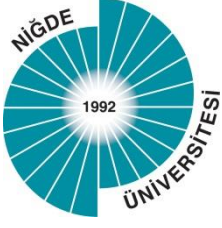


BESİAN SİNANİ, 2014



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME YAPILARIN
DEPREM PERFORMANSININ ANALİZİ

BESİAN SİNANİ

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAYIS 2014

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MEVCUT BETONARME YAPILARIN
DEPREM PERFORMANSININ ANALİZİ

Besian SİNANİ
Yüksek Lisans Tezi

Danışman
Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN

MAYIS 2014

Besian SİNANİ tarafından **Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN** danışmanlığında hazırlanan “**Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Performansının Analizi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN, Niğde Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. İlker Fatih KARA, Niğde Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Necmettin GÜNEŞ, Cumhuriyet Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Besian SİNANİ

ÖZET

MEVCUT BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ ANALİZİ

SİNANİ, Besian
Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN

Mayıs 2014, 95 sayfa

Bu çalışmada, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) ve Eurocode 8 kullanılarak mevcut yapıların performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Örnek olarak 4 ve 8 katlı iki adet betonarme bina ele alınmıştır. 8 katlı olan mevcut betonarme yapının performans değerlendirmesi, hem Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik hem de Eurocode 8’de belirtilen şartlara göre doğrusal olmayan elastik yöntemlerden biri olan statik itme analizi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, 4 ve 8 katlı olan mevcut betonarme yapıların performans değerlendirmeleri, aynı ivme spektrumu uygulanarak her iki yönetmelik hükümleri uyarınca yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen eleman hasar düzeyleri karşılaştırılmış ve yapı performansları her iki yönetmeliğe göre değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Eurocode 8, doğrusal olmayan hesap yöntemleri, statik-itme analizi, performans değerlendirmesi.

SUMMARY

ANALYSIS OF SEISMIC PERFORMANCE OF EXISTING REINFORCED STRUCTURES

SİNANİ, Besian

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Metin Hakan SEVERCAN

May 2014, 95 pages

In this study, the performances of existing reinforced structures are evaluated by using Turkish Seismic Code (TSC-2007) and Eurocode 8. Two samples of eight and four story reinforced structure are taken. The performance evaluation of eight story existing reinforced structure are made by using static pushover analysis method which is a nonlinear elastic method according to the conditions stated in both TSC-2007 and Eurocode 8. Also, the performance evaluations of eight and four story reinforced structure are made by applying same response spectrum both in accordance with provisions of two codes. The damage levels of elements obtained in analysis results are compared and the performances of existing reinforced structures are evaluated according to two codes.

Keywords: Turkish Seismic Code, Eurocode 8, nonlinear elastic calculation methods, static pushover analysis, performance evaluation.

ÖN SÖZ

Bu çalışmada, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan statik-itme (Pushover) analizi kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem güvenilirliğinin belirlenmesi ve yapıların performans değerlendirmeleri hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca, mevcut yapı ve yapı elemanlarının deprem performansları; Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ve Eurocode 8 yönetmelikleri dikkate alınarak belirlenerek karşılaştırılmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince, her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Metin Hakan SEVERCAN'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında desteklerinden ötürü Sayın Yrd. Doç. Dr. Necmettin GÜNEŞ'e, Doç. Dr. Mustafa SARIDEMİR'e, İnş. Yük. Müh. Recep ÖCAL'a, İnş. Yük. Müh. Zijadin GURİ'ye teşekkür ederim.

Her zaman ve her konuda yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
BÖLÜM III DBYBHY-2007'YE GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	5
3.1 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi	5
3.1.1 Kapsam.....	5
3.1.2 Binalardan bilgi toplanması	6
3.1.2.1 Binalardan toplanacak bilginin kapsamı.....	6
3.1.2.2 Bilgi düzeyleri.....	6
3.1.2.3 Mevcut malzeme dayanımı	7
3.1.2.4 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi.....	7
3.1.2.5 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi	8
3.1.2.6 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi	9
3.1.2.7 Bilgi düzeyi katsayıları	10
3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	11
3.2.1 Kesit hasar sınırları	11
3.2.2 Kesit hasar bölgeleri.....	11
3.2.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması	12

3.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar.....	12
3.4 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri İle	15
Belirlenmesi	15
3.4.1 Hesap yöntemleri	15
3.4.2 Betonarme binaların yapı elemanlarında hasar düzeylerinin belirlenmesi	15
3.4.3 Görelî kat ötelemelerinin kontrolü.....	19
3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi	19
3.5.1 Tanım	19
3.5.2 Kapsam.....	19
3.5.3 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek yol	20
3.5.4 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi	21
3.5.5 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi	23
3.5.6 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi	26
3.5.7 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi.....	26
3.5.8 Birim şekil değiştirme taleplerinin belirlenmesi.....	26
3.5.9 Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri	27
3.5.10 Güçlendirilen bölme duvarlarının şekil değiştirme kapasiteleri	28
3.5.11 Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri	28
3.6 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi.....	29
3.6.1 Betonarme binaların deprem performansı	29
3.6.2 Hemen kullanım performans düzeyi	29
3.6.3 Can güvenliği performans düzeyi	29
3.6.4 Göçme öncesi performans düzeyi.....	30
3.6.5 Göçme durumu	31
3.7 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri	31

BÖLÜM IV EUROCODE 8'E GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	33
4.1 Performans Şartları ve Uygunluk Kriterleri	33
4.1.1 Temel şartlar	33
4.2 Uygunluk Kriterleri	34
4.2.1 Genel	34
4.2.2 Göçmeye yakın sınır durumu (NC).....	35
4.2.3 Ağır hasarlı sınır durumu (SD).....	35
4.2.4 Sınırlı hasar sınır durumu (DL)	36
4.3 Yapısal Değerlendirme İçin Gerekli Bilgi	36
4.3.1 Genel bilgi ve tarihçe	36
4.3.2 İhtiyaç duyulan veri girişi	36
4.3.3 Bilgi düzeyleri	37
4.3.3.1 Bilgi düzeyleri tanımı	37
4.3.3.2 KL1: Sınırlı bilgi.....	38
4.3.3.3 KL2: Normal bilgi	39
4.3.3.4 KL3: Tam-detaylı bilgi	40
4.4 Değerlendirme	40
4.4.1 Genel	40
4.4.2 Sismik hareket ve sismik yük kombinasyonu	41
4.4.3 Yapısal modelleme	42
4.5 Yapısal Müdahalenin Tasarımı	42
4.5.1 Onarım tasarım işlemleri	42
4.6 Betonarme Yapılar	43
4.6.1 Kapsam.....	43
4.6.2 Geometri, detay ve malzemelerin tespiti	43

4.6.2.1 Genel	43
4.6.2.2 Geometri	44
4.6.2.3 Detaylar	44
4.6.2.4 Malzemeler	44
4.6.3 Değerlendirme için kapasite modelleri.....	45
4.6.3.1 Giriş	45
4.6.3.2 Eksenel kuvvetli ya da kuvvetsiz eğilme altındaki kiriş, kolon ve duvarlar	45
4.6.3.2.1 Giriş	45
4.6.3.2.2 Göçme Öncesi sınır durumu (NC)	45
4.6.3.2.3 Ağır Hasarlı sınır durumu (SD)	46
4.6.3.2.4 Sınırlı Hasar sınır durumu (DL).....	46
4.7 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi İçin Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi	47
4.7.1 Genel	47
4.7.2 Eşdeğer SDOF sistemine dönüşüm.....	48
4.7.3 İdealleştirilmiş elasto plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin sağlanması.....	48
4.7.4 İdealleştirilmiş eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin periyodunun belirlenmesi ..	49
4.7.5 Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin hedef yer değiştirmesinin belirlenmesi.....	49
4.7.6 Çok serbestlik dereceli sistem için hedef yer değiştirmenin belirlenmesi.....	51
BÖLÜM V SAYISAL UYGULAMALAR	52
5.1 DBYBHY-2007'ye Göre 8 Katlı Yapının Performans Değerlendirilmesi	52
5.1.1 Bina bilgileri	52
5.1.2 Binanın modellenmesi.....	55
5.1.3 Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı.....	56
5.1.4 Kirişlerde ve kolonlarda plastik mafsallıkların tanımlanması.....	58
5.1.5 Artımsal itme analizi (Pushover Analiz)	59

5.1.6 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi.....	61
5.1.7 Modal ve tepe yer değiştirme talebinin hesabı.....	62
5.1.8 Kolonların ve kirişlerin birim Şekil değiştirme taleplerinin hesabı	65
5.1.9 Eleman hasar dőzeyleri ve bina performansının belirlenmesi	68
5.2 Eurocode 8'e Göre 8 Katlı Binanın Performans Değerlendirilmesi	70
5.2.1 Bina bilgileri	70
5.2.2 Binaya etkiyen deprem yőklerinin hesabı.....	70
5.2.3 Kirişlerde ve kolonlarda plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması.....	72
5.2.4 Artımsal itme analizi (Pushover Analiz)	72
5.2.5 Hedef yer değiştirmenin hesabı	73
5.2.6 Kolonların ve kirişler için plastik dönme ve sınır değerlerinin hesabı.....	75
5.2.7 Eleman hasar dőzeylerinin belirlenmesi.....	76
5.3 DBYBHY-2007 ve Eurocode 8'e Göre Eleman Hasar Dőzeylerinin Karşılaştırılması	80
5.3.1 8 Katlı bina örneği	80
5.3.2 4 Katlı bina örneği	86
BŐLŐM VI SONUÇLAR.....	92
KAYNAKLAR	93
ÖZ GEÇMİŞ	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları	11
Çizelge 3.2. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	17
Çizelge 3.3. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	18
Çizelge 3.4. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s).....	18
Çizelge 3.5. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları (r_s) ve görelî kat ötelemesi oranları	18
Çizelge 3.6. Görelî kat ötelemesi sınırları	19
Çizelge 3.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri	32
Çizelge 5.1. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	57
Çizelge 5.2. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	57
Çizelge 5.3. X yönü Modal Parametreleri	61
Çizelge 5.4. Y yönü modal parametreleri	61
Çizelge 5.5. Doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	68
Çizelge 5.6. Doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	69
Çizelge 5.7. X yönünde taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri	70
Çizelge 5.8. Y yönünde taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri	70
Çizelge 5.9. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	72
Çizelge 5.10. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri	72
Çizelge 5.11. X yönü hedef yer değiştirme değerinin hesaplanması.....	74
Çizelge 5.12. Y yönü hedef yer değiştirme değerinin hesaplanması.....	74
Çizelge 5.13. X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	77

Çizelge 5.14. Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	78
Çizelge 5.15. X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	79
Çizelge 5.16. Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	79
Çizelge 5.17. X doğrultusunda taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri	80
Çizelge 5.18. Y doğrultusunda taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri	80
Çizelge 5.19. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	81
Çizelge 5.20. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	82
Çizelge 5.21. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	83
Çizelge 5.22. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	84
Çizelge 5.23. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	85
Çizelge 5.24. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	85
Çizelge 5.25. X yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması ..	86
Çizelge 5.26. Y yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması ..	86
Çizelge 5.27. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	87
Çizelge 5.28. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	88
Çizelge 5.29. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	89
Çizelge 5.30. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri	89

Çizelge 5.31. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	90
Çizelge 5.32. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri	90
Çizelge 5.33. X yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması ..	91
Çizelge 5.34. Y yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması ..	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. İç kuvvet şekil değiştirme grafiği	12
Şekil 3.2. İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme.....	22
Şekil 4.1. İdealleştirilmiş elasto plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisi	49
Şekil 4.2. Kısa periyot alanı.....	50
Şekil 4.3. Orta ve uzun periyot alanı	51
Şekil 5.1. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli	53
Şekil 5.2. Normal kat planı	54
Şekil 5.3. (a) Kolon kesit görünüşü (b) kiriş kesit görünüşü	55
Şekil 5.4. Kirişlerin plastik mafsallık özellikleri	58
Şekil 5.5. Kolonların plastik mafsallık özellikleri	58
Şekil 5.6. Xtract programında sargısız (a) ve sargılı (b) beton modelinin tanımlanması	59
Şekil 5.7. X yönü statik itme eğrisi.....	60
Şekil 5.8. Y yönü statik itme eğrisi.....	60
Şekil 5.9. X yönü modal kapasite diyagramı	62
Şekil 5.10. Y yönü modal kapasite diyagramı	62
Şekil 5.11. X yönü davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramı.....	63
Şekil 5.12. Y yönü davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramı.....	64
Şekil 5.13. X yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler ..	64
Şekil 5.14. Y yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler .	65
Şekil 5.15. Kritik kattaki kolonların X yönünde belirlenen hasar düzeyleri	66
Şekil 5.16. Kritik kattaki kolonların Y yönünde belirlenen hasar düzeyleri	66
Şekil 5.17. Kritik kattaki kirişlerin X yönünde belirlenen hasar düzeyleri	67
Şekil 5.18. Kritik kattaki kirişlerin Y yönünde belirlenen hasar düzeyleri	67
Şekil 5.19. X yönü statik itme eğrisi.....	73
Şekil 5.20. Y yönü statik itme eğrisi.....	73
Şekil 5.21. X yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler ..	75
Şekil 5.22. Y yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler ..	75
Şekil 5.23. Modal analizde kullanılan ivme spektrumu.....	80

Şekil 5.24. (a) Kolon kesit görünüşü (b) kiriş kesit görünüşü 87

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

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 yer değiştirme
$d_1^{(p)}$	Birinci moda ait modal yer değiştirme talebi
$(EI)_e$	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 mafsallık 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 yer değiştirme

$u_{xN1}^{(p)}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait yer değiştirme
$u_{xN1}^{(i)}$	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda tepe yer değiştirme talebi
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 değiştirmesi
ϵ_{cu}	Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
ϵ_s	Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
Φ_p	Plastik eğrilik talebi
Φ_t	Toplam eğrilik talebi
Φ_y	Eşdeğer akma eğriliği
Φ_{xn1}	Binanın tepesinde (N'inci katında) x deprem doğrultusunda birinci moda ait mod şekli genliği
Γ_{x1}	x deprem doğrultusunda birinci moda ait katkı çarpanı
η_{bi}	i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
λ	Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
θ_p	Plastik dönme talebi
$\theta,$	Dönme talebi;
$\theta_{DL},$	Hasar sınırın dönme talebi;
$\theta_i,$	Bir noktada dönme talebi;
$\theta_{NC},$	Göçme yakın dönme talebi;
$\theta_{SD},$	Belirgin hasar dönme talebi;
$\theta_{um},$	Son dönme talebi;
$\theta_y,$	Akma dönme talebi;
$\gamma_{el},$	Önem faktörü

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 hacimsel oranı
ρ_{sm}	Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
ρ'	Basınç donatısı oranı
MN	Kesit minimum hasar sınırı
GV	Kesit güvenlik sınırı
GÇ	Kesit göçme sınırı
MH	Minimum hasar bölgesi
BH	Belirgin hasar bölgesi
İH	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
C_{R1}	Birinci moda ait spektral yer değiştirme oranı
d_1	Birinci (hakim) moda ait modal yer değiştirme
d_{y1}	Birinci moda ait eşdeğer akma yer değiştirmesi
$d_1^{(p)}$	En son (p)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait maksimum modal yer değiştirme (modal yer değiştirme talebi)
R_{y1}	Birinci moda ait Dayanım Azaltma Katsayısı
$S_{ae1}^{(1)}$	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait elastik spektral ivme
$S_{del}^{(1)}$	İtme analizinin ilk adımında birinci moda ait doğrusal elastik spektral yer değiştirme

S_{di1}	Birinci moda ait doğrusal elastik olmayan (nonlinear) spektral yer değiştirme
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

BÖLÜM I

GİRİŞ

Son yıllarda yaşadığımız depremler ve oluşan can kayıpları ülkemizde depreme dayanıklı yapı analiz ve tasarımı konusunu daha da önemli hale getirmiştir. Deprem konusunda yapılan akademik çalışmalar sonucunda ve bilgisayar, teknoloji, malzeme, ve imalat sektöründeki gelişmelere paralel olarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kapsamına Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesine ilişkin 7. Bölüm eklenmiş ve 06.03.2007 tarih 26454 nolu resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir (DBYBHY-2007).

Yönetmeliğe eklenen Bölüm 7'ye göre, mevcut yapıların deprem performansı Doğrusal Elastik veya Doğrusal Elastik Olmayan hesap yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Daha önceki yönetmeliklerde genel anlamda binanın küçük depremleri hasarsız atlatması, büyük depremleri can güvenliğini sağlayan hasarla atlatması ve çok büyük depremleri de toptan göçme olmadan atlatması gibi performans seviyeleri hedeflenmiştir. DBYBHY-2007'de binaların performansa dayalı değerlendirmesinde bu amaçlar daha belirgin olarak tanımlanmış, deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin ortaya çıkması için kullanılacak yöntemler belirlenmiştir.

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 kullanılabileceği söz konusu olmuştur. Mevcut yapı analiz programlarının yürürlüğe giren DBYBHY-2007 hükümlerine göre geliştirilmesi, mevcut bina performansının belirlenmesinde çok büyük kolaylık sağlamıştır.

Bu tez çalışmasında, DBYBHY-2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerinde belirtilen esaslara göre betonarme bir binanın performans değerlendirmesini yapmak üzere taşıyıcı sistemi çerçevelerden oluşan 8 katlı ve düzenli bir aks sistemine sahip, yeni bir bina tasarlanmış ve mevcut bir bina gibi kabul edilmiştir. Tasarlanan 8 katlı model binanın analizi önce DBYBHY-2007'ye sonra da Eurocode 8'e göre geçerliliği uluslar

arası kabul görmüş SAP2000 V.16 programıyla yapılmış ve yönetmelikteki tanımlar doğrultusunda kesit ve bina düzeyinde performans analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, DBYBHY-2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerince yapılan performans değerlendirmelerini karşılaştırmak amacıyla aynı ivme spektrumu kullanılarak 4 ve 8 katlı bina modelleri analiz edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen eleman hasar düzeyleri karşılaştırılarak her iki yönetmelikte verilen performans kriterleri değerlendirilmiştir.

BÖLÜM II

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007), 06.03.2007 tarihinde resmi gazete de yayınlanarak yürürlüğe girmiş olup; Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümü yönetmeliğe eklenmiştir (DBYBHY, 2007).

Avrupa Standardı EN 1998-3 Eurocode 8, depreme dayanıklı yapıların tasarımı ve mevcut binaların deprem güvenilirliğinin belirlenmesi, onarımı ve güçlendirilmesine ilişkin esasları içermektedir (Eurocode 8, 2004).

DBYBHY-2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerine ilişkin yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Bjarnason (2008) yapmış olduğu tez çalışmasında mevcut betonarme yapıların deprem performansını Eurocode 8'e göre değerlendirmiştir. Çalışmada İtme Analizi Yöntemi(Pushover) kullanılarak betonarme yapının deprem güvenliği belirlenmiştir.

Bozan (2008) “Mevcut çok katlı yapının statik itme (pushover) yöntemi ile analizi” isimli tez çalışmasında, betonarme yapı sistemlerinde gerçeğe daha yakın bir sonuç veren ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan statik-itme (Pushover) analizi anlatılmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem güvenliğinin tahkiki ve deprem güvenliği yetersiz olan yapıların güçlendirilmesi konuları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca “Statik İtme Yöntemi” kullanılarak mevcut betonarme yapının deprem güvenliği tahkik edilmiştir.

Gökalp (2009) “Betonarme yapıların performans analizlerinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması” konulu yüksek lisans tez çalışmasında Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelikte yer alan performans analiz yöntemlerinden doğrusal elastik yöntemler ile doğrusal elastik olmayan yöntemlerden “artımsal eşdeğer deprem

yükü yöntemi” ni, ele aldığı üç katlı ve planda düzensizlik içeren bina üzerinde uygulayarak sonuçlarını karşılaştırmıştır.

Kıran (2010) “Binaların performans analizi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin incelenmesi” isimli tez çalışmasında, DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre tasarlanmış bir binada Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılmıştır. İkinci yapıda ise Doğrusal Elastik Hesap yöntemlerinden Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile İtme Analizi Yöntemi kullanılmıştır.

Biröl (2010) “Az ve çok katlı yapılarda bilgi düzeyi seviyesinin binanın performansına etkisi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında 2007 öncesi Deprem Yönetmeliklerine göre projelendirilmiş olan betonarme çerçevesi bir bina için farklı bilgi düzeylerinin binanın performansına olan etkisi incelenmiştir, Ayrıca kat adedi 2, 4, 7, 10 olarak değiştirilmek suretiyle kat adedi değişiminin performansa etkisi de araştırılmıştır.

Yıldırım (2011) “Bodrum ve sekiz katlı bir konut binasının betonarme perde ve kolonlardan oluşan taşıyıcı sisteminin deprem performansının belirlenmesi” isimli tez çalışmasında DBYBHY-2007 ve TS500 standartları göz önünde tutularak tasarımı yapılmış sekiz katlı konut yapısının, DBYBHY-2007 Bölüm 7'ye göre performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Ekici (2011) “Comparison of observed structural damages and code given structural performance limits” isimli tez çalışmasında, mevcut yapı ve yapı elemanlarının deprem performanslarının belirlenmesinde izlenen yollar ve analiz sonuçları; DBYBHY-2007, Eurocode 8 ve ASCE/SEI 41 yönetmelikleri dikkate alınarak karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir

Bu tez çalışmasında DBYBHY-2007 ile Eurocode 8 yönetmelikleri kullanılarak mevcut yapıların performans değerlendirmeleri yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler göz önüne alınarak yapı elemanlarının hasar düzeyleri her iki yönetmeliğe göre değerlendirilmiştir.

BÖLÜM III

DBYBHY-2007'YE GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi ve deprem güvenirliliği 2007 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmeliğe göre incelenmiştir (DBYBHY, 2007).

3.1 Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi

3.1.1 Kapsam

i) 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.

ii) 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.

iii) Bu bölümde verilen kurallar, bina türünde olmayan yapılar için geçerli değildir. Ayrıca tarihi ve kültürel değeri olan tescilli yapıların ve anıtların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bu yönetmelik kapsamı dışındadır.

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

v) 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.

3.1.2 Binalardan bilgi toplanması

3.1.2.1 Binalardan toplanacak bilginin kapsamı

i) 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.

ii) 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.

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

3.1.2.2 Bilgi düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak 3.1.2.7'de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanacaktır. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.

i) Sınırlı bilgi düzeyinde 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.

ii) Orta bilgi düzeyinde 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.

iii) Kapsamlı bilgi düzeyinde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

3.1.2.3 Mevcut malzeme dayanımı

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

3.1.2.4 Betonarme binalarda sınırlı bilgi düzeyi

i) 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.

ii) 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

yüzeyleyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sınırlımayan 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 gerçekteleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmıyayan diğery tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

iii) Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-13791'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneğı (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sınırlıan yüzeyleylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğın karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

3.1.2.5 Betonarme binalarda orta bilgi düzeyi

i) 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.

ii) Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise 3.1.2.4. ii)'deki koşullar geçerlidir, ancak pas payları sınırlıarak 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

3.1.2.4. i)'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.

iii) 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) TS10465'te 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.

