T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BİR BİNANIN DEPREME KARŞI RİSK ANALİZİNİN YAPILMASI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Abdullah Barış OĞUZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Aralık 2015

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Abdullah Barış OĞUZ tarafından yapılan "Mevcut Bir Binanın Depreme Karşı Risk Analizinin Yapılması ve Güçlendirilmesi " konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Sedat HAYALİOĞLU

Üye : Prof. Dr. Ömer KELEŞOĞLU

Üye : Doç. Dr. Halil GÖRGÜN

Yedek Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Emin ÖNCÜ

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 04 / 12 / 2015

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../..... /.....

Doç. Dr. Mehmet YILDIRIM

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca verdikleri akademik bilgilerden dolayı başta Danışman Hocam Prof. Dr. Sedat HAYALİOĞLU' na olmak üzere, İnşaat Mühendisliği Bölümü'ndeki hocalarıma teşekkürü bir borç bilir ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca bugüne kadar desteklerini benden hiç esirgemeyen çok değerli ailem ve eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR……I
İÇİNDEKİLER II
ÖZET VI
ABSTRACT VII
ÇİZELGE LİSTESİ VIII
ŞEKİL LİSTESİ IX
KISALTMA VE SİMGELER XI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL VE METOD 7
3.1. Materyal 7
3.2. Metot 7
3.3. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Genel İlke ve Kurallar 7
3.3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler 8
3.3.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar 9
3.3.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması: Spektral İvme Katsayısı 9
3.3.3.1. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_o) 9
3.3.3.2. Bina Önem Katsayısı (I) 9
3.3.3.3. Spektrum Katsayısı 9
3.3.3.4. Özel Tasarım İvme Spektrumu 10
3.3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı 11
3.3.4.1 Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar 11
3.3.4.2. Betonarme Boşluksuz Perdeli - Çerçeveli Sistemlere İlişkin Koşullar (Süneklik Düzeyi Yüksek) 11
3.3.4.3. Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar (Süneklik Düzeyi Normal Sistemlerde) 12
3.3.4.4. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemlere Ait Koşullar 12
3.3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi 12
3.3.6. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri 14
3.3.6.1. Eksenel Kuvvet Hesabı 16
3.3.6.2. Performans Değerlendirmesinde Kullanılan Etki ve Kapasite Oran Sınır Değerleri 17
3.3.6.3 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulama Sınırları 17

3.3.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi 18
3.3.7.1. Göz Önüne Alınacak Yer Değiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları 20
3.3.7.2. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi 21
3.3.7.3. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler 22
3.3.8. Mod Birleştirme Yöntemi 23
3.3.8.1. İvme Spektrum 23
3.3.8.2. Gözönüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri 23
3.3.8.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı 23
3.3.8.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi 24
3.3.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri 24
3.3.8.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler 24
3.3.9. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri 25
3.4. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri 26
3.4.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi 26
3.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi 30
3.4.3. Performans Değerlendirmesinde Yapılan Kabuller ve Kullanılan Sınırlar 30
3.4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi 31
3.4.5. Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi 31
3.4.6. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri 32
3.4.7. Güçlendirilen Dolgu Duvarlarının Şekil Değiştirme Kapasiteleri 33
3.4.8. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri 33
3.5. Binaların Değerlendirilmesi 34
3.5.1. Binalardan Bilgi Toplanması 34
3.5.2. Bina Geometrisi 35
3.5.3. Donatı Detayları 37
3.5.4. Malzeme Ait Özellikler 39
3.5.5. Beton Özelliklerinin Tespit Edilmesi 39
3.5.6. Donatı Özelliklerinin Belirlenmesi 40
3.5.7. Bilgi Düzeyleri 42
3.5.8. Malzeme Dayanımı 43
3.5.9. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi 43
3.5.10. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi 44
3.5.11. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi 45

3.5.12. Bilgi Düzeyi Katsayıları 47
3.5.13. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri 47
3.5.14. Kesit Hasar Sınırları 47
3.5.15. Kesit Hasar Bölgeleri 48
3.5.16. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması 48
3.6. Deprem Hesaplarına Ait Genel İlke ve Kurallar 49
3.7. Betonarme Yapı Elemanlarında Hasar Düzey Tespiti 51
3.7.1. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü 52
3.8. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi 53
3.8.1. Betonarme Binaların Deprem Performansı 53
3.8.2. Hemen Kullanım Performans Düzeyi 53
3.8.3. Can Güvenliği Performans Düzeyi 54
3.8.4. Göçme Öncesi Performans Düzeyi 54
3.8.5. Göçme Durumu 55
3.9. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri 55
3.10. Binaların Güçlendirilmesi 56
3.10.1. Güçlendirilmiş Binaların Depreme Karşı Güvenliğinin Tespit Edilmesi 56
3.10.2. Binaya Eklenecek Eleman Tasarımı 56
3.10.3. Güçlendirme Türleri 56
3.11. Betonarme Binaların Güçlendirme Yöntemleri 57
3.11.1. Kolon Sargı Uygulamaları 57
3.11.1.1. Kolonların Betonarme ile Sargılanması 57
3.11.1.2. Kolonların Çelik ile Sargılanması 58
3.11.1.3. Kolonların Lifli Polimer ile Sargılanması 59
3.11.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması 60
3.11.3. Kiriş Sargılama Uygulamaları 61
3.11.3.1. Kirişlere Etriye Ekleme 62
3.11.3.2. Kirişlerin Lifli Polimer (LP) İle Sargılanması 63
3.11.3.3. Kirişlerin Çelik İle Sarılması 64
3.11.4. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi 65
3.11.5. Çerçeve Düzlem İçine Betonarme Perde İlavesi 66
3.11.6. Betonarme Yapıya Yeni Çerçeveler İlave Edilmesi 68
3.11.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması 69
3.11.8. Temellerin Güçlendirilmesi 69

3.11.9. Döşemelerin Güçlendirilmesi 70
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 73
4.1. Sekiz Katlı Betonarme Binanın Mevcut Durumu 73
4.2. Binanın Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi 78
4.3. Mevcut Bina İçin Güçlendirme Önerileri 80
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 87
6. KAYNAKLAR 89
EKLER 93
ÖZGEÇMİŞ 105

ÖZET

MEVCUT BİR BİNANIN DEPREME KARŞI RİSK ANALİZİNİN
YAPILMASI VE GÜÇLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah Barış OĞUZ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2015

Ülkemizdeki mevcut betonarme yapıların büyük çoğunluğu deprem dayanımına sahip değildir. Bu nedenle gelecekte meydana gelecek ve yerleşim bölgelerini etkileyecek depremlerde, depremin zararlarının azaltılabilmesi için öncelikle mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesi gereklidir. Yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde genellikle Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında değerlendirme bakımından önemli farklılıklar bulunmasına karşılık, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY 2007)' te bu yöntemlerin seçimi hakkında herhangi bir koşul bulunmamaktadır. Bu iki yöntem arasındaki uyum bina performansının belirlenmesi aşamasında önem arz etmektedir. Performans analizleri sonuçları doğrultusunda binanın dayanımının ve taşıma kapasitesinin arttırılmasına yönelik güçlendirme projeleri hazırlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile performans analizi yapılmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi analiz sonuçlarına göre deprem güvenliği yetersiz olan bina için, iki farklı güçlendirme önerisinde bulunulmuştur. Analiz sonuçları ve güçlendirme önerileri karşılaştırılmıştır. Rijitlikler karşılaştırıldığında ilk çözüm önerisinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Deprem Performansı, Güçlendirme, DBYBHY

ABSTRACT

MAKING THE RISK ANALYSIS AND STRENGTHENING AGAINST EARTHQUAKE OF AN EXISTING BUILDING

MASTER'S THESIS

Abdullah Barış OĞUZ

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DICLE UNIVERSITY

2015

In our country vast majority of existing concrete structures does not have the earthquake resistance. Therefore earthquakes that will occur in the future and will affect the residential area, it is necessary to determine the seismic performance of existing buildings in order to reduce earthquake damages. Equivalent Seismic Load Method and Incremental Equivalent Seismic Load Method are widely used in the determination of earthquake performance. Although there are significant differences between the two methods in terms of assessment, Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones (DBYBHY 2007) does not have any provision about the choice of this method.The conformity between these two buildings is important in determining the performance of building.In accordance with the performance analysis results projects are prepared to increase the building strength and capacity.

In this study, Equivalent Seismic Load Method are used for performance analysis. According to the Equivalent Seismic Load Method results two different reinforcements have proposed for inadequate seismic safety buildings. Analysis results and recommendations for strengthening are compared.

Keywords: Seismic Performance, Strengthening, DBYBHY

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No **Sayfa**

Çizelge 3.1. Deprem Bölgelerine ait etkin yer ivme katsayıları (Ao)..... 9

Çizelge 3.2. Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B 10

Çizelge 3.3. EDYY'nin kullanılabileceği binalar 17

Çizelge 3.4. Hareketli yük katılım katsayısı (n)..... 19

Çizelge 4.1. Mevcut binadan alınan karot numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları 76

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Özel tasarım ivme spektrumu 10
Şekil 3.2. Mevut bir yapının taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirmesi bağlantısı 15
Şekil 3.3. Kirişlere oluşan kapasite kesme kuvvetleri 16
Şekil 3.4. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükü 17
Şekil 3.5. Depreme dik doğrultudaki kat boyutunun ± %5 kaydırılması 21
Şekil 3.6. Tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem 21
Şekil 3.7. i' nci katta etkiyecek fiktif yük 22
Şekil 3.8. Asal eksen doğrultusundaki iç kuvvetler 22
Şekil 3.9. Farklı türdeki yapıların statik itme analiziyle bulunan kapasite eğrileri ve yıkılma özellikleri 28
Şekil 3.10. Statik itme analizinde spektral yer değiştirme talebinin eşit yer değiştirme prensibi ile belirlenmesi 29
Şekil 3.11. Yüzey taraması yapılması 38
Şekil 3.12. Pas payı sıyrılarak belirlenen donatı detayları 39
Şekil 3.13. Yüzey sertliği değerinin okunması 41
Şekil 3.14. Betonarme kolondan karot alınması 41
Şekil 3.15. Kesitlere ait hasar sınırları 48
Şekil 3.16. Kolon mantolama 58
Şekil 3.17. Kolonların çelik ile sarılması 59
Şekil 3.18. Kolonların lifli polimer ile sarılması 60
Şekil 3.19. Kolonların kesitlerinin büyütülmesi 61
Şekil 3.20. Dıştan etriye ekleme 62
Şekil 3.21. Dıştan etriye ekleme 63
Şekil 3.22. Kirişlerin lifli polimer ile sarılması 64
Şekil 3.23. Kirişlerin çelik ile sarılması 65
Şekil 3.24. Dolgu duvarların güçlendirilmesi 66
Şekil 3.25. Betonarme perde eklenmesi 67
Şekil 3.26. Bitişik perde eklenmesi 68
Şekil 3.27. Temellerin güçlendirilmesi 70
Şekil 3.28. Döşemelerin çelik levhalarla güçlendirilmesi 71
Şekil 3.29. Döşemelerin yeniden yapılarak güçlendirilmesi 71
Şekil 4.1. Akbank lojman binası konumu 73
Şekil 4.2. Lojman binası görünüşü 74
Şekil 4.3. Ara kat kalıp planı 75

Şekil 4.4. Lojman binası mevcut durumu Sta4Cad.V13.1 (2013) programında 3 boyutlu modeli 79
Şekil 4.5. Akbank lojman binasına ait temel sistemi 81
Şekil 4.6. Temel takviye detayı kesiti 82
Şekil 4.7 Akbank lojman binası güçlendirme projesi kalıp planı 83
Şekil 4.8. Akbank lojman binası güçlendirme sonrası 3 boyutlu modeli 84
Şekil 4.9. Akbank lojman binası güçlendirme projesi kat planı 85
Şekil 4.10. Akbank lojman binası güçlendirme projesi son kat kalıp planı 86
Şekil 4.11. Akbank lojman binası güçlendirme sonrası 3 boyutlu modeli 86

KISALTMA VE SİMGELER

ACI	: American Concrete Institute
BS	: British Standard
SNIP	: Rusya Federasyonu Ulusal İnşaat Kod ve Standartları
UBC	: Uniform Building Code Standard
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
A(T)	: Spektral İvme Katsayısı
Ao	: Etkin Yer İvme Katsayısı
I	: Bina Önem Katsayısı
S(T)	: Spektrum Katsayısı
Sae(T)	: Elastik Spektral İvmeyi
g	: Yerçekim İvmesi
T	: Bina Doğal Titreşim Periyodu
T_A,T_B	: Spektrum Karakteristik Periyotları
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
Ra(T)	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
H_N	: Bina Yüksekliği
αs	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranı
H_W	: Temel üstünden veya perdenin plandaki uzunluğunun %20'den daha fazla küçüldüğü seviyeden itibaren ölçülen perde yüksekliği
I_w	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
R_{YP}	: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal perdeler tarafından taşındığı durum için.tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_{NÇ}$	: Deprem yüklerinin tamamının süneklik düzeyi normal çerçeveler tarafından taşındığı durum için tanımlanan taşıyıcı sistem davranış katsayısı
EDYY	: Eşdeğer Deprem Yükü
MBY	: Mod Birleştirme Yöntemi
AEDYY	: Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi
ZTAAY	: Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi
V	: Taban Kesme Kuvveti
u	: Tepe Yerdeğiştirmesi

u_e	: Talep Edilen Yerdeğiştirme
Ve	: Talep Edilen Taban Kesme Kuvveti
u_y	: Tasarlanan Sistemin Akma Yerdeğiştirmesi
V_y	: Tasarlanan Sistemin Akma Dayanımı
ui	: Doğrusal Olmayan Davranışa Ait Yerdeğiştirme Talebi
r	: Etki/Kapasite Oranları
$r_{sınır}$	: Kesit Hasar Sınırları İçin Tanımlanan Etki/Kapasite Oranları
V_d	: Düşey Yük Altındaki Kesme Kuvveti
M_r	: Kesit Eğilme Kapasitesi
V_t	: Toplam Eşdeğer Deprem Yükü Taban Kesme Kuvveti
W	: Binanın Toplam Ağırlığı
W_i	: Kat Ağırlığı
m_i	: Binanın i'nci Katının Kütlesi
F_{fi}	: Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Hesabında i'nci Kata Etkiyen Fiktif Yük
g_i	: Binanın i'nci Katındaki Toplam Sabit Yük
n	: Hareketli Yük Katılım Katsayısı
q_i	: Binanın i'nci Katındaki Toplam Hareketli Yük
d_{fi}	: Binanın i'nci Katındaki F_{fi} Fiktif Yüklerine Göre Hesaplanan Yerdeğiştirme
ΔF_N	: Binanın N'nci Katına Etkiyen Eşdeğer Deprem Yükü
H_i	:Binanın i'nci Katının Temel Üstünden İtibaren Ölçülen Yüksekliği
η_{bi}	: i' nci Katta Tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
D_i	: Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde Burulma Düzensizliği Olan Binalar İçin i'nci Katta ± % 5 Ek Dışmerkezliğe Uygulanan Büyütme Katsayısı
B_{ax}	**:** Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{ay}	: Taşıyıcı sistem elemanının a asal ekseni doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
B_{bx}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x doğrultusundaki depremden oluşan iç.kuvvet büyüklüğü
B_{by}	: Taşıyıcı sistem elemanının b asal ekseni doğrultusunda, x' e dik y doğrultusundaki depremden oluşan iç kuvvet büyüklüğü
e	: Yük dış merkezlikleri
e_x	: X Doğrultusundaki Yük Dış Merkezliği
e_y	: Y Doğrultusundaki Yük Dış Merkezliği
$S_{aR}(T_r)$	: R'inci Doğal Titreşim Modu İçin Azaltılmış Spektral İvme

$S_{ae}(T)$	: Elastik Spektral İvme
$R_a(T)$	: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
M_{xn}	: Göz Önüne Alınan X Deprem Doğrultusunda Binanın n'inci Doğal Titreşim Modundaki Etkin Kütle
M_{yn}	: Göz Önüne Alınan Y Deprem Doğrultusunda Binanın n'inci Doğal Titreşim Modundaki Etkin Kütle
Y	: Mod Birleştirme Yöntemi'nde Hesaba Katılan Yeterli Doğal Titreşim Modu Sayısı
M_{n}	: n' inci Doğal Titreşim Moduna Ait Modal Kütlesi
M_n	: Modal Kütle
Φ_{xin}	: Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Çalıştığı Binalarda, n' i'nci Mod Şeklinin i'inci Katta X Ekseni Doğrultusundaki Yatay Bileşeni
Φ_{yin}	: Kat Döşemelerinin Rijit Diyafram Olarak Çalıştığı Binalarda, n' inci Mod Şeklinin i' nci Katta Y Ekseni Doğrultusundaki Yatay Bileşeni
T_m	: Saniye Cinsinden Binanın m' inci Doğal Titreşim Periyodu
T_n	: Saniye Cinsinden Binanın n' inci Doğal Titreşim Periyodu
CQC	: Tam Karesel Birleştirme Kuralı
V_{tB}	: Mod Katkılarının Birleştirilmesine Göre Elde Edilen Bina Toplam Deprem Yükü
Δ_i	: Azaltılmış Göreli Kat Ötelemesi
d_i , d_{i-1}	: Her Bir Deprem Doğrultusu İçin Binanın *i*'inci ve *(i–1)*'inci Katlarında Herhangi Bir Kolon veya Perdenin Uçlarında Azaltılmış Deprem Yüklerine Göre Hesaplanan Yatay Yerdeğiştirme
δ_i	: Her Bir Deprem Doğrultusu İçin, Binanın *i*' inci Katındaki Kolon veya Perdeler İçin Etkin Göreli Kat Ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	: Hesaplanan δ_i Etkin Göreli Kat Ötelemelerinin Kat İçindeki En Büyük Değeri
V_{i}	: Göz Önüne Alınan Deprem Doğrultusunda Binanın i' inci Katına Etki Eden Kat Kesme Kuvveti
h_{i}	: Binanın i' inci Katının Kat Yüksekliği
θ_i	: İkinci Mertebe Gösterge Değeri
ϕ_{t}	: Kesitteki Toplam Eğrilik İstemi
ϕ_{y}	: Plastik Eğrilik İstemi
ϕ_{p}	: Plastik Dönme İstemine Bağlı Olarak Plastik Eğrilik İstemi
MN	: Minimum Hasar Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
GÖ	: Göçme Öncesi
GÇ	: Göçme Sınırı
HK	: Hemen Kullanım

MN	: Minimum Hasar Sınırı
$(\varepsilon_{cu})_{MN}$	: Kesit Minimum Hasar Sınırı İçin Kesitin En Dış Lifindeki Beton Basınç Birim Şekil Değiştirmesi
$(\varepsilon_{s})_{MN}$	: Kesit Minimum Hasar Sınırı İçin Kesitin En Dış Lifindeki Donatı Çeliği Birim Şekil Değiştirmesi
$(\varepsilon_{cg})_{GV}$	: Güvenlik Sınırı İçin Etriye İçindeki Bölgenin En Dış Lifindeki Beton Basınç Birim Şekil Değiştirmesi
$(\varepsilon_{s})_{GV}$	: Güvenlik Sınırı İçin Etriye İçindeki Bölgenin En Dış Lifindeki Donatı Çeliği Birim Şekil Değiştirmesi
$(\varepsilon_{cg})_{GC}$	: Kesit Göçme Sınırı İçin Etriye İçindeki Bölgenin En Dış Lifindeki Beton Basınç Birim Şekil Değiştirmesi
$(\varepsilon_{s})_{GC}$	: Kesit Göçme Sınırı İçin Etriye İçindeki Bölgenin En Dış Lifindeki Donatı Çeliği Birim Şekil Değiştirmesi
S220	: En Küçük Akma Dayanımı 220N/mm2 Olan Düz Yüzeyli Çelik
S420	: En Küçük Akma Dayanımı 420N/mm2 Olan Nervürlü Çelik
TS-500	: Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları Yönetmeliği
ND	: Eksenel Basınç Kuvveti
(EI)o	: Çatlamamış Kesitlere Ait Eğilme Rijitlikleri
(EI)e	: Etkin Eğilme Rijitliği
f_{cm}	: Mevcut Beton Dayanımı
f_{ck}	: Betonun Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı
f_{cd}	: Betonun Tasarım Basınç Dayanımını
f_{ctm}	: Mevcut Betonun Çekme Dayanımı
f_{yd}	: Boyuna Donatının Tasarım Akma Dayanımı
f_{ctd}	: Betonun Tasarım Çekme Dayanımı
b_w	: Kirişin Gövde Genişliği
ρ_b	: Dengeli Donatı Oranı
ρ	: Çekme Donatısı Oranı
ρ'	: Basınç Donatısı Oranı
V_e	: Kolon, Kiriş ve Perdede Esas Alınan Tasarım Kesme Kuvveti
d	: Kirişin ve Kolonun Faydalı Yüksekliği
N_K	: Mevcut Malzeme Dayanımları İle Hesaplanan Moment Kapasitesine Karşı Gelen Eksenel Kuvvet
A_c	: Kolonun veya Perde Uç Bölgesinin Brüt Enkesit Alanı
t_j	: Yatay Plakaların Kalınlığı
LP	: Lifli Polimer Sargı
Wf	: Polimer Şerit Aralıkları
Sta4CAD	: Structural Analysis For Computer Aided Design

C_g	: Ölü Yük
C_q	: Hareketli Yük
C_s	: Zemin
C_e	: Deprem
C_w	: Rüzgar
C_t	: Isı
Δ_{max}	: Maksimum Göreli Kat Ötelemeleri
IH	: İleri Hasar
MH	: Minimum Hasar
BH	: Belirgin Hasar
GB	: Göçme Bölgesi

1.GİRİŞ

Ülkemiz, dünya üzerindeki depremlerin % 17' sinin gerçekleştiği Alp- Himalaya adlı aktif deprem kuşağında bulunmaktadır. Türkiye' nin büyük bir bölümü 1.derece deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Erzincan 'da 1939 senesinde, Çaldıran' da 1976' da, Erzurum'da 1983 senesinde, Kocaeli ve Düzce'de 1999 senesinde, Bingöl'de 2003 ve Van'da 2011 senesinde yaşanan depremlerde meydana gelen kayıplar ve bina hasarları var olan yapı stokunun sahip olduğu deprem güvenliğinin yeterli olmadığını ortaya çıkarmaktadır (Çelik, K.V., Karaşin, H., 2014).

