.44
1S5						
ZS6	198.51	77.80	57.00	134.80	>	59.99
	192.32	77.47	57.00	134.47	>	59.99
1S6	81.29	71.65	57.00	128.65	>	46.89

Kolon	ND (kN)	Vc	Vw	Vr		Ve
ZS1	237.67	79.85	57.00	136.85	>	53.36
	231.49	79.53	57.00	136.53	>	53.36
1S1						
ZS2	237.67	79.85	57.00	136.85	>	53.36
	231.49	79.53	57.00	136.53	>	53.36
1S2						
ZS3	188.82	77.29	57.00	134.29	>	65.89
	182.64	76.97	57.00	133.97	>	65.89
1S3	103.18	72.80	57.00	129.80	>	55.05
	97.56	72.51	57.00	129.51	>	55.05
ZS4	188.82	77.29	57.00	134.29	>	65.89
	182.64	76.97	57.00	133.97	>	65.89
1S4	103.18	72.80	57.00	129.80	>	55.05
	97.56	72.51	57.00	129.51	>	55.05
ZS5	26.88	68.80	57.00	125.80	>	63.50
	20.70	68.48	57.00	125.48	>	63.50
1S5						
ZS6	26.88	68.80	57.00	125.80	>	63.50
	20.70	68.48	57.00	125.48	>	63.50
1S6						