3.1.2.6 Betonarme binalarda kapsamlı bilgi düzeyi

i) 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.

ii) Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için 3.1.2.5. ii)'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.

iii) 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'te 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. Örnek olarak her katta 4 adet beton örneği (karot) aşağıda verilmiştir ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut basınç dayanımı olarak alınacaktır.

3.1.2.7 Bilgi düzeyi katsayıları

i) İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre, eleman kapasitelerine

uygulanacak Bilgi Düzeyi Katsayıları Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

BİLGİ DÜZEYİ	BİLGİ DÜZEYİ KATSAYISI
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

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

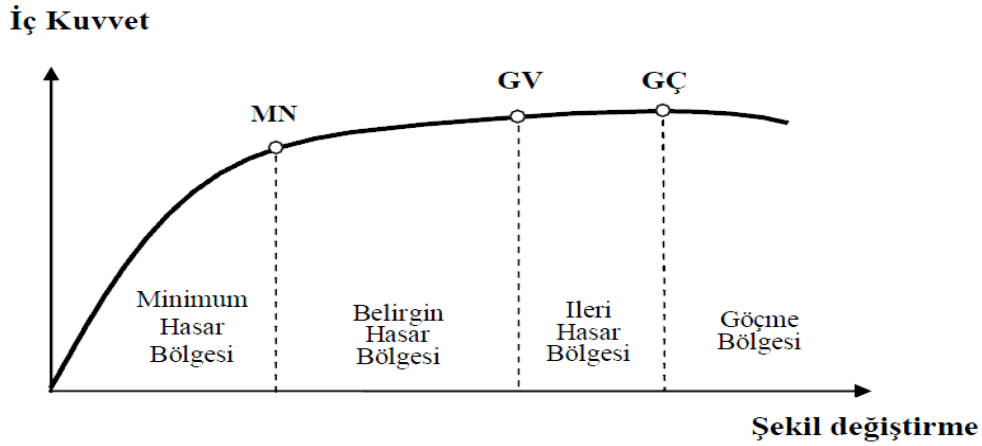
3.2 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.2.1 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.

3.2.2 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. Kesit hasar bölgeleri Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. İç kuvvet şekil değiştirme grafiği

3.2.3 Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

3.4 veya 3.5'te tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, 3.2.1'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.

3.3 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

i) Yönetmeliğin bu bölümüne göre deprem hesabının amacı, mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemektir. Bu amaçla 3.4'te tanımlanan doğrusal elastik veya 3.5'te 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.

ii) Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY-2007 madde 2.4'te verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.7'ye göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında DBYBHY-2007 madde 2.4.2'de tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır ($I = 1.0$).

iii) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, 3.3. (vii)'ye göre deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

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

v) Deprem hesabında kullanılacak zemin parametreleri DBYBHY-2007 Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

vi) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

vii) Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY-2007 madde 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

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

ix) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre 3.1.2.7'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

x) DBYBHY-2007 madde 3.3.8'e göre kısa kolon olarak tanımlanan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

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

- Analizde beton ve donatı çeliğinin 3.1.2.7'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.
- Betonun maksimum basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.
- Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemlili diyagramlar olarak modellenebilir.

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

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

- Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

- Kolon ve perdelerde, $N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

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

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne 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.

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

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

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

xvii) DBYBHY-2007 Bölüm 2’de modelleme ile ilgili olarak verilen diğer esaslar geçerlidir.

3.4 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

3.4.1 Hesap yöntemleri

Binaların deprem performansının belirlenmesi için kullanılacak doğrusal elastik hesap yöntemleri, DBYBHY-2007 madde 2.7 ve 2.8’de tanımlanmış olan hesap yöntemleridir. Bu yöntemlerle ilgili olarak aşağıda belirtilen ek kurallar uygulanacaktır.

i) Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8’i aşmayan, ayrıca ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanacaktır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) DBYBHY-2007 Denk.(2.4) ile hesaplanmasında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı katsayısı ile çarpılacaktır. katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

ii) Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta DBYBHY-2007 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.

3.4.2 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.

i) Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti V_e 'nin, 3.1.2'de tanımlanan bilgi düzeyi ile uyumlu mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500'e göre hesaplanan kesme kapasitesi V_f 'yi aşmaması gereklidir. V_e 'nin hesabı kolonlar için DBYBHY-2007 madde 3.3.7'ye, kirişler için DBYBHY-2007 madde 3.4. (e)'ye ve perdeler için DBYBHY-2007 madde 3.6.6'ya göre yapılacak, ancak DBYBHY-2007 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.

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

Yukarıda i) ve ii)'de verilen sünek eleman koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

iii) 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-2007 Bilgilendirme Eki 7A'da açıklandığı üzere hesaplanabilir.

Sarıma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından DBYBHY-2007 madde 3.3.4'ü sağlayan betonarme kolonlar, DBYBHY-2007 madde 3.4.4'ü sağlayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde DBYBHY-2007 madde 3.6.5.2'yi sağlayan betonarme perdeler “sargılanmış”, sağlamayanlar ise “sargılanmamış” eleman sayılır. “Sargılanmış” sayılan elemanlarda sargı donatılarının DBYBHY-2007 madde 3.2.8'e göre “özel deprem etriyeleri ve çirozları” olarak düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının yukarıda belirtilen maddelerde tanımlanan koşullara uyması zorunludur.

iv) Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır. Köşegen çubuklar ile modellenen güçlendirilmiş dolgu duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, çubuğun aksel kuvvetinin yatay bileşeni olarak göz önüne alınacaktır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının kesme kuvveti dayanımının hesabı DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7F'de verilmiştir.

v) Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), Çizelge 3.2-3.5'te verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir. Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca Çizelge 3.6'da verilen görelî kat ötelemesi oranı sınırları göz önüne alınacaktır. Görelî kat ötelemesi oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görelî kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesi ile elde edilecektir. Çizelge 3.2-3.5'deki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanacaktır.

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

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

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

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}$ (1)	Sargılama	$\frac{V_c}{b_w d f_{ctm}}$ (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

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

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

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

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

vi) Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve DBYBHY-2007 Denk.(3.11)'den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin DBYBHY-2007 madde 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Ancak DBYBHY-2007 Denk.(3.11)'de V_{kol} yerine DBYBHY-2007 madde 3.3.7'ye göre pekleşmeyi göz önüne almadan hesaplanan V_c kullanılacak, DBYBHY-2007 Denk.(3.12) veya Denk.(3.13)'deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine 3.1'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.

3.4.3 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 3.5’de verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda 3.4.2’de yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmayacaktır. Çizelge 3.6’da δ_{ji} i’inci katta j’inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yer değiştirme farkı olarak hesaplanan göreli kat ötelemesini, h_{ji} ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Çizelge 3.6. Göreli kat ötelemesi sınırları

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

3.5 Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi

3.5.1 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 şekil değiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet taleplerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu talep büyüklükleri, bu bölümde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.5.2 Kapsam

Bu Yönetmelik 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.

3.5.3 Artımsal itme analizi ile performans değerlendirmesinde izlenecek yol

Artımsal İtme Analizi esas alınarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir.

i) 3.3'te tanımlanan genel ilke ve kurallara ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi ve analiz modelinin oluşturulması için DBYBHY-2007 madde 3.6.4'de tanımlanan kurallara uyulacaktır.

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

iii) Artımsal itme analizinin 3.5.5'de tanımlanan Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları "modal yer değiştirme-modal ivme" olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait "modal kapasite diyagramı" elde edilecektir. Bu diyagram ile birlikte, DBYBHY-2007 madde 2.4'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.7'de yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hâkim) moda ait modal yer değiştirme talebi belirlenecektir. Son aşamada, modal yer değiştirme talebine karşı gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet talepleri hesaplanacaktır.

iv) Artımsal itme analizinin 3.5.6'da tanımlanan Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait "modal kapasite diyagramları" ile birlikte modal yer değiştirme talepleri de elde edilecek, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet talepleri hesaplanacaktır.

v) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme taleplerinden plastik eğrilik talepleri ve 3.5.8'e göre toplam eğrilik talepleri elde edilecektir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekil değiştirme talepleri hesaplanacaktır. Bu talep değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için 3.5.9'da tanımlanan ilgili birim şekil değiştirme

kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır. Ayrıca, güçlendirilen dolgu duvarlarında görelî kat ötelemeleri cinsinden hesaplanan şekil değıştirme talepleri, 3.5.10’da tanımlanan şekil değıştirme kapasiteleri ile karşılaştırılacaktır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti talepleri ise, 3.5.11’de tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılarak kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılacaktır.

3.5.4 Doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi

i) Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliğı 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 mafsâl hipotezine karşı gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiğı sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değıştirmelerin düzgün yayılı biçimde oluştuğı varsayılmaktadır. Plastik mafsâl boyu olarak adlandırılan plastik şekil değıştirme 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 şekil değıştirmeler göz önüne alınmayacaktır.

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

iii) Yığılı plastik şekil değıştirmeyi temsil eden plastik kesit’in, teorik olarak 3.5.4. i)’de tanımlanan plastik şekil değıştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

-Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğêr deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceğı göz önüne alınmalıdır.

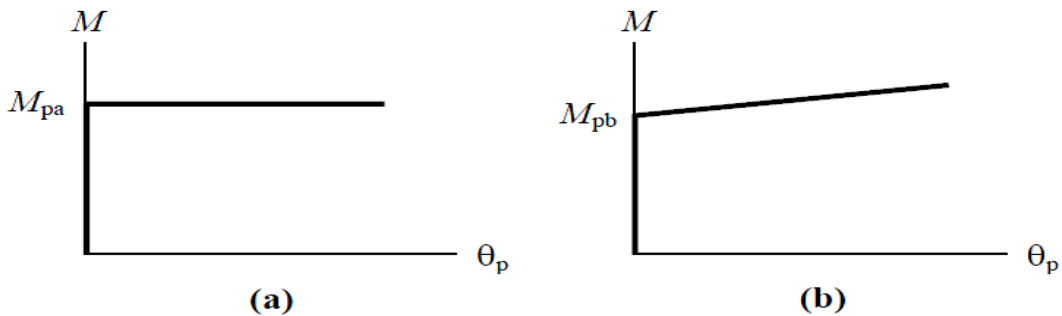
-Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden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

iv) Bir veya iki eksenli eğilme ve aksenal kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak 3.3. xi)'de tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, 3.3. xi)'e göre uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.

v) İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınacaktır:

İç kuvvet-plastik şekil değiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 3.2.a). 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 göz önüne alınacaktır.

Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 3.2.b), 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.



Şekil 3.2. İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekil değiştirme

vi) DBYBHY-2007 madde 7.10.4'e göre güçlendirilen herhangi bir dolgu duvarı, DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7F'de tanımlandığı üzere kendisini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte iki ucu mafsallı köşegen eşdeğer basınç ve/veya çekme çubuğu olarak 3.5.4. ii)'ye göre idealleştirilecektir. İtme analizinde elasto-plastik (pekleşmesiz) bir eleman olarak modellenecek olan eşdeğer çubuğun başlangıçtaki doğrusal elastik davranışına ilişkin aksenal rijitliği ile aksenal akma dayanımı DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7F'e göre belirlenecektir. Duvar için tanımlanan kesme dayanımı, köşegen eşdeğer basınç çubuğunun aksenal akma dayanımının yatay bileşenidir. Gereği durumunda, köşegen eşdeğer çekme çubuğunun akma dayanımı DBYBHY-2007 Denk.(7F.6)'den alınacaktır.

3.5.5 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi

i) Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem talep sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen 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.

ii) Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne 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.

iii) Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hâkim) doğal titreşim mod

şekli genliği ile ilgili kütlenin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hâkim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınacaktır.

iv) 3.5.5. iii)'de tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analizi ile, koordinatları “tepe yer değiştirmesi – taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilecektir. Tepe yer değiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yer değiştirmedir. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile koordinatları “modal yer değiştirme – modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

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

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{xl}^{(i)}}{M_{xl}} \quad (3.1)$$

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

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (3.2)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hâkim) moda ait modal katkı çarpanı Γ_{x1} , DBYBHY-2007 Bölüm 2'de Denk.(2.15) ile verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan L_{x1} ve M_1 'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (3.3)$$

v) 3.5.5. iii)'ye alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre değişken olarak göz önüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler göz önüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hâkim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hâkim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri 3.5.5.iii)'deki gibi tanımlanacaktır.

vi) İtme analizi sonucunda 3.5.5. iv)'ye göre elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, DBYBHY-2007 madde 2.4'de tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 3.7'ye göre yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hâkim) moda ait maksimum modal yer değiştirme, diğer deyişle modal yer değiştirme talebi hesaplanacaktır. Tanım olarak modal yer değiştirme talebi, $d_i^{(p)}$, doğrusal olmayan spektral yer değiştirme S_{di1} 'e eşittir:

$$d_i^{(p)} = S_{di1} \quad (3.4)$$

Doğrusal olmayan spektral yer değiştirme S_{di1} 'in belirlenmesine ilişkin işlemler DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7C'de verilmiştir.

vii) Son itme adımı $i=p$ için Denk. (3.4)'e göre belirlenen modal yer değiştirme talebi $d_i^{(p)}$ 'nin Denk. (3.2)'de yerine konulması ile, x deprem doğrultusundaki tepe yer değiştirmesi talebi $u_{xN1}^{(p)}$ elde edilecektir.

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (3.5)$$

Buna karşı gelen diğer tüm talep büyüklükleri (yer değiştirme, şekil değiştirme ve iç kuvvet talepleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilecek veya tepe yer değiştirmesi talebine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanacaktır.

3.5.6 Artımsal mod birleştirme yöntemi ile itme analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yer değiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranışın esas alındığı bu tür bir itme analizi yöntemi, DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7D’de açıklanmıştır.

3.5.7 Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi

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

ii) Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak yapay, kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri DBYBHY-2007 madde 2.9.1 ve 2.9.2'ye göre belirlenecek ve analizde DBYBHY-2007 madde 2.9.3 göz önüne alınacaktır.

3.5.8 Birim şekil değiştirme taleplerinin belirlenmesi

i) 3.5.5 veya 3.5.6'ya göre yapılan itme analizi veya zaman tanım alanında 3.5.7'ye göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme talebine bağlı olarak plastik eğrilik talebi, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$\Phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (3.6)$$

ii) Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet talebi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan Φ_y eşdeğer akma eğriliği, Denk.(3.6) ile tanımlanan Φ_p plastik eğrilik talebine eklenerek, kesitteki Φ_t toplam eğrilik talebi elde edilecektir:

$$\Phi_t = \Phi_y + \Phi_p \quad (3.7)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekil değiştirmesi talebi ile donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme talebi, Denk.(3.7) ile tanımlanan toplam eğrilik talebine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır.

iii) Sargılı veya sargısız beton ve donatı çeliği modelleri için, başkaca bir seçim yapılmadığı durumlarda, DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7B'den yararlanılabilir.

3.5.9 Betonarme elemanların kesit birim şekil değiştirme kapasiteleri

i) Beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirmeleri cinsinden 3.5.8'e göre elde edilen deprem talepleri, aşağıda tanımlanan birim şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansı belirlenecektir.

ii) Plastik şekil değiştirmelerin meydana geldiği betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında, çeşitli kesit hasar sınırlarına göre izin verilen şekil değiştirme üst sınırları (kapasiteleri) aşağıda tanımlanmıştır:

Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN) için kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi ile donatı çeliği birim şekil değiştirmesi üst sınırları:

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 ; (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (3.8)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0135 ; (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (3.9)$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014(\rho_s / \rho_m) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (3.10)$$

Göz önüne alınan enine donatıların DBYBHY-2007 madde 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

3.5.10 Güçlendirilen bölme duvarlarının şekil değiştirme kapasiteleri

DBYBHY-2007 madde 7.10.4 ve DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7F'e göre güçlendirilen dolgu duvarlarının, kendilerini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte 3.5.4. vi)'ya göre modellenerek yapılan itme analizi sonucunda elde edilen görelî kat ötelemeleri için izin verilen sınır değerler (kapasiteler) Çizelge 3.5'in ikinci satırında tanımlanmıştır.

3.5.11 Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti kapasiteleri

i) 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, 3.1.2'de belirlenen bilgi düzeylerine göre tanımlanan mevcut dayanım değerleri kullanılacaktır. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti talebinden daha küçük olduğu elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanacaktır.

ii) Betonarme kolon-kiriş birleşimleri için DBYBHY-2007 Denk.(3.11)'den hesaplanacak kesme kuvveti talebinin DBYBHY-2007 madde 3.5.2.2'de verilen kesme dayanımını aşmaması gerekir. Ancak DBYBHY-2007 Denk.(3.11)'de V_{kol} yerine doğrusal olmayan analizde ilgili kolon için hesaplanan kesme kuvveti talebi kullanılacak, DBYBHY 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 esas alınacaktır. Kesme kuvveti talebinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanacaktır.

3.6 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

3.6.1 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. 3.4 ve 3.5'te 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 3.6.6'da verilmiştir.

3.6.2 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.

3.6.3 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:

i) 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 (ii) paragrafında tanımlanan kadarı İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

ii) 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.

iii) 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-2007 Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

3.6.4 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:

i) 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.

ii) 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 DBYBHY-2007 Denk.(3.3)'ün sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

iii) Binanın mevcut durumunda kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

3.6.5 Göçme durumu

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

3.7 Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Yeni yapılacak binalar için DBYBHY-2007 madde 2.4'de tanımlanan ivme spektrumu, DBYBHY-2007 madde 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:

-50 yılda aşılma olasılığı %50 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları, DBYBHY-2007 madde 2.4'de tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır.

-50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise DBYBHY-2007 madde 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.

Çizelge 3.7. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

Binanın Kullanım Amacı ve Türü	Depremi Aşılma Olasılığı		
	50 yılda	50 yılda	50 yılda
	%50	%10	%2
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar: Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb.	-	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar: Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri,	-	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,	-	CG	-
HK: Hemen Kullanım CG: Can Güvenliği GÖ: Göçmenin Önlenmesi			

BÖLÜM IV

EUROCODE 8'E GÖRE MEVCUT YAPILARIN PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Performans Şartları ve Uygunluk Kriterleri

4.1.1 Temel şartlar

(i)Yapının hasar durumunu belirleyen temel şartlar “Göçme Öncesi(NC)”, “Ağır Hasarlı(SD)” ve “Sınırlı Hasar(DL)” olmak üzere üç sınır durum şeklinde tanımlanmıştır. Bu sınır durumlar, aşağıda belirtildiği gibi özetlenebilir:

- “Göçme Öncesi” Sınır Durumu (NC): Her ne kadar kolonların düşey yük taşıma kapasiteleri mevcut ise de mevcut yatay kuvvet ve rijitliğin azalmasıyla, yapı ağır hasar görmüştür. Çoğu yapısal olmayan bileşenler çökmüştür. Büyük kalıcı görelî kat ötelemeleri mevcuttur. Yapı göçmek üzeredir ve muhtemelen orta şiddette bile olsa bir diğêr depreme dayanmayacaktır.
- “Ağır Hasarlı” Sınır Durumu (SD): Yapı, önemli derecede hasar görmüştür ve az da olsa yatay dayanım ve rijitlik mevcuttur. Düşey elemanlar düşey yükleri taşıyabilecek kapasitededirler. Bölmeler ve dolgular yerinden oynamamış olsa bile yapısal olmayan bileşenler zarar görmüştür. Orta şiddette kalıcı görelî kat ötelemeleri mevcuttur. Orta şiddetli sallanmalarda, yapı ayakta kalabilir ancak onarımı ekonomik değildir.
- “Sınırlı Hasar” Sınır Durumu (DL): Belirgin ölçüde akması önlenmiş ve dayanım ile rijitlik özellikleri korunmuş olan yapı, sadece hafif derecede hasar görmüştür. Bölmeler ve dolgular gibi yapısal olmayan bileşenler geniş alanlı çatlaklara sahip olabilir ancak hasar ekonomik bir şekilde onarılabilir. Kalıcı görelî kat ötelemeleri önemsiz ölçüdedir. Yapının kendisi herhangi bir acil onarıma ihtiyaç duymamaktadır.

(ii) Bu üç sınır durumun hepsinin mi yoksa sadece ikisinin mi ya da birinin mi kontrol edilip edilmemesi gerektiğine ulusal yetkililer karar vermektedirler.

(iii) Her bir sınır durumu için, en uygun koruma seviyeleri, sismik hareket için bir geri dönüş dönemi seçilerek elde edilir.

4.2 Uygunluk Kriterleri

4.2.1 Genel

(i) Q faktör yaklaşımının kullanıldığı durumlar haricinde, uygunluk, 4.1.1 ve 4.6.2’de uygun geri dönüş periyodu için belirtilmiş olduğu gibi tam (azaltılmamış, elastik) sismik hareketten faydalanılarak kontrol edilir.

(ii) Yapısal elemanların incelenmesi için “sünek” ve “gevrek” olanlar arasında bir ayrım yapılır. q faktör yaklaşımının kullanılmadığı durumlarda, sünek olanlar, deformasyonlar açısından kapasiteyi aşmayan taleplerin kontrol edilmesiyle incelenmelidir. Gevrek olanlar ise, dayanımlar açısından kapasiteyi aşmayan taleplerin kontrol edilmesiyle incelenmelidir.

(iii) Alternatif olarak, 4.4.2 (iii)’de belirtildiği gibi, bir q-faktörü tarafından azaltılmış sismik hareketten meydana getirildiği bir q-faktör yaklaşımı kullanılabilir. Güvenlik değerlendirmelerinde, bütün yapısal elemanlar, azaltılmış sismik hareket sebebiyle oluşan taleplerin (iv)’e göre değerlendirilen dayanımlar açısından kapasiteyi aşmadığı kontrol edilerek incelenmelidir.

(iv) Sünek ve ya gevrek elemanların kapasitelerinin hesaplanması için, ki burada bunlar güvenlik değerlendirmeleri için taleplerle (ii) ve (iii)'de belirtilenlere göre kıyaslanacaklar, var olan malzemelerin ortalama değeri özellikleri testlerden ve ek bilgi kaynaklarından direkt elde edildiği gibi ve elde edilen bilgi seviyesini teşkil eder şekilde kullanılmalıdır. Yeni veya harici materyaller için nominal değerler kullanılmalıdır

(v) Mevcut yapısal elemanlardan bazıları,(EN 1998-1: 2004, 4.2.2 (1)P, (2) ve (3) ‘de belirtilen tanımlar dikkate alınarak “ikincil sismik” olarak dizayn edilmelidir. İkincil sismik elemanlar, tıpkı birincil olanlar gibi aynı uygunluk kriterleri ile incelenmelidir,

fakat bu, kapasiteleri hakkında “birincil sismik” olarak kabul edilen elemanlara nazaran daha az konservatif tahminler kullanarak yapılmalıdır.

(vi) Gevrek birincil sismik elemanların dayanım kapasitelerinin hesaplanmasında, malzeme dayanımları yine o materyalin kısmi faktörü tarafından bölünmelidir.

4.2.2 Göçme öncesi sınır durumu (NC)

(i) Talepler, bu sınır durumu ile ilişkili tasarım sismik hareketini temel almalıdır. Sünek ve gevrek elemanlar için talepler, analiz sonuçlarına bağlı olarak değerlendirilmelidir. Eğer bir doğrusal analiz metodu kullanılırsa, gevrek elemanlar üzerindeki talepler (Eurocode 8-3:2004 4.5.1(1)P).’e göre modifiye edilmelidir.