Depremlerde hasar gören binaların yerine yenilerinin inşaa edilmesi için gereken süre ve maddi kayıp düşünüldüğünde; depreme karşı dayanıklı sağlam binalar yapmanın yanı sıra mevcut binaların da güçlendirilmesinin önemli bir konu olduğu ortaya çıkmakta ve üzerinde çalışılması gerektiği görülmektedir. Türkiye' de yaşanan büyük depremlerden sonra yapı stoklarının deprem performanslarını belirlemek ve deprem performansı yetersiz olan yapıları güçlendirmek için birtakım uygulamalar yapılmaktaydı. Ancak deprem performansının belirlenmesine yönelik herhangi bir yönetmelik bulunmadığından, bu uygulamalar yeni yapılacak binalar için geçerli olan yönetmelikler kullanılarak gerçekleştirilmekteydi. Tabi ki bunlar beraberinde birtakım sıkıntılar meydana getirmekteydi. Bu sıkıntıları ortadan kaldırmak için ilk olarak 2003 senesinde, deprem performansının belirlenmesi ve yapıların güçlendirilmesi için deprem yönetmeliğine konu ile ilgili bir bölüm (Bölüm 13) eklenmiştir. Doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan dinamik ve statik esaslı hesap yöntemler ise; 2007 senesinde yürürlüğe giren Deprem Yönetmeliği' nde yapıların deprem performanslarının belirlenip, değerlendirilmesi için kullanılacak yöntemler olarak belirlenmiştir (DBYBHY, 2007).

Türkiye'deki yapılar büyük oranda betonarme bina olarak inşaa edilmiş ve inşaa edilmeye devam etmektedir. Betonarme binaların zamana bağlı yıpranması, uygun şartlarda üretilmemiş beton ile yapılması, donatı yerleştirilirken yapılan hatalar, hatalı imal edilmiş konsollar ve çıkmalar, mimari kullanım alanını genişletmek için yapı güvenliğinin göz ardı edilmesi, bina yapım aşamasında gerekli ve yeterli kontrollerin yapılmaması, bina temellerinin oturduğu zeminlerde çökmelerin olması, binaların

kullanım amacının değişmesi, binaya sonradan eklenen bölümlerin bulunması, binadan bazı bölümlerin çıkarılması, binanın deprem kuvvetine maruz kalması sonucunda yapılarda hasarlar oluşmaktadır. Bu hasarların hepsi doğru güçlendirme yöntemiyle düzeltilebilmektedir. Güçlendirme uygulamalarının yapılmayıp binaların yeni yönetmeliklere göre yıkılıp yeniden yapılması büyük maliyet getireceğinden ülke ekonomisine büyük zararlar verebilmektedir. Güçlendirme maliyetinin uygun olması durumunda güçlendirmenin tercih edilmesi en uygun karar olacaktır.

Yapılarda uygulanacak güçlendirme yönteminin yapıdaki mevcut hasarlar göz önüne alınarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu durumun dikkate alınmaması halinde güçlendirme sonucunda yapıdan istenen performans sağlanamayacaktır.

Bu tez çalışmasında depreme karşı dayanımının düşük olduğu düşünülen betonarme bir bina için Sta4Cad programı yardımıyla lineer performans analizi yapılmıştır. Doğrusal Elastik Yöntemlerden olan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonuçları doğrultusunda mevcut binaya Can Güvenliği (CG) performans seviyesini sağlayan iki alternatifli güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Aktif deprem kuşağında yer alması sebebiyle ülkemizde birçok afet yönetmelikleri yürürlüğe girmiştir. Son olarak Türk Deprem Yönetmeliği tekrar düzenlenerek 2007 senesinde yürürlüğe girmiştir. Deprem Yönetmeliğinin 7. Bölümünde "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" konusuna yer verilmiştir.

Korkmaz ve arkadaşlarının (2006), mevcut binaların deprem performanslarının belirlenmesinde tercih edilen yöntemlerin değerlendirilmesi konusu üzerine yazmış oldukları tezde Kapasite Spektrumu ve Yer Değiştirme Katsayısı yöntemleriyle mevcut bir yapıyı analiz etmişler ve elde edilen sonuçlar arasında karşılaştırmalar yapmışlardır.

Demir ve arkadaşları ise (2006), betonarme perdelerle gerçekleştirilen güçlendirme uygulamalarının deprem güvenliği açısından değerlendirilmesine yönelik yapmış oldukları çalışmalarında, betonarme perde elemanlarının yapının davranışını ne şekilde etkilediği üzerine incelemelerde bulunmuşlardır.

Yıldırım ve Sümer (2001), mantolama yöntemi ile depremde hasar görmüş betonarme yapıları güçlendirmeyi incelemişler ve bu konu üzerine bir tez yazmışlardır. Bu çalışmada, Düzce Depremi sonrasında incelenen betonarme bir yapıda oluşan hasarlar tespit edilmiştir. Hasar tespit çalışmaları sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda Mantolama yöntemiyle güçlendirilme yapılması durumunda mevcut yapının stabilitesinin ve durabilitesinin arttığı ve hasarların üst katlara taşındığı gözlemlenmiştir.

Betonarme binalarda deprem hasarlarının incelenmesi ve altı katlı bir yapının güçlendirilmesine yönelik bir proje hazırlayan Altun ve arkadaşları (2003), Marmara'da yaşanan depremde zarar görmüş betonarme bir yapının hasar durumu belirlenmiş ve yapıya ait beton dayanımı ve donatı durumlarına göre güçlendirme projesi hazırlanmıştır. Güçlendirme projesinin uygulama aşamasında karşılaşılan sorunlar ele alınmıştır. Yapı için yatay kuvvetlerin oluşturduğu deplasmanlar, kolonların ve

perdelerin mantolanmasıyla yapının rijitliği arttırılarak sınırlandırılmıştır ve bu sayede yapı güvenliği tekrar sağlanmıştır.

Yapıların güçlendirilmesine yönelik bir başka çalışma ise Öztorun (2006), tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada düzgün aks sistemine sahip betonarme yapılar güçlendirme açısından ele alınmıştır. Yapıya ait performans analizleri yapılmış olup bu performans analizlerinin sonuçları doğrultusunda güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

Alemdar F.Z. ise binalarda deprem analizinin yapılabilmesi için farklı hesap metotları üzerine yaptığı çalışmasında betonarme olarak inşa edilmiş bir yapının, deprem sonrası edinilen kayıtlarına göre lineer dinamik ve lineer olmayan dinamik ve statik deprem analiz metotlarıyla analizi gerçekleştirilmiştir. Lineer ve nonlineer analizler sonucunda hesaplanan taban kesme kuvvetleri kıyaslandığında kesme kuvvetlerinin verdiği davranış katsayısı (R) , 1998 Deprem Yönetmeliğinde verilen değerden (R=4, deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı yapılar) daha küçük değerlere ulaşmıştır. 1998 Deprem Yönetmeliğinde verilen R davranış katsayılarının daha büyük oldukları vurgulanmıştır. Deprem hareketi altında yapıların vermiş olduğu davranışı doğru değerlendirmek açısından en uygun yöntemin nonlineer dinamik analiz olduğu ve bu yöntemin daha yaygın kullanılması gerektiği kanısına varılmıştır.

Şenel ve ark (2013), "2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri İle İlişkisi" adlı çalışmalarında 1998 yılından önce inşa edilmiş beş adet betonarme bina seçilmiş ve binaların 2007 yönetmeliğine göre performans sınırları belirlenmiştir. Eleman bazındaki hasarlar ile performans sınırları arasındaki ilişkiyi irdelemek amacıyla binaların bütün düğüm noktalarındaki hasarların yer değiştirme değerleri doğrusal olmayan analizler yardımıyla bulunmuş ve elde edilen eleman bazındaki hasarların bina performans sınırları ile ilişkisi araştırılmıştır.

Kullanılan binaların ötelenme kapasitelerinin çok düşük olduğu, binaların yönetmelik tabanlı performans sınırları hesaplanırken, HK ve CG performans seviyelerini çoğunlukla kiriş hasarlarını dikkate alan kriterlerin belirlediği, ancak GÖ performans düzeyini ise kolon hasarlarının tarif eden koşulların kontrol ettiği

belirlenmiştir. Yapılan incelemelerde özellikle kirişlerde belirgin hasar görme olasılığının çok düşük ötelenme değerinde oluştuğu belirlenmiştir. Yüksek ötelenme oranlarında, kolonlarda ileri hasar göçme olasılıklarının hızla arttığı ve hatta kiriş hasar olasılıklarından daha yüksek seviyelere çıktığı belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında; Diyarbakır İli Yenişehir İlçesinde bulunan Bodrum + Zemin + 6 Normal Kattan oluşan Akbank Lojman Binasına, Doğrusal Elastik Yöntemlerden; Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile performans analizi yapılmıştır. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonuçlarına göre Can Güvenliği performans seviyesini sağlayan iki adet güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

3.2. Metot

Akbank lojman binasının deprem performansının belirlenmesi için Structural Analysis For Computer Aided Design (Sta4CAD) programı kullanılmıştır.

Sta4CAD, betonarme ve statik analiz yapan bir programdır. Analiz yapılırken yönetmelik ve standartları esas almaktadır. Program 3D modelleme yapmaya imkan vermektedir. Programda performans analizi yapılırken kullanılan standartlar; 1975 yılında yayınlanan Türkiye Deprem Yönetmeliği, 1997 yılında yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ve son olarak çıkarılan 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) , EUROCODE Yük Kombinasyonu, TS. 500 Betonarme Yapıların Hesap Standardı, ACI Yük Kombinasyon, BS Standardı, UBC Standardı, SNIP Standardı (Sta4CAD Handbook).

3.3. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Genel İlke ve Kurallar

Deprem riski taşıyan bölgelerde bulunan mevcut ve güçlendirilmesi gereken tüm binaların, deprem yüklerinden kaynaklı etkiler altında, performanslarının belirlenmesinde uygulanacak ve DBYBHY 2007' de açıklanan hesap kuralları, güçlendirme yönteminin uygulanmasında uyulacak ilkeler ve güçlendirilme yapılmasına karar verilen binaların güçlendirme tasarım ilkeleri bu bölümde yer almaktadır. İlgili bölümde anlatılan hesap yöntemleri sadece betonarme yapılara aittir. Çelik ve yığma

yapılar için değerlendirmeler deprem yönetmeliğinin 2., 4. ve 5. Bölümleri esas alınarak yapılmaktadır.

3.3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Depremden dolayı oluşan yükleri taşıyan bina taşıyıcı sistemleri, ayrıca bu sistemin parçası olan taşıyıcı elemanlar (kolon, kiriş, perde, döşeme, temel) yeterli rijitlik ve dayanıma sahip olmalıdır. Yeterli rijitlik ve dayanıma sahip elemanlar, depremden kaynaklanan yüklerin temel altına kadar güvenli ve sürekli olarak iletilmesini sağlayacaktır. Ayrıca binaya etkiyen deprem yükünün sönümlenebilmesi için yapının sünek olarak tasarlanması gerekmektedir. Sünek tasarım ilkeleri DBYBHY 2007' de Bölüm 3 ve Bölüm 4' te belirtilmiştir.

Bina tasarımı yapılırken taşıyıcı sistem elemanlarını planda simetrik yerleştirmeye özen gösterilmelidir. Burulma düzensizliğinden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanları binanın rijitlik ve ağırlık merkezine yakın olacak şekilde düzenlenmelidir. Planda olduğu gibi düşey doğrultuda da düzensizliğe dikkat edilmelidir. Yumuşak kat veya zayıf kat gibi olumsuz durumların oluşmasına sebep olacak düzensizliklerden kaçınılmalıdır. Betonarme taşıyıcı sistemlerde yüklerin en kısa yoldan temele aktarılması gerektiği unutulmamalıdır.

3.3.2. Deprem Yüklerine İlişkin Genel Kurallar

Aksi belirtilmedikçe yapıya etkiyen deprem yüklerinin saptanmasında; Deprem Yükü Azaltma Katsayısı ve Spektral İvme Katsayısı esas alınacaktır. DBYBHY' de belirtildiği üzere deprem yüklerinin yalnız yatay düzlem üzerinde ve birbirlerine dik iki eksen doğrultusunda etki ettikleri varsayılacaktır. Bina taşıyıcı sistemlerinde oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin hesaplamalarında kullanılacak yük katsayıları aksi söylenmedikçe alakalı olduğu yapı yönetmeliği kullanılarak belirlenecektir.

Rüzgar yüklerinin ise deprem yükleri ile aynı anda etkimedikleri varsayılacaktır. Taşıyıcı sistem elemanları boyutlandırılırken, güvenli tarafta kalma açısından elverişsiz olan yük göz önüne alınacaktır. Fakat rüzgar yüklerinin elverişsiz olması halinde; taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında DBYBHY' de belirtilen kurallara dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.3.3. Elastik Deprem Yüklerinin Tanımlanması

Deprem yönetmeliğinde, Elastik Deprem Yüklerinin tanımlanması için kullanılacak Spektral İvme Katsayısının Sae(T) hesabı Bölüm 2.4' te verilmiştir. Bununla ilgili denklemler 3.1 ve 3.2' de gösterilmiştir.

$$A(T)=Ao\ I\ S(T) \tag{3.1}$$

$$Sae\ (T)=A(T)\ g \tag{3.2}$$

3.3.3.1. Etkin Yer İvme Katsayısı (A_o)

Etkin Yer İvme Katsayısı, A_o, deprem bölgesine bağlı olarak Çizelge 3.1' de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Deprem Bölgelerine ait etkin yer ivme katsayıları (Ao)

Deprem Bölgesi	**A_o**
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

3.3.3.2. Bina Önem Katsayısı (I)

DBYBHY 2007' de binanın tipine veya kullanım alanlarına göre önem katsayıları belirlenmektedir. Bununla ilgili bilgiler DBYBHY 2007 Tablo 2.3' de verilmiştir. Konut ve işyeri tipindeki yapılar için Bina Önem Katsayısı (I)=1.00 olarak kabul edilmektedir.

3.3.3.3. Spektrum Katsayısı

Denklem (3.1) ve (3.2) ' de verilen Spektrum Katsayısı, S(T), bina doğal periyodu T'ye ve yerel zemin koşullarına istinaden Denklem (3.3), (3.4) ve (3.5)' de hesaplanacaktır. Denklem 3.3, 3.4 ve 3.5' de Spektrum Karakteristik Periyotları, T_A ve T_B, Yerel Zemin Sınıfları' na bağlı olarak Çizelge 3.3' te verilmiştir.

$S(T)= 1 + 1.5\ (T/T_A)$ $(0 \leq T \leq T_A)$ (3.3)

$S(T)= 2.5$ $(T_A < T \leq T_B)$ (3.4)

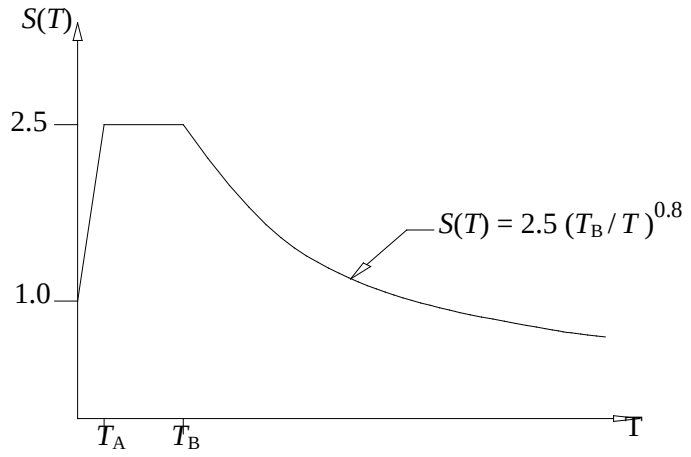
$S(T)= 2.5\ (T_B/T)^{0.8}$ $(T_B < T)$ (3.5)

Çizelge 3.2. Spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A (saniye)**	**T_B (saniye)**
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

3.3.3.4. Özel Tasarım İvme Spektrumu

İvme spektrumu özel araştırmalar sonucunda da belirlenebilir. Belirlenen spektral ivme katsayıları, Çizelge 3.3' te verilen periyotlar dikkate alınarak Denklem (3.1) ve (3.2)'den elde edilecek sonuçlardan büyük olmalıdır.



Şekil 3.1. Özel tasarım ivme spektrumu (DBYBHY 2007, 2.4.4.)

3.3.4. Elastik Deprem Yüklerinin Azaltılması

Spektral ivme katsayısı verilerine göre bulunan elastik deprem yükleri, Deprem Yükü Azaltma Katsayısı'na bölünecektir. Deprem Yükü Azaltma Katsayısı, DBYBHY 2007 Tablo 2.5' te tanımlanan doğal titreşim periyodu ve R' ye, T' ye bağlı olarak tanımlanmıştır. Bunlarla ilgili denklemler (3.6) ve (3.7)' de verilmiştir.

$$R_a(T) = 1.5 + (R-1.5)\,(T/T_A) \qquad (0 \le T \le T_A) \qquad (3.6)$$

$$R_a(T) = R \qquad (T_A < T) \qquad (3.7)$$

3.3.4.1 Taşıyıcı Sistemlerin Süneklik Düzeylerine İlişkin Genel Koşullar

DBYBHY 2007 Tablo 2.5' te verilen süneklik düzeyine göre tanımlamalar ve uyulması gereken kurallar Deprem Yönetmeliğinin 3. ve 4. Bölümlerinde verilmiştir. Deprem Yönetmeliğinde; deprem bölgelerine, bina tiplerine, bina önem katsayılarına göre süneklik düzeyleri belirlenmiştir. Bu sınıflandırmalar DBYBHY 2007 Bölüm 2.5.1' de verilmiştir.

3.3.4.2. Betonarme Boşluksuz Perdeli - Çerçeveli Sistemlere İlişkin Koşullar (Süneklik Düzeyi Yüksek)

Bu sistemler için yönetmelikte, boşluksuz perdelerin deprem yüklerinden kaynaklı, tabanında oluşan kesme kuvvetlerin toplam değeri, yapının tüm alanında oluşan kesme kuvvetlerinin toplamının %75' inden büyük olmaması gerektiği belirtilmektedir. ($\alpha_s \le 0.75$).

Bu durum sağlanamıyor ve $0.75 < \alpha_s \le 1.0$ aralığında olması durumunda uygulanacak davranış katsayı değeri, çelik ve betonarme çerçeveler için $R = 10 - 4\,\alpha_s$ denklemi ile, prefabrike olan betonarme çerçeveler için $R = 9 - 4\,\alpha_s$ denklemi ile bulunacaktır.

3.3.4.3. Perde Kullanım Zorunluluğuna İlişkin Koşullar (Süneklik Düzeyi Normal Sistemlerde)

Taşıyıcı sistemlerinde süneklik düzeyi normal olan perde kullanılması durumunda, deprem yüklerinden dolayı perde tabanında oluşan kesme kuvvetlerinin toplam değeri, yapının tüm tabanında oluşan kesme kuvvetinin % 75' inden fazla olması gereklidir.

3.3.4.4. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemlere Ait Koşullar

Süneklik düzeyi normal sistemler ve süneklik düzeyi yüksek perdeler birlikte kullanılabilir. Bu tarz sistemlere, süneklik düzeyi karma taşıyıcı sistemler denmektedir. Bu sistemlerle ilgili bilgiler DBYBHY 2007 Bölüm 2.5.4' te verilmiştir.

3.3.5. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Yönetmelikteki deprem hesaplarının maksadı, Güçlendirme uygulanmamış veya güçlendirilmiş yapıların deprem performans değerlerini ortaya çıkarmaktır. Burada Doğrusal Elastik Olan ve Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri kullanılabilir. Doğrusal Elastik Yöntemler; Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) ve Eşdeğer Deprem Yükü (EDYY) olmak üzere iki yöntem içermektedir. Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler grubunda bulunan yöntemler ise şunlardır.

- Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi (AMBY),
- Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (AEDYY),
- Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi (ZTAAY).

Bu yöntemlerden, Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi statik esaslı yöntemlerdir. Yönetmeliğe göre kullanım alanları yalnızca bina davranışında birinci (temel) modun hâkim olduğu yapılardır. Yüksek modların etkin olduğu yapılarda ise dinamik ya da yarı dinamik esaslı diğer yöntemler kullanılabilmektedir.

Deprem yönetmeliğimizde var olan yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntemler Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Doğrusal Elastik olmayan Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemidir. Bu yöntemlerin pratikte yaygın kullanılmasının sebebi ise mevcut birçok yapıya uygulanabilmeleridir. EDYY' nin

esasını Doğrusal Elastik Teori ve kuvvete dayalı bir yaklaşım oluştururken, AEDYY' nin esası Doğrusal Elastik Olmayan Teori ve şekil değiştirmeye dayalı bir yaklaşımdan oluşmaktadır. Bu iki yöntem teorik esaslar açısında kıyaslandığında AEDYY ile depreme maruz kalan yapı davranışının gerçeğe çok daha yakın bir şekilde elde edilebildiği, EDYY' de ise çeşitli eksikliklerin olması sebebiyle gerçek davranış biçiminden belirli ölçüde uzaklaşıldığı belirtilebilmektedir.

Bu iki yöntemin karşılaştırılmalı bir şekilde incelendiği çalışmalarda; doğrusal elastik olmayan AEDYY' ye göre, doğrusal elastik olan EDYY' nin çok daha elverişsiz hasar durumları verdiği ortaya çıkmıştır (Kaya, 2006; Uygun ve Celep, 2007; Sucuoğlu, 2007, Şengöz ve Sucuoğlu, 2009). Yapılan çalışmalarda çoğunlukla belirgin bir deprem seviyesi ve bundan dolayı oluşan hasar seviyeleri için karşılaştırmalar yer almakta, ancak hafif hasar düzeyi, orta ve ileri hasar düzeyleri için bu yöntemler değerlendirilmemektedir. İki yöntem arasındaki en temel farklılıklardan bir tanesi, deprem etkisi altında yapının kesitler/elemanlar arasındaki yeniden dağılım etkisi AEDYY' de göz önüne alınırken, EDYY' de bu dağılım etkisinin yok sayılmasıdır. Deprem sırasında taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen kesit tesirlerinin dağılımı devamlı olarak değişim göstermektedir buna taşıma kapasitesine ulaşan kesitlerde eğilme rijitliği çok küçük değerlere düşmesi neden olmaktadır (Paulay ve Priestley, 1992).