(ii) Kapasiteler, sünek elemanlar için doğru tanımlanmış azami deformasyonları; gevrek olanlar için ise esas dayanımları temel almalıdır.

(iii) Q-faktör yaklaşımı(4.2.1(iv), 4.6.1(iii)) genellikle bu sınır durumunu kontrol etmek için çok uygun değildir.

4.2.3 Ağır hasarlı sınır durumu (SD)

(i) Talepler, bu sınır durumu ile ilişkili tasarım sismik hareketini temel almalıdır. Sünek ve gevrek elemanlar için ihtiyaçlar, analiz sonuçlarına bağlı olarak değerlendirilmelidir. Bir doğrusal analiz metodunun kullanılması ihtimaline karşı, gevrek elemanlar üzerindeki ihtiyaçlar (Eurocode 8-3:2004 4.5.1(1)’e) göre modifiye edilmelidir.

(ii) Q faktör yaklaşımının kullanılmadığı durumlarda, kapasiteler, sünek elemanlar için hasar-odaklı deformasyonları; gevrek olanlar için ise konservatif bir şekilde tahmin edilmiş dayanımları temel almalıdır.

(iii) Q-faktör yaklaşımında(2.2.1(iv), 4.6.1(iii)) ihtiyaçlar, azaltılmış sismik hareketlere dayandırılmalı ve kapasiteler, sismik olmayan tasarım durumlar için olduğu kabul edilerek değerlendirilmelidir.

4.2.4 Sınırlı hasar sınır durumu (DL)

(i) Talepleri, bu sınır durumu ile ilişkili tasarım sismik hareketini temel almalıdır.

(ii) Q faktör yaklaşımının kullanılmadığı durumlarda, kapasiteler, hem sünek hem de gevrek olmak üzere bütün yapısal elemanlar için akma dayanımını temel almalıdır. Dolgu kapasiteleri, dolgular için katlar arası ortalama kayma kapasitesine dayandırılmalıdır.

(iii) Q-faktör yaklaşımında(2.2.1(iv) 4.2(iii)) talepler ve kapasiteler, katlar arası ortalama kayma açısından kıyaslanmalıdır.

4.3 Yapısal Değerlendirme İçin Gerekli Bilgi

4.3.1 Genel bilgi ve tarihçe

(i)Mevcut yapıların depreme karşı dayanıklılığının değerlendirilmesi için gerekli veriler, aşağıda sıralanan kaynaklardan elde edilecektir:

- binaya ait mevcut dökümanlar,
- ilgili yönetmelikler ve standartlar,
- saha incelemeleri ve 4.3.2 ve 4.4'te detaylı bir şekilde belirtilen saha ve/veya laboratuvar ortamında yapılan test ve ölçümler

(ii) Belirsizlikleri minimize etmek için farklı kaynaklardan elde edilen veriler çapraz kontrol yolu ile kıyaslanmalıdır.

4.3.2 İhtiyaç duyulan veriler

(1) Genelde yapısal değerlendirme için gerekli olan bilgi, aşağıda belirtilen noktaları içermelidir:

- a) Yapısal sistemin ve bunun EN 1998-1: 2004, 4.2.3’de belirtilen düzenlilik kriteri ile uygunluğunun belirlenmesi. Bilgi, eğer mümkünse, ya saha incelemesi yoluyla ya da orijinal tasarım çizimlerinden elde edilmelidir. Ayrıca, yapının inşasından sonraki muhtemel değişikliklerin bilgisi de edinilmelidir,
- b) Bina temel tiplerinin belirlenmesi,
- c) EN 1998-1: 2004- 3.1.’de kategorize edildiği gibi zemin koşullarının belirlenmesi,
- d) Bina elemanlarının genel ölçüleri ve enkesit özellikleri, mekanik özellikler ve bileşen/harç malzemelerinin durumu hakkındaki bilgi,
- e) Belirlenebilen malzeme kusurları ve yanlış detaylandırma hakkındaki bilgi,
- f) Eğer uygulanabilirse, kuvvet eksiltme faktörü (q-faktör) de dahil başlangıç tasarımı için kullanılan sismik tasarım kriteri hakkındaki bilgi,
- g) Binanın mevcut ve/ya planlanan kullanımı hakkındaki tanım/bilgi (EN 1998-1: 2004, 4.2.5’ de belirtildiği gibi binanın önem derecesinin tanımı ile)
- h) Binanın kullanımı/işlevi ile ilgili müdahalelerin yeniden değerlendirilmesi
- i) Yapıyla ilgili önceki ve ya mevcut hasarın tipi ve şiddeti ve eğer yapıldı ise daha önce hangi onarımların yapıldığı hakkındaki bilgi

(2)Yukarıda bahsedilenler hakkında edinilen bilgilerin miktarı ve içeriğine bağlı olarak, 4.3.3’de belirtildiği gibi farklı analiz tipleri ve farklı emniyet katsayısı değerleri uygulanacaktır.

4.3.3 Bilgi düzeyleri

4.3.3.1 Bilgi düzeyleri tanımı

(i) Kabul edilebilir analiz tipi ve doğru emniyet katsayısı değerlerini seçebilmek amacıyla, aşağıdaki üç bilgi düzeyi tanımlanmaktadır:

KL1:Sınırlı Bilgi

KL2:Normal Bilgi

KL3: Tam-Detaylı Bilgi

(ii) Doğru bilgi düzeyini (KL1, KL2 ve ya KL3) belirleyen faktörler:

- a) Geometri: Yapısal sistemin ve yapısal olmayan elemanların geometrik özellikleri yapısal tepkiyi etkileyebilir.
- b) Detaylar: Bunlar, sağlamlaştırılmış beton, çelik parçalar arasındaki bağlantılar, yüzey diyagramlarının yanal destek yapılarıyla bağlantısı, yığmanın harç ve bağ ile birleştirilmesi ve her destekleyici yığma malzemelerindeki güçlendirme sürecinin detaylarını ve yapılan güçlendirmenin miktarı bilgilerini içerir.
- c) Malzemeler: Malzemelerin mekanik özellikleri

(iii) Elde edilen bilgi düzeyi, emniyet katsayısı (CF) için benimsenecek değerlerin yanı sıra kabul edilebilir analiz metodunu belirler (EN 1998-3, 4.4) İstenen bilgiyi elde etmek için başvuru işlem adımları 4.4.'te verilmiştir.

4.3.3.2 KL1: Sınırlı bilgi

(1) KL1, aşağıda belirtilen bilgi düzeyine karşılık gelir:

i) Geometri: Genel yapısal geometri ve eleman ölçüleri ya (a) inceleme yoluyla ya da (b) hem orijinal yapı hem de sonradan yapılmış her değişiklik için kullanılmış orijinal yapıya ait çizimler aracılığıyla elde edilir. Her halükarda, hem genel geometri hem de eleman ölçü boyutlarının uygun bir örneği şantiyede kontrol edilmelidir. Eğer yapıya ait çizimler ile belirli bir tutarsızlık varsa, daha geniş kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmelidir.

ii) Detaylar: Yapıyla alakalı detaylar, kapsamlı yapı çizimlerinden bilinmiyorsa yapının inşası aşamasındaki olağan çalışmaya göre yapılmış tasarımlar temel alınarak çıkarımda bulunulabilir. Bu durumda, varsayımların asıl durumla örtüşüp örtüşmediğini kontrol etmek için kritik elemanlarda sınırlı incelemeler gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde, daha kapsamlı bir yapım yeri incelemesi gerekmektedir.

iii) Malzemeler: Yapı malzemelerinin mekanik özellikleri hakkında ne orijinal tasarım ayrıntılarından ne de orijinal tarama raporlarından edinilmiş herhangi bir bilgi mevcut değildir. Hazır değerler, inşaat esnasındaki standartlara göre, en kritik elemanlar üzerinde yapılan sınırlı yapım yeri taraması eşliğinde tahmin edilmelidir.

(2) Elde edilen bilgi, malzeme kapasitesinin kısmi tetkiki için ve doğrusal yapısal analiz modeli ortaya koymak için yeterli olmalıdır.

(3) Sınırlı bilgi durumuna dayandırılmış yapısal değerlendirme, statik ve ya dinamik doğrusal analiz metotları aracılığıyla sergilenmelidir.

4.3.3.3 KL2: Normal bilgi

(1) KL2, aşağıda belirtilen bilgi düzeyine karşılık gelir:

i) Geometri: Genel yapısal geometri ve eleman ölçüleri ya (a) genişletilmiş inceleme yoluyla ya da (b) hem orijinal yapı hem de sonradan yapılmış her değişiklik için kullanılmış yapıya ait çizimleri aracılığıyla elde edilir. Her halükarda, hem genel geometri hem de eleman ölçü boyutlarının uygun bir örneği şantiyede kontrol edilmelidir. Eğer yapıya ait çizimler ile belirli bir tutarsızlık varsa, daha geniş kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmelidir.

ii) Detaylar: Yapısal detaylar, ya genişletilmiş yapım yeri incelemesi ya da ayrıntılı inşaat çizimleri aracılığıyla bilinebilir. İkinci bahsedilen durumda, mevcut bilginin asıl durumla örtüşüp örtüşmediğini kontrol etmek için en kritik malzemelerde sınırlı yapım yeri incelemeleri gerçekleştirilmelidir.

iii) Malzemeler: Yapı malzemelerinin mekanik özellikleri hakkındaki bilgi ya genişletilmiş yapım yeri taraması ya da orijinal tasarım incelemeleri aracılığıyla elde edilmiştir. İkinci bahsedilen incelemede, sınırlı yapım yeri taraması uygulanmalıdır.

(2) Elde edilen bilgi, malzeme kapasitesinin kısmi tetkiki için ve doğrusal ya da doğrusal olmayan yapısal analiz modeli ortaya koymak için yeterli olmalıdır.

(3) Bu bilgi durumuna dayandırılmış yapısal değerlendirme, statik ve ya dinamik ya doğrusal ya da doğrusal olmayan analiz metotları aracılığıyla gerçekleştirilebilir .

4.3.3.4 KL3: Tam-detaylı bilgi

(1)KL3, aşağıda belirtilen bilgi düzeyine karşılık gelir:

i) Geometri:Genel yapısal geometri ve eleman ölçüleri ya (a) kapsamlı bir araştırma yoluyla ya da (b) hem orijinal yapı hem de sonradan yapılmış her değişiklik için kullanılmış bir dizi taslak yapı çizimleri aracılığıyla elde edilir. Her halükarda, hem genel geometri hem de eleman ölçü boyutlarının uygun bir örneği şantiyede kontrol edilmelidir. Eğer yapıya ait çizimler ile belirli bir tutarsızlık varsa, daha geniş kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmelidir.

ii) Detaylar: Yapısal detaylar, ya kapsamlı yapım yeri incelemesi ya da bir dizi tamamlanmış ayrıntılı inşaat çizimleri aracılığıyla bilinebilir. İkinci bahsedilen durumda, mevcut bilginin asıl durumla örtüşüp örtüşmediğini kontrol etmek için en kritik malzemelerde sınırlı yapım yeri incelemeleri gerçekleştirilmelidir.

iii) Malzemeler: Yapı malzemelerinin mekanik özellikleri hakkındaki bilgi ya kapsamlı yapım yeri taraması ya da orijinal test raporları aracılığıyla elde edilmiştir. İkinci bahsedilen incelemede, sınırlı yapım yeri taraması uygulanmalıdır.

(2) Elde edilen bilgi, malzeme kapasitesinin kısmi tetkiki için ve doğrusal ya da doğrusal olmayan yapısal analiz modeli ortaya koymak için yeterli olmalıdır.

(3) Bu bilgi durumuna dayandırılmış yapısal değerlendirme, statik ve ya dinamik ya doğrusal ya da doğrusal olmayan analiz metotları aracılığıyla gerçekleştirilebilir .

4.4 Değerlendirme

4.4.1 Genel

i) Değerlendirme, mevcut hasarlı ve ya hasarsız bir binanın, 4.1'de ele alınmış olduğu gibi dikkate alınmış sismik harekete denk gerekli sınır durumunu karşılayıp karşılamayacağını kontrol eden nicel bir prosedürdür.

ii) Bu model, tek binaların değerlendirilmesi; yapısal müdahale ihtiyacının var olup olmadığına ve gerekli olabilecek tadilat önlemlerine karar vermek için amaçlanmıştır. Çeşitli sebeplerden dolayı (sigorta riskini belirlemek için ve ya risk hafifletme önceliklerini belirlemek için) yapılan sismik risk değerlendirmesi için yapılan, grup halindeki binaların zayıflık/hassaslık değerlendirilmesi için amaçlanmamıştır.

iii) Değerlendirme prosedürü, değerlendirmede karşılaşılan belirli problemlere uyum göstermek için bu Standart'ta modifiye edildiği gibi, (EN 1998-3:2004-4.3'te) ele alınmış olduğu şekilde genel analiz metotları vasıtasıyla gerçekleştirilmelidir.

iv) Mümkün olduğu her zaman, kullanılan metot, aynı veya benzer tipteki binaların önceki depremler esnasında sergiledikleri gözlemlenmiş hareketlerin bilgisini içermelidir.

4.4.2 Sismik hareket ve sismik yük kombinasyonu

(i) Sismik hareketi tanımlayan temel modeller, (EN 1998-3: 3.2.2 ve 3.2.3'te) sunulmuştur.

(ii) Özellikle EN 1998-3: 3.2.2.2'te, farklı sınır durumlarının doğrulanması için geliştirilen zemin ivmesi tasarım değerleri ile ölçeklendirilen elastik tepki spektrumuna referans verilir. Ya yapay ya da kaydedilmiş ivme değerleri açısından (EN 1998-3: 3.2.3)'te izin verilen alternatif değerlerde ayrıca uygulanabilir.

(iii) Q-faktör yaklaşımında doğrusal analiz tasarım spektrumu, (EN 1998-3: 3.2.2.5'ten) elde edilir. Güçlendirilmiş beton ve çelik yapılar için, sırasıyla, bir $q=1,5$ ve 2,0 değeri, yapı tipine bakılmadan kabul edilebilir. Daha yüksek q değerleri, eğer yeterince kanıtlanırsa, bölgesel ve küresel mevcut sünekliğe atfen kabul edilebilir ki bu da EN 1998-1: 2004'ün ilgili hükümlerine göre değerlendirilmiştir.

(iv) Tasarım sismik hareketi, (EN 1998-3: 3.2.4.'e) uygun olarak diğer uygun sürekli ve değişken hareketlerle birleştirilecektir.

4.4.3 Yapısal modelleme

- i) 4.3.2’de belirtildiği şekilde edinilen bilgiye bağlı olarak, bir yapı modeli oluşturulacaktır. Model, 4.4.2’de verilen sismik yük kombinasyonu altında bütün yapısal elemanların hareket hususlarının tespit edilmesini sağlayacak şekilde olacaktır.
- ii) EN 1998-1: 2004’ün modelleme ve burulma etkilerini ele alan bütün hükümler değişikliğe uğramadan uygulanacaktır.
- iii) İkincil sismik elemanların yanal hareketlere karşı dayanımı ve rijitliği analizde genel olarak göz ardı edilebilir.
- iv) Ancak, eğer doğrusal olmayan analiz uygulanırsa, genel yapısal model içerisindeki ikincil sismik elemanları değerlendirmek tavsiye edilebilir hale gelir. İkincil sismik olarak değerlendirilecek elemanların seçimi, ön analiz sonuçlarının ardından çeşitlendirilebilir. Hiçbir surette, bu elemanların seçimi, EN 1998-1: 2004, 4.2.3’teki tanımlara göre, yapının kategorisini düzensizden düzenliye çevirmek amaçlı olmamalıdır.

4.5 Yapısal Müdahalenin Tasarımı

4.5.1 Onarım tasarım işlemleri

- i) Onarım tasarım işlemleri aşağıda belirtilen adımları içerecektir:
 - a) Konsept tasarımı,
 - b) Analiz,
 - c) Doğrulama
- ii) Konsept tasarımı aşağıdakileri kapsamalıdır:
 - a) Müdahalenin düzeninin ve şeklinin yanı sıra teknik ve/veya malzemelerin seçimi
 - b) Ek yapısal parçaların-bölümlerin ölçülerinin ön boyutlandırılması
 - c) Onarımı yapılmış elemanların rijitliğinin belirlenmesi

iii) EN 1998-3: 4.4'te üzerinde durulan yapı analizi metotları, binanın modifiye edilmiş özelliklerini dikkate alarak kullanılacaktır.

iv) Güvenlik değerlendirmeleri, hem mevcut modifiye edilmiş hem de yeni yapısal elemanlar için genel olarak EN 1998-3: 4.5'e göre yürütülecektir. Mevcut malzemeler için, yapım yeri taramalarından ve ek bilgi kaynaklarından edinilen ortalama değerler, güvenlik değerlendirmesinde emniyet katsayısı(CF) tarafından modifiye edilerek kullanılacaktır. Ancak, yeni ve ya ilave edilmiş malzemelerin nominal özellikleri, emniyet katsayısı(CF) tarafından modifiye edilmeden kullanılacaktır.

(v) Hem mevcut hem de yeni yapısal elemanları içeren yapısal sistemin, EN1998-1: 2004'in gereklerini yerine getirmesi için, değerlendirme işlemi, bu husustaki şartlara göre gerçekleştirilmelidir.

4.6 Betonarme Yapılar

4.6.1 Kapsam

i) Bu Ek, betonarme binaların mevcut halinin değerlendirilmesi ve gerektiğinde iyileştirilmesi için gerekli bilgiyi içerir.

4.6.2 Geometri, detay ve malzemelerin tespiti

4.6.2.1 Genel

i) Aşağıdaki durumlar dikkatlice incelenmelidir:

a) Betonarme elemanların fiziksel durumu ve karbonatlanma ve çeliğin korozyonu vs. sebebiyle her türlü aşınma durumu, vs.

b) Yanal direnç elemanları arasındaki yük yolunun sürekliliği

4.6.2.2 Geometri

i) Elde edilen bilgi aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- a) Her iki yöndeki yanal direnç sistemlerinin tespiti
- b) Tek yönlü zemin plakalarının oryantasyonu
- c) Kiriş, kolon ve duvarların derinliği ve genişliği
- d) T-kirişlerindeki tabla genişliği
- e) Bağlantı noktalarındaki kiriş ve kolon akslarının muhtemel bozukluğu

4.6.2.3 Detaylar

i)Toplanan veri aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- a) Kiriş, kolon ve duvarlardaki boyuna donatı miktarı
- b) Kritik bölgeler ve kiriş-kolon bağlantılarındaki yanal kaymayı engelleyen donatı miktarı ve detayı
- c) T-kirişlerinin eğilmesine negatif direnç göstermede katkı sağlayan döşemelerdeki donatı miktarı
- d) Yatay elemanların uzunlukları ve mesnet şartları
- e) Paspayı derinliği
- f) Boyuna donatıların bindirme boyları

4.6.2.4 Malzemeler

i) Toplanan veri aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- a)Beton dayanımı
- b)elik akma dayanımı, en yüksek dayanımı ve şekil değiştirmesi

4.6.3 Değerlendirme için kapasite modelleri

4.6.3.1 Giriş

i) Bu maddede verilen şartlar hem birincil hem de ikincil sismik elemanlara uygulanır.

ii) Bileşenlerin/mekanizmaların sınıflandırılması:

a) "sünek": aksel kuvvetli ya da kuvvetsiz eğilme altındaki kiriş, kolon ve duvarlar

b) "gevrek": kiriş, kolon, duvar ve bağlantıların kesme mekanizmaları

4.6.3.2 Aksel kuvvetli ya da kuvvetsiz eğilme altındaki kiriş, kolon ve duvarlar

4.6.3.2.1 Giriş

i) 4.1.2 (ii), 4.1.3 (ii), 4.1.4 (ii)'e göre incelenecek olan kiriş, kolon ve duvarların deformasyon kapasitesi, akma ucundaki eksene giden tanjant ile bu ucu kesme boyunun ucu ile bağlayan kord arasındaki açının θ kord dönmesine göre tanımlanır. Dönme talebi, ayrıca eleman görelî deplasman oranına eşittir.

4.6.3.2.2 Göçme Öncesi sınır durumu (NC)

i) Tekrarlı yükleme altındaki beton elemanlarının toplam kord dönme değeri (elastik ve elastik olmayan kısım), θ_u , aşağıda belirtilen ifadelerle hesaplanabilir:

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,016 (0,3^v) \left[\frac{\max(0,01w')}{\max(0,01w)} f_c \right]^{0,225} \left(\frac{L_V}{h} \right)^{0,35} 25 \left(\alpha \rho_s x \frac{f_{yw}}{f_c} \right) (1,25^{100\rho d}) \quad (4.1)$$

Bu ifadede:

γ_{el} , birincil sismik elemanlar için 1,5 ve ikincil sismik elemanlar için 1,0'dir. h , enkesit derinliğidir. $L_V = M/V$ elemanın uç kesitindeki moment/kesme oranıdır.

$$\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2b_0} \right) \left(1 - \frac{s_h}{2b_0} \right) \left(1 - \frac{\sum b_l^2}{6h_0b_0} \right) \quad (4.2)$$

Bu ifadede:

b_o ve h_o , çember eksenine giden yanal yer değiştirmesi engellenmiş karotun boyutudur. b_i , bir etriye köşesi ve ya enkesit çevresi boyunca uzanan bir çapraz bağ tarafından sınırlandırılan boyuna çubuk donatıların eksen aralığıdır. Duvarlarda, denk 4.1 tarafından verilen değer 1,6'ya bölünür.

Eğer soğuk işlem görmüş çelik kullanılırsa, yukarıda verilen toplam kord dönme kapasitesi 1,6'ya bölünür.

ii) Tekrarlı yükleme altındaki beton elemanların kord dönme kapasitesinin plastik kısmının değeri, aşağıdaki ifadeden hesaplanabilir:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_{um} - \theta_y = \frac{1}{\gamma_{el}} 0,0145 (0,25^v) \left[\frac{\max(0,01\omega')}{\max(0,01\omega)} \right]^{0,3} f_c^{0,2} \left(\frac{L_v}{h} \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{psx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,275^{100\rho d}) \quad (4.3)$$

Akma durumundaki kord dönmesinin (θ_y), 4.6.3.2.4'e göre hesaplanması gerektiği bu hesaplamada, γ_{el} , birincil sismik elemanlar için 1,8'e; ve ikincil sismik olanlar için 1,0'a eşittir. Duvarlarda, denk 4.3 ifadesinde verilen değer, 0,6 ile çarpılır. Eğer soğuk işlem görmüş çelik kullanılırsa, kord dönme kapasitesinin plastik kısmı 2'ye bölünür.

iii) Deprem direnci açısından detaylandırılmayan parçalarda, denk 4.1 ve denk 4.3 ifadelerinde verilen değerler 0,825 ile çarpılır.

4.6.3.2.3 Ağır Hasarlı sınır durumu (SD)

i) Ağır hasarı temsil eden kord dönme kapasitesi, θ_{SD} , 4.6.3.2.2.' de verilen yüksek kord dönme değerinin $\frac{3}{4}$ 'ü kadar olarak kabul edilebilir.