Yeniden dağılım etkisinin görmezden gelinmesi, deprem sebebiyle taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen dayanım taleplerinin ve şekil değiştirmenin belirlenmesinde çok önemli kusurlara sebep olabilmektedir. EDYY' de yeniden dağılım etkisi dikkate alınmazken, AEDYY' de ise bu etki göz önüne alınabilmektedir. Eşdeğer Dağılım Yükü Yönteminde dağılım etkisinin göz ardı edilmesinin sebebi; deprem sebebiyle meydana gelen hasar düzeyleri ve kesit tesirleri elemanlarının elastik rijitlikleri göz önüne alınmasıdır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde ise deprem yükünün birden değil artımsal bir şekilde uygulanması ve taşıma kapasitesine ulaşan elemanlardaki rijitlik değişimlerinin göz önüne alınması nedeniyle yeniden dağılım etkisi de göz önüne alınabilmektedir. Sistemin kapasitesi ve maruz kaldığı deprem büyüklüğü, yeniden dağılımın bir taşıyıcı sistemin deprem performansı üzerindeki etkisini büyük ölçüde etkilemektedir ve değiştirmektedir. Deprem sırasında,

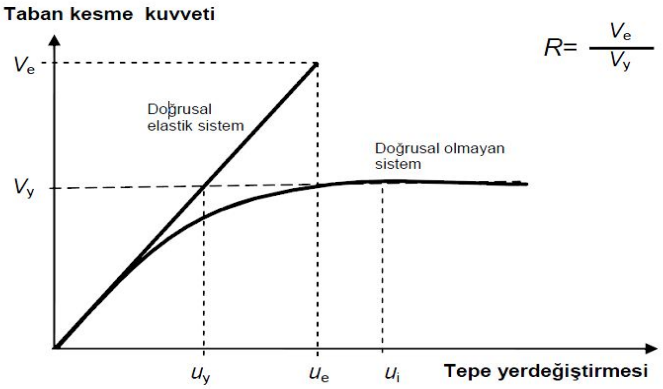
sistemin elastik özelliğini kaybeden kesit sayısı fazlalaştıkça yeniden dağılımın etkisinde de artış söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla bu tarz yapı sistemlerinde Doğrusal Elastik Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilirliğinin azalacağından bahsedilebilmektedir.

3.3.6. Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri

Deprem Yönetmeliğinin 2. Bölümünde verilen, yeni yapılacak binaların iç kuvvetlerinin ve şekil değiştirmelerinin hesabında kullanılan yöntemler ile mevcut binalara uygulanacak hesap yöntemleri hemen hemen aynıdır. Aralarındaki önemli fark, bina yüksekliği 25 m.' yi aşmayan, 8 katı geçmeyen ve burulma düzensizliği olmayan yapılara uygulanan EDDY' de tabanda oluşan kesme kuvvetinin hesaplanmasıdır. Yeni yapıların tasarımında yapılan performans değerlendirmeleri, mevcut yapıların tasarımında yapılanlarınkinden farklılık göstermektedir. Yeni yapılarda doğrusal elastik davranış, hesaplanmış olan deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem davranış katsayısına (Ra) bölünmesi ile azaltılmaktadır. (DBYBHY 2007, Tablo 2.5). Bu varsayım, deprem sonucunda elemanlarda gevrek kırılma olmayacağı ve taşıyıcı sistem elemanlarına ait dayanımların yüksek ve süneklik derecelerinin benzer olacağı düşünülerek yapılmaktadır. Deprem kuvvetlerinin azaltılması sonucu elde edilen iç kuvvetler, binaya etkiyen düşey yüklerin etkisiyle oluşan iç kuvvetler ile birleştirilerek elemanlara ait tasarım kuvvetleri belirlenir.

Depremlerin neticesinde binada oluşan iç kuvvetler tek bir azaltma faktörü ile azaltılması, yapının deprem esnasında tek modlu bir sistem olarak kabul edilmesi varsayımına dayanmaktadır. Ancak bu varsayım tam anlamıyla doğru değildir. Örneğin Mod Birleştirme Yöntemi' nde birden fazla titreşim modu hesaba katılır. Böyle olunca da tek bir davranış katsayısı kabulü yanlış olacaktır. Her mod için farklı tanımlamalar yapılması gerekmektedir.

Her hangi bir bina ele alalım. Bu binanın depreme karşı dayanımının, tasarım dayanımıyla aynı olduğunu ve binanın tek dereceli bir sistem gibi davranacağını varsayalım. Bu doğrultuda meydana gelecek doğrusal elastik olmayan sistem ve doğrusal elastik olan sistem davranışını aşağıdaki şekilde görebiliriz.



Şekil 3.2. Mevut bir yapının taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirmesi bağlantısı (Sucuoğlu,H.THM Sayı 444-445-2006)

Şekil 3.2' de görüldüğü üzere, binanın yer değiştirme kapasitesi deprem etkisinde doğrusal olmayan yer değiştirme talebini (ui) karşıladığı müddetçe deprem yükü azaltma katsayısını kullanmakta bir sakınca yoktur. DBYBHY 2007' de etki / kapasite oranları şu şekilde tanımlanmıştır.

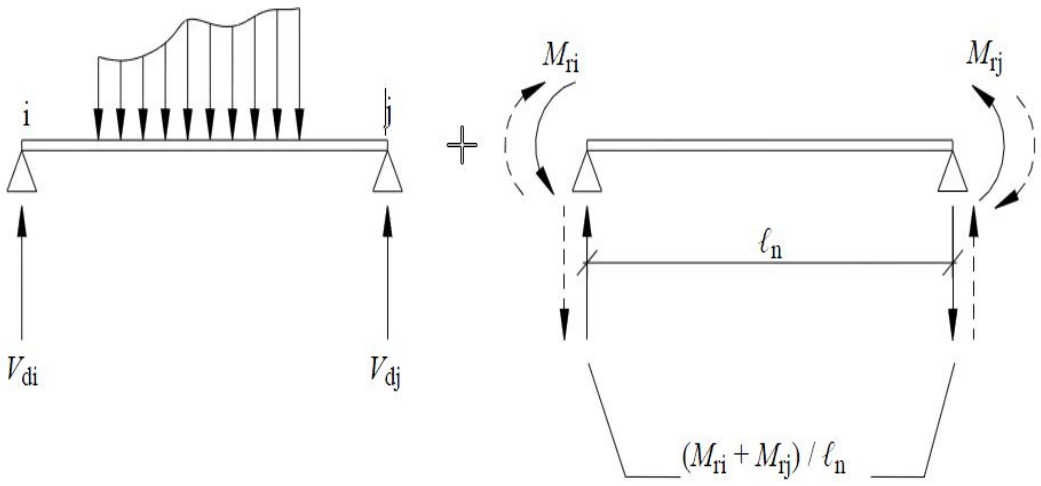
Artık moment kapasitesi; kesit moment kapasitesinden, düşey yük momentinin çıkarılmasıyla elde edilir. Deprem momentinin, elde edilmiş olan bu artık moment kapasitesine bölünmesi sonucunda da (r) etki / kapasite oranı elde edilmiş olur.

Elde edilmiş olan bu (r) değerleri, DBYBHY 2007 Bölüm 7.3.1' de kesit hasar sınırları için belirlenen $r_{sınır}$ değerleriyle mukayese edilir. Bunun sonucunda kesit ve elemanların hasar durumları belirlenmiş olur. Hesaplanan artık moment kapasitesi ve (r) etki / kapasite oranları vektörel büyüklüklerdir. Değerlerin yönlerine dikkat edilmelidir. Deprem momentinin; (r) etki / kapasite oranına bölümü ile düşey yük momenti toplamı kesit moment kapasitesi elde edilir. Buradaki kesit moment kapasitesi tasarım yapılırken kullanılan, deprem yükü azaltma katsayısı (R)' nın aynı olması durumudur. Buradan elde edilen değer, azaltma katsayısı değil, süneklik talebi katsayıları olarak düşünülmelidir.

3.3.6.1. Eksenel Kuvvet Hesabı

Lineer hesap yöntemlerde deprem yükleri azaltılmadan kullanıldığında, eksenel kuvvetler oldukça büyük değerlere ulaşabilmektedir. Aslında kolonlara aktarılan eksenel kuvvetler, kirişlerin aktarmış olduğu kesme kuvvetleri ile sınırlandırılmıştır. Çift eksenli eğilme altındaki kapasiteler, kirişlerde oluşacak en büyük kesme kuvvetini belirler. Bu sebepten dolayı kirişlerin yatay ve düşey yükler altında çift eksenli eğilme kapasitesine ulaştığı varsayılarak kolonlardaki maksimum eksenel kuvvetleri elde etmek mümkündür. Deprem kuvvetlerinin sağdan ve soldan etkimesi halinde, düşey yük ve deprem yükü etkisinde kirişin iki ucundaki maksimum kesme kuvveti Denklem (3.11) ile hesaplanır (Şekil 3.3).

$$V_{i,j} = Vd_{i,j} +/- (Mr_i + Mr_j)/ln \qquad (3.11)$$



Şekil 3.3. Kirişlerde oluşan kapasite kesme kuvvetleri (Sucuoğlu,H.THM Sayı 444-445-2006)

Denklem (3.11) ile kirişlerde oluşan kapasite kesme kuvvetleri bulunur. Kirişlerin bastığı kolonlardaki eksenel kuvvetlerin basınç ve çekme hallerindeki maksimum değerleri elde edilir.

DBYBHY 2007’ de eksenel kuvvetlerinin hesabı için grafik yöntem önerilmiştir. Grafik yöntemde istenilen, artık kapasite yaklaşımını kolon eksenel kuvvetleri için de uygulamaktır. Bu sayede yeni yapılan binalarda kapasite tasarımındaki R katsayısı ile uyum sağlanmış olacaktır.

3.3.6.2. Performans Değerlendirmesinde Kullanılan Etki ve Kapasite Oran Sınır Değerleri

DBYBHY 2007, Tablo 7.2 ve 7.5' de yapı elemanlarının hasar düzeylerini belirlemek için ihtiyaç duyulan etki / kapasite oranı sınırları verilmiştir. Tablolarda $r_{sınır}$ değerinin; sargılama durumuna, donatı oranlarına, basınç ve kesme gerilmelerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Sargılama kesitlerde sünekliği arttırıcı özellik kazandırmaktadır. Kesme kırılması, kesme iç kuvvetlerinin betondaki çekme mukavemetini aşması halinde meydana gelmektedir. Bu kesitteki sünekliğin azalması demektir. Kirişlerde süneklik arttırılmak isteniyorsa basınç donatı oranı arttırılmalıdır. Deprem yönetmeliğinde bahsedilen r değerleri azaltma katsayısı değil, süneklikle ilgili katsayılar olduğu bilinmelidir.

3.3.6.3 Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminin Uygulandığı Binalar

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi' nin kullanılabileceği yapılar aşağıdaki Çizelge 3.5' te özetlenmiştir. Çizelge kapsamında olmayan binaların deprem performans hesaplarında, MBY ve ZTAAY kullanılacaktır.

Çizelge 3.3. EDYY'nin kullanılabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	Toplam Yükseklik Sınırı
1,2	$\eta_{bi} \leq 2.0$	$H_N \leq 25$ m
1,2	$\eta_{bi} \leq 2.0$ ve B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	$H_N \leq 40$ m
3,4	Bütün binalar	$H_N \leq 40$ m

3.3.7. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Hesaba katılan deprem yönünde, yapının tamamına etkiyen Taban Kesme Kuvveti V_t, aşağıda verilen bağıntı ile bulunacaktır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10\, A_o\, I\, W \qquad (3.12)$$

Bu bağıntıda yapının hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak elde edilen toplam ağırlık W, spektral ivme katsayısı $A(T_1)$, deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T_1)$' dir.

Yapının ilk doğal titreşim periyodu T_1 ve binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlık W ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} m_i\, d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^{N} F_{fi}\, d_{fi}} \right)^{1/2} \qquad (3.13)$$

$$W = \sum_{i=1}^{N} w_i \qquad (3.14)$$

$$w_i = g_i + n\, q_i \qquad (3.15)$$

formülü ile hesaplanmaktadır.

Denklem (3.15)' de verilen n değeri binanın kullanım amacına göre Çizelge 3.4.' te verilmiştir. Bu hesaplamalarda çatı katının ağırlığı, kar yüklerinin yüzde 30' u alınarak bulunacaktır.

Çizelge 3.4. Hareketli yük katılım katsayısı (*n*)

Binanın Kullanım Amacı	***n***
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, vb.	0.30

Denklem (3.12)' de bulunan toplam eşdeğer deprem yükünün katlara etkisi (Şekil 3.4 a)' da gösterilmektedir.

$$V_t = \Delta F_N + \sum_{i=1}^{N} F_i \qquad (3.16)$$

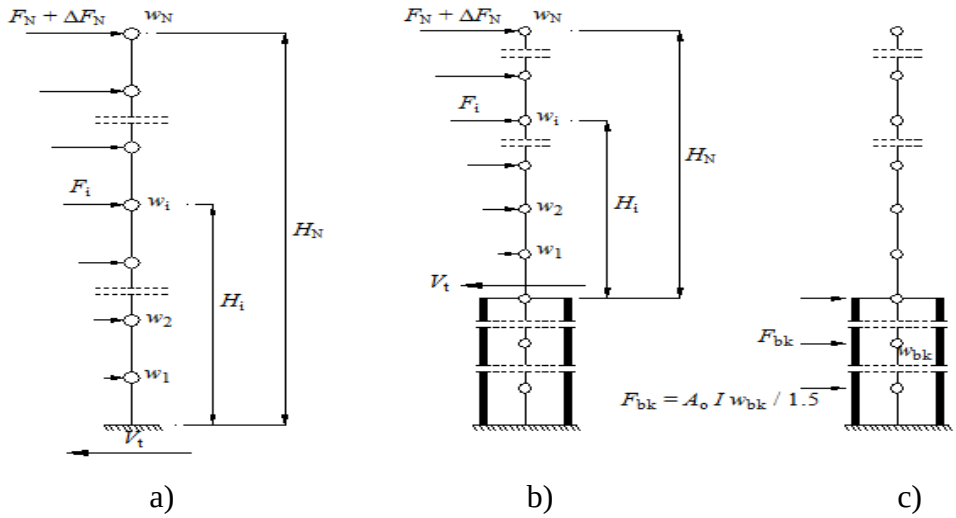
Yapının tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü ΔF_N aşağıdaki denklemle belirlenmektedir.

$$\Delta F_N = 0.0075\, N\, V_t \qquad (3.17)$$

ΔF_N dışında kalan kısım , son kat (*N)* dahil olmak üzere, yapının katlarına Denklem (3.18) ile dağıtılacaktır.

$$F_i = (V_t - \Delta F_N)\, \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j H_j} \qquad (3.18)$$

DBYBHY 2007, 2.7.2.4' de belirtildiği üzere, yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalışan ve bodrum kat rijitlikleri üst katlara oranla çok fazla olan yapılarda, her bir kata etkiyen eşdeğer deprem yükü ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu yükler taşıyıcı sisteme birlikte etkitilecektir. Şekil 3.4 (b) ' de üst katlara etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü hesabında bodrum kat ağırlıkları dikkate alınmaksızın sadece üst katların ağırlıkları hesaba katılır. Şekil 3.4 (c)' de ise rijit bodrum katlara etkiyen eşdeğer deprem yükü hesabında yalnızca bodrum katın ağırlığı hesaba katılır.



Şekil 3.4. Bina katlarına etkiyen eşdeğer deprem yükü, (DBYBHY 2007, 2.7.2.4.)

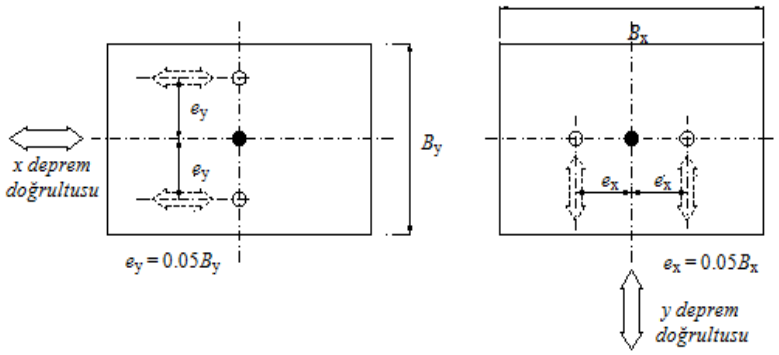
3.3.7.1. Göz Önüne Alınacak Yer Değiştirme Bileşenleri ve Deprem Yüklerinin Etkime Noktaları

Deprem yükleri, değerlendirilen deprem doğrultusuna dik yönde kat yüksekliğinin +%5' i ve –%5' i kadar yer değiştirmesiyle belirlenen noktalara ve bununla birlikte kat kütle merkezine etkitilecektir. Bu sayede ek dış merkezlik etkisi' nin hesaba katılması sağlanacaktır (Şekil 3.5). Bu hesaplamalar yatay düzlemde rijit diyafram olan binalarda uygulanmaktadır. Burada yatay yer değiştirme, düşey yönde dönme bileşenleri ele alınacaktır.

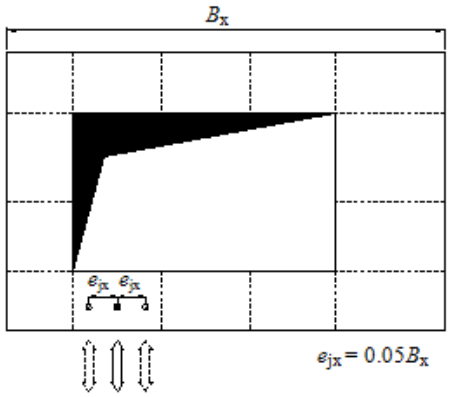
A2 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda uygulanacak hesap yöntemleri DBYBHY 2007, 2.7.3.2' de anlatılmaktadır. Eşdeğer deprem yükleri deprem yönüne dik ve +%5'i ve –%5'i kadar yer değiştirilmektedir (Şekil 3.6).

A1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda, ek dış merkezlilik Denklem (3.19)'da elde edilen D_i ile çarpılarak arttırılacaktır. ($1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ koşulu ile)

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2} \right)^2 \qquad (3.19)$$



Şekil 3.5. Depreme dik doğrultudaki kat boyutunun ± %5 kaydırılması (DBYBHY 2007, 2.7.3.2.)



Şekil 3.6. Tekil kütlelere etkiyen eşdeğer deprem

Yükünün ± %5 kaydırılması (DBYBHY 2007, 2.7.3.2.)

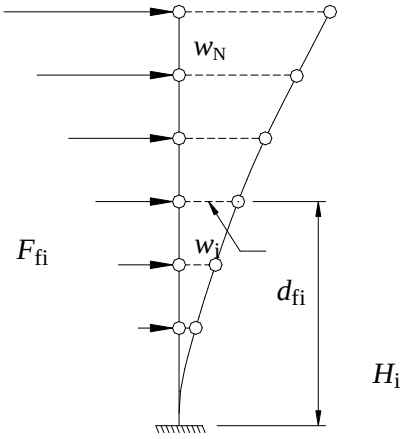
3.3.7.2. Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodunun Belirlenmesi

Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile Denklem (3.13)' te bulunan değer binanın hakim periyodundan daha büyük olmalıdır.

Herhangi bir i' katına etkiyen fiktif yükü tanımlayan F_{fi}, Denklem (3.18)' de $(V_t - \Delta F_N)$ yerine rastgele bir değer konularak hesaplanacaktır (Şekil 3.7).

Doğal periyot, kat sayısı $(N > 13)$' den büyük olan binalarda $0.1N$' den daha büyük alınmayacaktır. Bodrum katlar bu hesaplamalara dahil edilmeyecektir. Denklem (3.13)' te hesaplanan değer bu tür binalarda göz ardı edilecektir.

$$F_{fi} = \frac{w_i H_i}{\sum_{j=1}^{N} w_j H_j}$$

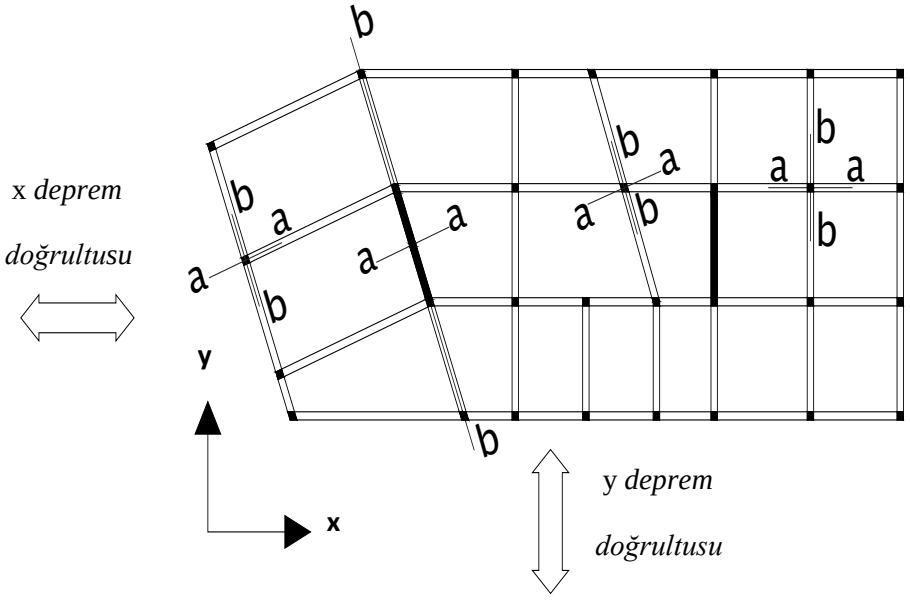


Şekil 3.7. i' nci katta etkiyecek fiktif yük (DBYBHY 2007, 2.7.4.2.)

3.3.7.3. Asal Eksen Doğrultusundaki İç Kuvvetler

Yapıya ayrı ayrı uygulanan her iki doğrultudaki depremlerin ortak etkileri altında, yapı elemanlarının a ve b asal eksen yönündeki iç kuvvetler, en olumsuz sonucu verecek şekilde Denklem (3.20)' de hesaplanacaktır (Şekil 3.8).

$$\begin{aligned} B_a &= \pm B_{ax} \pm 0.30\, B_{ay} \quad \text{veya} \quad B_a = \pm 0.30\, B_{ax} \pm B_{ay} \\ B_b &= \pm B_{bx} \pm 0.30\, B_{by} \quad \text{veya} \quad B_b = \pm 0.30\, B_{bx} \pm B_{by} \end{aligned} \tag{3.20}$$



Şekil 3.8. Asal eksen doğrultusundaki iç kuvvetler (DBYBHY 2007, 2.7.5.)

3.3.8. Mod Birleştirme Yöntemi

Mod Birleştirme Yönteminde doğal titreşim modunun her biri için ayrı hesaplama yapılmaktadır. Burada önemli olan maksimum iç kuvvetlerin ve maksimum yer değiştirmelerin, doğal titreşim moduyla iterasyonlar ile birleştirilerek hesap yapılmasıdır.

3.3.8.1. İvme Spektrum

Azaltılmış ivme spektrum ordinatı Denklem (3.21) yardımıyla belirlenir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \tag{3.21}$$

Elastik tasarım ivme spektrumunun Bölüm 3.3.3.4' de anlatılan özel tasarım ivme spektrumu ile belirlenmesi durumunda, Denklem (3.21)' de $S_{ae}(T_n)$ yerine, ilgili özel spektrum ordinatı kullanılacaktır.

3.3.8.2. Göz önüne Alınacak Dinamik Serbestlik Dereceleri

Dönme serbestlik dereceleri, döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram şeklinde çalıştığı yapılarda ele alınacaktır. Dış merkezlilikten kaynaklanan yüklerin etkisinin hesaplanabilmesi amacı ile depreme dik yönde kat boyutunun ± %5' i kadar kaydırılmasıyla oluşan noktalara ve kütle merkezine etki ettirilecektir.

3.3.8.3. Hesaba Katılacak Yeterli Titreşim Modu Sayısı

Hesaplanacak olan Titreşim Modu Sayısı; etkin kütle ve toplam bina kütlesi ile belirlenecektir. Burada her iki deprem doğrultusunda hesaplanan etkin kütleler toplamı, binaya ait toplam kütlenin % 90' ından küçük olmaması kuralı ile belirlenecektir.

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{Y} M_{xn} &= \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \\ \sum_{n=1}^{Y} M_{yn} &= \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^{N} m_i \end{aligned} \tag{3.22}$$

Denklem (3.22)' de yer alan parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır.

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{xin} \quad ; \quad L_{yn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \Phi_{yin}$$
$$M_n = \sum_{i=1}^{N} (m_i \Phi_{xin}^2 + m_i \Phi_{yin}^2 + m_{\theta i} \Phi_{\theta in}^2) \tag{3.23}$$

Mod Birleştirme Yöntemi' nde bodrum katlarının rijitliği üst katlara göre çok fazla olduğunda sadece üst katlar hesaba katılabilir. Bodrum katlarda rijit olan çerçeve perdeler göz ardı edilir ve bunun yerine DBYBHY 2007, Tablo 2.5' den seçilen R katsayısı kullanılır.

3.3.8.4. Mod Katkılarının Birleştirilmesi

Mod Katkılarının Birleştirilmesi ile ilgili bilgiler DBYBHY 2007 Bölüm 2.8.4' te verilmiştir. İstatistiksel yöntemlerin kullanıldığı bu yöntemde her mod için ayrı ayrı hesap yapılmaktadır.

3.3.8.5. Hesaplanan Büyüklüklere İlişkin Alt Sınır Değerleri

Mod Katkılarının Birleştirilmesinde yönteminde bulunan V_{tB}' nin (deprem yükü), Denklem (3.4)' te V_t' ye (hesaplanan deprem yükü) oranının β'*den* küçük olması halinde $(V_{tB} < \beta V_t)$, elde edilen tüm yer değiştirme ve iç kuvvetler Denklem (3.24)' e göre büyütülecektir.

$$B_D = \frac{\beta V_t}{V_{tB}} B_B \tag{3.24}$$

Binada herhangi bir düzensizlik olması durumunda Denklem (3.24)' de β=0.90, düzensizlik olmaması halinde ise β=0.80 alınacaktır.

3.3.8.6. Eleman Asal Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler

Yapıya ayrı ayrı uygulanan her iki doğrultudaki depremlerin ortak etkileri altında, yapı taşıyıcılarının a ve b eksen doğrultularında Mod Katkılarının Birleştirilmesi kuralına göre birleştirilerek elde edilen iç kuvvetler için, Eleman Asal

Eksen Doğrultularındaki İç Kuvvetler' de verilen birleştirme kuralı ayrıca uygulanacaktır (Şekil 3.8).

3.3.9. Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılması ve İkinci Mertebe Etkileri

Binaya ait kolon ve perdeler için azaltılmış göreli kat ötelemesi Δ_i , Denklem (3.25) ile hesaplanacaktır. Azaltılmış göreli kat ötelemesi, birbirini takip eden katlar arasındaki yer değiştirme miktarını ifade etmektedir.

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1} \tag{3.25}$$

Binanın herhangi bir katındaki kolonlar ve perdeler için etkin göreli kat ötelemesi, δ_i, Denklem (3.26) ile hesaplanacaktır.

$$\delta_i = R\,\Delta_i \tag{3.26}$$

Herhangi bir kattaki perde ve kolonlarda, Denklem (3.26)' da bulunan δ_i etkin göreli kat ötelemelerinin maksimum değeri $(\delta_i)_{max}$, Denklem (3.27)'de verilen şartı sağlayacaktır. Denklem (3.27)' de verilen şartlar sağlanmaması halinde, taşıyıcı sistemin rijitliği arttırılacaktır. Yapılan hesaplar tekrarlanacaktır. Gevrek elemanlarda ise her şartta göreli kat ötelemeleri altında kullanılabilirliği kontrol edilecektir.

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \le 0.02 \tag{3.27}$$

İkinci mertebe etkileri Denklem (3.28)' e göre yaklaşık olarak bulunabilir.

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \sum_{j=i}^{N} w_j}{V_i\, h_i} \le 0.12 \tag{3.28}$$

İkinci Mertebe Gösterge Değeri, θ_i' nin Denklem (3.28)' te belirtilen şartlara uyması halinde, ilgili yapı yönetmeliğe göre ikinci mertebe etkileri değerlendirilecektir. Burada $(\Delta_i)_{ort,}$ i' inci kattaki perde ve kolonlarda bulunan azaltılmış olan göreli kat ötelemelerinin kat içerisinde ki ortalama değeri, Denklem (3.25)' te bulunacaktır.

Denklem (3.28)' deki şartların hiçbir katta sağlanamaması halinde, rijitlik yeteri kadar arttırılacak ve deprem hesapları tekrar yapılacaktır.

3.4. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

Yeniden dağılım ilkesinin, Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemlerinde kullanılmasına izin verilmektedir. Yapı taşıyıcı elemanların kapasiteleri dolduğu ve daha fazla yük taşıyamadığı için, taşınamayan yapıya etki eden yüklerin; diğer taşıyıcı elemanlara aktarıldığı kabul edilmektedir. İç kuvvetlerin dağılımının doğru hesaplanabilmesi de ancak bu sayede olacaktır. Doğrusal elastik olan hesap yöntemlerine kıyaslandığında, doğrusal elastik olmayan hesap yönteminin en belirgin avantajının bu olduğu görülmektedir. Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri henüz belirli bir standarda oturtularak, uygulanır biçimde değildir. Fakat gün geçtikçe bu yöntemlerin kullanımları artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Yapılara ait deprem performansları belirlenirken; yapı elemanlarına ve yapıya ait azami yer değiştirmeler büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bazı yaklaşık yöntemlerle bu yer değiştirmeler tahmin edilebilmektedir. Bu yaklaşık yöntemlerin arasında en fazla kullanılan yöntem, Eşit Yer Değiştirme kuralıdır. Doğrusal Elastik Olmayan hesap yöntemlerinde tek seferde eşdeğer deprem yüklerine etki ettirilmemekte, eşdeğer deprem yükleri kısım kısım artırılarak etki ettirilmektedir. Dolayısıyla bu yöntemler statik itme analizi diye adlandırılmaktadır.

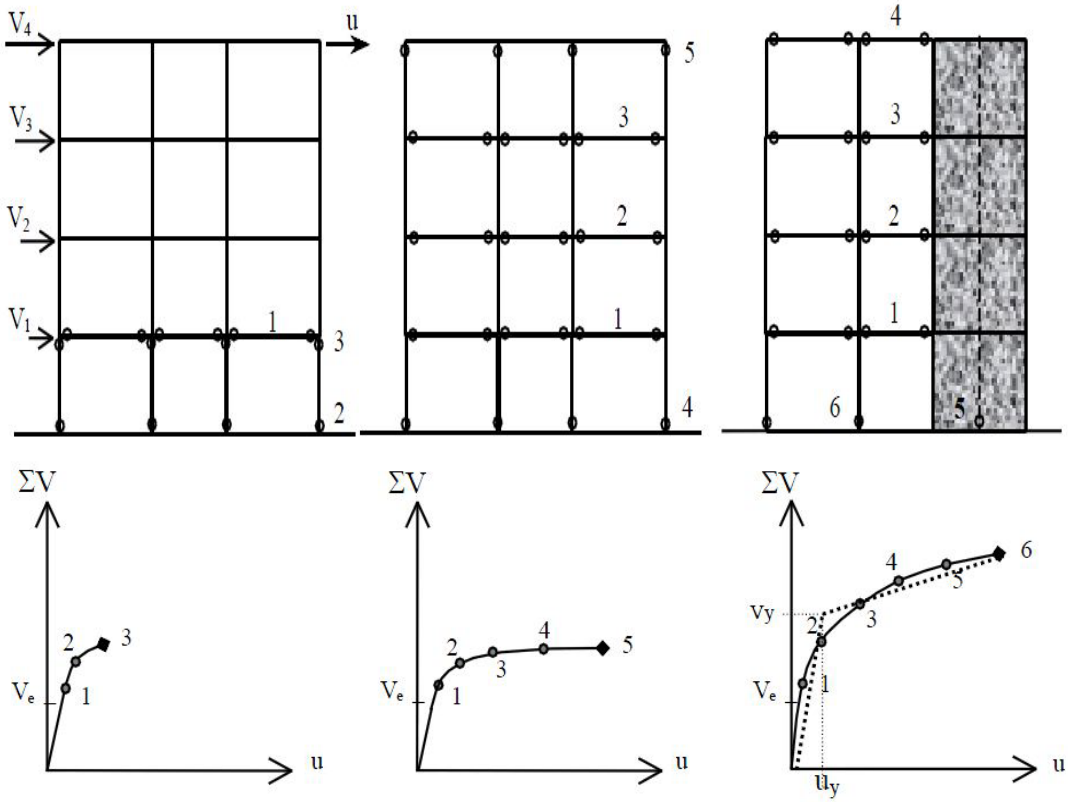
3.4.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (AEDYY)

Doğrusal elastik (lineer) yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabildiği binalar için AEDYY' de kullanılabilir. Doğrusal elastik sistem ile eşdeğer statik yatay yük dağılımı aynı şekilde hesaplanmakta, lakin eşdeğer statik yük dağılımında etki ettirme adım adım arttırılarak uygulanmaktadır. Dolayısıyla bu sayede deprem esnasında yapının en çok zorlandığı vaziyete ulaşmış olduğu varsayılır. Binada yatay yükün arttırılarak uygulanması sonucu bu yük sebebiyle oluşan elastik ötesi statik davranışın, kapasite eğrileri ve yıkılma özellikleri Şekil 3.9' da temsili olarak gösterilmiştir.

Her bir adımda uygulanan toplam yatay yükün ya da başka bir deyişle taban kesme kuvvetinin çatı ötelenmesine karşı olan değişimine yapının kapasite eğrisi denilmektedir. Şekil 3.2' de taban kesme kuvveti - tepe yer değiştirmesi ilişkisi gösterilmiştir. Şekil 3.9' da farklı yatay yük taşıyıcı sistem özelliklerine fakat aynı mimari sistem ve geometrideki yapıların plastik mafsal oluşturma hiyerarşileri ve bu vasıtayla oluşan kapasite eğrileri temsilen gösterilmiştir. Bu şekilde belirtilen sayılar, kat kolon ve kirişlerinde plastik mafsalların oluşma sırasını ve bu adımlar sırasında kapasite eğrilerindeki yerlerini ifade etmektedir. Bina; statik itme analizinin ilk aşamalarında doğrusal elastik davranış gösterecektir. Daha sonraki aşamalarda ise, plastik mafsallar oluşmaya başlayacaktır. Plastik mafsalların özellikle kolonlarda oluşmasıyla bina bütünüyle plastik davranış göstermeye başlayacaktır. Eğer plastik mafsallar pekleşme özelliğine de sahip ise, bu durumda binanın kapasite eğrisine de farklılaşacaktır. Binanın yatay kapasitesi; plastik durumda artan yatay yükler altında çok fazla olmasa da artmaya devam edecektir.

Farklı yapıların yatay yük altında ki dayanım ve süneklik özelliklerini yansıtan, bu farklı türdeki yapılara ait kapasite eğrileridir. Şekil 3.9 (a)'da yani zayıf kolon kuvvetli kiriş sisteminde öncelikle ilk katın kirişleri mafsallaşmakta, sonrasında sırasıyla ilk katın kolonlarının alt ve üst uçları mafsallaşmaktadır. Bunun sonucu olarak söz konusu ilk yani birinci katta mekanizma oluşmuş olur. Dolayısıyla yapı kapasitesine ulaşmış ve daha fazla yük alamaz duruma gelmiştir. Birinci katın kararlılığını yitirmesi ile yıkılma meydana gelir. Bu durum yumuşak-zayıf zemin katlı yapılarda oluşmaktadır ve dolayısıyla bina böyle bir durumda çok fazla süneklik sergileyemez. Bu yıkılma türü depremlerde sık sık gözlenen bir yıkılma türüdür ve epeyce gevrektir. Fakat bu durumun tam tersine Şekil 3.9 (b)'de yani kuvvetli kolon zayıf kiriş sisteminde gösterilen durumda öncelikle aşağıdan yukarı doğru kapasitelerine ulaşan tüm katlardaki kirişler mafsallaşır. Bütün katlarda kirişlerin mafsallaşması sonucu yapının yanal rijitliği azalmaya başlar ve yapı yanal ötelenme yapmaya devam eder. Ancak yapı kararlılığını yitirmez. Ancak bu oluşumla yani bütün kirişlerin mafsallaşmasıyla kolonlar ankastre duruma düşer ve bir sonraki aşamada mafsallaşma alt mesnetlerinde de gerçekleşir. Dolayısıyla yanal kararlılığını yitiren yapı kapasitesine ulaşmış olur. Mafsal oluşumu, ara kat kirişlerine kıyaslandığında, özel konumu nedeniyle çatı katı kirişlerinde daha geç olabilmektedir ve hatta mafsal oluşturması kolonlardan sonra bile

olabilir. Fakat bu durumda binadan sünek bir davranış elde edilmesi engellenemez. Perde çerçeve sistemine ait Şekil 3.9 (c)'de yani perde çerçeve sisteminde gösterilen durumda öncelikle aşağıdan yukarı bir şekilde kirişler mafsallaşacak ve sonrasında düşey taşıyıcı sistem elemanları ankastre durumuna geçecektir. Kolonlara göre perdenin yanal rijitliği oldukça fazladır. Ayrıca her bir katta kolon ve perdeler, kat kirişleri tarafından eşit yanal ötelenmeyi yapmak zorunda bırakılacaklardır. Bu sebeple perde, yanal rijitliği oranında yatay yüklerin birçoğunu karşılayacaktır. Bir müddet sonra perdenin taban kısmında plastik mafsal oluşmaya başlayacak ve perde yükünü kolonlara aktaracaktır. Bunun sonucunda kolonların tabanlarında da mafsallaşma oluşacak ve sistem yatay kapasitesine ulaşmış olacaktır. Perde çerçeve sisteminin sünekliği Şekil 3.9 (b)'deki sistemin sünekliğine yakın olabilir, fakat sistemin kapasitesini, perdenin yüksek yatay yük dayanımı büyük ölçüde arttırmıştır.



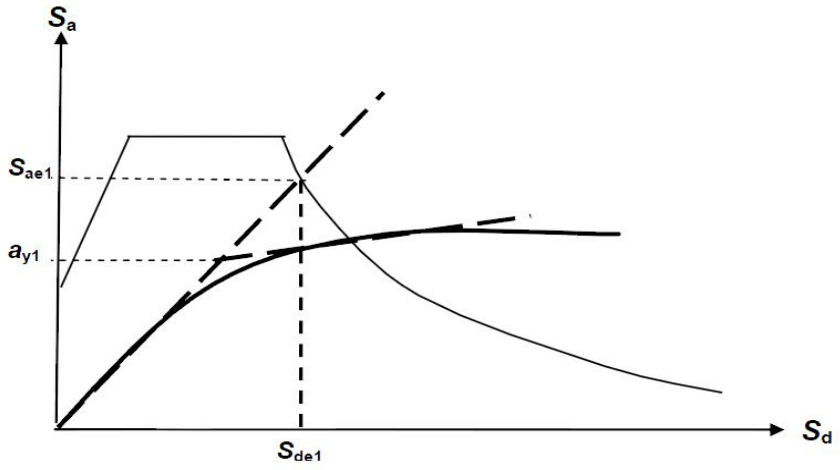
a) Zayıf kolon–kuvvetli kiriş sistemi(zayıf kat)

b) Zayıf kiriş- Kuvvetli kolon sistemi

c) Perde çerçeve sistemi

Şekil 3.9. Farklı türdeki yapıların statik itme analiziyle bulunan kapasite eğrileri ve yıkılma özellikleri (Sucuoğlu,H.THM Sayı 444-445-2006)

Statik itme analizi ile yatay yük kapasitesine ulaşan binanın, deprem anında artacak olan yük altında hangi maksimum yer değiştirme değerine ulaşacağına karar verilememektedir. Bu gibi durumlarda sağlanan kapasite eğrisinden faydalanılarak yapı tek dereceli elasto-plastik bir sisteme çevrilir. Bu sistemin aynı depremin etkisinde azami spektral deplasmanı yani yer değiştirmesi hesaplanırken bağımsız bir dinamik analiz kullanılır. Bu hesaplama işlemi yalnız bir yer hareketinin ivme-zaman kaydı kullanılmak suretiyle gerçekleştirilebilir. Fakat bu işlemi her yer hareketi için yapmak söz konusu değildir. Mesela tasarım spektrumuyla tanımlanan bir deprem için söz konusu işlemi gerçekleştirmenin imkânı yoktur. Bu işlem yerine "eşit yer değiştirme" prensibi kullanılır. Eşit yer değiştirme prensibinde, eşdeğer doğrusal sistemin azami yer değiştirmesinin, doğrusal olmayan sistemin azami yer değiştirmesine eşit olacağı kabul edilerek, doğrusal elastik sisteme ilişkin azami yer değiştirme miktarında, yapının performans değerlendirmesi yapılır. Şekil 3.9(c)'de belirtilen tepe yer değiştirmesi ve taban kesme kuvveti düzlemindeki kapasite eğrisi bina dinamiği ilişkileriyle (DBYBHY 2007, Ek 7C) Şekil 3.10' da belirtildiği üzere spektral deplasman ve spektral ivme düzleminde belirtilir ve iki doğrunun oluşturduğu bir eğri ile basit hale getirilir. Sonrasında deprem spektrumu da aynı düzlemde gösterilir ve eşit yer değiştirme prensibi kullanılarak spektral yer değiştirme talebi tahmin edilir. Spektral yer değiştirme talebi tahmin edildikten sonra yapının deprem yönündeki hâkim moduna ait titreşim özelliklerinden faydalanılarak bu yer değiştirme talebine karşılık gelen tepe yer değiştirmesi hesaplanmış olur.



Şekil 3.10. Statik itme analizinde spektral yer değiştirme talebinin eşit yer değiştirme prensibi ile belirlenmesi (Sucuoğlu,H.THM Sayı 444-445-2006)

3.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi (MBY)

Mod Birleştirme Yöntemiyle ilk olarak doğrusal elastik sistemin titreşim modları hesaplanır. Hesaplanan her moda ilişkin modal kuvvetler yapıya ayrı ayrı ve birbirlerinden bağımsız bir şekilde uygulanarak statik itme analizi gerçekleştirilir. Fakat statik itme analizi esnasında her modda meydana gelen elastik ötesi etkiler kendi aralarında bağımsız olmayacaktır. Dolayısıyla bu vaziyetin düzeltilmesi için çeşitli ek yaklaşık hesapların kullanılması gerekmektedir. Sonrasında elde edilmiş olan modal değerler istatistiksel uygun yöntemle birleştirilir (DBYBHY 2007, Ek 7D).

3.4.3. Performans Değerlendirmesinde Yapılan Kabuller ve Kullanılan Sınırlar

Eleman uçlarında azami plastik mafsal dönmelerine, statik itme analizleri yapılırken yığılı plastik davranış modeli kullanıldığından dolayı bu hesabın neticesine ulaşılmaktadır. 2007 yılında ki Deprem Yönetmeliği'nde de itme analizi sonucunda ortaya çıkan mafsal dönmeleri, belirlenen bir plastik mafsal boyuna bölünmüş (DBYBHY 2007, 7.6.8.1.) kesit plastik eğrilik istemine dönüştürülmüştür. Sonrasında ise eşdeğer akma eğriliğiyle toplanarak toplam eğrilik hesaplanmış ve bu kesitin moment-eğrilik ilişkisinden yararlanılarak eğrilik değerine denk gelen; çelik ve beton şekil değiştirmeleri hesaplanmıştır (DBYBHY 2007, 7.6.8.2.). Bütün malzemeler için tanımlanmış bir birim şekil değiştirme sınır değeri bulunmaktadır. Çelik ve beton şekil değiştirmeleri hesabı sonucu çıkan değerler, birim şekil değiştirme sınır değerleriyle karşılaştırılarak kesitin hasar durumu hakkında karar verilebilmektedir. Yönetmelik' te, Denklem (7.8)' de sargılanmamış beton özellikleri dikkate alınmıştır. Bunun sebebi Kesit Minimum Hasar sınırının tanımı yapılırken kesitin en dışta bulunan beton lifinde sargılama olamayacağının ifade edilmesidir. Fakat etriye içerisindeki betonun en dıştaki lifi değerlendirilmeye alınmak zorunda olduğu için güvenlik ve göçme sınır durumlarında beton birim şekil değiştirme sınırı bu sargılama etkisini de ele alacak şekilde DBYBHY 2007, Denklem (7.10) ve Denklem (7.9) ile beraber tanımlanmıştır.