4.6.3.2.4 Sınırlı Hasar sınır durumu (DL)

i) Deformasyonlar açısından bir incelemenin yapılması durumunda, akma kor dönmesi θ_y aşağıda verildiği şekilde hesaplanır:

Kiriş ve kolonlar için:

$$\theta_y = \Phi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,00135 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (4.4)$$

Duvarlar için:

$$\theta_y = \Phi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,002 \left(1 - 0,135 \frac{L_V}{h} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad (4.5)$$

Kiriş ve kolonlar için alternatif hesaplama:

$$\theta_y = \Phi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,0013 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + 0,13 \Phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (4.6)$$

Duvarlar için alternatif hesaplama:

$$\theta_y = \Phi_y \frac{L_V + \alpha_V Z}{3} + 0,002 \left(1 + 0,125 \frac{L_V}{h} \right) + 0,13 \Phi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (4.7)$$

4.7 Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi İçin Hedef Yer Değiştirmenin Belirlenmesi

4.7.1 Genel

Hedef yer değiştirme, elastik tepki spektrumu tarafından belirlenir (EN1998-1: 2004 3.2.2.2). Taban kesme kuvveti ile kontrol düğüm noktasının yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi ifade eden kapasite eğrisi, (EN1998-1: 4.3.3.4.2.3'e) göre belirlenir.

Normalleştirilmiş yanal kuvvetler, F_i ve normalleştirilmiş yer değiştirmeler, Φ_i arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$\bar{F}_i = m_i \Phi_i \quad (4.8)$$

Bu ifadede, m_i her katın kütesini tanımlar.

Yer değiştirmeler, n kontrol düğüm noktasındaki yer değiştirme $\Phi_n = 1$ olacak şekilde normalleştirilir (genellikle, n, çatı seviyesini işaret eder).

4.7.2 Eşdeğer SDOF sistemine dönüşüm

Eşdeğer SDOF sistemin kütlesi, m , şu şekilde elde edilir:

$$m^* = \sum m_i \Phi_i = \sum \bar{F}_i \quad (4.9)$$

Transformasyon faktörü, aşağıdaki ifadede verilmektedir:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{\sum \bar{F}_i}{\sum \left(\frac{\bar{F}_i^2}{m_i} \right)} \quad (4.10)$$

Eşdeğer SDOF sisteminin kuvvet F^* ve yer değiştirme d^* değerleri şu şekilde hesaplanır:

$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma} \quad (4.11)$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma} \quad (4.12)$$

Bu ifadelerde, F_b ve d_n , sırasıyla, çok serbestlik dereceli (MDOF) sistemin taban kesme kuvveti ve kontrol düğüm noktası yer değiştirmesidir.

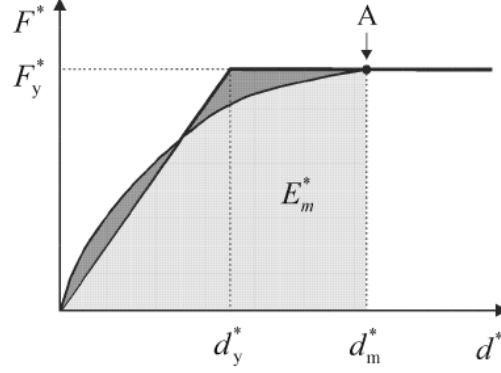
4.7.3 İdealleştirilmiş elasto plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin belirlenmesi

İdealleştirilmiş sistemin en yüksek dayanımını gösteren akma kuvveti F_y^* , plastik mafsallı oluşumunu sağlayan taban kesme kuvvetine eşittir. İdealleştirilmiş sistemin birincil rijitliği, gerçek ve idealleştirilmiş kuvvet-deformasyon eğrisi altında kalan alan eşit olduğu zaman belirlenir(şekil 4.1).

Bu hükme bağlı olarak, idealleştirilmiş tek serbestlik dereceli(SDOF) sistemin akma yer değiştirmesi, d_y^* , aşağıdaki ifadede verilmektedir:

$$d_y^* = 2 \left(d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right) \quad (4.13)$$

Burada, E_m^* , plastik mafsal oluşumuna kadar oluşan gerçek deformasyon enerjisidir.



Şekil 4.1. İdealleştirilmiş elasto plastik kuvvet-yer değiştirme ilişkisi

4.7.4 İdealleştirilmiş eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin periyodunun belirlenmesi

İdealleştirilmiş eşdeğer SDOF sistemi periyodu, T^* , şu şekilde saptanır:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}} \quad (4.14)$$

4.7.5 Eşdeğer tek serbestlik dereceli sistemin hedef yerdeğiştirmesinin belirlenmesi

T^* periyodlu ve sınırsız elastik davranış gösteren yapının hedef yerdeğiştirmesi şu şekilde verilmektedir:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[\frac{T^*}{2\pi} \right]^2 \quad (4.15)$$

Bu ifadede: $S_e(T^*)$, T^* periyodundaki elastik ivme tepki spektrumudur.

Hedef yer değiştirme, d_t^* 'nin belirlenmesi için, kısa, orta ve uzun periyotlu yapılar için aşağıda belirtildiği gibi farklı ifadeler kullanılmalıdır:

a) $T^* < T_c$ (kısa periyot).

$F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$ ise tepki elastiktir ve bundan dolayı,

$$d_t^* \geq d_{et}^* \quad (4.16)$$

$F_y^*/m^* < S_e(T^*)$ ise tepki doğrusal değildir ve

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left[1 + (q_u - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{et}^* \quad (4.17)$$

Burada, q_u , sınırsız elastik yapıdaki ivme $S_e(T^*)$ ile sınırlı dayanımlı yapıdaki ivme F_y^*/m^* arasındaki orandır:

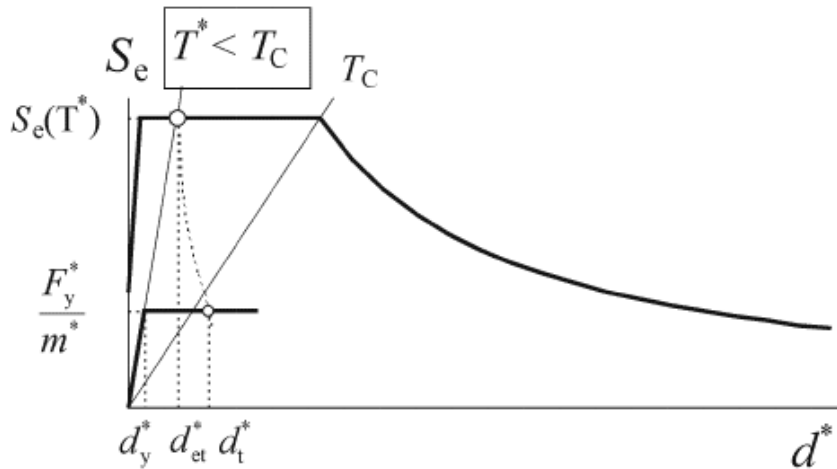
$$q_u = \frac{S_e(T^*)m^*}{F_y^*} \quad (4.18)$$

b) $T^* \geq T_c$ (orta ve uzun periyot)

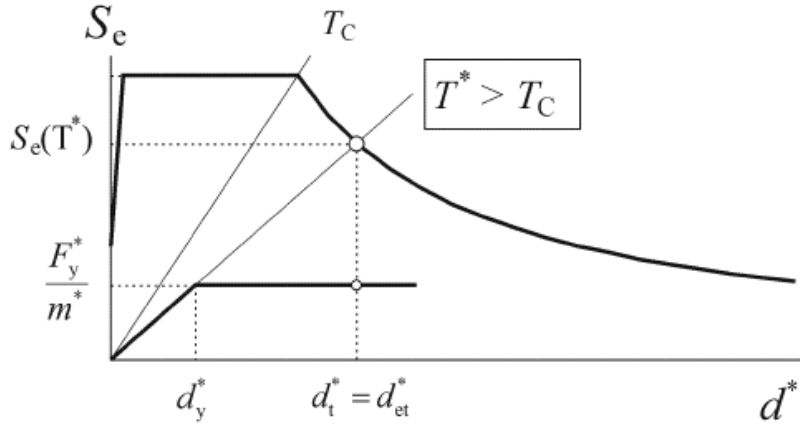
$$d_t^* = d_{et}^* \quad (4.19)$$

d_t^* , $3d_{et}^*$ 'i geçmemelidir.

Farklı nicelikler arasındaki ilişki şekil 4.2.ve 4.3 de gözlemlenebilir.



Şekil 4.2. Kısa periyot alanı



Şekil 4.3. Orta ve uzun periyot alanı

4.7.6 Çok serbestlik dereceli sistem için hedef yer değıştirmenin belirlenmesi

MDOF sistemin hedef yer değıştirmesi şu şekilde verilmektedir:

$$d_t = \Gamma d_t^* \quad (4.20)$$

BÖLÜM V

SAYISAL UYGULAMALAR

Bu bölümde 4 ve 8 katlı çerçeve taşıyıcı sistemli iki adet betonarme bina örneği ele alınmıştır. İlk olarak, 8 katlı binanın doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ile İtme Analizi kullanılarak ve DBYBHY-2007'de belirtilen esaslar göz önüne alınarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca, aynı özelliklere sahip bina, Eurocode 8 Bölüm 3 de belirtilen esaslar göz önüne alınarak ve statik itme analizi yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve eleman hasar düzeyleri belirlenmiştir. Son olarak da, hem 8 katlı hem de 4 katlı bina ele alınıp Statik İtme Analizi yöntemi ile aynı ivme tepki spektrumu kullanılarak performans analizleri yapılmış ve her iki örnek binaya ait eleman performansları hem DBYBHY-2007 hem de Eurocode-8 Bölüm 3 de belirtilen sınır değerler kullanılarak elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Böylelikle performans değerlendirme kriterlerinin birbiriyle uyumluluğu kontrol edilmiştir.

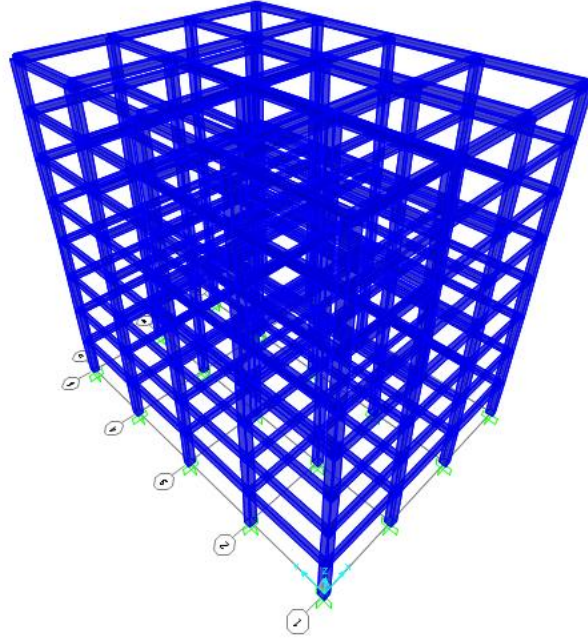
Yapıların analizinde ve performans değerlendirmelerinde Sap2000 V.16 ve Xtract programları kullanılmıştır.

5.1 DBYBHY-2007'ye Göre 8 Katlı Binanın Performans Değerlendirilmesi

5.1.1 Bina bilgileri

Performans değerlendirilmesi yapılacak bina 18x24 m. ölçülerinde x yönünde 3, y yönünde ise 4 açıklıklıdır. Bina Z+7 normal kattan oluşan konut türü bina olarak tasarlanmış ve mevcut bir bina olarak kabul edilmiştir. Mevcut bina kapsamlı bilgi düzeyinde incelenmiştir.

Düzenli aks sistemine sahip sadece çerçevelerden oluşan binanın 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli Şekil 5.1'de, kat planı ise Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.1. Yapının 3 boyutlu taşıyıcı sistem modeli

Yapı ile ilgili diğer parametreler aşağıda verilmiştir.

Genel Bilgiler:

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

Malzeme Bilgileri:

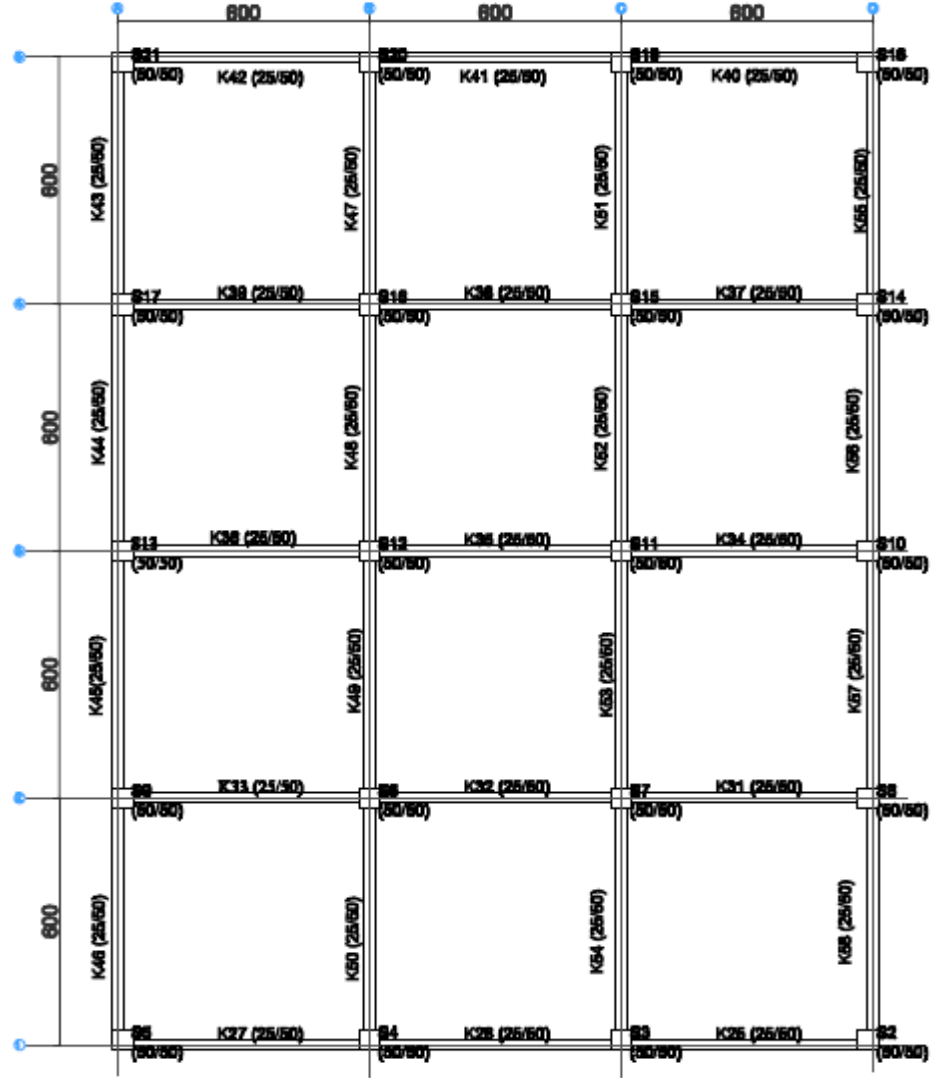
Beton	C20
Donatı çeliği	S420
Beton elastisite modülü	28000 Mpa
Donatı çeliği elastisite modülü	2×10^5 Mpa

Depreme ve zemine ilişkin parametreler:

Deprem bölgesi 1. Derece

Zemin sınıfı Z3

Spektrum karakteristik periyodu $T_a=0.15$, $T_b=0.6$



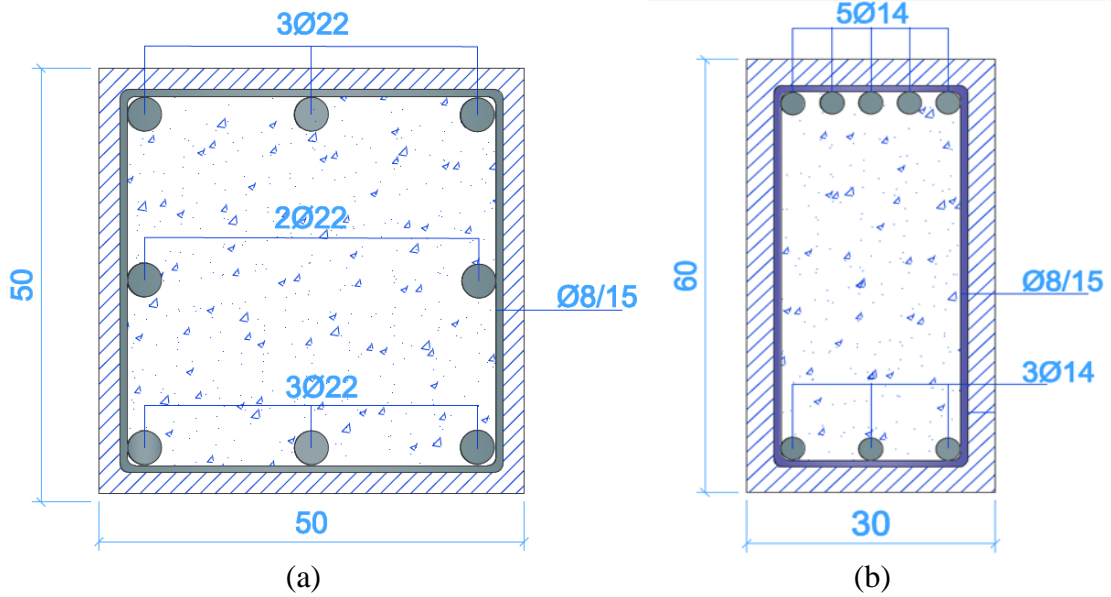
Şekil 5.2. Normal kat planı

Binaya etkiyen yükler:

Beton yoğunluğu.....	25 kN/m ³
Dış duvar yükleri	2.57 kN/m
İç duvar yükleri.....	2.18 kN/m
Hareketli yük.....	2.0 kN/m ²
Döşeme kaplama(Fayans kaplama)	1.2 kN/m ²

5.1.2 Binanın modellenmesi

Bina Sap2000 V.16 programı kullanılarak modellenmiştir. Kiriş kesitleri 25x50 cm, kolon kesitleri 50x50 cm, döşeme kalınlıkları ise 16 cm olarak kabul edilmiş ve yapı bu şekilde modellenmiştir. Hesaplanan döşeme yükleri dikdörtgen kesitli olarak tanımlanan kirişlere aktarılmıştır. Döşemeler yatayda rijit diyafram olarak tanımlanmış olup düğüm noktaları sonsuz rijit kabul edilmiştir.



Şekil 5.3. (a) Kolon kesit görünüşü (b) Kiriş kesit görünüşü

5.1.3 Eşdeğer deprem yüklerinin hesabı

Bina mod şekillerinin ve titreşim periyotlarının belirlenebilmesi için 24 modlu bir analiz yapılmış ve binanın x yönünde birinci modu 1.38850 sn ve y yönünde birinci modu 1.35082 olarak elde edilmiştir. DBYBHY-2007 Bölüm 7.5.1.1'e göre $R_a=1$ alınmış. Katlara etkiyecek eşdeğer deprem kuvvetleri DBYBHY-2007 Bölüm 2.7'ye göre aşağıda görüldüğü gibi bulunmuş X ve Y yönü için sırasıyla Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

X yönü toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı:

X yönü titreşim periyodu $T_x=1.38850$ sn
Etkin yer ivme katsayısı..... $A_o=0.4$
Yapı önem katsayısı..... 1
Spektrum karakteristik periyotları $T_a=0.15$ sn $T_b=0.6$ sn
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı..... $R_a=1$

$T_x > T_b$ olduğundan, spektral ivme katsayısı aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$S(T_x) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_x} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.6}{1.3885} \right)^{0.8} = 1.277686$$

$$A(T) = A_o \cdot I \cdot S(T_x) = 0.4 \times 1 \times 1.277686 = 0.511075$$

Eşdeğer Deprem Kuvveti:

$$V_{ix} = \frac{W A(T_x)}{R_a} = \frac{33582.72 \times 0.511075}{1} = 17163.275 \text{ kN}$$

$$\Delta_{FNx} = 0.0075 \text{ N } V_t = 0.0075 \times 8 \times 17163.275 = 1029.797 \text{ kN}$$

Y Yönü toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı:

Y yönü titreşim periyodu $T_y=1.35082$ sn
Etkin yer ivme katsayısı..... $A_o=0.4$
Yapı önem katsayısı..... 1

Spektrum karakteristik periyotları $T_a=0.15$ sn $T_b=0.6$ sn
 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R_a=1$

$T_y > T_b$ olduğundan, spektral ivme katsayısı aşağıda görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$S(T_y) = 2.5 \left(\frac{T_b}{T_y} \right)^{0.8} = 2.5 \left(\frac{0.6}{1.98513} \right)^{0.8} = 1.30612$$

$$A(T) = A_0 * I * S(T_x) = 0.4 * 1 * 1.30612 = 0.522448$$

Eşdeğer Deprem Kuvveti:

$$V_{ty} = \frac{W A(T_y)}{R_a} = \frac{33582.72 * 0.522448}{1} = 17545.223 \text{ kN}$$

$$\Delta F_{Ny} = 0.0075 * N * V_t = 0.0075 * 8 * 17545.223 = 1052.713 \text{ kN}$$

Çizelge 5.1. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

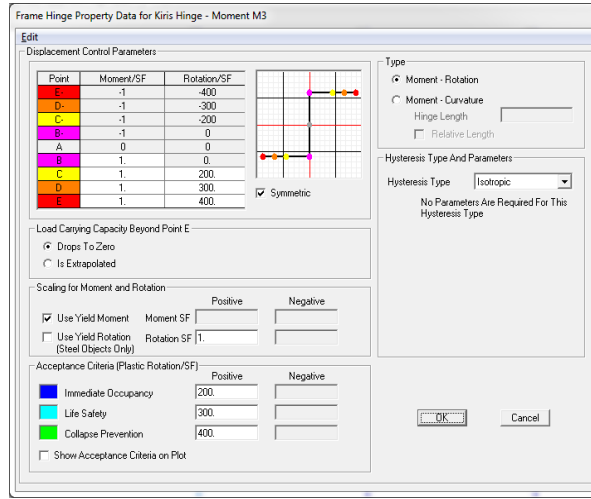
Kat	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$ (Kn m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V_{tx} - \Delta F_{nx})$ (kN)	F_{ix} (kN)	$F_{ix} + \Delta F_{nx}$ (kN)
7	3	24	4060.958	97462.985	0.216	16133.479	3480.923	4510.720
6	3	21	4217.395	88565.287	0.196	16133.479	3163.139	3163.139
5	3	18	4217.395	75913.103	0.168	16133.479	2711.262	2711.262
4	3	15	4217.395	63260.919	0.140	16133.479	2259.385	2259.385
3	3	12	4217.395	50608.735	0.112	16133.479	1807.508	1807.508
2	3	9	4217.395	37956.552	0.084	16133.479	1355.631	1355.631
1	3	6	4217.395	25304.368	0.056	16133.479	903.754	903.754
Z	3	3	4217.395	12652.184	0.028	16133.479	451.877	451.877

Çizelge 5.2. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

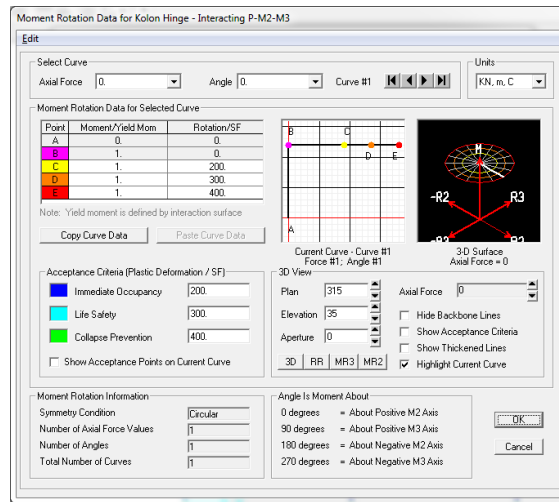
Kat	h_i (m)	H_i (m)	W_i (kN)	$W_i H_i$ (Kn m)	$w_i H_i / \sum w_i H_i$	$(V_{ty} - \Delta F_{ny})$ (kN)	F_{iy} (kN)	$F_{iy} + \Delta F_{ny}$ (kN)
7	3	24	4060.958	97462.985	0.216	16492.509	3558.387	4611.100
6	3	21	4217.395	88565.287	0.196	16492.509	3233.531	3233.531
5	3	18	4217.395	75913.103	0.168	16492.509	2771.598	2771.598
4	3	15	4217.395	63260.919	0.140	16492.509	2309.665	2309.665
3	3	12	4217.395	50608.735	0.112	16492.509	1847.732	1847.732
2	3	9	4217.395	37956.552	0.084	16492.509	1385.799	1385.799
1	3	6	4217.395	25304.368	0.056	16492.509	923.866	923.866
Z	3	3	4217.395	12652.184	0.028	16492.509	461.933	461.933

5.1.4 Kirişlerde ve kolonlarda plastik mafsal özelliklerinin tanımlanması

Kirişlerin ve kolonların plastik mafsal özellikleri SAP2000 V.16 programında Assign-Frame-Hinges menüsünden ilgili elemanın net açıklıklarının uçlarına tanımlanmıştır. Programa plastik mafsal özelliklerinin veri girişi kiriş ve kolonlar için sırasıyla Şekil 5.4 ve 5.5’de verilmiştir.