3.4.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Bu yöntemin maksadı, taşıyıcı sistemdeki nonlineer davranış dikkate alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım birleştirilmesidir. Zaman tanım alanında nonlineer hesap esnasında her bir zaman artırımı sırasında sistemde oluşan plastik şekil değiştirme, yer değiştirme ve iç kuvvetlerle bu büyüklüklerin deprem istemini karşılayan tüm azami değerler hesaplanmaktadır. Zaman tanım alanında uygulanacak olan analiz için kullanılacak benzeştirilmiş, kaydedilmiş ya da yapay yer hareketleri Deprem Yönetmeliğindeki Bölüm 2.9.1 ve 2.9.2' ye göre belirlenerek, analizde Bölüm 2.9.3. dikkate alınmalıdır.

3.4.5. Birim Şekil Değiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

Plastik eğrilik istemi aşağıda verilen bağlantı yoluyla hesaplanacaktır. Bu bağlantı da θ_p, Doğrusal Elastik Olmayan hesap yöntemlerinin sonucunda bilgi olarak herhangi bir kesitten elde edilmektedir ve plastik eğrilik istemi, plastik dönme istemine bağlı olarak hesaplanmaktadır:

$$\phi_p = \theta_p / L_p \qquad (3.29)$$

Kesitteki toplam eğrilik istemi yani ϕ_t ise, maksada uygun şekilde seçilecek bir beton modeliyle pekleşmeyi dikkate alacak donatı çeliği modeli kullanmak suretiyle, kesitte eksenel kuvvet istemi altında gerçekleştirilen analiz sonuçlarından çıkarılan iki doğrulu moment eğrilik ilişkisi olarak tanımlanan ϕ_y yani eşdeğer akma eğriliği, çalışmanın üst bölümünde belirtilen Denk.(3.29) ϕ_p yani plastik eğrilik istemine eklenerek hesaplanmaktadır.

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \qquad (3.30)$$

Betonarme olan sistemlerde donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme istemi ile betonun basınç birim şekil değiştirmesi istemi, Denklem (3.30.)' da tanımlanmış olan ile ϕ_t toplam eğrilik istemine uygun bir şekilde moment eğrilik analizi ile hesaplanmaktadır.

Sargılı ya da sargısız donatı çeliği ve beton modelleri için farklı bir tercih düşünülmediği zamanlarda, Deprem Yönetmeliği Bilgilendirme Eki 7B'den faydalanılabilir.

3.4.6. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil Değiştirme Kapasiteleri

Kesit düzeyinde taşıyıcı sistem performansının belirlenmesi betonun birim şekil değiştirmeleri ve donatı çeliğinin 3.4.5'e istinaden bulunmuş deprem istemleri, çalışmanın devamında açıklanan birim şekil değiştirme sınırlarıyla kıyaslanarak belirlenecektir.

Plastik şekil değiştirmeleri, betonarme sünek taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelmektedir. Bu şekil değiştirmenin bazı kesit hasar sınırlarına göre izin verilen boyutta şekil değiştirme maksimum kapasiteleri maddeler halinde ifade edilmiştir. Bunlar:

1) Minimum Hasar Sınırı kabul edilebilmesi için kesitin en dış lifindeki beton basınç ve donatı çeliği birim şekil değiştirmeleri üst sınırları Denklem(3.31.)' de verilmiştir.

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} : 0.035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} : 0.010 \tag{3.31}$$

2) Güvenlik Sınırı kabul edilebilmesi için etriyenin bulunduğu bölgenin en dış lifindeki donatı çeliği ve beton basınç birim şekil değiştirmeleri üst sınırları Denklem (3.32.)' de verilmiştir.

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} : 0.035 + 0.01(\rho_s / \rho_m) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} : 0.040 \tag{3.32}$$

3) Kesit Göçme Sınırı kabul edilebilmesi için etriyenin bulunduğu bölgenin en dış lifindeki donatı çeliği ile beton basınç birim şekil değiştirmeleri üst sınırları da Denklem (3.33.)' de verilmiştir.

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} : 0.04 + 0.014(\rho_s / \rho_m) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} : 0.060 \tag{3.33}$$

Dikkate alınan enine donatıların, Deprem Yönetmeliği Bölüm 3.2.8.' e göre "Özel Deprem Etriyeleri ve Çirozları" şeklinde düzenlenmiş olması da gerekli ve mecburidir.

3.4.7. Güçlendirilen Dolgu Duvarlarının Şekil Değiştirme Kapasiteleri

Güçlendirilen dolgu duvarlarının şekil değiştirme kapasiteleri için izin verilen sınır değerler Deprem Yönetmeliği 2007, Bilgilendirme Eki 7F' e göre belirlenmiştir. Söz konusu ekte, bu duvarları çevreleyen kiriş ve kolonlarla beraber Elastik Olmayan Davranışın idealleştirilmesine uygun olarak modellenerek gerçekleştirilen itme analizi neticesinde ulaşılan göreli kat ötelemeleri kapasiteleri belirtilmiştir.

3.4.8. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri

Kesme kuvveti kapasiteleri, kiriş-kolon birleşme kısımları hariç betonarme yapının bütün taşıyıcı sistem elemanlarına ait gevrek kırılma kontrollerinde kullanılmakta ve bu kapasite veya dayanım TS-500'e göre belirlenmektedir. Bölüm 3.5.1’ de bahsedilen bilgi seviyelerine göre mevcut dayanım değerleri belirlenmektedir. Kesme kuvveti dayanımı hesabı yapılırken de bu mevcut dayanım değerleri kullanılmaktadır. Gevrek olarak hasar gören taşıyıcı sistem elemanlarındaki, kesme kuvveti istemi, kesme kuvveti dayanımından daha fazladır. Betonarme yapılarda kiriş-kolon birleşim bölgeleri için Deprem Yönetmeliği Denklem (3.11)' de hesaplanan kesme kuvveti isteminin, Deprem Yönetmeliği Bölüm (3.5.2.2)' de belirtilen kesme dayanım değerini geçmemesi gerekmektedir. Fakat Deprem Yönetmeliği Denklem (3.11)' de V_{kol} yerine nonlineer analizde alakalı kolon için bulunan kesme kuvveti istemi kullanılması gerekecek, Deprem Yönetmeliği Denklem (3.12) ya da Denk.(3.13)' deki dayanım hesaplarında ise f_{cd} yerine Bölüm 3.5.1' de belirtilen bilgi seviyesine göre oluşturulan mevcut beton dayanımının esas alınması gerekecektir. Şayet kesme kuvveti istemi, kesme dayanımını aşarsa, kiriş kolon kiriş birleşim kısmı gevrek olarak hasar gören eleman şeklinde ifade edilecektir.

3.5. Binaların Değerlendirilmesi

Deprem Yönetmeliği' nin 7. Bölümünde var olan konular ilk kez 2007 yılında bu yönetmeliğin kapsamına alınmıştır. 2007 Deprem Yönetmeliği' nin 7. Bölümü' nün konusu; yapılacak olan bir yapının dış görünüşünden, tasarımından daha çok daha önceden yapılmış olan bir yapının deprem performansının ölçülmesine ve değerlendirilmesine yönelik yapılan işlemleri oluşturmaktadır. Bu işlemler içeriği itibariyle var olan bir binanın durumunu tespit etmek için gerekli olan incelemelerin yapılması ki en önemlisi saha incelemeleridir, performans hedeflemesi, hesap yönetim şeklinin seçilmesi ve tüm bunların uygulanmasından oluşan bir süreçtir. Ayrıca söz konusu Yönetmeliğin bu bölümünde deprem performansı yeterli olmayan binaların güçlendirilmesi konusuna da yer verilmiştir. Daha önceden güçlendirme yapılmış bir yapı ile var olan bir yapı arasında deprem performansı değerlendirilmesi açısından büyük farklılıklar bulunmamaktadır.

3.5.1. Binalardan Bilgi Toplanması

Mevcut bir binanın deprem güvenliği değerlendirilmesi yapılırken yapılacak olan durum saptaması çalışmalarının esas amacı bu binayı tanımaktır. Bu çalışmalar genellikle deprem gerçekleşmeden önce yapılır ve gelecekte olması muhtemel bir deprem söz konusu olduğunda yapının performansını ölçmek adına gereken veri altyapısını oluşturmaktadır (DBYBHY 2007). Daha önce deprem geçirmiş olan bir bina içinde durum saptaması yapılabilir fakat burada hedef hasar tespiti yapmak değil durum saptamasında bulunmaktır.

Mevcut binanın deprem performans değerlendirilmesi için yapılacak analitik yapı modelinin hazırlanmasında ve performans hesabının sonuçlarının değerlendirilmesinde durum saptaması çalışmasının sonuçları tüm bunları belirleyici konumdadır. DBYBHY 7.2.1' de belirtildiği üzere durum saptaması çalışmalarında toplanan bilginin içeriği, yapı modelinin hazırlanabilmesi için yeteri kadar olmalıdır. Bu nedenle betonarme yapının yapısına ait özelliklerinin saptanması, betonarme yapının ayrıntılarının belirlenmesi ve malzeme özelliklerinin ölçülmesi gerekmektedir.

Mevcut bir binada yapılan durum saptaması sonucu elde edilen bilgiler, DBYBHY Bölüm 7 kapsamında aşağıda belirtilen hedeflere ulaşılabilmesi adına yetmelidir.

1.Betonarme taşıyıcı elemanların kırılma türünün gevrek veya sünek olmasının belirlenmesi

2.Betonarme taşıyıcı elemanlarının hasar sınırlarının belirlenmesinde gereken sargı donatısı ve eğilme ayrıntılarının ve miktarlarının saptanması.

3.Bilgi seviyesinin saptanması (sınırlı bilgi, orta bilgi ya da kapsamlı bilgi).

4.Yapıya ait elemanların kritik kesit dayanımlarının hesaplanması (kesme ve eğilme dayanımları).

3.5.2. Bina Geometrisi

Çalışma kapsamında kullanılan anlamına göre bina geometrisi; binanın temel sistemine, taşıyıcı sistemine ve mimari niteliklerine ait fonksiyon ve boyut bilgilerini kapsamaktadır. Bina geometrisi, binanın gerek var olan gerekse sonradan güçlendirilmiş durumlarında ki analitik modellemesinde kullanılmak üzere bütün eleman ve sistem boyutlarının belirlenmesini kapsamaktadır. Eleman ve sistem boyutlarının tespitinde kullanılan gözlem ve ölçüm yöntemleri şunlardır:

*Statik ve mimari rölöve alımları,

*Yapının temelinde inceleme için çukur açılması

*Yapının var olan halinin görüntülenmesidir.

Statik ve mimari rölövesi, bütün katların kritik kesit taşıyıcı ve mimari sistem planlarından oluşmaktadır. Mevcut durumun ortaya çıkarılması maksadıyla mimari ve statik rölövenin birbirlerini tamamlayan kat planları üzerine çizilmesi binanın algılanmasını ve güçlendirme için kullanılacak olan seçeneklerin belirlenmesini kolaylaştırır. Bu maksatla hem mimari hem de statik rölöve planları üzerinde de çerçeve aksları tanımlanmakta ve aks açıklıkları belirtilmektedir. Bölme duvarlar, pencere ve kapı boşlukları boyutları ve parapetler, mimari rölöve üzerinde gösterilir. Ayrıca alan fonksiyonları, ıslak hacimler, ve döşeme tipleri plana dahil edilir. Statik rölöve planında ise bütün taşıyıcı sistemin özellikleri gösterilir. Bir kodlama sistemi kullanılarak kiriş ve

kolonların boyutları ve yerleri, taşıyıcı duvar ve kat döşemeleri, döşeme kalınlıkları ve döşeme delikleri tanımlanır. Yeni bir binanın projesinde çizilen kat planları bilgilerinin hepsi rölöve ile elde edilen kat planlarının içeriğiyle aynıdır ve aynı ayrıntıları içermektedir. Fakat binada taşıyıcılara etkisi bulunmayan, yük oluşturmayan mimari ayrıntıların kat planında belirtilmesi zorunlu değildir.

Rölöve çalışmalarının gerçekleşmesi iki aşamada meydana gelir. Bu iki aşamadan bir tanesi inşaat sahasında ölçü alınmasıdır. Diğer aşama ise ofis ortamında kesit ve planların modellemeye uygun çizimler haline getirilmesidir. Sahada ölçü alınırken mekanik ya da optik ölçü aletlerinin kullanılması gerekebilir. Şayet binanın statik ve/veya mimari projeleri varsa rölöve çalışmaları kolaylaşmış olurken, hassasiyette artmış olur. Bu projelerin var olmasının başka bir avantajı da binanın yapılmış durumu ile tasarlanmış durumu arasında fark olup olmadığını da belirlemesidir. Projelerin olmaması rölöve çalışmalarını daha zahmetli hale getirecektir. Proje olmayınca sahaya iki kez gidilmek zorunda kalınacaktır. Sahaya ilk gidişte, saha içerisinde yapılan çalışmalar sonucu plan krokileri çıkarılır ve sonrasında bu elde edilen krokiler ofis ortamında plan taslakları haline getirilir. Sonrasında inşaat sahasına bir kez daha gidilmek suretiyle ofis ortamında hazırlanmış olan plan taslakları üzerindeki detaylar biçimlendirilir ve son olarak bu ayrıntılar proje planına işlenir. Sahada gerçekleştirilecek olan önemli bir diğer çalışma ise yapının temel sisteminin tespit edilmesidir. Yapıya ait temel projeleri varsa sadece yapının içinde ya da dışında elde edilmesi nispeten kolay olan kolon akslarının temelleri çukur açılarak gözlemlenir ve mevcut projeyle uygunluğu belirlenir. Çoğunlukla uygulama ile proje arasında ortaya çıkan en önemli uyumsuzluk temellerdedir. Genellikle karşılaşılan sorunlardan bir tanesi, tekil temellerin bağ kirişlerinin var olan projeyle uyuşmaması ya da hiç yapılmamasıdır. Binanın temel projesi yoksa çok daha fazla inceleme çukurları açmak gerekmektedir. Açılan bu çukurlar en başta yapı temel sisteminin belirlenmesi için yeteri kadar veriyi sağlamalı (radye, sürekli veya tekil temel), buna ilave olarak yeterli hassasiyet ile temel boyutlarının tespitine imkân vermelidir. Şayet binada güçlendirme maksadıyla yapılmış kolon mantosu ya da yeni betonarme perde varsa, bu sonradan eklenen elemanların temellerinin durumlarının ve boyutlarının mutlaka inceleme çukuru açılarak belirlenmesi gerekmektedir.

Binanın ağırlığı, deprem hesabı yapılırken ve binanın modeli oluşturulurken tüm bunlara ilişkin önemli bir bilgidir. Kat döşemeleri, bina ağırlığının büyük bölümünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla döşeme ağırlıklarını belirlemek önemli bir noktadır. Binanın projesi olsa dahi döşemelerden karot alınmalı, döşeme kaplamaları ve beton tabakalarının nasıl olduğu tespit edilmelidir. Karotların alınmasının amacı kalınlık ölçümüdür, bunların var olan beton dayanımını ölçmek için denenmesi tehlikelidir.

Testleri yapılmış yapının dosyasına yapıya ait iç mekânlardan ve dış cepheden fotoğraflar eklenmesinde fayda vardır. Çünkü yapının çatı tipini, çıkmalarını, yapıya ait taşıyıcı sistemini, varsa yumuşak kat halinin olup olmadığı, iç mekânlardan elde edilen önemli detayları ve açılan inceleme çukurlarından elde edilen temel görüntülerini gösteren fotoğraflar güçlendirme tasarımı ve modelleme esnasında devamlı kaynaklardır.

3.5.3. Donatı Detayları

Betonarme elemanların donatı detayları, boyuna donatıda kenetlenme boyu ya da kanca detayı, boyuna donatı miktarı, enine donatının ya da deprem etriyesinin kanca özelliği (90 ya da 135 derece kıvrımlı), enine donatı adedi (çap ve aralık), boyuna donatıda ek durumu (bindirme bölgesinin boyu ve yeri), donatılardaki korozyon etkisi ve beton örtüsünün kalınlığı (pas payı) olarak sayılabilir.

Donatı detaylarının tespit edilirken tahribatlı ve tahribatsız yöntemlerin kullanılması olanaklıdır. Profometre tahribatsız inceleme cihazlarının öncüsüdür. Bu cihaz beton yüzey üzerinde belirli bir yöne doğru hareket ettirilerek, harekete dik yönde bulunan donatı çubuğunun yeri, beton örtü kalınlığı ve çapı belirlenebilir. Özellikle betonarme geniş perde ya da kolon yüzeylerine paralel durumdaki donatı hasırlarının tespit edilmesinde demir tarama cihazı, ya da “ferroscan” doğru bilgiler vermektedir. Biri kaydedici biri tarayıcı olmak üzere iki parçadan oluşan Ferroscan cihazın da bu tarayıcı cihazı taranan alanın altında bulunan donatı ızgarasının bilgilerini kaydedici cihaza gönderir. Kaydetmeyi yapan cihaz da bu verileri işler ve donatı hasırı üzerinde belirtilen her bir koordinat noktasında yatay ya da düşey donatının pas payını, çapını, ve yerini hesaplar (Şekil 3.11).

Şekil 3.12’ de inceleme yapılması için pas payı sıyrılan kolona ait fotoğraflar gösterilmektedir. İnceleme sonucunda kolona ait donatılarda korozyon bulunması halinde, donatı çapında korozyon sebebiyle oluşan azalma tespit edilmeli ve hesaplarda göz önüne alınmalıdır. Korozyonun çok fazla olması halinde betonla donatı arasındaki aderans bütünüyle yok olacaktır. Bu durumda olan kolon donatıları hesaplamalara dâhil edilmemelidir.



Şekil 3.11. Yüzey taraması yapılması (Ferroscan cihazı yardımıyla)



Şekil 3.12. Pas payı sıyrılarak belirlenen donatı detayları

3.5.4. Malzemeye Ait Özellikler

Betonarme yapılardaki en önemli iki malzeme donatı çeliği ve betondur.. Bu iki yapı malzemesinin de dayanımlarının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca bu malzemelerin dayanımlarının yapı içerisinde dağılım şeklinin de nasıl olduğunun bilinmesi de önemlidir. Bu maksatla kullanılacak tahribatsız ve tahribatlı analiz yöntemleri bulunmaktadır.

3.5.5. Beton Özelliklerinin Tespit Edilmesi

Düşük beton dayanımı ve bu dayanımın binanın içerisinde ki yüksek değişkenliği mevcut binalarda yetersiz deprem dayanımının başlıca kaynaklarındandır. Beton kalitesinin standartlar içerisinde olup olmadığını ortalama dayanımın düşüklüğünün yanında yapı içerisindeki yüksek değişkenlik de göstermektedir.

Betona ait dayanımı belirlemek üzere bir binada uygulanabilecek yöntemlerden tahribatsız yöntemlerinin başlıcaları, ultrases hızı ve Schmidt çekicidir. Schmidt darbe çekici kullanım kolaylığı ve maliyetinin düşüklüğü sebepleriyle en fazla tercih edilen ekipmandır. Bir yüzeyde çekiç okumaları yapılacaksa o yüzeyde sıva kaldırlmalı ve temizlenmelidir (Şekil 3.13). Okuma çekiç yardımı ile yapıldığında beton yüzeyi sertliği tespit edilir. Ve bu değerler darbe çekicinin özelliğine bağlı olarak bir kalibrasyon eğrisi kullanılır ve eşdeğer silindir dayanımına çevrilir.

Diğer yöntemlerden tahribatlı olanlar arasında yaygın kullanılan yöntem; karot alma ve alınan bu örneğin testinden beton dayanımına ulaşmaktır. (Şekil 3.13 , 3.14). Maliyet açısından değerlendirildiğinde cihazın maliyeti fazla değildir, fakat karot alma işlemi zordur. Karotun alındığı boşluk, sonrasında dayanımı yüksek tamir harcıyla doldurulmalıdır.

3.5.6. Donatı Özelliklerinin Belirlenmesi

Donatı çeliğinin malzeme özelliklerinde değişkenlik betonla kıyaslandığında daha azdır. Betonarme elemanların pas payları sıyrılarak gözle yapılan tespitlerde Şekil 3.12’ de görüldüğü üzere donatı sınıfları rahatça belirlenebilir. Kesit hesapları yapılırken çelik dayanımı için, çelik sınıfına ait karakteristik akma dayanımının kullanılması uygun olacaktır. (420 MPa ya da 220 Mpa).Bu değerlerin kullanılması güvenli tarafta kalmamızı sağlayacaktır. Fakat yapıda ayrıntılı incelemeler yapılması halinde bu yeterli olmayacaktır. Tercihen donatının zorlanmadığı bir bölgeden mesela bodrum perdesi gibi, donatı numunesi alınmalıdır. Bu numunelere çekme testi yapılmalıdır ve bu testlerin sonucunda elde edilen bu kopma dayanımları ve çelik atma ile şekil değiştirme özellikleri çelik sınıfını belirleyecektir. Bazen deneyle tespit edilen özelliklerle projede gösterilen çelik sınıfı özellikleri arasında önemli farklar olabilmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi binadan sağlanan bilgiler binanın eleman kapasitelerini hesaplamak ve binanın analitik modelini oluşturmak için kullanılacaktır. Tüm bunların sonrasında binanın deprem performansına karar vermek için Yönetmelikte belirtilen bir hesap yöntemini kullanılarak, deprem etkisi altında iken hesaplanan istemlerle ilgili kapasiteler karşılaştırılır. Bu sayede deprem performansına karar verilir.



Şekil 3.13. Yüzey sertliği değerinin okunması (Schmidt çekiciyle)



Şekil 3.14. Betonarme kolondan karot alınması

Beton dayanımları düşük olan mevcut binalarda uygulanan yöntemlerin başarısız olması sebebiyle DBYBHY 2007' de mevcut beton dayanımının yalnızca karot almayla belirlenmesi mecburi hale getirilmiştir. Sınırlı bilgi düzeyi için her katta asgari iki, orta bilgi düzeyi için her katta üçten az olmamak üzere toplamda dokuz adet karot alınması şartı getirilmiştir. (DBYBHY 2007, 7.2.4.3. ve 7.2.5.3.). Fakat yapıdaki beton basınç dayanımının değişkenliğini tespit için karot deneyleriyle uyarlanmış darbe çekici yöntemi kullanılabilir. Karot alınan elemanlarla çekiç okumaları yapılmalıdır ve her elemanda minimum 10 okuma alınmalıdır. Alınan bu değerlerin ortalamaları kullanılmalıdır. (Şekil 3.13 ve 3.14).

3.5.7. Bilgi Düzeyleri

Yapıların incelenmesi sonucu elde edilen durum bilgisinin içeriğine göre, her bir yapı türü için bilgi düzey ve bu bilgi düzeyine uygun katsayı tanımlanacaktır. Bu bilgi düzeyi katsayıları DBYBHY 2007 7.2.16' da belirtilmiştir. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere üç şekilde sınıflandırılması gerekmektedir. Sahip olunan bu bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplarının yapılmasında kullanılacaktır.

Bilgi düzeyi sınırlı ise yapının taşıyıcı sistem projesi yok demektir. Dolayısıyla taşıyıcı sistemin sahip olduğu özellikler yapıda gerçekleştirilecek olan ölçümler sayesinde saptanır. Sınırlı bilgi düzeyinin uygulanmadığı yapılar, DBYBHY 2007 Tablo 2.3'te verilen ve bina önem katsayısı 1.5 olan yapılardır.

Yapının bilgi düzeyi orta sınıfta ancak yapının taşıyıcı sitem projesi bulunmamakta ise bilgi düzeyi sınırlı olan sınıfa göre daha çok ölçüm yapma şansı bulunmaktadır. Ancak yapının sistem projeleri bulunuyorsa sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümlerde yapılarak proje bilgilerinin doğrulanması sağlanmış olur.

Şayet bilgi düzeyi kapsamlı ise, yapının taşıyıcı sisteme ait projeleri var demektir. Bu bağlamda proje bilgilerinin doğrulanması için yeterli seviyede ölçüm yapılabilmektedir.

3.5.8. Malzeme Dayanımı

Taşıyıcı elemanlara ait kapasite hesaplarında kullanılacak malzeme dayanımları DBYBHY (2007) Bölüm 7' de verilen malzeme dayanımı taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanması için kullanılacak dayanımlar şeklinde tanımlanmıştır.

3.5.9. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Binaya Ait Geometri: Sahada yapılan çalışmalar sayesinde binanın taşıyıcı sistemine ait plan rölövesi belirlenecektir. Şayet mimari projeler varsa, rölöve çalışmalarına katkıda bulunması için yardımcı olarak kullanılır. Sahip olunan bilgiler bütün dolgu duvarlarının ve betonarme elemanlarının bütün katlarda ki yerini, yüksekliklerini, eksen açıklıklarını ve boyutlarını kapsamalı ve yapının hesap modelinin oluşturulabilmesi için yeterli miktarda olmalıdır.Yapı temel sistemi, yapı içerisinde ya da dışında açılacak olan yeterli sayıda inceleme çukuruyla belirlenecektir. Yapıda var olan olumsuzluklar ki bunlar kısa kolonlar vb. kat planına ve kesitlere dâhil edilecek, belirtilecektir. Yapının komşu binalarla olan konumu tespit edilecektir. Bunlar bitişik, ayrık, derz olup olmaması gibi ilişkilerdir.

Elemana Ait Detaylar: Yapının uygulama çizimleri ya da betonarme projeleri bulunmamaktadır. Betonarme elemanlardaki donatı detayları ve miktarının yapının inşa edildiği zamandaki asgari donatı koşullarını karşıladığı kabul edilir Minimum donatı koşullarını karşıladığı varsayımının ne kadar doğru olduğu ya da ne düzeyde gerçekleştiğinin belirlenmesi açısından, bütün katlarda en az bir tane olmak üzere hem perde hem de kolonların %10'unun ve hem de kirişlerin %5' inin pas payı sıyrılarak donatı ve donatıya ait bindirme boyları tespit edilecektir. Kirişlerin ve kolonların uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde sıyırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Fakat donatı bindirme boyunun tespit edilmesi maksadıyla minimum üç kolonda bindirme kısımlarında gerçekleştirilmelidir. Sıyrılan bu yüzeyler işlem bittikten sonra dayanımı yüksek tamir harcıyla kapatılacaktır. Bütün bunlara ek olarak pas payı sıyrılmayan elemanların %20' sinde boyuna ve enine donatı yerleşimi ve sayısı donatı tespit cihazları sayesinde tespit edilecektir. Donatı gerçekleşme katsayısı yani donatı tespiti için gerçekleştirilen betonarme kiriş ve kolonlarda var olan mevcut donatının asgari donatıya oranını, kirişler ve kolonlar için ayrı ayrı tespit

edilecektir. Donatı gerçekleşme katsayısı donatı tespiti uygulanmayan bütün elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları tespit edilecektir.

Malzemeye Ait Özellikler: Bütün katlarda bulunan perdelerden ya da kolonlardan TS EN 13791 (2010) yani Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini Yönetmeliği' nde tanımlanan şartlara elverişli olacak biçimde minimum iki tane beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve alınan bu örneklerden ortaya çıkacak olan en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak kabul edilecektir. Çalışmanın öncesinde belirtildiği üzere donatı sınıfı, sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile belirlenecek, bu sınıfın içerisinde ki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak belirlenecektir. Görsel inceleme sonucu yapılan bu çalışmada, donatısında korozyon görülen elemanlar proje planında belirtilip, işaretlenecek ve söz konusu bu durum eleman kapasite hesapları yapılırken göz önünde bulundurulup, dikkate alınacaktır.

3.5.10. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Binaya Ait Geometri: Yapının betonarme projeleri varsa, yapıda gerçekleştirilecek olan ölçümler ile var olan geometrinin projeye uygun olup olmadığı kontrol edilir. Şayet proje bulunmamaktaysa, saha çalışması yapılarak yapının taşıyıcı sistem rölövesi oluşturulacaktır. Bu sayede elde edilecek olan bilgilerin içeriği ve düzeyi bütün betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının tüm katlardaki yerini, yüksekliklerini, açıklıklarını ve boyutlarını belirtecek şekilde olmalıdır. Yapının geometri bilgileri, yapı kütlesinin hassa bir şekilde belirtilebilmesi için gerekli bütün ayrıntıları kapsamalıdır. Yapıda var olan kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planında ve kesitlerde belirtilecektir. Yapının komşu yapılarla olan ilişiği belirlenecektir. Temel sistemi yapı içerisinde ya da dışında açılacak yeterli miktarda inceleme çukuru ile saptanacaktır.

Elemana Ait Detaylar: İmalat çizimleri ya da betonarme projeler mevcut değilse, Sınırlı Bilgi Düzeyi eleman detaylarındaki şartlar geçerli olacaktır. Fakat pas payı sıyrılarak donatı kontrolü yapılacak kolon, perde ve kirişlerin sayısı bütün katlarda en az ikişer tane olmak şartıyla o kattaki toplam kolon adedinin %20'sinden ve kiriş adedinin %10'undan az olmayacaktır. İmalat çizimleri ya da betonarme projeler yoksa donatının

kontrolü için bilgi düzeyi sınırlı eleman ayrıntılarında belirtilen işlemler, aynı sayıdaki betonarme elemanda bu işlemler uygulanacaktır. Ayrıca donatı tespit cihazları ile pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde boyuna ve enine donatı miktarı ve yerleşimi belirlenecektir. Uygulamayla proje arasında uyum bulunmaması halinde, donatı gerçekleşme katsayısı yani betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede olması gereken donatıya oranını, kirişler ve kolonlar için ayrı ayrı belirlenecektir. 1' den büyük olmaması gereken bu katsayı eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca donatı gerçekleşme katsayısı donatı tespiti yapılmayan bütün elemanlara uygulanacak ve dolayısıyla muhtemel donatı miktarları bulunacaktır.

Malzeme Ait Özellikler: Bütün katlardaki perdelerden ya da kolonlardan toplamda minimum üç taneden az olmamak kaydıyla ve yapıda toplam 9 taneden az olmamak üzere, her 400 m^2 alandan bir tane beton örneği yani karot TS-10465'de ayrıntılı bir şekilde açıklanan şartlara uygun olarak alınacak ve alınan bu örnekle deney yapılacaktır. Mevcut beton dayanımı olarak, elemanların sahip oldukları kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen değerler olarak alınacaktır. Beton dayanımının yapıdaki dağılımı, beton örneği deney sonuçları, uyarlanmış beton çekici okumaları ya da buna benzer hasarsız inceleme araç ve gereçleri ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, çalışmanın önceki bölümlerinde açıklandığı üzere sıyrılan yüzeylerde gerçekleştirilen görsel inceleme sayesinde belirlenecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesapları gerçekleştirilirken mevcut çelik dayanımı olarak kullanılacaktır. Bütün bu incelemelerin sonucunda, donatısında korozyon tespit edilen elemanlar planda işaretlenerek belirtilecek ve yine bu durum eleman kapasite hesapları yapılırken dikkate alınacaktır.

3.5.11. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Binaya Ait Geometri: Yapının betonarme projeleri mevcuttur. Yapı geometrisinin projeye uygunluğu yapılacak ölçümlerle kontrol edilir. Projeler ve ölçümler arasında önemli farklılıklar varsa proje yokmuş gibi davranılacak ve yapı orta bilgi düzeyine uygun olarak düşünülüp bu şekilde incelenecektir. Yapıdaki kısa kolonlar ve buna benzer olumsuzluklar kesitlere ve kat planına işlenerek belirtilecektir. Yapının komşu yapılarla olan ilişkisi belirlenecektir. Yapının kütlesinin hassas bir şekilde

belirlenmesi adına bina geometrisi bilgilerinin gereken bütün ayrıntıları kapsaması gerekmektedir. Yapının içerisinde ya da dışında yeterli miktarda açılacak olan inceleme çukurları ile temel sistemi belirlenmiş olacaktır.

Eleman Ait Detaylar: Yapı betonarme detay projelerine sahiptir. Orta Bilgi Düzeyi eleman ayrıntılarında ifade edilen işlemler, aynı adetteki betonarme elemanda gerçekleştirilecektir. Bu sayede donatının projeye uygun olup olmadığının kontrolü sağlanmış olacaktır. Sonrasında yine donatı tespit cihazları kullanılarak pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde boyuna ve enine donatı yerleşimi ve sayısı belirlenmiş olacaktır. Şayet uygulamayla proje arasında uyumsuzluk varsa, donatı gerçekleşme katsayısı (betonarme elemanlardaki var olan donatının projede olması gereken donatıya oranı) kirişler ve kolonlar için ayrı ayrı tespit edilecektir. 1' den büyük olmaması gereken donatı gerçekleşme katsayısı elemanların sahip olduğu kapasitelerinin bulunmasında kullanılmaktadır. Donatı gerçekleşme katsayısı donatı tespiti gerçekleştirilmeyen tüm elemanlara uygulanmak koşuluyla muhtemel donatı miktarları belirlenmiş olacaktır.

Malzeme Ait Özellikler: Bütün katlardaki perdelerden ya da kolonlardan toplamda minimum üç taneden az olmamak kaydıyla ve yapıda toplam 9 taneden az olmamak üzere, her 200 m2 alandan bir tane beton örneği yani karot TS-10465'de ayrıntılı bir şekilde açıklanan şartlara uygun olarak alınacak ve alınan bu örnekle deney yapılacaktır. Mevcut beton dayanımı olarak, elemanların sahip oldukları kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen değerler olarak alınacaktır. Beton dayanımının yapıdaki dağılımı, beton örneği deney sonuçları, uyarlanmış beton çekici okumaları ya da buna benzer hasarsız inceleme araç ve gereçleri ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, çalışmanın önceki bölümlerinde açıklandığı üzere sıyrılan yüzeylerde gerçekleştirilen görsel inceleme sayesinde belirlenecek, her sınıftaki çeliğin (S220, S420, vb.) özelliğinde birer tane örnek almak suretiyle bu örneklerle deney gerçekleştirilecek, çeliğin kopma ve akma dayanımları ile şekil değiştirme özellikleri tespit edilerek projeye uygun olup olmadığı belirlenecektir. Alınan örneklerle gerçekleştirilen deneyler sonucunda şayet projeye uygun bir durum söz konusu ise, mevcut çelik dayanımı, eleman kapasite hesapları için kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı olarak alınacaktır. Sonuçlar projeye uygun değilse, minimum üç tane örnek daha alınıp tekrar

deney gerçekleştirilecektir. Bu deney sonucu sağlanan en elverişsiz değer mevcut çelik dayanımı olarak kabul edilecektir. Yapılan incelemelerin sonucunda donatısında korozyon tespit edilen elemanlar yapının planında işaretlenerek belirtilecek ve aynı zamanda söz konusu bu durum eleman kapasite hesaplarında göz önünde bulundurulacaktır.

3.5.12. Bilgi Düzeyi Katsayıları

İncelenmiş olan yapılardan elde edilen bilgilerin düzeylerine göre; eleman kapasitelerine uygulanması gereken Bilgi Düzeyi Katsayıları DBYBHY 2007 Tablo 7.1' de belirtilmektedir. Malzeme dayanımları, şayet özellikle belirtilmediyse ilgili tasarım yönetmeliklerinde belirtilen malzeme katsayılarıyla bölünmeyecektir. Eleman kapasitelerinin hesaplanmasında mevcut malzeme dayanımları baz alınacaktır.

3.5.13. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Depremlerin sebep olduğu hasarlar genellikle kolon, kiriş, kolon-kiriş birleşim bölgesi ve perde gibi taşıyıcı özelliğe sahip elemanlarda oluşmaktadır. Eleman hasarlarının tespitinde, ilk olarak hasarı üzerinde inceleme yapılan elemanın sünek veya gevrek davranışının hangisinden kaynaklandığının belirlenmesi gerekmektedir. Kesme kapasitesi aşılmış olan yani gevrek olarak hasar gören eleman, göçmüş kabul görmektedir. Sünek hasar gören eleman hasarları ise hesaplanan iç kuvvet (moment) ya da birim şekil değiştirme seviyelerine göre minimum, belirgin , ileri hasar ya da göçme şeklinde sınıflandırılır.

3.5.14. Kesit Hasar Sınırları

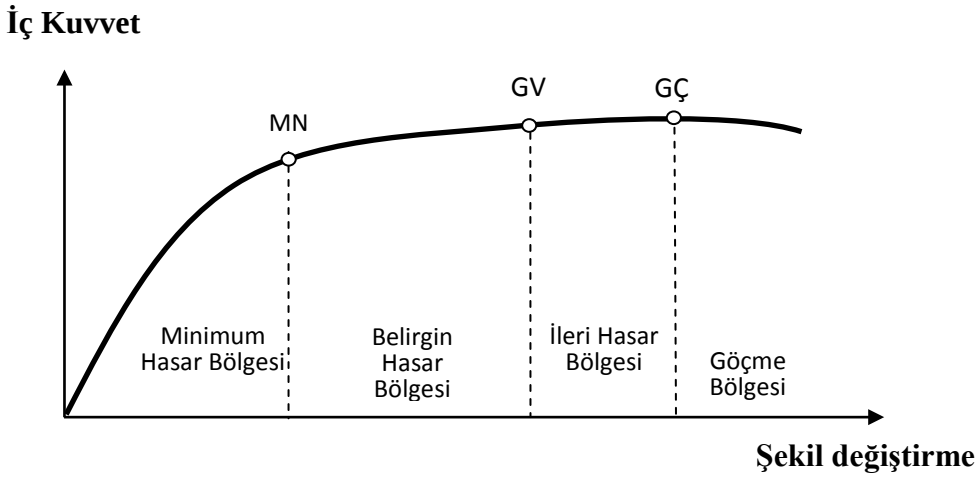
Kesit düzeyinde sünek elemanlar için üç tane durum belirlenmiştir. Bu sınır durumları,

- Minimum Hasar Sınırı (MN),
- Göçme Sınırı (GÇ),
- Güvenlik Sınırı (GV) dır.

İlgili kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcı minimum hasar sınırı olarak tanımlanmaktadır. Güvenlik sınırı ise ilgili kesitin dayanımını güvenli bir şekilde sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını tanımlarken, göçme sınırı da ilgili kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Ancak gevrek hasar gören elemanlarda bu sınıflandırma mümkün değildir.

3.5.15. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinde meydana gelen hasarlar MN sınırına erişmeyen elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV sınırları arasında kalanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ sınırları arasında kalanlar İleri Hasar Bölgesi'nde, GÇ sınır bölgesini geçen elemanlar ise Göçme Bölgesi' nde yer almaktadırlar (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Kesitlere ait hasar sınırları

3.5.16. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

Doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan yöntemler kullanılarak elde edilen şekil değiştirmelerin veya iç kuvvetlerin, kesit hasar sınır bölgelerine karşılık olarak belirtilen sayısal değerlerle kıyaslanması neticesinde, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde bulunduğuna karar verilecektir. Elemanın en fazla hasar görmüş kesitine göre eleman hasarı tespit edilecektir.

3.6. Deprem Hesaplarına Ait Genel İlke ve Kurallar

Deprem yönetmeliğinin deprem hesabına ilişkin genel ilke ve kurallarının bulunduğu bölüme göre, deprem hesabının gayesi, mevcut ya da sonradan güçlendirilmiş yapıların deprem performanslarını belirleyebilmektir. Bu maksatla, doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilmektedir. Fakat teoride değişik yaklaşımları temel alan bu yöntemlerin gerçekleştirilecek olan performans değerlendirmeleri sonuçlarının tamamen aynı olması beklenmemelidir. Aşağıda tanımlanan genel ilke ve kurallar hem doğrusal elastik hesap yöntemi hem de doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi için de geçerli olan kural ve ilkelerdir.

Depremin etkisinin tanımlanmasında, DBYBHY 2007 Bölüm 2.4' de verilen elastik ivme spektrumu kullanılacak, fakat değişik aşılma ihtimalleri için bu spektrum üzerinde performans düzeylerine göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabı yapılırken Bina Önem Katsayısı uygulanmayacaktır (I =1.0).

Yapıların deprem performansı hem yapıya etkiyen düşey yüklerin hem de deprem sebep olduğu etkilerinin birleşik etkileri göz önüne alınarak değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, deprem hesabı yapılırken ele alınan kütlelerle uyumluluk gösterecek biçimde tanımlanacaktır. Deprem kuvvetleri yapıya her iki yönde ve doğrultuda ayrı ayrı etki etmeleri sağlanacaktır. Deprem hesaplarında kullanılacak olan zemin parametreleri DBYBHY 2007 Bölüm 6’ da verilen tasarım ilkelerine uygun olacak şekilde belirlenecektir.

Yapının taşıyıcı sistem modeli, düşey yüklerin ortak etkileri ve deprem etkileri altında yapı elemanlarında meydana gelecek iç kuvvet, şekil ve yer değiştirmeleri hesaplamak üzere yeteri kadar doğru hazırlanacaktır. Deprem hesabı yapılırken dikkate alınacak ve kat ağırlıkları hesaplanacak, kat ağırlıkları ve kütleleri ile uyumlu bir şekilde belirlenecektir. Döşemelerin yatayda rijit diyafram çalıştığı yapılarda, bütün katlarda iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri dikkate alınacaktır. Bütün katların kütle merkezinde kat serbestlik dereceleri belirlenecektir. Ayrıca ek olarak dış merkezlik uygulanmayacaktır.

Mevcut yapıların taşıyıcı sistemlerinde oluşan belirsizlikler, yapıdan toplanan verilerin içeriğine göre bilgi düzeyinin katsayıları yardımıyla deprem hesap

yöntemlerine yansıtılacaktır. Taşıyıcı sistem modelinde kısa olan kolonlar, gerçek serbest boyları ile belirtilecektir. Bir ya da iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin şartlar şunlardır:

1) Analiz gerçekleştirilirken donatı çeliği ve betonun bilgi seviyesine uygun olarak belirlenen mevcut dayanımları baz alınacaktır.

2) Betonun en çok basınç birim şekil değiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin ise en fazla birim şekil değiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

3) Etkileşim diyagramları doğrusal hale getirilerek çok doğrulu ya da çok düzlemli diyagramlar şeklinde modellenebilir.

Betonarme sistemlerdeki eleman boyutları tanımlamalarında birleşim bölgeleri, sonsuz rijit uç bölgeleri olarak varsayılabilir. Eğilme etkisi altındaki elemanlarda çatlamış kesite ilişkin etkin eğilme rijitlikleri (EI)e kullanılacaktır. Bundan daha doğru ve kesin bir hesap yapılmadığı müddetçe etkin eğilme rijitlikleri için şu değerler kullanılacaktır:

1) Kiriş elemanlarında: $(EI)e = 0.40\ (EI)o$

2) Perde ve kolonlarda, $ND / (Ac\ fcm) \leq 0.10$ olduğu hallerde: $(EI)e = 0.40\ (EI)o$

$ND / (Ac\ fcm) \geq 0.40$ olduğu hallerde:. $(EI)e = 0.80\ (EI)o$

Perde ve kolonların etkin eğilme rijiti olan eksenel basınç kuvveti ND' nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon gerçekleştirilebilir. ND, deprem hesabı yapılırken baz alınan toplam kütlelerle uyum halinde olan yüklerin dikkate alındığı ve çatlamamış kesitlere ilişkin (EI)o eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile tanımlanacaktır. Deprem hesabı için gerekli olan başlangıç durumunu meydana getiren düşey yük hesabı ise, yukarıda açıklandığı üzere ulaşılan etkin eğilme rijitliği (EI)e kullanılarak, esas alınan kütleler ile uyumlu olan yüklere göre deprem hesabı yeniden yapılacaktır. Deprem hesabı yapılırken de yine aynı rijitlikler kullanılacaktır.

Tablalı kirişlerin negatif ve pozitif plastik momentlerinin hesabı yapılırken tabla betonu ve tabla betonunun içerisindeki donatı hesaba eklenebilir. Betonarme

elemanlarda bindirme boyunun yeterli olmaması ya da kenetlenme durumunda, kesit kapasite momentinin hesabı yapılırken donatının akma gerilmesi bindirme boyunda ya da kenetlenmede ki eksiklik kadar bu oranda azaltılabilir. Şayet z zeminde meydana gelen şekil değiştirmeleri yapı davranışını etkilemekteyse bu durumda zeminin sahip olduğu özellikler analiz modeline yansıtılacaktır. Modelleme ile ilgili olarak DBYBHY Bölüm 2'de verilen diğer esaslar geçerlidir.