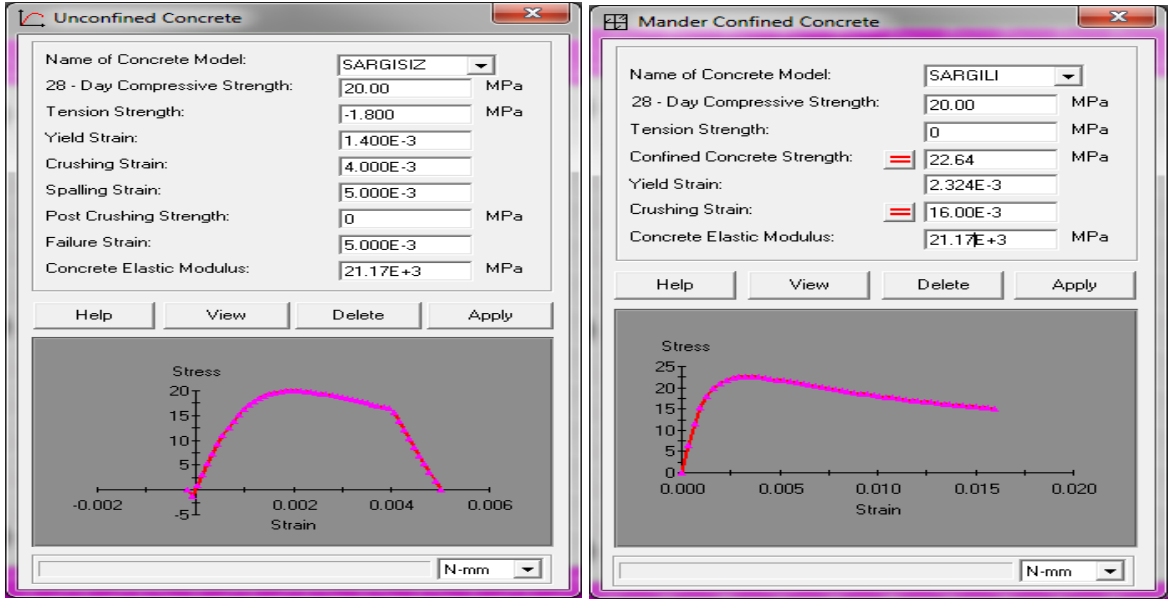


Şekil 5.4. Kirişlerin plastik mafsal özellikleri



Şekil 5.5. Kolonların plastik mafsal özellikleri

Kirişlerin ve kolonların kesit özellikleri Xtract programı yardımıyla hesaplanmıştır. Xtract programına veri girişi Şekil 5.6'da verilmiştir. Belirtilen programda veri olarak, kesit boyutları ve paspayları, donatı boyutları ve düzeni, S420 çelik ve C20 sargılı ve sargısız beton modelleri için gerilme-şekil değiştirme parametreleri DBYBHY-2007 Bilgilendirme 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.



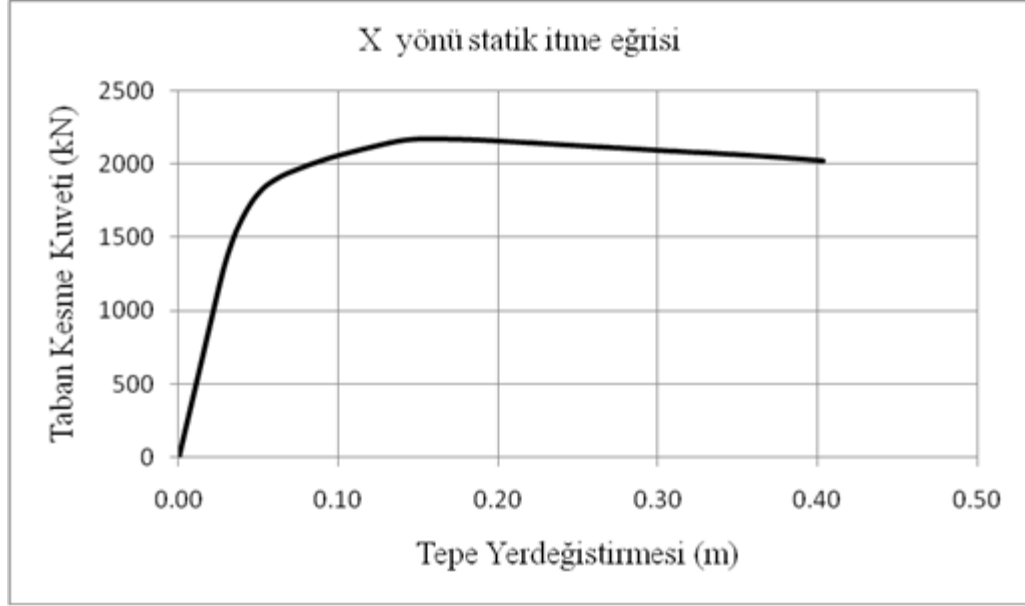
(a)

(b)

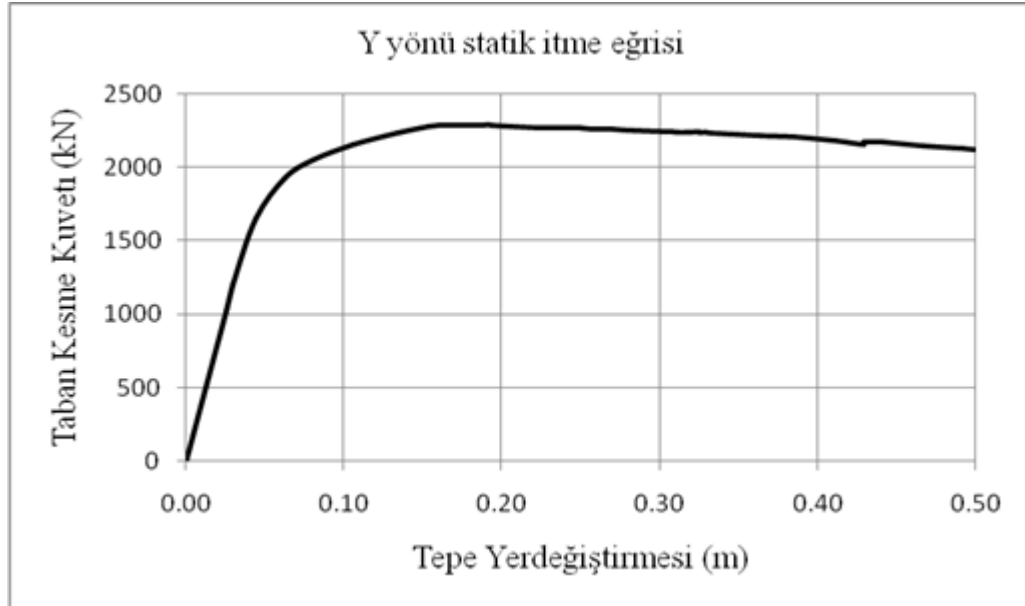
Şekil 5.6. Xtract programında sargısız (a) ve sargılı (b) beton modelinin tanımlanması

5.1.5 Artımsal itme analizi (Pushover Analiz)

Statik itme analizi iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda düşey yükler ($G+0.3Q$) dikkate alınarak doğrusal olmayan analiz, ikinci kısımda ise yatay yükler altında artımsal itme analizi yapılır. Yapılan artımsal itme analizi sonucunda X ve Y yönünde elde edilen statik itme eğrileri sırasıyla Şekil 5.7'de ve Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.7. X yönü statik itme eğrisi



Şekil 5.8. Y yönü statik itme eğrisi

5.1.6 Modal kapasite diyagramının elde edilmesi

Her iki yönde elde edilen statik itme eğrileri, modal kapasite diyagramlarına dönüştürülmüştür. Statik itme eğrisinin modal kapasite diyagramına dönüştürülmesi için etkin kütle ve modal katılım oranının belirlenmesi DBYBHY-2007 Bölüm 7.6.5.4'e göre yapılarak X ve Y yönü için Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. X yönü Modal Parametreleri

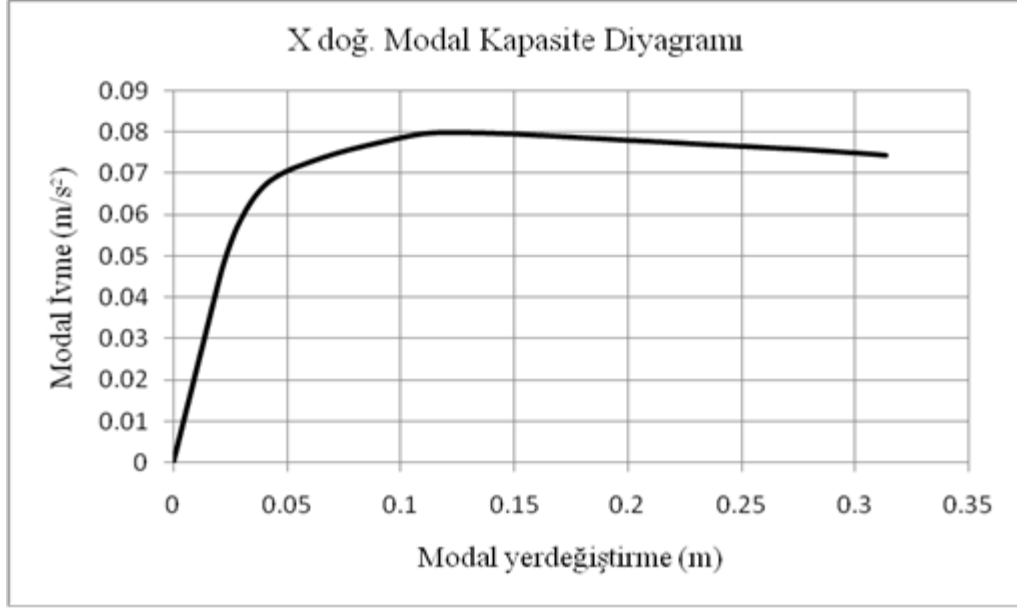
Kütle(kN)	Modal kütle(kN)	M(%)	Γ_{x1}	Φ_r
3423.315	2774.288	81.041	52.674	0.0244

Çizelge 5.4. Y yönü modal parametreleri

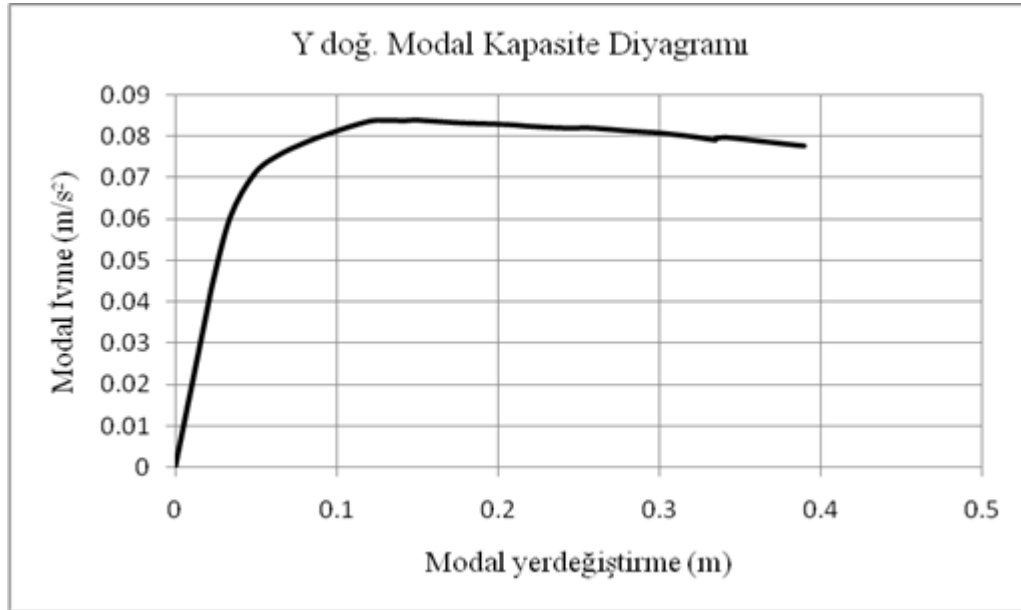
Kütle(kN)	Modal kütle(kN)	M(%)	Γ_{x1}	Φ_r
3423.315	2774.288	81.245	52.740	0.0243

Statik itme eğrisi, X doğrultusunda birinci moda ait katılım oranı, birinci moda ait mod şekli genliği ve Birinci mod etkin kütle değerlerinden faydalanılarak, Modal kapasite diyagramına dönüştürülür.

DBYBHY-07 Bölüm 7.6.5.4'te tanımlanan Denk(7.1) ve Denk(7.2) kullanılarak X ve Y yönündeki statik itme eğrisinin modal ivme-modal yerdeğiştirme diyagramına dönüştürülmesi için hesaplanan modal kapasite diyagramının koordinatları kullanılarak elde edilen modal kapasite diyagramları X ve Y yönü için sırasıyla Şekil 5.9 ve 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.9. X yönü modal kapasite diyagramı



Şekil 5.10. Y yönü modal kapasite diyagramı

5.1.7 Modal ve tepe yer değiştirme talebinin hesabı

X ve Y yönünde son itme adımıdaki modal yer değiştirme talebi DBYBHY-2007 Bilgilendirme Eki 7C'ye göre; tepe yer değiştirme talebi ise DBYBHY-2007 7.6.5.7'ye göre belirlenmiştir.

X yönü modal yer değıştirme talebi:

$$T_{x1} = 1.38850 \text{sn} > T_b = 0.6 \text{sn}$$

$$C_{R1} = 1$$

$$\omega_1 = (2\pi/T_{x1})^2 = 20.456$$

$$d_1 = S_{d1} = 0.24 \text{ m}$$

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} = 0.0242 \times 52.674 \times 0.32 = 0.308 \text{ m}$$

Y yönü modal yer değıştirme talebi:

$$T_{y1} = 1.35082 \text{sn} > T_b = 0.6 \text{sn}$$

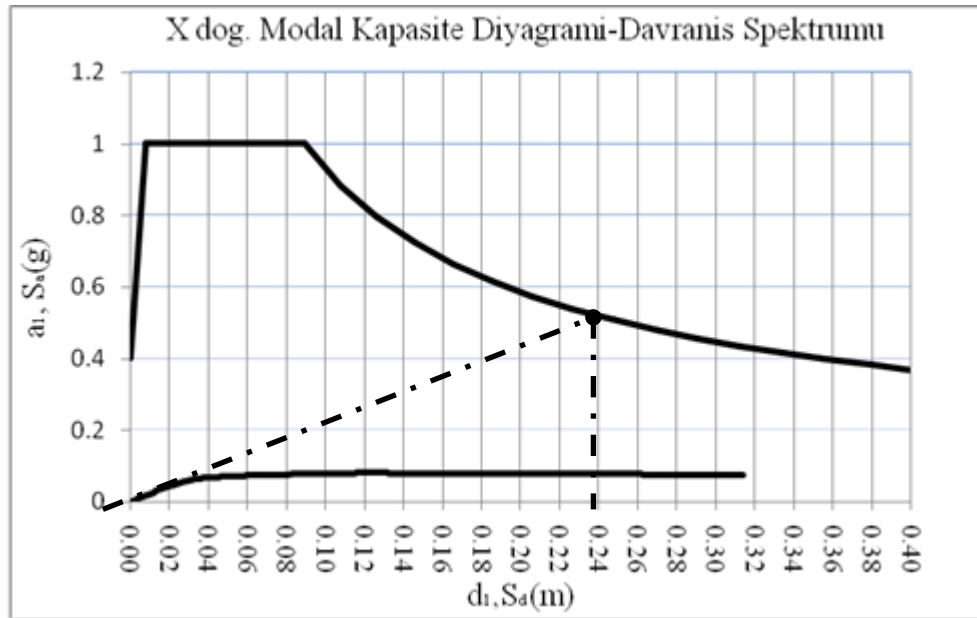
$$C_{R1} = 1$$

$$\omega_1 = (2\pi/T_{y1})^2 = 21.613$$

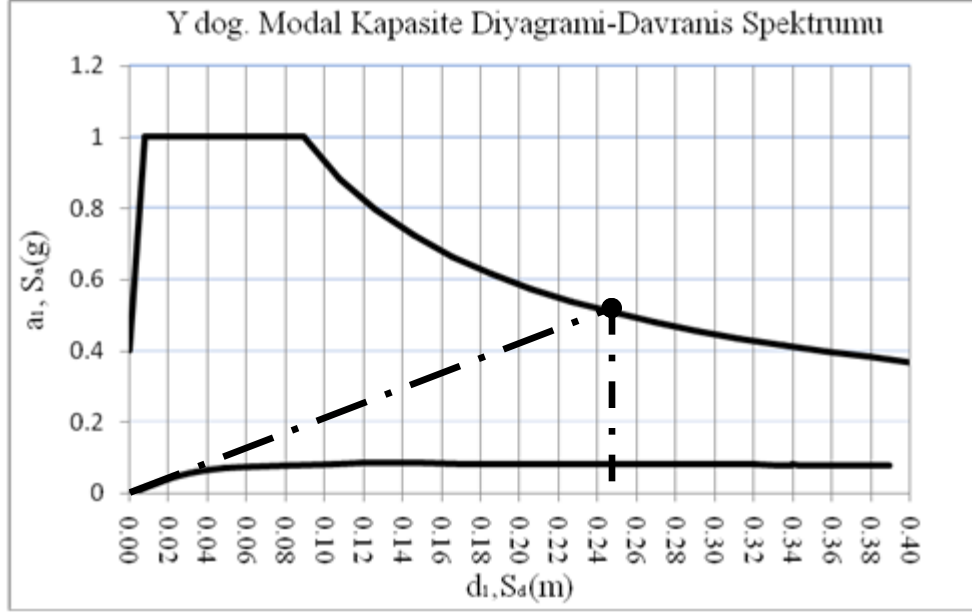
$$d_1 = S_{d1} = 0.249 \text{ m}$$

$$u_{yN1}^{(p)} = \Phi_{yN1} \Gamma_{y1} d_1^{(p)} = 0.0243 \times 52.740 \times 0.249 = 0.319 \text{ m}$$

Şekil 5.11 ve 5.12'de X ve Y yönünde elde edilen modal kapasite diyagramı ve davranış spektrumları verilmiştir.

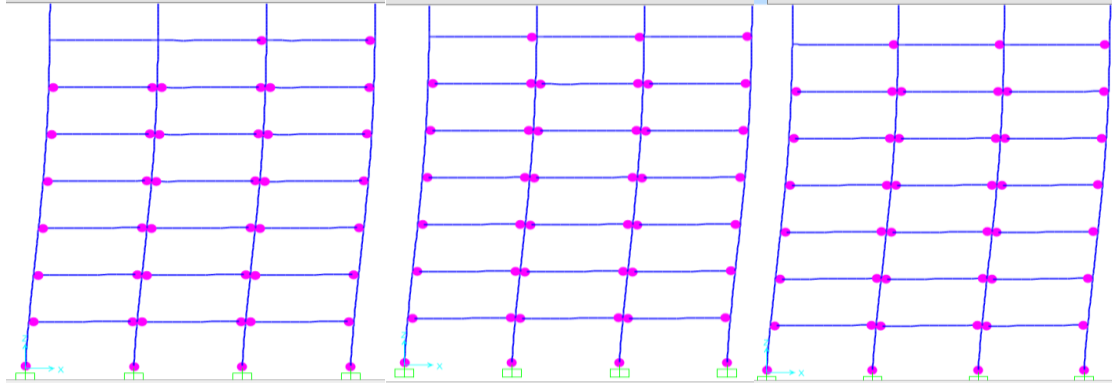


Şekil 5.11. X yönü davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramı



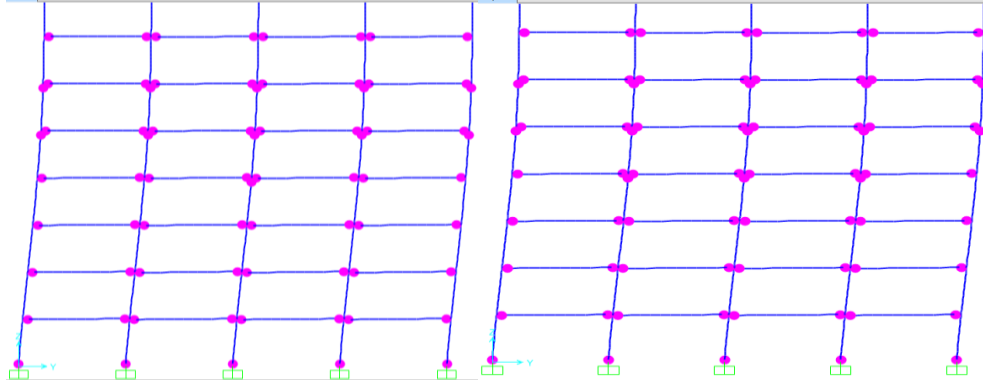
Şekil 5.12. Y yönü davranış spektrumu ve modal kapasite diyagramı

X ve Y yönünde bulunan tepe yer değiştirme istemine ulaşıncaya kadar yeni bir itme analizi SAP2000 V.16 programı yardımıyla yapılmıştır. Bu analiz sonucunda oluşan plastik dönme ve iç kuvvet talepleri belirtilen programdan alınmıştır. X yönünde yapılan itme analizinden binanın tepe deplasmanı talebine ulaşıldığı adımda oluşan plastik mafsallar Şekil 5.13’de görülmektedir.



Şekil 5.13. X yönünde yapılan itme analizi sonucunda binada oluşan plastik kesitler

Y yönünde yapılan itme analizinden binanın tepe deplasmanı istemine ulaşıldığı adımda oluşan plastik mafsallar ise Şekil 5.14’te görülmektedir.



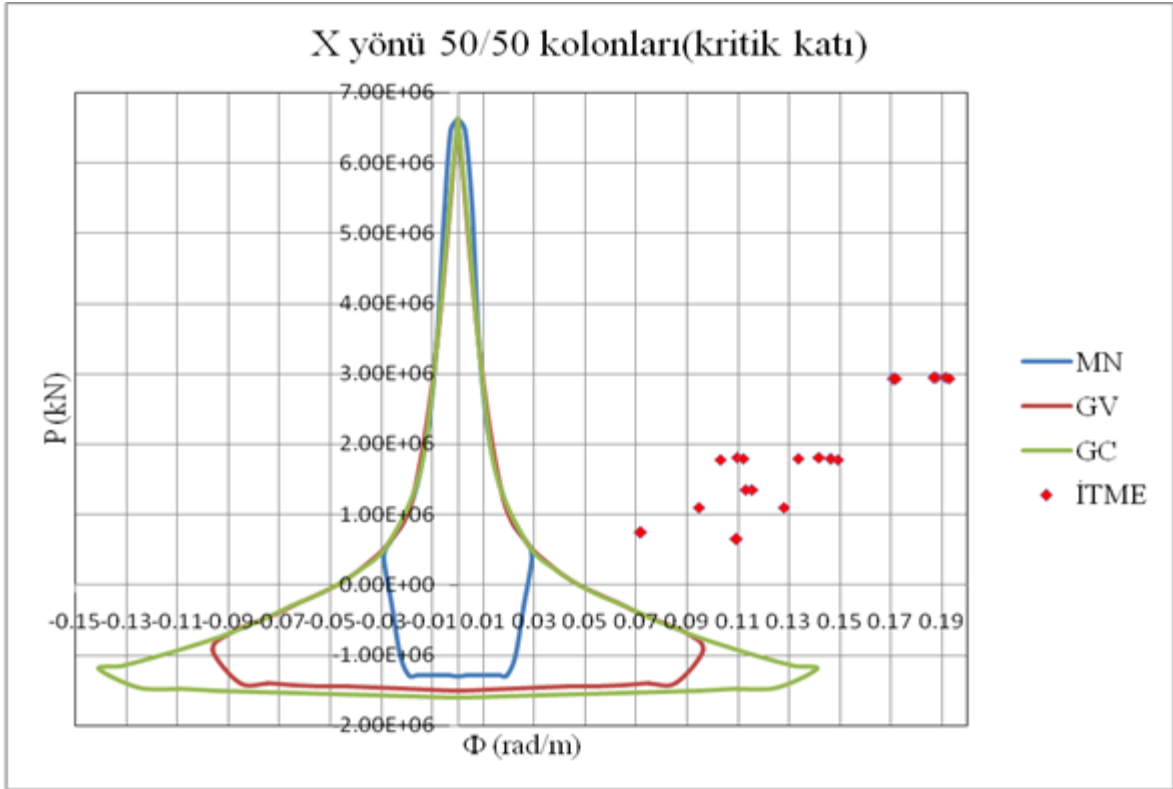
Şekil 5.14. Y yönünde yapılan itme analizi sonucunda binada oluşan plastik kesitler

5.1.8 Kolonların ve kirişlerin birim şekil değiştirme taleplerinin hesabı

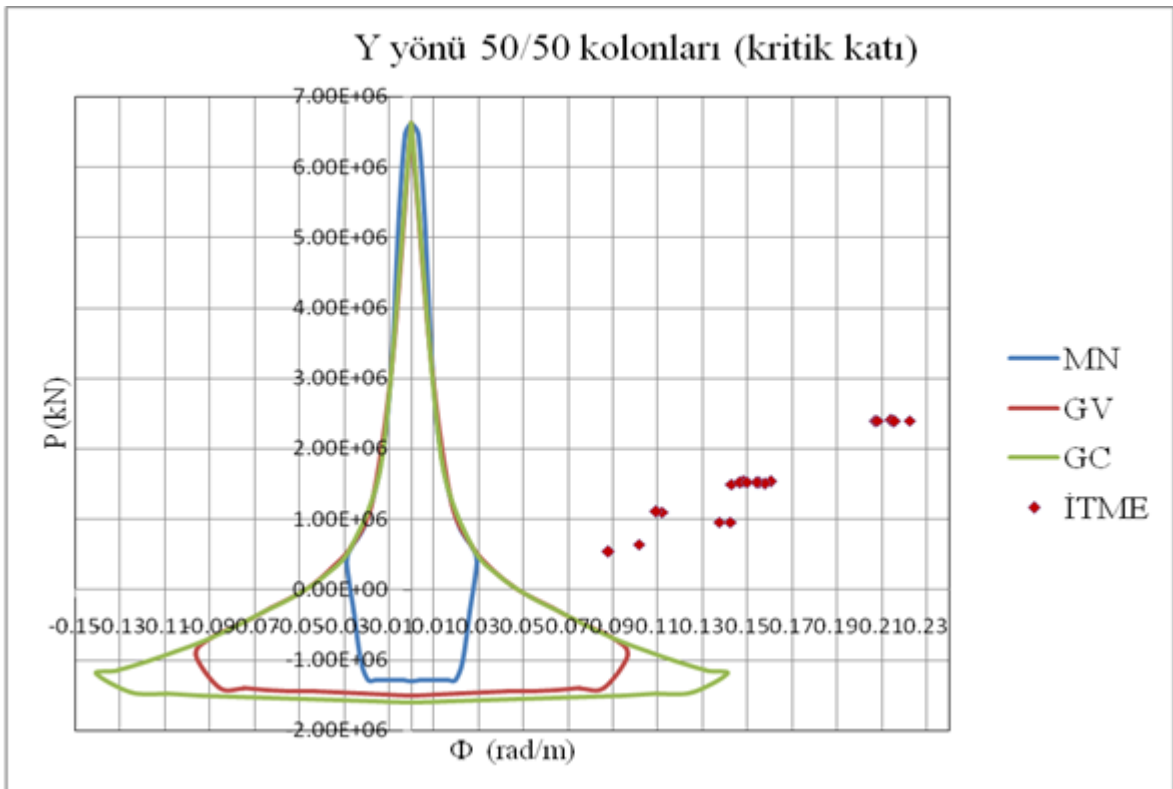
Kolonlar için Sap2000 V.16 programına P-M2-M3 mafsalsal tanımları ve kirişler için ise M3 mafsalsal tanımları yapılarak itme analizi gerçekleştirilmiştir.

SAP2000 V.16 programı ile her iki yönde tepe yer değiştirme talebine ulaşmaya kadar yapılan itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme değeri plastik mafsalsal boyuna bölünerek plastik eğrilik değeri elde edilmiş ve bu değerle Xtract programından alınan akma eğrilik değeri toplanarak toplam eğrilik elde edilmiştir. Daha sonra Xtract programıyla DBYBHY-2007 Bölüm 7.6.9’da verilen hasar sınırları için tanımlanan birim şekil değiştirme değerleri kullanılarak elde edilen deprem etkisinde normal kuvvet talebi altında moment eğrilik ilişkisini gösteren “Normal Kuvvet-Eğrilik” diyagramı kullanılarak kesitin hasar sınırı tespit edilmiştir.

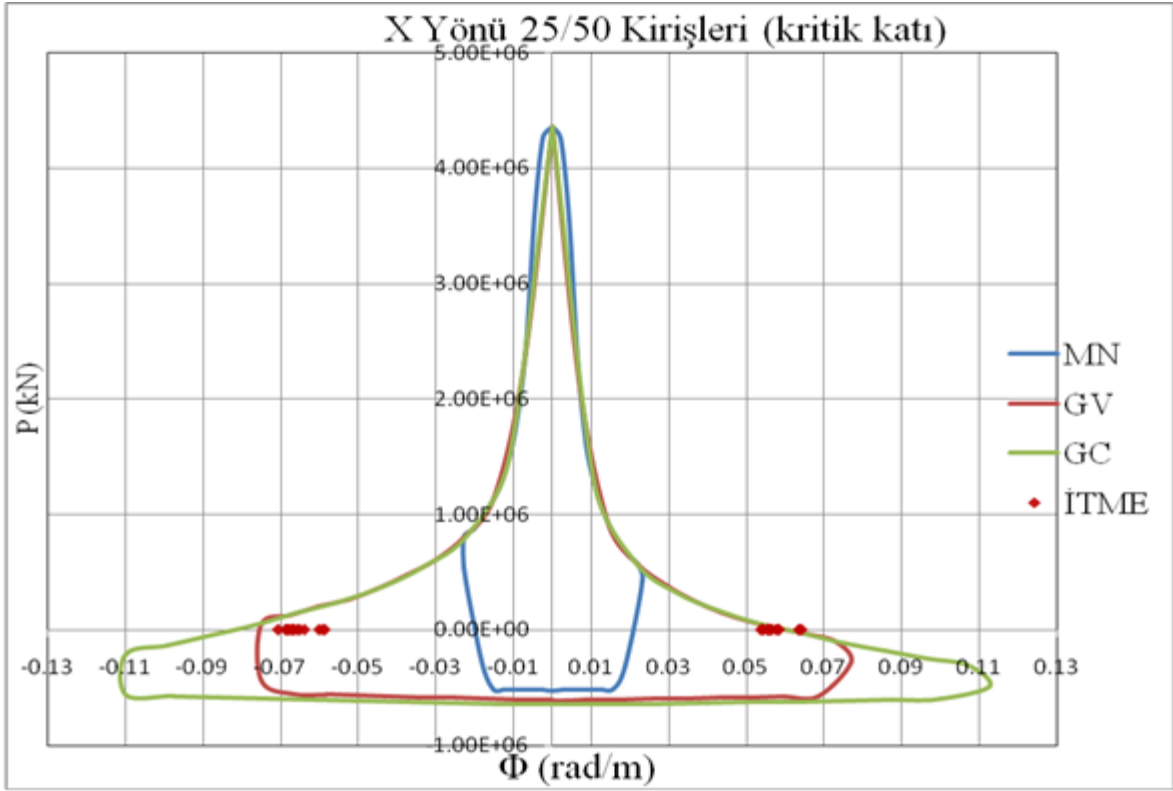
Her iki yönde kritik katta kolonlar için elde edilen aksiyel kuvvet ve toplam eğrilik değerleri “Normal Kuvvet-Eğrilik” diyagramında gösterilerek her bir kolon elemanının hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Şekil 5.15 ve 5.16’da gösterilmiştir. Ayrıca, kritik katta her iki doğrultuda kirişler için elde edilen toplam eğrilik değerleri “Normal Kuvvet-Eğrilik” diyagramında gösterilerek her bir kiriş elemanının hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Şekil 5.17 ve 5.18’de gösterilmiştir.



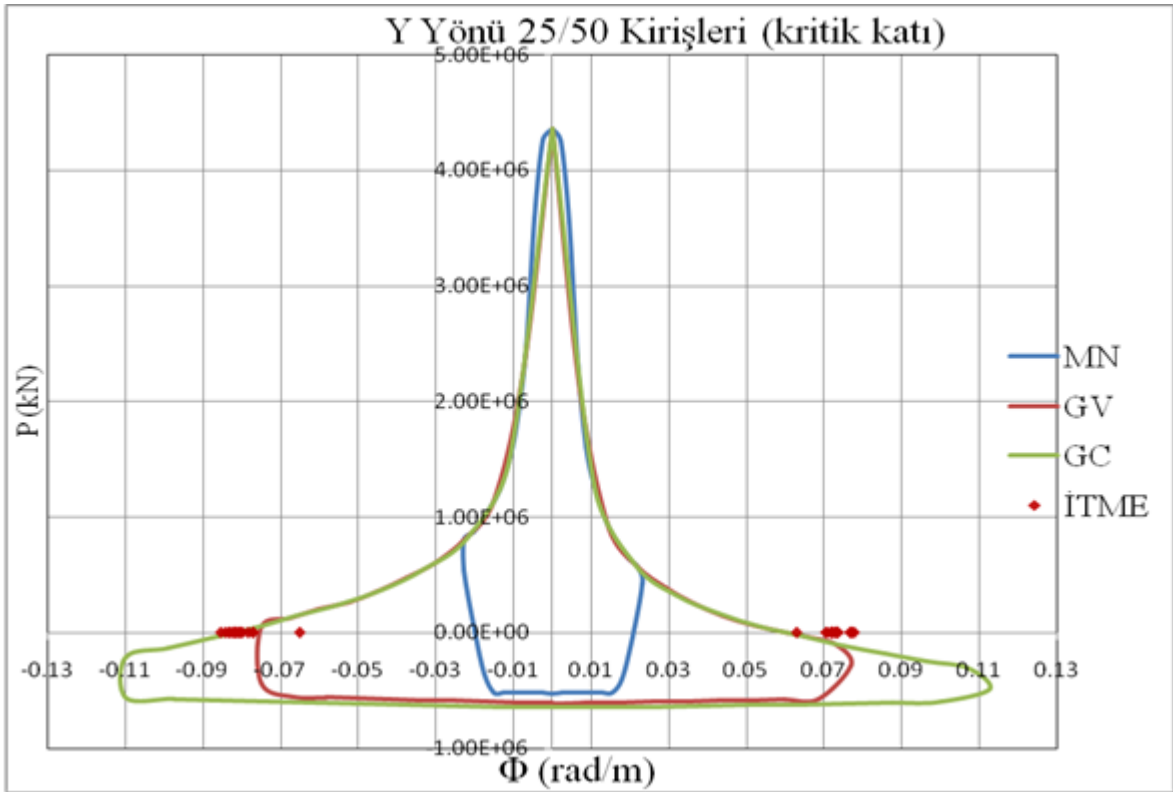
Şekil 5.15. Kritik kattaki kolonların X yönünde belirlenen hasar düzeyleri



Şekil 5.16. Kritik kattaki kolonların Y yönünde belirlenen hasar düzeyleri



Şekil 5.17. Kritik kattaki kirişlerin X yönünde belirlenen hasar düzeyleri



Şekil 5.18. Kritik kattaki kirişlerin Y yönünde belirlenen hasar düzeyleri

5.1.9 Eleman hasar düzeyleri ve bina performansının belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sonucuna göre kritik katta bulunan kolon ve kirişlerin her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.5 ve 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.5. Doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi
S1	0.10933	GB	0.10157	GB
S2	0.11549	GB	0.11182	GB
S3	0.11272	GB	0.10935	GB
S4	0.07182	GB	0.08782	GB
S5	0.10299	GB	0.14297	GB
S6	0.17066	GB	0.20695	GB
S7	0.17179	GB	0.21494	GB
S8	0.13342	GB	0.15506	GB
S9	0.14175	GB	0.16022	GB
S10	0.18775	GB	0.22221	GB
S11	0.18667	GB	0.21377	GB
S12	0.10946	GB	0.14812	GB
S13	0.11200	GB	0.14675	GB
S14	0.19161	GB	0.20820	GB
S15	0.19280	GB	0.21562	GB
S16	0.14908	GB	0.15761	GB
S17	0.12792	GB	0.14237	GB
S18	0.14622	GB	0.15393	GB
S19	0.14625	GB	0.14946	GB
S20	0.09459	GB	0.13723	GB

Çizelge 5.6. Doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	Kiriş adı	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi
K37	0.055637	BH	K21	0.07768	GB
K38	0.055641	BH	K22	0.07705	GB
K39	0.056111	BH	K23	0.07686	GB
K40	0.054357	BH	K24	0.07691	GB
K41	0.053694	BH	K25	0.07285	GB
K42	-0.064901	BH	K26	0.07202	GB
K43	-0.066411	BH	K27	0.07209	GB
K44	-0.068451	BH	K28	0.07323	GB
K45	0.056377	İH	K29	0.07187	GB
K46	0.058391	İH	K30	0.07081	GB
K47	0.057791	İH	K31	0.07074	GB
K48	0.058431	İH	K32	0.07184	GB
K49	0.063507	GB	K33	0.07359	GB
K50	0.063547	GB	K34	0.07351	GB
K51	0.064277	GB	K35	0.07359	GB
			K36	0.06293	GB

Çizelge 5.7 ve 5.8’de sırasıyla X ve Y yönünde kritik katta bulunan kolon ve kiriş elemanlarının hasar düzey yüzdeleri verilmiştir. Çizelge 5.7 ve 5.8’de görüldüğü üzere her iki yönde de kritik kattaki kolonların tamamı(%100) göçme bölgesi hasar düzeyinde çıkmıştır. Kritik katta bulunan kirişler için yapılan değerlendirmede, X yönünde kirişlerin % 53.33’ü belirgin hasar düzeyinde, % 26.67’si ileri hasar düzeyinde, % 20’si ise göçme bölgesi hasar düzeyinde Y yönündeki kirişlerin % 100’ü göçme bölgesi hasar düzeyinde çıkmıştır.

Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8 incelendiğinde, her iki yönde kritik kattaki kolonların tamamının göçme bölgesinde olduğu ve y yönündeki kirişlerinde tamamının göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara ve DBYBHY-2007 madde 7.7’de belirtilen performans kriterlerine göre 8 katlı örnek binanın “Göçme Durumu” performans seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5.7. X yönünde taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri

		MH %	BH %	İH %	GB %
Kritik kat	Kolon				100
	Kiriş		53.33	26.67	20

Çizelge 5.8. Y yönünde taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri

		MH %	BH %	İH %	GB %
Kritik kat	Kolon				100
	Kiriş				100

5.2 Eurocode 8'e Göre 8 Katlı Binanın Performans Değerlendirilmesi

5.2.1 Bina bilgileri

Bölüm 5.1'de DBYBHY-2007'ye göre performans değerlendirilmesi yapılan bina modeli bu kısımda Eurocode 8'de belirtilen artımsal itme analizi yöntemine göre analiz edilmiş ve eleman hasar düzeyleri belirlenmiştir. Mevcut bina tam detaylı bilgi düzeyinde incelenmiştir.

Bina geometrisi, malzeme bilgileri ve kesit özellikleri Bölüm 5.1'de analiz edilen bina ile aynı özellikleri taşımaktadır. Depreme ve zemine ilişkin parametreler ise Eurocode 8'de belirtildiği şekilde kullanılmıştır.

5.2.2 Binaya etkiyen deprem yüklerinin hesabı

Bina mod şekillerinin ve titreşim periyotlarının belirlenebilmesi için Sap2000 V.16'da 24 modlu bir analiz yapılmış ve binanın x yönünde birinci modu 1.38850 sn, Y yönünde birinci modu ise 1.35082 sn bulunmuştur. Katlara etkiyen deprem kuvvetleri Eurocode 8'e göre hesaplanarak X ve Y yönü için sırasıyla Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da gösterilmiştir.

X yönü deprem yükünün hesabı:

X yönü titreşim periyodu $T_x=1.38850\text{sn}$
Etkin yer ivmesi $a_g=0.4g$
Zemin katsayısı $S=1.15$
Spektrum karakteristik periyotları $T_B=0.2\text{ sn } T_C=0.6\text{ sn } T_D=2.0\text{ sn}$
Sönüm düzeltme katsayısı $\eta=1$
Düzeltilme faktörü $\lambda=1$

$T_C \leq T_x \leq T_D$ olduğundan elastik tepki spektrumu aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$S_e(T_x) = a_g S \eta 2.5 \left[\frac{T_C}{T_x} \right]$$

$$S_e(T_x) = 0.4 \times 9.81 \times 1.15 \times 1 \times 2.5 \times \left[\frac{0.6}{1.38850} \right] = 4.874 \text{ m/sn}^2$$

Taban kesme kuvveti:

$$F_b = S_e(T_x) * m * \lambda = 4.874 \times 3423.314 \times 1 = 16688.568 \text{ kN}$$

Y yönü deprem yükünün hesabı:

Y yönü titreşim periyodu $T_y=1.35082\text{sn}$
Etkin yer ivmesi $a_g=0.4g$
Zemin katsayısı $S=1.15$
Spektrum karakteristik periyotları $T_B=0.2\text{ sn } T_C=0.6\text{ sn } T_D=2.0\text{ sn}$
Sönüm düzeltme katsayısı $\eta=1$
Düzeltilme faktörü $\lambda=1$

$T_C \leq T_y \leq T_D$ olduğundan elastik tepki spektrumu aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$S_e(T_y) = a_g S \eta 2.5 \left[\frac{T_C}{T_y} \right]$$

$$S_e(T_y) = 0.4 \times 9.81 \times 1.15 \times 1 \times 2.5 \times \left[\frac{0.6}{1.35082} \right] = 5.0109 \text{ m/sn}^2$$

Taban kesme kuvveti:

$$F_b = S_e(T_y) * m * \lambda = 5.0109 \times 3423.314 \times 1 = 17154.082 \text{ kN}$$

Çizelge 5.9. X yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN s ² /m)	$m_i H_i$ (kN m)	F_{bx} (kN)	F_{ix} (kN)
7	3	24	413.961	9935.065	16688.568	3600.688
6	3	21	429.908	9028.062	16688.568	3271.970
5	3	18	429.908	7738.339	16688.568	2804.546
4	3	15	429.908	6448.616	16688.568	2337.121
3	3	12	429.908	5158.892	16688.568	1869.697
2	3	9	429.908	3869.169	16688.568	1402.273
1	3	6	429.908	2579.446	16688.568	934.849
Z	3	3	429.908	1289.723	16688.568	467.424