3.7. Betonarme Yapı Elemanlarında Hasar Düzey Tespiti

Lineer yöntemlerle betonarme sünek elemanlardaki hasar seviyelerinin tespit edilmesinde kolon, perde ve kiriş elemanlarının ayrıca güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları (r) olarak tanımlanan sayısal değerler kullanılacaktır. Kırılma türü eğilme olan betonarme elemanlar "sünek", kırılma türü kesme olan betonarme elemanlar ise "gevrek" şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kiriş, perde ve kolonların sünek eleman sayılabilmesi için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu bir şekilde hesaplanan kesme kuvveti Ve' nin, DBYBHY 2007 Bölüm 7.2' de belirlenen bilgi düzeyleriyle örtüşen mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS-500 Yönetmeliğine uygun olarak hesaplanan kesme kapasitesi Vr' yi aşmaması zorunludur. Ve' nin hesabı; kirişler için DBYBHY 3.4.5' e, perdeler için DBYBHY 3.6.6' ya ve kolonlar için DBYBHY 3.3.7' ye göre gerçekleştirilecek, fakat Denklem (3.16)'da βv=1 alınacaktır.

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \qquad (3.34)$$

Kiriş, perde ve kolonlarda Ve' nin hesabı yapılırken pekleşmeli taşıma gücü momentleri kullanılmayacaktır. Bu momentlerin yerine taşıma gücü momentleri kullanılacaktır. Düşey yükler ile birlikte Ra=1 alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin Ve' den küçük olması halinde Ve yerine bu kesme kuvveti kullanılacaktır. Perdelerin sünek sayılması için ayrıca Hw / lw>2.0 şartını yerine getirmesi gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen sünek eleman şartlarını yerine getiremeyen betonarme elemanlar, gevrek hasar gören elemanlar şeklinde adlandırılacaktır. Sünek kolon, perde ve kiriş kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında Ra = 1 alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment

kapasitesine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Etki/kapasite oranı hesabı yapılırken, dikkate alınacak olan uygulanan deprem kuvvetinin yönüdür. Düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisi ile kesitin eğilme momenti kapasitesi arasındaki fark kesit artık moment kapasitesidir. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre maksimum %15 oranında azaltılabilir. Perde ve kolon kesitlerinin etki/kapasite oranları, DBYBHY Bilgilendirme Eki 7A'da belirtildiği şekilde hesaplanabilmektedir. Sarılma bölgesindeki enine donatı şartları açısından DBYBHY 3.3.4' ü karşılayan betonarme kolonlar, DBYBHY 3.4.4' ü karşılayan betonarme kirişler ve uç bölgelerinde DBYBHY 3.6.5.2' yi karşılayan betonarme perdeler "sargılanmış", bunu sağlamayanlar ise "sargılanmamış" eleman olarak sayılmaktadır. "Sargılanmış" olarak sayılan elemanlarda sargı donatılarının DBYBHY 3.2.8'e göre "özel deprem çirozları ve etriyeleri" şeklinde düzenlenmiş olması ve donatı aralıklarının çalışmanın daha önceki kısmında açıklanan maddelerde belirlenen koşullara uyması şarttır.

Deprem etkisi altında hesaplanmış olan kesme kuvvetinin, kesme dayanımına oranı güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranıdır. Köşegen çubuklar ile modellenen güçlendirilmiş dolgu duvarlarında meydana gelen kesme kuvvetleri, çubuğun eksenel kuvvetinin yatay bileşeni olarak dikkate alınacaktır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının kesme kuvveti dayanımının hesaplanma biçimi DBYBHY Bilgilendirme Eki 7F'de belirtilmiştir. Hesaplanan perde, kolon ve kiriş kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları (r), DBYBHY Tablo 7.2. ve 7.3.‘ te verilen sınır değerler (rs) ile kıyaslanarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilmektedir. DBYBHY Tablo 7.2. ‘de verilen Göreli kat ötelemesi oranı, yine o katta hesaplanan en büyük göreli kat ötelemesinin, kat yüksekliğine bölünmesi sonucu hesaplanmaktadır.

3.7.1. Göreli Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Betonarme kiriş-kolon birleşimi kısımlarında bütün sınır durumları için geçerli birleşime etkisi olan ve DBYBHY Denklem (3.11)' den hesaplanacak kesme kuvvetlerinin DBYBHY 3.5.2.2' de belirtilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekmektedir. Fakat DBYBHY Denklem (3.11)' de V_{kol} yerine DBYBHY 3.3.7' ye

göre pekleşmeyi dikkate almaksızın hesaplanan V_e kullanılacak, DBYBHY Denk.(3.12) ya da DBYBHY Denk.(3.13)' deki dayanım hesabında ise f_{cd} yerine 3.5.7' de belirlenen bilgi seviyesine göre tanımlanan mevcut beton dayanımı kullanılacaktır. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması halinde, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak belirlenecektir.

3.8. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

Deprem etkisi altında binaların performansı 4 farklı hasar durumuna göre tanımlanmıştır.

3.8.1. Betonarme Binaların Deprem Performansı

Yapıların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında yapıda oluşması muhtemel hasarların durumuyla ilişkilidir ve bu beklenen hasarlar dört farklı hasar durumu esas alınarak belirlenmiştir. (DBYBHY 2007, 7.5 ve 7.6) ’da tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerinin tespitiyle yapı deprem performans düzeyi bulunur. Betonarme ve prefabrike betonarme yapılar için geçerli olan yapıların deprem performansının belirlenebilmesi için uygulanacak kurallar çalışmanın bir sonraki kısmında açıklanacaktır.

3.8.2. Hemen Kullanım Performans Düzeyi

Uygulanan her deprem doğrultusu için gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda katın önemi olmaksızın yani herhangi bir katta, kirişlerin en fazla %10’u Belirgin Hasar Bölgesi’ne geçebilmektedir. Diğer taşıyıcı elemanlarının tamamı Minimum Hasar Bölgesi’nde bulunmaktadır. Şayet gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa bu elemanların güçlendirilmeleri şartıyla bu durumda ki yapıların Hemen Kullanım Performans Düzeyi’ nde olduğu kabul edilmektedir.

3.8.3. Can Güvenliği Performans Düzeyi

Şayet mevcut ise gevrek olarak hasar görmüş olan elemanların güçlendirilmeleri şartıyla aşağıdaki şartları yerine getirebilen yapıların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilmektedir:

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

(b) Her bir katta kolonlarla taşınan kesme kuvvetine İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların toplam katkısı en fazla %20 olmalıdır. En üst katta bulunan İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetlerinin toplamının, yine en üst kattaki bütün kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı maksimum %40 olabilir.

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tamamı Minimum Hasar Bölgesi ya da Belirgin Hasar Bölgesi'nde bulunmaktadır. Fakat herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin her ikisinde de Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki bütün kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekmektedir. Ancak bu hesaba doğrusal elastik yöntemle, alt ve üst düğüm noktalarının her ikisinde de DBYBHY(2007) Denklem (3.3)'ün sağlandığı kolonlar dâhil edilmezler.

3.8.4. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Gevrek hasar gören bütün elemanların, Göçme Bölgesi'nde olduğunun dikkate alınması şartıyla, aşağıdaki şartları yerine getirebilen yapıların Göçme Öncesi Performans Düzeyi' nde olduğu kabul edilmektedir:

(a) Kat fark etmeksizin herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusuna karşılık yapılan hesabın neticesinde, ikincil başka bir deyişle yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan kirişler hariç, kirişlerin maksimum %20'si Göçme Bölgesi'ne geçebilir.

(b) Diğer taşıyıcıların tamamı Belirgin Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ya da Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Fakat, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin her ikisinde Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar aracılığıyla taşınan kesme kuvvetlerinin, aynı kattaki bütün kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekmektedir. Ancak bu hesaba doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının her ikisinin de DBYBHY(2007) Denklem (3.3)' ün sağlandığı kolonlar dâhil edilmezler.

(c) Yapının güçlendirilmeden kullanılması güvenlik açısından sakıncalıdır.

3.8.5. Göçme Durumu

Yapı Göçme Öncesi durumunu sağlayamıyorsa Göçme Durumu'ndadır. Yapının kullanılması can güvenliği açısından sakıncalı ve tehlikelidir.

3.9. Binalar İçin Hedeflenen Performans Düzeyleri

Yeni inşa edilecek yapılar için Deprem Yönetmeliği Bölüm 3.3.4' de belirlenen ivme spektrumu, 50 yıl boyunca aşılma olasılığı %10 olan depremleri baz almaktadır. Bu deprem seviyesine ilave olarak, zaten var olan yapıların analizlerinde ve güçlendirme tasarımlarının belirlenmesinde kullanılmak üzere ilave olarak a ve b seçeneklerinde belirtilen iki ayrı deprem düzeyi tanımlanmıştır:

(a) 50 yıl içerisindeki aşılma olasılığı % 50 olan depremlerin ivme spektrumunun ordinatları, Bölüm 3.3.3.4.' de belirlenen spektrumun ordinatlarının yaklaşık olarak yarısı şeklinde alınacaktır.

(b) 50 yıl içerisindeki aşılma olasılığı %2 olan depremin ivme spektrumunun ordinatları ise Bölüm 3.3.3.4.' de belirlenen spektrumun ordinatlarının yaklaşık olarak 1.5 katı kabul edilmiştir.

Mevcut ya da güçlendirilmesi düşünülen yapıların performanslarının değerlendirilip, belirlenmesinde temel oluşturacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde yapılar için tahmin edilen en az performans hedefleri Deprem Yönetmeliği Tablo 7.7' de belirtilmiştir.

3.10. Binaların Güçlendirilmesi

Yapıları güçlendirmek, depremde hasar ve yıkımlara sebep olabilecek hataları gidermek ve depreme karşı güvenliği arttırmak amacıyla birtakım uygulamalar deprem yönetmeliğinde belirtilen hususlar doğrultusunda uygulanmaktadır. Bu uygulamalar, yeni elemanın yapıya eklenmesi, yapılarda kütlelerin azaltılması, var olan elemanların deprem mukavemetinin geliştirilmesi ve kuvvet aktarımı sırasında sürekliliğinin sağlanması şeklindeki uygulamaları içermektedir.

3.10.1. Güçlendirilmiş Binaların Depreme Karşı Güvenliğinin Tespit Edilmesi

Güçlendirilmiş yapıların ve bu yapının elemanlarının deprem güvenlik hesaplarında, bu kısımda güçlendirilecek yapılar için kullanılan değerlendirme kuralları ve hesap yöntemleri aktarılmaya çalışılacaktır.

3.10.2. Binaya Eklenecek Eleman Tasarımı

Binanın güçlendirilmesi maksadıyla yapılara eklenecek elemanların tasarımında, burada belirtilen özel şartlarla birlikte Deprem Yönetmeliği Bölüm 3 ve Bölüm 4' e, ayrıca yürürlükte olan diğer yönetmelik ve standartlara uyulacaktır.

3.10.3. Güçlendirme Türleri

Güçlendirmeye ait uygulamalar, bütün taşıyıcı sistem türleri için yapı sistemi ve eleman seviyesinde olmak üzere iki farklı içerikte değerlendirilmeye alınacaktır.

a) Yapının perde, kolon ve kiriş birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarda şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin arttırılması için yapılan uygulamalar, eleman güçlendirmesi şeklinde tanımlanır.

b) Yapının taşıyıcı sisteminin şekil değiştirme ve dayanım kapasitesini arttırmak, iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliği sağlamak, birleşim bölgelerini güçlendirmek, yapıya yeni elemanlar ilave etmek ve depremin etkilerini azaltmak maksadıyla yapının kütlesini azaltmak gibi uygulamalar sistem güçlendirmesi diye tanımlanır.

3.11. Betonarme Binaların Güçlendirme Yöntemleri

Çalışmanın bu bölümünde betonarme binaların sistem ve eleman güçlendirmelerine ait, yoğun olarak kullanılan uygulama tekniklerinden bahsedilmektedir. Fakat bu çalışmada işlenmeyen güçlendirme türleri, bu bölümdeki genel ilke ve yaklaşımlara uymak şartıyla uygulanabilir.

3.11.1. Kolon Sargı Uygulamaları

Kolonların sünekliğini arttırmak amacıyla basınç ve kesme dayanımının arttırılması, bindirmeli eklentilerin zayıflıklarının giderilmesi için; betonarme sargı, çelik sargı, lifli polimer sargı gibi yöntemler kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerle kolonların eğilme kapasitesi arttırma şansı yoktur.

3.11.1.1.Kolonların Betonarme ile Sargılanması

Betonarme sargı, mevcut kolonun yüzeyleri örselenerek ya da pas payı sıyrılarak uygulanan bir yöntemdir. Betonarme sargının çeşitli şartları sağlayabilmesi için yeterli ve gereken kalınlıkta olması gerekmektedir. Bu şartlar, hem yatay, hem de düşey donatının yerleştirilmesi, asgari pas payının sağlanabilmesi ve beton dökülmesidir. Minimum sargı kalınlığı 100 mm'dir. Alt kat döşemesinin üzerinden başlayan betonarme sargı, üst kat döşemesinin altında sona ermektedir. Eksenel basınç dayanımını arttırmak maksadıyla yapılan betonarme sargıda, sargı betonunun içinde kalan enine donatı için (etriye), kolonun bütün yüksekliği boyunca DBYBHY 3.3.4.2' de belirtilen şartlara ve kurallara uyulacaktır. Sargılanmış kolona ait kesme ve basınç dayanım hesaplarında, sargılanmış brüt kesit ebatları ile manto betonuna ait tasarım dayanımı kullanılacak, fakat bu yolla edinilen dayanımlar 0.9 ile çarpılmak suretiyle azaltılacaktır.



Şekil 3.16. Kolon Mantolama

3.11.1.2. Kolonların Çelik İle Sargılanması

Çelik sargının oluşturulması dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört tane boyuna köşebent yerleştirilerek ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynak yapılmasıyla gerçekleşmektedir. Betonarme yüzeyler ile köşebentler arasında hiç boşluk bulunmamalıdır ve yatay plakalar dört yüzeyde de sürekli olmalıdır. Kolondaki eksenel yük kapasitesini arttırmak için çelik sargının korniyerlerinin döşemeler arasında sürekli olması, boşluklarının alınması ve döşemelere başlık plakaları vasıtasıyla basınç aktarımının gerçekleştiği hesap ile gösterilmelidir. Eğer gerekli ise köşebentlere ön yükleme yapılmak suretiyle mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir. Sargılama vasıtasıyla elde edilecek ilave kesme dayanımı Denklem (3.35) yardımıyla hesaplanacaktır.

$$Vj = (t_j\ b\ d) / s\ f_{yw} \qquad (3.35)$$

Denklem (3.35)' de t_j , *b*, ve s yatay plakaların genişliği, aralığı ve kalınlığı, d ise kesitin faydalı olan yüksekliğini ifade etmektedir. Sargılamayla bindirmeli eklerin dayanımlarının arttırılması için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan minimum %50 uzun olması ve çelik sargılamanın donatı bindirme kısmında kolonun iki yüzünde minimum Ø 16 mm iki sıra bulonlu ankrajla sıkıştırılıp sağlamlaştırılması gerekmektedir. Şayet bindirme eki kolonun alt ucunda yapılmış ise minimum iki sıra bulonlu ankraj alt döşemenin sırasıyla 25 ve 50 cm üzerinde yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.17. Kolonların çelik ile sarılması

3.11.1.3. Kolonların Lifli Polimer (LP) İle Sargılanması

Lifli polimer tabakasının kolonun etrafına sarılıp yapıştırılması ile sargılama gerçekleştirilir. Polimer lifler etriyelere paralel olmalıdır. LP sargısı sayesinde betonarme yapıda ki kolonların süneklik kapasitesi, boyuna donatı bindirme boyutuyla kesme ve basınç dayanımlarının yeterli olmadığı durumlarda donatı kenetlenme dayanımı arttırılmış olur. Sargılama yapılırken amaç yapının güçlendirilmesi ise mutlaka tam sargı yöntemi kullanılmalı yani tüm kesitin çevresi sarılmalıdır ve sargının

sonunda minimum 20 cm bindirme uygulanmalıdır. Dikdörtgen olan kolonlarda LP sargısı uygulanırken kolon köşelerinin minimum 30 mm yarıçapında yuvarlatılması gerekmektedir. Üretiminin yapıldığı firma tarafında belirtildiği ve önerildiği şekilde LP uygulaması gerçekleştirilmelidir. LP ile sargılanmış kolonlardan elde edilen kesme, eksenel basınç ve kenetlenme dayanımlarının artışı ile süneklik artış hesapları Deprem Yönetmeliği'nin Bilgilendirme Eki 7E bölümünde bulunmaktadır.



Şekil 3.18. Kolonların lifli polimer ile sarılması

3.11.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

Kolon kesitlerinin büyütülmesi kolonların eğilme kapasitesini arttırabilmektedir. Kolon kesitlerinin büyütülmesi işlemi sayesinde ayrıca kolonun basınç ve kesme kuvveti kapasitelerini de arttırmaktadır. Büyütülen kolona eklenen boyuna donatıların katlar arasında devamlılığı olacaktır. Bu eklenen boyuna donatılar kat döşemelerinde açılacak deliklerden geçirilecektir. Kiriş-kolon birleşimlerinde kirişler delinerek gereken etriyeler yerleştirilecektir. Veya etriyeler ankraj yapılmak suretiyle kirişlere bağlanacaktır. DBYBHY Bölüm 3.3.4' e göre kolonun büyütülen kesiti etriyeyle sarılacaktır. Kesiti büyütülen kolonların pas payları, yeni eklenen donatıları örtecek kalınlıkta olacaktır. Yeni dökülen betonun eski betona aderansının sağlanabilmesi adına mevcut kolon yüzeyinin sıvası sıyrılmalı ve beton yüzeyi pürüzlendirilmelidir. Kesiti

büyütülmüş kolonun kesme, basınç dayanımı, eğilme ve eğilme rijitliğinin hesabı yapılırken brüt kesit boyutları ve eklenen kesitin beton tasarım özellikleri baz alınacaktır. Fakat ulaşılan dayanım ve rijitlikler 0.9 ile çarpılmak suretiyle azaltılacaktır.



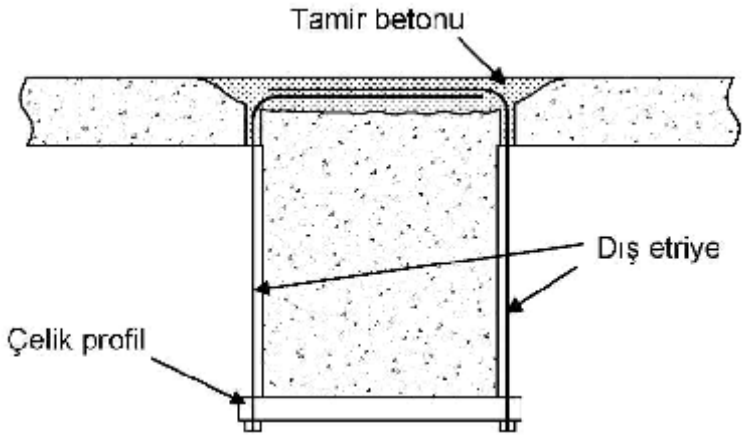
Şekil 3.19. Kolonların kesitlerinin büyütülmesi

3.11.3. Kiriş Sargılama Uygulamaları

Betonarme yapılarda kirişlerin sarılmasının maksadı, kirişlerin kesme dayanımlarının ve süneklik kapasite değerinin arttırılmasıdır. Çalışmanın devamında verilen yöntemlerle kirişlerin eğilme kapasitelerinin arttırılması mümkün değildir.

3.11.3.1. Kirişlere Etriye Ekleme

Dıştan etriye ekleme uygulaması Şekil 3.20 ve 3.21 ‘de ayrıntılı olarak gösterilmeye çalışılmıştır. Kesme dayanımı yeterli olmayan kiriş mesnet bölgelerinde yeterli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de gösterildiği gibi dıştan eklenmesi gerekmektedir. Kirişlerin alt kısmına yerleştirilen profile bulonla bağlanan donatılar, üzerinde bulunan katın döşemesinde açılacak olan deliklerden geçirilerek bağlantısı yapılır. Açılmış olan bu delikler,donatıların etrafı mutlaka katkılı betonla doldurulmalıdır. Bu uygulama, farklı ayrıntılar kullanılarak ancak aynı esasları taşımak kaydıyla uygulanabilir. Dıştan eklenen etriyeyle kesme dayanımı arttırılan kirişlerin hesabı TS–500' e göre yapılacaktır. Kirişlere dıştan ilave edilen etriyelerin sargılamaya herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca kesitlerin sünekliğinde de değişiklik meydana getirmemektedir. Bu işlemler esnasında bulonlar ve profil dış etkenlerden korunulmalıdır.



Şekil 3.20. Dıştan etriye ekleme (DBYBHY 2007, 7.10.3.1)



Şekil 3.21. Dıştan etriye ekleme

3.11.3.2. Kirişlerin Lifli Polimer (LP) İle Sargılanması

Kiriş dayanımının ve sünekliğinin arttırılması için kullanılacak olan yöntem tam sargı yöntemidir. Polimer ile sarılarak güçlendirilmiş kirişin kesme dayanım hesabı, Deprem Yönetmeliği Bilgilendirme Eki 7E' de verilen bilgiler ile yapılabilir. Süreksiz polimer kullanıldığı zaman polimer şerit aralık mesafesi (wf + d/4) ile bulunan değeri geçmemelidir. Kirişlere yapılan uygulamalarda kiriş köşeleri minimum 3 cm yarıçapında yuvarlatıldıktan sonra polimer ile sarılacaktır. Polimer sargı yapılırken minimum 20 cm bindirme uygulanmalıdır.