Çizelge 5.10. Y yönünde eşdeğer deprem kuvvetleri

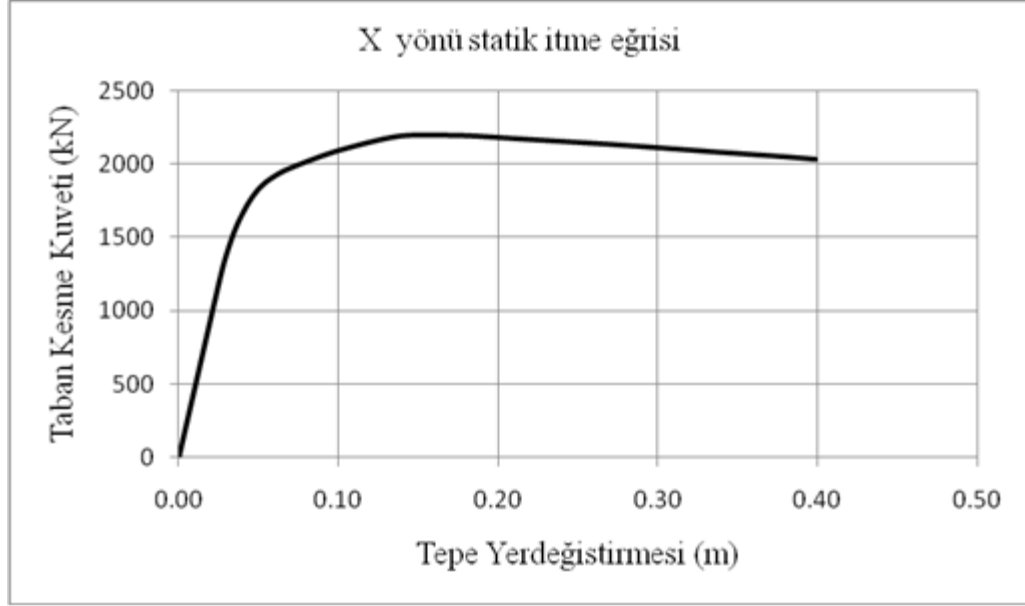
Kat	h_i (m)	H_i (m)	m_i (kN s ² /m)	$m_i H_i$ (kN m)	F_{by} (kN)	F_{iy} (kN)
7	3	24	413.961	9935.065	17154.082	3701.126
6	3	21	429.908	9028.062	17154.082	3363.239
5	3	18	429.908	7738.339	17154.082	2882.776
4	3	15	429.908	6448.616	17154.082	2402.314
3	3	12	429.908	5158.892	17154.082	1921.851
2	3	9	429.908	3869.169	17154.082	1441.388
1	3	6	429.908	2579.446	17154.082	960.925
Z	3	3	429.908	1289.723	17154.082	480.463

5.2.3 Kirişlerde ve kolonlarda plastik mafsallıkların tanımlanması

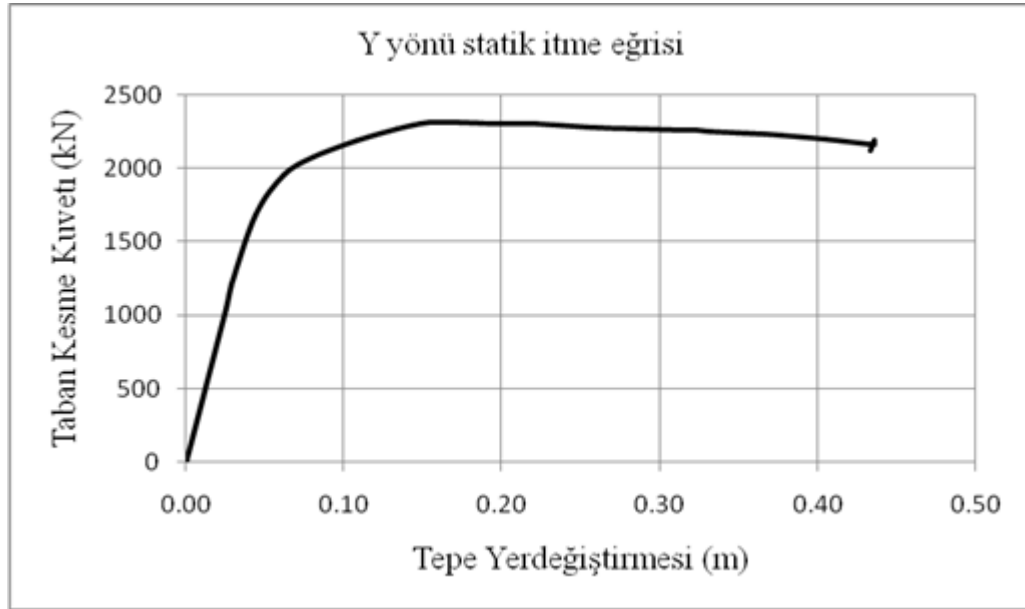
Kirişlerin ve kolonların plastik mafsallıkların özellikleri SAP2000 V.16 programında Assign-Frame-Hinges menüsünden ilgili elemanın net açıklıklarının uçlarına tanımlanmıştır. Programa plastik mafsallıkların veri girişi DBYBHY-2007'ye göre analizde olduğu gibi benzer şekilde kiriş ve kolonlar için sırasıyla Şekil 5.4 ve 5.5'te verilmiştir.

5.2.4 Artımsal itme analizi (Pushover Analiz)

Statik itme analizi iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda düşey yükler ($G+0.3Q$) dikkate alınarak doğrusal olmayan analiz, ikinci kısımda ise yatay yükler altında artımsal itme analizi yapılır. Yapılan artımsal itme analizi sonucunda X ve Y yönünde elde edilen statik itme eğrileri sırasıyla Şekil 5.19'da ve Şekil 5.20'de verilmiştir.



Şekil 5.19. X yönü statik itme eğrisi



Şekil 5.20. Y yönü statik itme eğrisi

5.2.5 Hedef yer değiştirmenin hesabı

Eurocode 8'e göre hedef yer değiştirmesinin hesabı Bölüm 4.9 belirtilen esaslara göre yapılmış ve ilgili hesaplamalara ait değerler X ve Y yönü için Çizelge 5.11 ve 5.12'de sırasıyla verilmiştir.

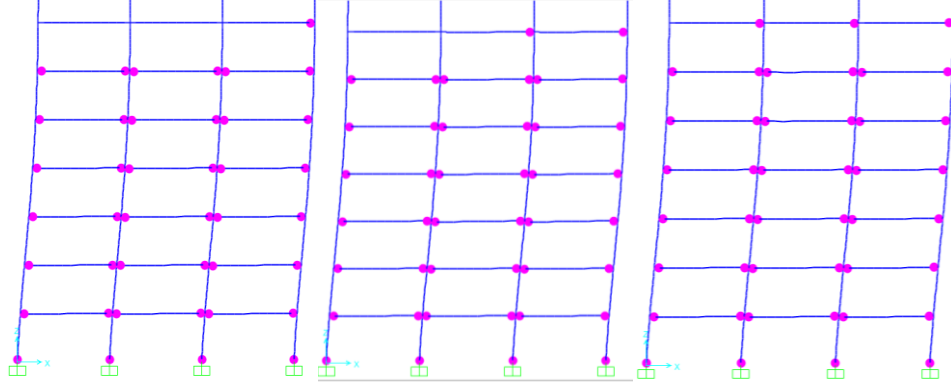
Çizelge 5.11. X yönü hedef yer değıştirme değerin hesaplanması

$u_x(m)$	m_i (kn s ² /m)	Φ_i	$m_i*\Phi_i^2$	$m_i*\Phi_i=m^*$
0.024	413.961	1.000	413.961	413.961
0.023	429.908	0.953	390.706	409.838
0.021	429.908	0.876	329.533	376.389
0.019	429.908	0.765	251.558	328.857
0.015	429.908	0.626	168.318	269.000
0.011	429.908	0.464	92.380	199.286
0.007	429.908	0.287	35.426	123.409
0.003	429.908	0.114	5.572	48.941
		Σ	1687.453	2169.682
			Γ	1.286
			d_t^* (m)	0.263
			$d_t(m)$	0.338

Çizelge 5.12. Y yönü hedef yer değıştirme değerin hesaplanması

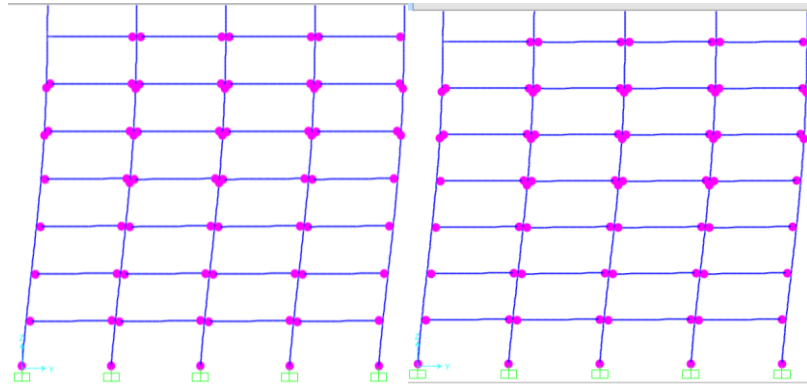
$u_x(m)$	m_i (kn s ² /m)	Φ_i	$m_i*\Phi_i^2$	$m_i*\Phi_i=m^*$
0.024	413.961	1.000	413.961	413.961
0.023	429.908	0.955	391.943	410.487
0.021	429.908	0.878	331.121	377.295
0.019	429.908	0.768	253.548	330.155
0.015	429.908	0.630	170.397	270.656
0.014	429.908	0.571	140.090	245.409
0.007	429.908	0.291	36.345	125.000
0.003	429.908	0.116	5.807	49.965
		Σ	1743.212	2222.928
			Γ	1.275
			d_t^* (m)	0.266
			$d_t(m)$	0.339

X ve Y yönünde bulunan hedef yer değıştirmeye ulaşıncaya kadar yeni bir itme analizi SAP2000 V.16 programı yardımıyla yapılmıştır. Bu analiz sonucunda oluşan plastik dönme ve iç kuvvet talepleri belirtilen programdan alınmıştır. X yönünde yapılan itme analizinden binanın hedef yer değıştirmesine ulaşıldığı adımda oluşan plastik mafsallar Şekil 5.21'de görölmektedir



Şekil 5.21. X yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler

Y yönünde yapılan itme analizinden binanın hedef yer değiştirmesine ulaşıldığı adımda oluşan plastik mafsallar Şekil 5.22'de görülmektedir.



Şekil 5.22. Y yönünde yapılan itme analizi sonucunda yapıda oluşan plastik kesitler

5.2.6 Kolonların ve kirişler için plastik dönme ve sınır değerlerinin hesabı

Kolonlar için Sap2000 V.16 programına P-M2-M3 mafsal tanımı ve kirişler için ise M3 mafsal tanımı yapılarak itme analizi gerçekleştirilmiştir. Her iki yönde hedef yer değiştirmeye ulaşmıncaya kadar yapılan itme analizi sonucu her bir kolon ve kiriş elemanları için plastik dönme değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, Eurocode 8 Bölüm 3'de belirtilen sınır değerler, göçmeye yakın sınır durumu(NC) için Denk. 4.3, ağır hasarlı sınır durumu(SD) için Denk. 4.1 ile elde edilen değerlerin $\frac{3}{4}$ 'ü ve sınırlı hasar durumu(DL) için Denk. 4.12 kullanılarak elde edilmiştir.

5.2.7 Eleman hasar düzeylerinin belirlenmesi

Artımsal itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme değerleri, Eurocode 8 Bölüm 3'te belirtilen esaslara göre hesaplanan sınır değerler ile karşılaştırılarak kritik katta bulunan kolonların her iki doğrultudaki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.13 ve 5.14'te verilmiştir. Ayrıca, kritik katta bulunan kirişlerin her iki yönündeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.15 ve 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.17 ve 5.18'de sırasıyla X ve Y yönünde kritik kattaki kolon ve kiriş elemanlarının hasar düzey yüzdeleri verilmiştir. Çizelge 5.17 ve 5.18'de görüldüğü üzere X yönünde kritik kattaki kolonların % 5'i belirgin hasar düzeyinde, % 35'i ileri hasar düzeyinde, % 60'ı göçme bölgesi hasar düzeyinde iken Y yönünde ki kritik kattaki kolonların % 25'i ileri hasar düzeyinde, % 75'i göçme bölgesi hasar düzeyinde çıkmıştır. Kritik kattaki kirişler incelendiğinde ise X yönünde kirişlerin % 100'ünün belirgin hasar düzeyinde, Y yönündeki kirişlerin ise % 68.75'inin belirgin hasar düzeyinde % 31.25'inin ise ileri hasar düzeyinde çıktığı görülmüştür.

Çizelge 5.13. X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.03092	0.00195	0.03286	İH	0.00494	0.02921	0.03448
S2	0.03282	0.00195	0.03476	İH	0.00495	0.03055	0.03630
S3	0.03214	0.00195	0.03409	İH	0.00495	0.03009	0.03567
S4	0.01921	0.00195	0.02116	BH	0.00494	0.02619	0.03041
S5	0.02869	0.00195	0.03064	İH	0.00495	0.02998	0.03552
S6	0.04921	0.00195	0.05115	GB	0.00495	0.03738	0.04579
S7	0.04923	0.00195	0.05118	GB	0.00495	0.03740	0.04582
S8	0.03789	0.00195	0.03983	GB	0.00495	0.03256	0.03907
S9	0.04027	0.00195	0.04221	GB	0.00495	0.03277	0.03936
S10	0.05349	0.00195	0.05544	GB	0.00495	0.03763	0.04615
S11	0.05317	0.00195	0.05512	GB	0.00495	0.03756	0.04605
S12	0.03080	0.00195	0.03275	İH	0.00495	0.03009	0.03567
S13	0.03131	0.00195	0.03326	İH	0.00495	0.02998	0.03552
S14	0.05448	0.00195	0.05642	GB	0.00495	0.03737	0.04577
S15	0.05466	0.00195	0.05661	GB	0.00495	0.03740	0.04581
S16	0.04165	0.00195	0.04359	GB	0.00495	0.03257	0.03908
S17	0.03546	0.00195	0.03741	GB	0.00494	0.02824	0.03316
S18	0.04051	0.00195	0.04245	GB	0.00495	0.03020	0.03583
S19	0.04071	0.00195	0.04265	GB	0.00495	0.03052	0.03626
S20	0.02522	0.00195	0.02717	İH	0.00494	0.02619	0.03041

Çizelge 5.14. Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.02745	0.00195	0.02940	İH	0.00524	0.02580	0.02961
S2	0.03044	0.00195	0.03239	İH	0.00545	0.02976	0.03474
S3	0.03031	0.00195	0.03225	İH	0.00586	0.03136	0.03661
S4	0.02371	0.00195	0.02566	İH	0.00703	0.02345	0.02578
S5	0.04008	0.00195	0.04203	GB	0.01771	0.02788	0.02959
S6	0.05655	0.00195	0.05850	GB	0.00687	0.04695	0.05742
S7	0.06017	0.00195	0.06211	GB	0.00636	0.04485	0.05483
S8	0.04492	0.00195	0.04687	GB	0.00568	0.03389	0.04016
S9	0.04581	0.00195	0.04776	GB	0.00495	0.03014	0.03573
S10	0.06256	0.00195	0.06451	GB	0.00616	0.04412	0.05397
S11	0.06075	0.00195	0.06269	GB	0.00605	0.04369	0.05345
S12	0.04102	0.00195	0.04297	GB	0.00480	0.01378	0.01461
S13	0.04094	0.00195	0.04289	GB	0.01052	0.00686	0.00728
S14	0.05865	0.00195	0.06059	GB	0.00657	0.04580	0.05603
S15	0.06071	0.00195	0.06266	GB	0.00495	0.03697	0.04521
S16	0.04399	0.00195	0.04594	GB	0.00495	0.02988	0.03539
S17	0.03901	0.00195	0.04095	GB	0.00494	0.02619	0.03041
S18	0.04568	0.00195	0.04762	İH	0.00711	0.04237	0.05089
S19	0.04593	0.00195	0.04788	GB	0.03426	0.03556	0.03772
S20	0.03804	0.00195	0.03999	GB	0.00465	0.02214	0.02570

Çizelge 5.15. X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K37	0.01632	0.00158	0.01790	BH	0.00434	0.02277	0.02653
K38	0.01626	0.00158	0.01784	BH	0.00437	0.02311	0.02692
K39	0.01644	0.00158	0.01802	BH	0.00436	0.02301	0.02681
K40	0.01580	0.00158	0.01738	BH	0.01169	0.04218	0.04914
K41	0.01570	0.00158	0.01728	BH	0.01179	0.04233	0.04931
K42	0.01590	0.00158	0.01748	BH	0.01177	0.04229	0.04926
K43	0.01651	0.00158	0.01810	BH	0.00436	0.02302	0.02682
K44	0.01631	0.00158	0.01789	BH	0.00439	0.02334	0.02719
K45	0.01641	0.00158	0.01799	BH	0.00438	0.02322	0.02706
K46	0.01699	0.00158	0.01857	BH	0.01163	0.04209	0.04903
K47	0.01695	0.00158	0.01853	BH	0.01150	0.04188	0.04879
K48	0.01711	0.00158	0.01869	BH	0.01181	0.04235	0.04933
K49	0.01866	0.00158	0.02024	BH	0.00434	0.02277	0.02653
K50	0.01867	0.00158	0.02025	BH	0.00437	0.02311	0.02692
K51	0.01890	0.00158	0.02048	BH	0.00436	0.02301	0.02681

Çizelge 5.16. Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K21	0.02112	0.00158	0.02270	BH	0.00434	0.02277	0.02652
K22	0.02145	0.00158	0.02303	BH	0.00437	0.02312	0.02694
K23	0.02148	0.00158	0.02306	BH	0.00436	0.02310	0.02690
K24	0.02173	0.00158	0.02331	İH	0.00436	0.02301	0.02681
K25	0.02285	0.00158	0.02443	BH	0.00478	0.02615	0.03047
K26	0.02223	0.00158	0.02381	BH	0.00478	0.02613	0.03044
K27	0.02211	0.00158	0.02369	BH	0.00479	0.02621	0.03053
K28	0.02176	0.00158	0.02335	BH	0.00479	0.02619	0.03051
K29	0.02150	0.00158	0.02309	İH	0.00436	0.02302	0.02682
K30	0.02180	0.00158	0.02338	İH	0.00439	0.02335	0.02720
K31	0.02185	0.00158	0.02343	İH	0.00438	0.02333	0.02717
K32	0.02231	0.00158	0.02389	İH	0.00438	0.02323	0.02706
K33	0.02059	0.00158	0.02217	BH	0.00523	0.02817	0.03281
K34	0.02038	0.00158	0.02196	BH	0.00522	0.02813	0.03277
K35	0.02036	0.00158	0.02194	BH	0.00522	0.02811	0.03274
K36	0.02007	0.00158	0.02165	BH	0.00523	0.02814	0.03279

Çizelge 5.17. X doğrultusunda taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri

		MH %	BH %	İH %	GB %
Kritik kat	Kolon		5	35	60
	Kiriş		100	0	0

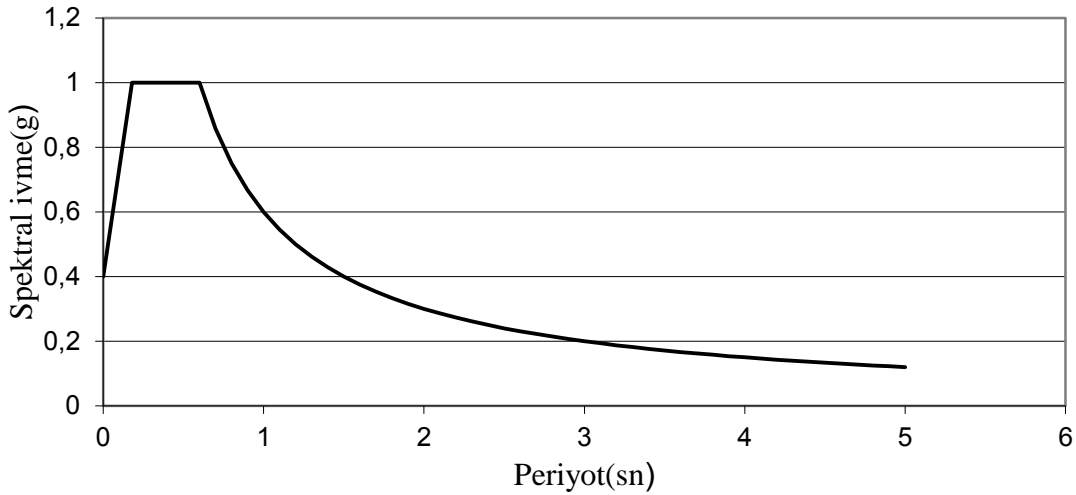
Çizelge 5.18. Y doğrultusunda taşıyıcı sistem elemanları hasar düzey yüzdeleri

		MH %	BH %	İH %	GB %
Kritik kat	Kolon			25	75
	Kiriş		68.75	31.25	

5.3 DBYBHY-2007 ve Eurocode 8'e Göre Eleman Hasar Düzeylerinin Karşılaştırılması

5.3.1 8 Katlı bina örneği

Bölüm 5.1 ve 5.2'de analiz edilen 8 katlı bina örneği aynı geometrik ve malzeme özellikleri ve Şekil 5.23'de verilen ivme spektrumu kullanılarak hem DBYBHY-2007'ye göre hem de Eurocode 8'e göre artımsal itme analizi yöntemi ile SAP2000 V.16 programı ile analiz edilmiştir.



Şekil 5.23. Modal analizde kullanılan ivme spektrumu

DBYBHY-2007'ye göre artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sonucuna göre kritik katta bulunan kolon ve kirişlerin her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.19 ve 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.19. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi
S1	0.07933	GB	0.07390	GB
S2	0.08233	GB	0.08472	GB
S3	0.08092	GB	0.07748	GB
S4	0.05486	GB	0.06084	GB
S5	0.07615	GB	0.09395	GB
S6	0.12541	GB	0.13967	GB
S7	0.12633	GB	0.14764	GB
S8	0.09818	GB	0.10652	GB
S9	0.10719	GB	0.10984	GB
S10	0.14141	GB	0.15245	GB
S11	0.14109	GB	0.14384	GB
S12	0.08332	GB	0.09266	GB
S13	0.08879	GB	0.09413	GB
S14	0.14869	GB	0.13678	GB
S15	0.14940	GB	0.14727	GB
S16	0.11436	GB	0.10880	GB
S17	0.10138	GB	0.09393	GB
S18	0.11475	GB	0.10752	GB
S19	0.11477	GB	0.10371	GB
S20	0.07716	GB	0.08788	GB

Çizelge 5.20. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	Kiriş adı	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi
K37	0.04682	BH	K21	0.06401	GB
K38	0.04680	BH	K22	0.06337	GB
K39	0.04726	BH	K23	0.06321	GB
K40	-0.05529	BH	K24	0.06329	GB
K41	-0.05612	BH	K25	0.05881	BH
K42	-0.05751	BH	K26	0.05827	BH
K43	0.04758	BH	K27	0.05833	BH
K44	0.04704	BH	K28	0.05919	BH
K45	0.04765	BH	K29	0.05801	BH
K46	0.04973	BH	K30	0.05698	BH
K47	-0.05931	BH	K31	0.05696	BH
K48	0.04946	BH	K32	0.05783	BH
K49	0.05482	BH	K33	-0.06988	BH
K50	0.05486	BH	K34	-0.06442	BH
K51	0.05557	BH	K35	-0.06339	BH
			K36	-0.06343	BH

Artımsal itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme değerleri, Eurocode 8 Bölüm 3'te belirtilen esaslara göre hesaplanan sınır değerler ile karşılaştırılarak kritik katta bulunan kolonların her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.21 ve 5.22'de verilmiştir. Ayrıca, kritik katta bulunan kirişlerin her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.23 ve 5.24'de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.02169	0.00195	0.02364	BH	0.00494	0.02915	0.03440
S2	0.02278	0.00195	0.02473	BH	0.00495	0.03046	0.03617
S3	0.02226	0.00195	0.02421	BH	0.00495	0.03002	0.03557
S4	0.01401	0.00195	0.01595	BH	0.00494	0.02619	0.03041
S5	0.02073	0.00195	0.02268	BH	0.00495	0.02998	0.03552
S6	0.03540	0.00195	0.03735	BH	0.00495	0.03738	0.04579
S7	0.03559	0.00195	0.03754	İH	0.00495	0.03740	0.04582
S8	0.02716	0.00195	0.02911	BH	0.00495	0.03256	0.03906
S9	0.02917	0.00195	0.03111	BH	0.00495	0.03274	0.03932
S10	0.03939	0.00195	0.04133	İH	0.00495	0.03763	0.04614
S11	0.03917	0.00195	0.04112	İH	0.00495	0.03755	0.04604
S12	0.02236	0.00195	0.02431	BH	0.00495	0.03009	0.03567
S13	0.02345	0.00195	0.02539	BH	0.00495	0.02998	0.03552
S14	0.04068	0.00195	0.04262	İH	0.00495	0.03737	0.04577
S15	0.04128	0.00195	0.04323	İH	0.00495	0.03740	0.04581
S16	0.03109	0.00195	0.03304	İH	0.00495	0.03257	0.03908
S17	0.02687	0.00195	0.02882	İH	0.00494	0.02818	0.03309
S18	0.03077	0.00195	0.03272	İH	0.00495	0.03012	0.03572
S19	0.03075	0.00195	0.03270	İH	0.00495	0.03042	0.03613
S20	0.01973	0.00195	0.02168	BH	0.00494	0.02619	0.03041

Çizelge 5.22. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.02032	0.00195	0.02227	BH	0.00559	0.02718	0.03120
S2	0.02242	0.00195	0.02437	BH	0.00564	0.03066	0.03580
S3	0.02237	0.00195	0.02431	BH	0.00635	0.03309	0.03864
S4	0.01684	0.00195	0.01878	BH	0.00785	0.03229	0.03693
S5	0.02723	0.00195	0.02918	BH	0.01771	0.05740	0.06796
S6	0.03953	0.00195	0.04147	BH	0.00687	0.04709	0.05762
S7	0.04306	0.00195	0.04501	BH	0.00653	0.04568	0.05587
S8	0.03177	0.00195	0.03371	BH	0.00568	0.03389	0.04016
S9	0.03246	0.00195	0.03441	İH	0.00495	0.03014	0.03573
S10	0.04444	0.00195	0.04639	İH	0.00616	0.04426	0.05418
S11	0.04259	0.00195	0.04454	İH	0.00605	0.04383	0.05365
S12	0.02791	0.00195	0.02985	İH	0.00480	0.02882	0.03417
S13	0.02781	0.00195	0.02976	GB	0.01052	0.01425	0.01688
S14	0.04111	0.00195	0.04306	BH	0.00656	0.04596	0.05625
S15	0.04316	0.00195	0.04511	İH	0.00495	0.03711	0.04541
S16	0.03113	0.00195	0.03308	İH	0.00495	0.02988	0.03539
S17	0.02767	0.00195	0.02961	İH	0.00494	0.02619	0.03041
S18	0.03179	0.00195	0.03374	BH	0.00711	0.04228	0.05076
S19	0.03172	0.00195	0.03367	BH	0.00704	0.04188	0.05024
S20	0.02593	0.00195	0.02788	GB	0.00470	0.02105	0.02443

Çizelge 5.23. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K37	0.01435	0.00158	0.01593	BH	0.00523	0.02814	0.03278
K38	0.01409	0.00158	0.01568	BH	0.00523	0.02815	0.03280
K39	0.01390	0.00158	0.01548	BH	0.00523	0.02815	0.03280
K40	0.01556	0.00158	0.01714	BH	0.00436	0.02302	0.02682
K41	0.01578	0.00158	0.01736	BH	0.00439	0.02334	0.02719
K42	0.01620	0.00158	0.01778	BH	0.00438	0.02323	0.02706
K43	0.01690	0.00158	0.01848	BH	0.00478	0.02613	0.03044
K44	0.01637	0.00158	0.01795	BH	0.00479	0.02620	0.03053
K45	0.01614	0.00158	0.01772	BH	0.00478	0.02616	0.03048
K46	0.01676	0.00158	0.01834	BH	0.00436	0.02302	0.02682
K47	0.01697	0.00158	0.01855	BH	0.00439	0.02334	0.02719
K48	0.01746	0.00158	0.01904	BH	0.00438	0.02323	0.02706
K49	0.01679	0.00158	0.01837	BH	0.00523	0.02814	0.03278
K50	0.01648	0.00158	0.01807	BH	0.00523	0.02816	0.03280
K51	0.01628	0.00158	0.01786	BH	0.00523	0.02817	0.03281

Çizelge 5.24. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K21	0.01681	0.00158	0.01839	BH	0.00434	0.02277	0.02652
K22	0.01708	0.00158	0.01866	BH	0.00437	0.02312	0.02694
K23	0.01710	0.00158	0.01868	BH	0.00436	0.02310	0.02690
K24	0.01736	0.00158	0.01894	BH	0.00436	0.02301	0.02681
K25	0.01839	0.00158	0.01997	BH	0.00478	0.02615	0.03047
K26	0.01785	0.00158	0.01943	BH	0.00478	0.02613	0.03044
K27	0.01773	0.00158	0.01931	BH	0.00479	0.02621	0.03053
K28	0.01747	0.00158	0.01906	BH	0.00479	0.02619	0.03051
K29	0.01723	0.00158	0.01881	BH	0.00436	0.02302	0.02682
K30	0.01742	0.00158	0.01900	BH	0.00439	0.02335	0.02720
K31	0.01747	0.00158	0.01906	BH	0.00438	0.02333	0.02717
K32	0.01786	0.00158	0.01944	BH	0.00438	0.02323	0.02706
K33	0.01621	0.00158	0.01779	BH	0.00523	0.02817	0.03281
K34	0.01600	0.00158	0.01758	BH	0.00522	0.02813	0.03277
K35	0.01598	0.00158	0.01756	BH	0.00522	0.02811	0.03274
K36	0.01575	0.00158	0.01733	BH	0.00523	0.02814	0.03279

Çizelge 5.25 ve 5.26’da sırasıyla X ve Y yönünde kritik kat ve ikinci kattaki kolon ve kiriş elemanlarının hasar düzey yüzdelerinin DBYBHY-2007 ve Eurocode 8’e göre karşılaştırılmaları verilmiştir. Çizelge 5.25 ve 5.26’da görüldüğü üzere her iki yönde de kritik kat ve ikinci kattaki kolonların ve kirişlerin hasar düzey yüzdeleri incelendiğinde DBYBHY-2007’nin Eurocode 8’e kıyasla daha güvenli tarafta kaldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.25. X yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması

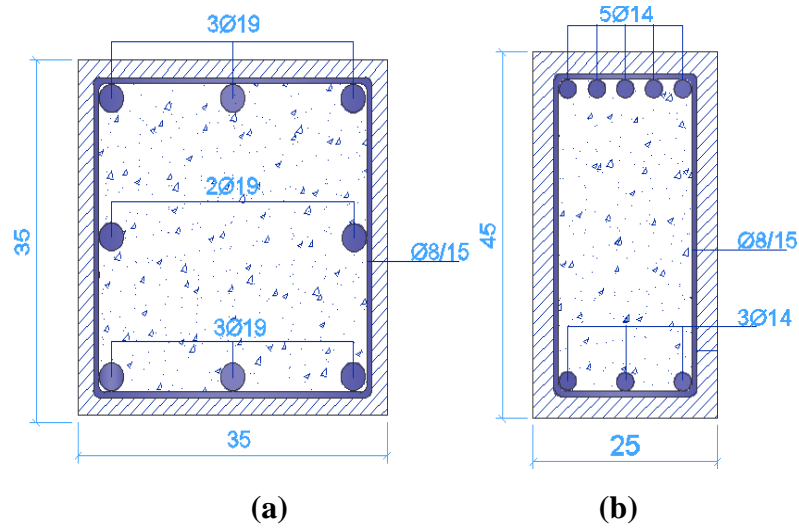
Kritik kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon		55	45	
DBYBHY-2007	Kolon				100
EUROCODE-8	Kiriş		100		
DBYBHY-2007	Kiriş		100		
İkinci kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon	100			
DBYBHY-2007	Kolon	100			
EUROCODE-8	Kiriş		100		
DBYBHY-2007	Kiriş		86.67		13.33

Çizelge 5.26. Y yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması

Kritik kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon		55	35	10
DBYBHY-2007	Kolon				100
EUROCODE-8	Kiriş		100		
DBYBHY-2007	Kiriş		75		25
İkinci kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon	100			
DBYBHY-2007	Kolon	100			
EUROCODE-8	Kiriş		100		
DBYBHY-2007	Kiriş		6.25		93.75

5.3.2 4 Katlı bina örneği

Bölüm 5.1 ve 5.2’de analiz edilen 8 katlı bina örneği kolon ve kiriş kesitleri ile donatı miktarları değiştirilerek ve aynı geometrik ve malzeme özellikleri kullanılarak 4 katlı olarak modellenmiş ve Şekil 5.23’de verilen ivme spektrumu kullanılarak hem DBYBHY-2007’ye göre hem de Eurocode 8’e göre artımsal itme analizi yöntemi ile SAP2000 V.16 programı ile analiz edilmiştir. Kolon ve kiriş kesitleri ile donatı miktarları aşağıda verilmiştir:



Şekil 5.24. (a) Kolon kesit görünüşü (b) kiriş kesit görünüşü

DBYBHY-2007'ye göre artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi sonucuna göre kritik katta bulunan kolon ve kirişlerin her iki doğrultudaki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.27 ve 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.27. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi
S1	0.31706	GB	0.35435	GB
S2	0.69177	GB	0.58119	GB
S3	0.34792	GB	0.36131	GB
S4	0.24890	GB	0.24754	GB
S5	0.32962	GB	0.39835	GB
S6	0.71739	GB	0.94632	GB
S7	1.19604	GB	0.97403	GB
S8	0.90560	GB	0.91551	GB
S9	0.98861	GB	0.86308	GB
S10	1.30980	GB	0.74137	GB
S11	1.38000	GB	0.69282	GB
S12	0.46927	GB	0.40454	GB
S13	0.71961	GB	0.41519	GB
S14	1.47199	GB	0.95372	GB
S15	1.19283	GB	1.13252	GB
S16	1.11043	GB	0.86234	GB
S17	0.95916	GB	0.75167	GB
S18	0.54371	GB	0.86840	GB
S19	1.09386	GB	0.80528	GB
S20	0.42977	GB	0.36146	GB

Çizelge 5.28. DBYBHY-2007'ye göre doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	Kiriş adı	Y yönü toplam eğrilik değeri (rad/m)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi
K37	0.078599	GB	K21	0.10852	GB
K38	0.077923	GB	K22	0.10007	GB
K39	0.085421	GB	K23	0.09962	GB
K40	0.072827	GB	K24	0.10003	GB
K41	0.074181	GB	K25	0.08674	GB
K42	0.076110	GB	K26	0.08424	GB
K43	0.083959	GB	K27	0.08585	GB
K44	0.081830	GB	K28	0.09143	GB
K45	0.088359	GB	K29	0.08677	GB
K46	0.095572	GB	K30	0.08164	GB
K47	0.089581	GB	K31	0.08024	GB
K48	0.092763	GB	K32	0.08410	GB
K49	0.108168	GB	K33	0.08725	GB
K50	0.107465	GB	K34	0.08642	GB
K51	0.116434	GB	K35	0.08666	GB
			K36	0.09475	GB

Artımsal itme analizi sonucu elde edilen plastik dönme değerleri, Eurocode 8 Bölüm 3'te belirtilen esaslara göre hesaplanan sınır değerler ile karşılaştırılarak kritik katta bulunan kolonların her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.29 ve 5.30'da verilmiştir. Ayrıca, kritik katta bulunan kirişlerin her iki yöndeki eleman hasar düzeyleri belirlenmiş ve sırasıyla Çizelge 5.31 ve 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.29. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.07511	0.00022	0.07533	GB	0.00273	0.03976	0.04584
S2	0.12911	0.00022	0.12933	GB	0.00269	0.04451	0.05238
S3	0.08346	0.00022	0.08368	GB	0.00264	0.04317	0.05078
S4	0.05001	0.00022	0.05023	GB	0.00288	0.03877	0.04415
S5	0.07620	0.00022	0.07641	GB	0.00285	0.04465	0.05202
S6	0.20614	0.00022	0.20636	GB	0.00282	0.05946	0.07246
S7	0.20615	0.00022	0.20637	GB	0.00282	0.05927	0.07219
S8	0.16643	0.00022	0.16665	GB	0.00285	0.04783	0.05630
S9	0.18376	0.00022	0.18397	GB	0.00285	0.04757	0.05597
S10	0.19626	0.00022	0.19648	GB	0.00280	0.05864	0.07141
S11	0.23470	0.00022	0.23492	GB	0.00284	0.05968	0.07269
S12	0.12281	0.00022	0.12303	GB	0.00291	0.04550	0.05300
S13	0.13282	0.00022	0.13304	GB	0.00289	0.04523	0.05268
S14	0.25740	0.00022	0.25762	GB	0.00283	0.05958	0.07259
S15	0.24457	0.00022	0.24479	GB	0.00283	0.05937	0.07230
S16	0.19743	0.00022	0.19765	GB	0.00283	0.04739	0.05578
S17	0.16601	0.00022	0.16623	GB	0.00278	0.04061	0.04682
S18	0.18505	0.00022	0.18527	GB	0.00269	0.04431	0.05209
S19	0.21244	0.00022	0.21266	GB	0.00264	0.04316	0.05080
S20	0.08429	0.00022	0.08451	GB	0.00277	0.03829	0.04378

Çizelge 5.30. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kolon elemanlarının hasar düzeyleri

Kolon adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kolonun hasar düzeyi	DL	SD	NC
S1	0.05512	0.00022	0.05534	GB	0.00251	0.03191	0.03666
S2	0.08870	0.00022	0.08892	GB	0.00260	0.04212	0.04958
S3	0.08544	0.00022	0.08566	GB	0.00258	0.04179	0.04921
S4	0.04514	0.00022	0.04536	GB	0.00274	0.03804	0.04357
S5	0.09508	0.00022	0.09530	GB	0.00251	0.03768	0.04482
S6	0.15734	0.00022	0.15755	GB	0.00252	0.05543	0.06896
S7	0.16453	0.00022	0.16474	GB	0.00251	0.05438	0.06767
S8	0.11107	0.00022	0.11129	GB	0.00266	0.04668	0.05549
S9	0.11353	0.00022	0.11375	GB	0.00254	0.03538	0.04205
S10	0.17088	0.00022	0.17110	GB	0.00315	0.07538	0.09372
S11	0.16288	0.00022	0.16310	GB	0.00250	0.05190	0.06453
S12	0.09696	0.00022	0.09718	GB	0.00393	0.02315	0.02751
S13	0.09788	0.00022	0.09810	GB	0.00254	0.03524	0.04187
S14	0.15778	0.00022	0.15800	GB	0.00254	0.04782	0.05948
S15	0.16337	0.00022	0.16359	GB	0.00254	0.04776	0.05938
S16	0.11030	0.00022	0.11052	GB	0.00251	0.03814	0.04535
S17	0.09083	0.00022	0.09105	GB	0.00254	0.02990	0.03466
S18	0.11913	0.00022	0.11935	GB	0.00333	0.05863	0.06974
S19	0.11428	0.00022	0.11450	GB	0.00583	0.08072	0.09601
S20	0.08604	0.00022	0.08626	GB	0.00382	0.01993	0.02310

Çizelge 5.31. Eurocode 8'e göre X yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	X yönünde plastik dönme değeri(rad)	X yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	X yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K37	0.02548	0.00175	0.02723	BH	0.00655	0.03102	0.03614
K38	0.02453	0.00175	0.02628	BH	0.00658	0.03110	0.03623
K39	0.02444	0.00175	0.02619	BH	0.00657	0.03107	0.03620
K40	0.02909	0.00175	0.03084	GB	0.00490	0.02535	0.02954
K41	0.02937	0.00175	0.03112	GB	0.00508	0.02621	0.03053
K42	0.03029	0.00175	0.03204	GB	0.00510	0.02629	0.03063
K43	0.03202	0.00175	0.03377	GB	0.00583	0.02896	0.03373
K44	0.03166	0.00175	0.03340	İH	0.00581	0.02891	0.03368
K45	0.03076	0.00175	0.03251	İH	0.00582	0.02893	0.03370
K46	0.03237	0.00175	0.03411	GB	0.00490	0.02535	0.02954
K47	0.03282	0.00175	0.03456	GB	0.00508	0.02621	0.03053
K48	0.03373	0.00175	0.03547	GB	0.00510	0.02629	0.03063
K49	0.03256	0.00175	0.03431	İH	0.00655	0.03102	0.03613
K50	0.03136	0.00175	0.03310	İH	0.00655	0.03101	0.03613
K51	0.03108	0.00175	0.03283	İH	0.00656	0.03105	0.03617

Çizelge 5.32. Eurocode 8'e göre Y yönü doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen kritik kattaki kiriş elemanlarının hasar düzeyleri

Kiriş adı	Y yönünde plastik dönme değeri(rad)	Y yönünde elastik dönme değeri(rad)	Toplam dönme değeri(rad)	Y yönünde kirişin hasar düzeyi	DL	SD	NC
K21	0.02878	0.00175	0.03052	GB	0.00485	0.02504	0.02917
K22	0.02862	0.00175	0.03037	GB	0.00503	0.02594	0.03022
K23	0.02862	0.00175	0.03037	GB	0.00502	0.02588	0.03015
K24	0.02979	0.00175	0.03154	GB	0.00505	0.02603	0.03032
K25	0.03177	0.00175	0.03352	İH	0.00581	0.02886	0.03362
K26	0.03063	0.00175	0.03238	İH	0.00579	0.02880	0.03355
K27	0.03054	0.00175	0.03228	İH	0.00579	0.02881	0.03356
K28	0.03018	0.00175	0.03193	İH	0.00581	0.02887	0.03363
K29	0.02921	0.00175	0.03096	GB	0.00490	0.02532	0.02950
K30	0.02951	0.00175	0.03126	GB	0.00508	0.02618	0.03050
K31	0.02961	0.00175	0.03135	GB	0.00507	0.02613	0.03044
K32	0.03072	0.00175	0.03247	GB	0.00510	0.02626	0.03059
K33	0.02662	0.00175	0.02837	BH	0.00656	0.03100	0.03612
K34	0.02569	0.00175	0.02744	BH	0.00655	0.03099	0.03610
K35	0.02566	0.00175	0.02741	BH	0.00655	0.03099	0.03610
K36	0.02585	0.00175	0.02759	BH	0.00653	0.03093	0.03603

Çizelge 5.33 ve 5.34’de sırasıyla X ve Y yönünde kritik kat ve ikinci kattaki kolon ve kiriş elemanlarının hasar düzey yüzdelerinin DBYBHY-2007 ve Eurocode 8’e göre karşılaştırılmaları verilmiştir. Çizelge 5.33 ve 5.34’de görüldüğü üzere her iki yönde de kritik kat ve ikinci kattaki kolonların ve kirişlerin hasar düzey yüzdeleri incelendiğinde DBYBHY-2007’nin Eurocode 8’e kıyasla daha güvenli tarafta kaldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.33. X yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması

Kritik kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon				100
DBYBHY-2007	Kolon				100
EUROCODE-8	Kiriş		20	33.33	46.67
DBYBHY-2007	Kiriş			0	100
İkinci kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon	75	25		
DBYBHY-2007	Kolon	33.33	60		6.67
EUROCODE-8	Kiriş		26.67	60	13.33
DBYBHY-2007	Kiriş			5	95

Çizelge 5.34. Y yönünde taşıyıcı sistem eleman hasar yüzdelerinin karşılaştırılması

Kritik kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon				100
DBYBHY-2007	Kolon				100
EUROCODE-8	Kiriş		25	25	50
DBYBHY-2007	Kiriş				100
İkinci kat		MH %	BH %	İH %	GB %
EUROCODE-8	Kolon	40	60		
DBYBHY-2007	Kolon	35	65		
EUROCODE-8	Kiriş	25	75		
DBYBHY-2007	Kiriş				100

BÖLÜM VI

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında mevcut 8 katlı binanın DBYBHY-2007 ve Eurocode 8 yönetmeliklerinde belirtilen esaslara göre performans analizleri artımsal itme analizi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

8 katlı mevcut bina önce SAP2000 programında DBYBHY-2007'ye göre tasarlanmış ve artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi uygulanarak performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz ve değerlendirmeler sonucunda her iki yönde kritik kattaki kolonların tamamının göçme bölgesinde olduğu ve y yönündeki kirişlerinde tamamının göçme bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara ve DBYBHY-2007 madde 7.7'de belirtilen performans kriterlerine göre binanın "Göçme Durumu" performans seviyesinde olduğu görülmüştür.

8 katlı mevcut bina daha sonra aynı geometrik ve malzeme özellikleri ve belirlenen ivme spektrumu kullanılarak hem DBYBHY-2007'ye göre hem de Eurocode 8'e göre artımsal itme analizi yöntemi ile SAP2000 V.16 programı ile analiz edilmiştir. Ayrıca, geometrik ve malzeme özellikleri 8 katlı bina ile aynı olan 4 katlı bir bina modeli oluşturulmuş ve her iki yönetmeliğe göre analiz edilmiştir. Analiz ve eleman düzeyinde performans değerlendirmeleri sonucunda her iki örnek binaya ait DBYBHY-2007 ve Eurocode 8'e göre değerlendirilen eleman performans düzeylerinin birbirine yakın olduğu ancak DBYBHY-2007'nin daha güvenli tarafta kaldığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Aydın, İ., Betonarme binaların performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 2006.

Başara, O., Mevcut yapıların performanslarının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2010.

Bırol, M.S., Az ve çok katlı yapılar da bilgi düzeyi seviyesinin binanın performansına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, s. 70, 2010.

Bjarnason, J.Ö., Pushover analysis of an existing reinforced concrete structure, Yüksek Lisans Tezi, *Reykjavik University*, Reykjavik, 2008.

Bozan, A., Mevcut çok katlı yapının statik itme (pushover) yöntemi ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2008.

DBYBHY, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, *T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara, 2007.

Ekici, E., Comparison of observed structural damages and code given structural performance limits, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2011.

Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. June 2004, Doc. CEN/TC250/SC8/N388B. *Comité Européen de Normalisation*, Bruxelles, 2004.

Gökalp, E., Betonarme yapıların performans analizlerinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, s. 97, 2009.

Kıran, F., Binaların performans analizi için kullanılan doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2010.

SAP2000 V.16.1 Computers and Structures, Inc., <http://www.csiberkeley.com>, 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA,. 1978-2010.

Temür, F., Statik itme (pushover) yöntemi kullanılarak yapıların analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2007.

Toprak, A, E., Code-based evaluation of seismic performance levels of reinforced concrete buildings with linear and non-linear approaches, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2008.

TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, 2001.

Yıldırım, F. G., Bodrum ve sekiz katlı bir konut binasının betonarme perde ve kolonlardan oluşan taşıyıcı sisteminin deprem performansının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2011.

ÖZ GEÇMİŞ

1985 yılında Priştina’da doğdu. 2005 yılında Priştina Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümünü kazandı. 2010 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümünden iyi derece alarak mezun oldu. 2011 yılında İnşaat Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başladı. Priştina’da özel sektörde İnşaat Mühendisi olarak çalışmaktadır.