Şekil 3.22. Kirişlerin lifli polimer ile sarılması

3.11.3.3. Kirişlerin Çelik İle Sarılması

Kirişlerin çelik ile sarılmasındaki maksat kesme dayanımı yeterli olmayan kirişlerin güçlendirilmesi ve kirişlerdeki sünekliğin artırılmasıdır. Farklı şekillerde uygulanabilen bu yöntem hızlı uygulanabilmesinden ötürü hasar görmüş kirişlerde de uygulanabilen bir yöntemdir. Uygulama şekillerinden biri Şekil 3.23' te gösterildiği gibi kiriş alt köşelerine köşebent şeklinde destek olarak yerleştirilen L profillerin kaynaklanarak monte edilmesiyle yapılır.



Şekil 3.23. Kirişlerin çelik ile sarılması

3.11.4. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

Bodrum katı haricinde maksimum üç kattan oluşan yapılarda uygulanmak üzere, temel üzerinden son kata kadar sürekliliği olan betonarme taşıyıcı sistem içindeki dolgu duvarların kesme dayanım ve rijitliği, yürürlülükteki Deprem Yönetmeliğinin Bilgilendirme Eki 7F' de belirtilen yöntemlerle güçlendirilmesi yapılabilir.



Şekil 3.24. Dolgu duvarların güçlendirilmesi

3.11.5. Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İle Güçlendirilmesi

Yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirme uygulaması yanal rijitliği ve dayanımı yeterli olmayan betonarme taşıyıcı sistemlerde uygulanabilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzleminin içinde veya bitişik nizam olarak teşkil edilebilir.

a) Çerçeve Düzlem İçine Betonarme Perde İlavesi

Betonarme sisteme ilave edilecek perdeler çerçeve aksın içerisinde tasarlanacak ve temelden başlayıp perde üst kotuna kadar devamlı olacaktır. Bu maksatla, perde uç kısmında bulunan boyuna donatılar ve gerekli olması durumunda perdenin gövdesindeki boyuna donatılar perdenin yüksekliği boyunca sürekli olacaktır. Perdelerin birlikte çalışmaları içinde bulundukları çerçeveye ankraj çubuklarıyla bağlanmasıyla beraber çalışmaları sağlanacaktır. Ankraj donatıları bulunan çerçeve elemanları ile ilave edilen perde elemanları arasında bulunan ara yüzlerde deprem kuvvetleri etkisi altında meydana gelen kayma gerilmelerini karşılamak amacıyla yeterli mukavemete sahip olacaklardır. Ara yüzlerde meydana gelen kayma gerilmelerinin, çerçeve elemanları boyunca dağılımı bilinen mekanik prensiplerine uygun olacak şekilde hesaplanacaktır. Ankraj donatıların tasarlanmasında TS-500' de bulunan sürtünme kesmesi formülleri kullanılacaktır. En küçük ankraj donatı çapı 16 mm, en geniş donatı aralığı 40 cm ve

minimum ankraj derinliği donatı çapının on katı olmalıdır. Şayet perde ucunda mevcut kolon yoksa bu durumda Deprem Yönetmeliği Bölüm 3.6.5' te belirtilen esaslara göre perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Eğer perde ucunda mevcut kolon bulunuyorsa bu mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gereken durumlarda mevcut kolon Bölüm 7.10.2' ye göre büyütülecektir ya da mevcut kolona bitişik perde içerinde, uç bölgede sıklaştırma yapılarak gizli kolon oluşturulacaktır. Düşey donatıların sürekliliği her iki durumda sağlanmalıdır. Perdenin altına Deprem Yönetmeliği Bölüm 6.3.1' de verilen bilgilere göre temel tasarlanacaktır. Perde temelleri boyutlandırılırken perde tabanında oluşan gerilmelerin zemine güvenle aktarılabilmesi sağlanacaktır. Perdenin temelinde meydana gelebilecek dış merkezliği azaltmak adına perde temeli genişletilerek komşu kolonları kapsayacaktır. Bu sayede mevcut kolonların eksenel basınç kuvvetlerinden faydalanılacaktır. Mevcut temel sistemi ile yeni perde temelinin beraber çalışabilmesi için gereken tüm önlemler alınacaktır.



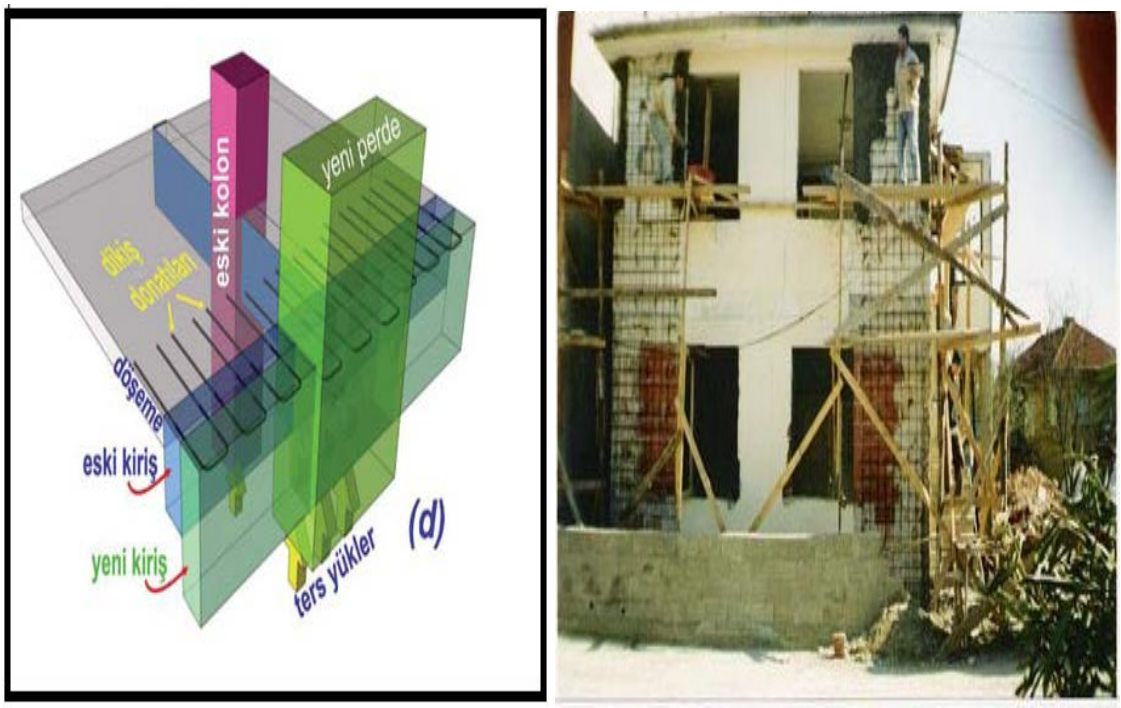
Şekil 3.25. Betonarme perde eklenmesi

b) Çerçeve Düzleme Bitişik Betonarme Perde İlavesi:

Betonarme sisteme ilave edilecek perdeler yapının dış akslarının dışında, yapıya bitişik nizam ve temelden itibaren perde üst kotuna kadar devamlı olacaktır. Ankraj donatıları ile perdeler bitişik oldukları çerçeveye bağlanacak ve beraber çalışmaları bu şekilde sağlanmış olacaktır. Ankraj donatıları, sisteme eklenmiş olan dış merkezli perde

elemanı ve mevcut çerçeve elemanları arasındaki ara yüzlerde deprem kuvvetleri altında meydana gelen kayma gerilmelerini karşılamak maksadıyla yeterli olan dayanıma sahip olacaklardır. Ankraj çubuklarının tasarımının yapılmasında DBYBHY 7.10.5.1.' de belirtilen esaslara uyulması gerekmektedir.

Şayet perde uç kısımlarında kolon yoksa DBYBHY 3.6.5' e istinaden perde uç bölgesi oluşturulacaktır. Yine bu durumda mevcut kolondan uç bölgesi şeklinde faydalanılabilir. Gerekli olan hallerde mevcut kolon DBYBHY 7.10.2 esaslarına göre büyütülerek perde uç bölgesi meydana getirilecektir. Perdenin altına DBYBHY 6.3.1'de verilen esaslar gereğince temel yapılacaktır.



Şekil 3.26. Bitişik perde eklenmesi

3.11.6. Betonarme Yapıya Yeni Çerçeveler İlave Edilmesi

Betonarme yapının dışına yeni çerçeveler ilave edilerek yatay kuvvet paylaşımı sağlanabilir. Yapıya ilave edilecek çerçevelerin temeli mevcut yapının temeliyle birlikte düzenlenecektir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemiyle beraber çalışması için bu çerçeveler mevcut yapının döşemelerine gerekli yük aktarımını sağlayabilecek biçimde bağlanacaktır.

3.11.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması

Betonarme sisteminin kütle azaltılması bir bina güçlendirme yöntemi değildir. Fakat binaya etkide bulunan deprem kuvvetlerinin ve düşey yüklerin kütlenin azaltılması ile doğru orantılı bir şekilde azalması bina güvenliğinin artmasını sağlayacaktır. Betonarme sistemde azaltılacak ya da kaldırılacak kütle ne kadar binanın üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini artmasını sağlamada da o kadar fazla etkisi olacaktır. Yapının üst katının ya da katlarının iptal edilip kaldırılması en etkili kütle azaltılma türlerinden biridir. Bunlardan bir diğeri ise, mevcut çatı yerine daha hafif bir çatının yerleştirilmesidir. Diğer kütle azaltılması türleri de, çatıda bulunan su deposu gibi tesisat ağırlıklarının yukarıdan aşağıya yani zemine taşınması, binaya ağırlık yapabilecek parapetlerin, ağır balkonların, parapetlerin, cephe kaplama malzemelerinin ve bilme duvarlarının çok daha hafif elemanlar kullanılarak değiştirilmesidir.

Binanın ve deprem ivmesinin bütün özelliklerinin dikkate alınması ile binanın rijitliğini azaltmak, sönümünü ve periyodunu artırarak binaya çok daha küçük deprem kuvvetlerinin ulaşmasını sağlamak ve binanın küçük ya da orta şiddete sahip depremlerdeki hasarının önlenmesini ve ayrıca şiddetli depremlerdeki oluşacak hasarın minimuma inmesini sağlamaktadır.

3.11.8. Temellerin Güçlendirilmesi

Temeller yapının zemin ile bağlantısını sağlayan, yapıdan gelen yükleri zemine aktaran ve zeminden gelen deprem yüklerini yapıya aktaran taşıyıcı elemanlardır. Temellerin güçlendirme sebepleri; zeminde oluşan çökmeler, yapının depreme maruz kalması, kat ilavesi, gelen ölü yükün artması, uygulamada yapılan hatalar, değişen yönetmelikler ve yapıda ilave edilen yeni güçlendirme elemanlarının temelinin inşaa edilmesi olabilir.

Yeni eklenecek temellerde dikkat edilecek en önemli husus dış merkezlik oluşturulmamasıdır. Farklı temel türlerinin bir arada kullanılması da bir başka sakıncalı durumdur. Yeni temel için çalışmalar yapılırken mevcut temele zarar verilmemelidir. Temelin oturduğu zemin de iyileştirilerek dayanım artırımı sağlanabilir.

Mevcut temel ile yeni eklenecek temelin beraber çalışması için eklenecek donatıların mevcut donatılarla bağlantısının tam ve sağlam yapılması gerekmektedir (Şekil 3.27). Yeni eklenecek beton tabakasının birbirine bağlanmasını sağlamak için kimyasallar kullanılabileceği gibi dişler oluşturularak ta bağlantının sağlamlığı artırılabilinir.



Şekil 3.27. Temellerin güçlendirilmesi

3.11.9. Döşemelerin Güçlendirilmesi

Döşemelerde güçlendirme işlemleri yeni eklenen perdelerden dolayı birleşim bölgelerindeki mukavemetin artırılması amacıyla, döşemenin mevcut mukavemetinin düşük olmasından dolayı ya da döşemelerin sehim yapmasından dolayı yapılır. Döşeme güçlendirme yöntemleri olarak; kalınlığının artırılması, Lifli polimerlerle güçlendirilmesi, çelik levhalarla desteklenmesi (Şekil 3.28) ve döşemenin kırılarak yeniden yapılması yöntemleridir.(Şekil 3.29)



Şekil 3.28. Döşemelerin çelik levhalarla güçlendirilmesi



Şekil 3.29. Döşemelerin yeniden yapılarak güçlendirilmesi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında Akbank Lojman Binasına ait deprem performans analizleri yapılacak ve bu analiz sonuçlarına göre güçlendirme çözüm önerileri sunulacaktır.

4.1. Sekiz Katlı Betonarme Binanın Mevcut Durumu

Diyarbakır İli Yenişehir İlçesinde bulunan Akbank Lojman Binası; Bodrum + Zemin + 6.Normal Kat olmak üzere toplam 8 kattan oluşan dilatasyonsuz betonarme yapı olarak 1977 yılında inşaa edilmiştir.



Şekil 4.1. Akbank Lojman Binası konumu

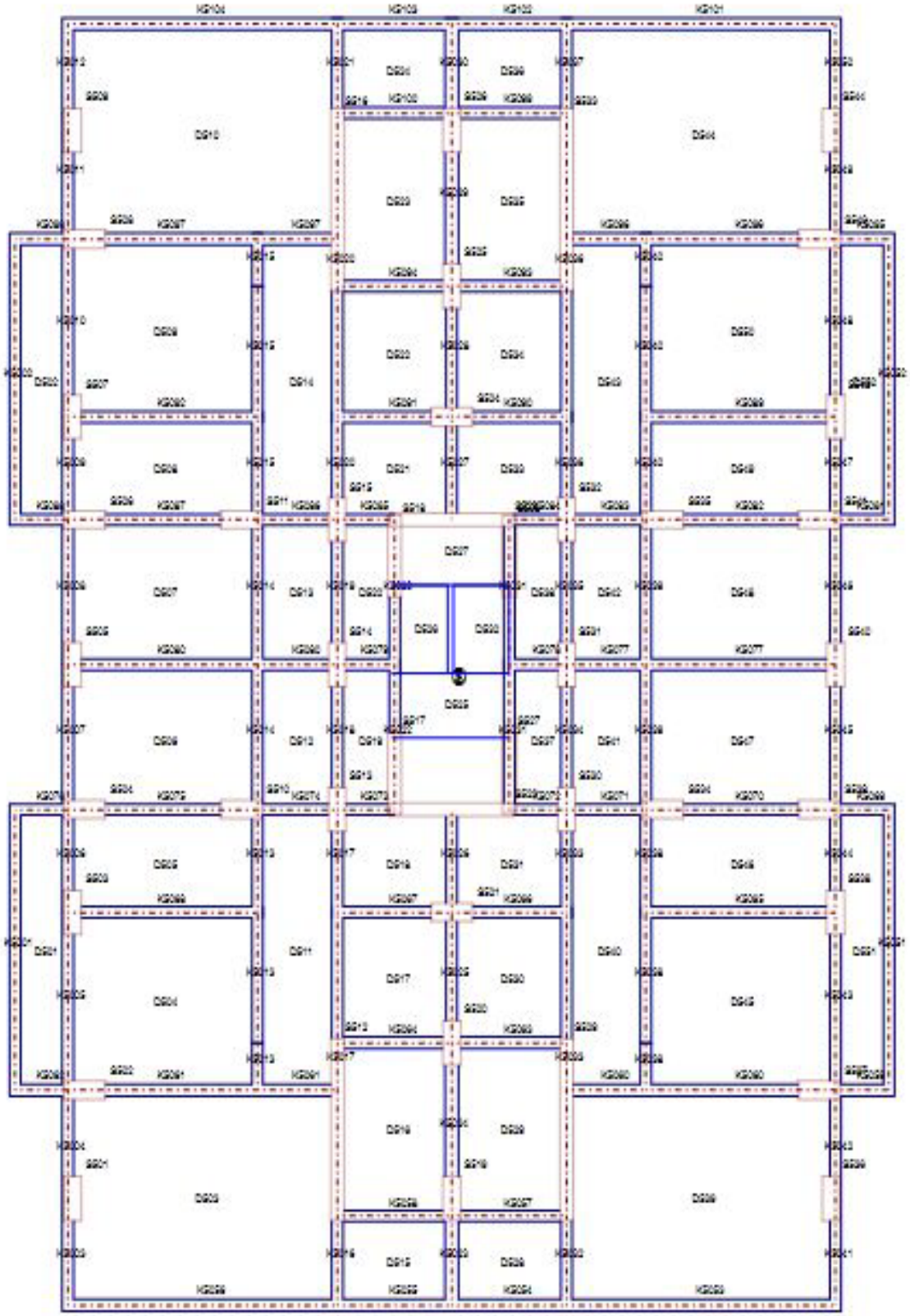
İncelenen yapı kritik katın (zemin kat) x doğrultusunda (eni) 27,40 metre, y doğrultusunda (boyu) 17,40 metre olmak üzere oturum alanı 476,76 m^2, inşaat alanı 3814,08 m^2 dir. Apartman tipi bir yapı olduğu ve kullanıma özgü özel bir amacı olmaması sebebiyle DBYBHY 2007 'ye göre diğer binalar sınıfına girmekte ve F=1 (50

yılda gelme ihtimali %10 olan deprem) için Can Güvenliği performans düzeyini sağlaması beklenmektedir.

Lojman binasının görünüşü Şekil 4.2' de verilmiştir. Mevcut bina üzerinde farklı güçlendirme önerileri uygulanmış ve bu önerilerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve kıyaslanmıştır. Binanın kalıp aplikasyon planı 4.3' deki gibidir.



Şekil 4.2. Lojman binası görünüşü



Şekil 4.3. Ara kat kalıp planı

Binanın tüm katlarındaki kat yüksekliği aynı olup, 3.00 m ve döşeme kalınlıkları 15 cm olarak belirlenmiştir. Binanın bodrum katında, 20 cm kalınlığında betonarme perde duvarlar bulunmaktadır. Kolon ve perde ebatları 40/95, 30/175, 30/280 30/390, Kiriş ebatları 25/60 ve 30/60 ve temel sistemi sürekli olup yüksekliği 1.00 m olarak belirlenmiştir. Yapının Şubat 2015' te rölöve, numune alımı, donatı tespiti ve temel muayenesi yapılmış olup, mevcut yapı 2007 Deprem Yönetmenliğine göre deprem riski açısından incelenecektir.

Akbank Lojman binası taşıyıcı sistemi beton dayanımının tespiti amacıyla her kattan 2 adet olmak üzere binadan toplamda 16 adet karot numunesi alınmıştır. Yapıda kullanılan donatının ana taşıyıcı elemanlarda St-I olduğu görülmüştür. Yapılan incelemelerde kolon ve kirişlerde etriye sıklaştırmasının yapılmadığı, etriye aralıklarının ortalama 18-20 cm ara ile teşkil edildiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Mevcut binadan alınan karot numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları

SIRA NO	**NUMUNE ADI**	**BASINÇ DAYANIMI (kgf/cm^2)**
1	1. Kat 1 No' lu karot	131.0
2	1. Kat 2 No' lu karot	125.0
3	2. Kat 1 No' lu karot	132.0
4	2. Kat 2 No' lu karot	128.0
5	3. Kat 1 No' lu karot	138.0
6	3. Kat 2 No' lu karot	129.0
7	4. Kat 1 No' lu karot	126.0
8	4. Kat 2 No' lu karot	136.0
9	5. Kat 1 No' lu karot	120.0
10	5. Kat 2 No' lu karot	126.0
11	6. Kat 1 No' lu karot	127.0
12	6. Kat 2 No' lu karot	101.0
13	7. Kat 1 No' lu karot	123.0
14	7. Kat 2 No' lu karot	126.0
15	8. Kat 1 No' lu karot	109.0
16	8. Kat 2 No' lu karot	124.0

Ortalama dayanım = 125,06 kgf/cm ^{2}

Eşdeğer Silindir Dayanımı = 0.85 X 125,06= 106,3 kgf/cm^2

(C10 Mpa BETON) elde edilmiştir.

Yapının mevcut durumu bilgisayar ortamında Sta4CAD V.13.1 (2013) "Yapı Analiz Programı" kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiş ve DBYBHY (2007) yönetmeliği esas alınarak statik ve dinamik analizi gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan parametreler;

- 2. Derece deprem bölgesi (Etkin İvme Katsayısı A_o = 0.30)

- Yapı önem katsayısı I = 1.0 olarak alınmış

- Z4 sınıfı zemin özellikleri kullanılmış

- e = 0 (yük dış merkezlikleri) alınmış

- Elastisite Modülü TS500 (2000) (3.3.1)' de verilen;

$E = 3250\sqrt{f_{ck}}+14000$ (M_{pa}) formülü ile hesaplanmıştır.

Burada; f_{ck}, mevcut beton basınç dayanımı olup, binadan alınan karot numunelerine ait basınç dayanımı sonuçlarına göre 10 Mpa olarak belirlenmiştir.

- Bina Performans Düzeyi = CAN GÜVENLİĞİ DURUMU (CG)

- Taban Kesme Kuvveti Katsayısı = 0.85 DBYBHY (2007)

- Bina Bilgi Düzeyi = SINIRLI BİLGİ DÜZEYİ

- Bilgi Düzey Katsayısı = 0.75 DBYBHY (2007)

- İvme Spektrumu - Deprem Aşılma Olasılığı = 50 YILDA % 10

- Sargılama Durumu: YOK

- Statik Analiz Sonuçları R = 1.0 kullanılarak elde edilmiştir

- Yapı Tipi Katsayısı (R): 4.0

- Hareket Yük Katsayısı: (n): 0.3

- Zemin Emniyet Gerilmesi: 30 t/m^2

- Betonarme Hesap Yöntemi: Taşıma Gücü Yöntemi TS500 (2000)

- Deprem Hesabı Yöntemi: Sta4cad programında Mod Süperpozisyonu Yöntemi İle Dinamik Analiz yapılmaktadır. Programda kullanılan kombinasyonlar 10 adettir. Hesapta kullanılan yük kombinasyonları aşağıdaki gibidir ;

1- $1.4\ C_g + 1.6\ C_q$

2- $1.4\ C_g + 1.6\ C_q + 1.6\ C_s$

3- $1.0\ C_g + 1.2\ C_q + 1.0\ C_t$

4- $1.0\ C_g + 1.0\ C_q \pm 1.0\ C_e$

5- $1.0\ C_g + 1.0\ C_q + 1.0\ C_s \pm 1.0\ C_e$

6- $0.9\ C_g \pm 1.0\ C_e$

7- $1.0\ C_g + 1.3\ C_q \pm 1.3\ C_w$

8- $1.0\ C_g + 1.3\ C_q + 1.0\ C_s \pm 130\ C_w$

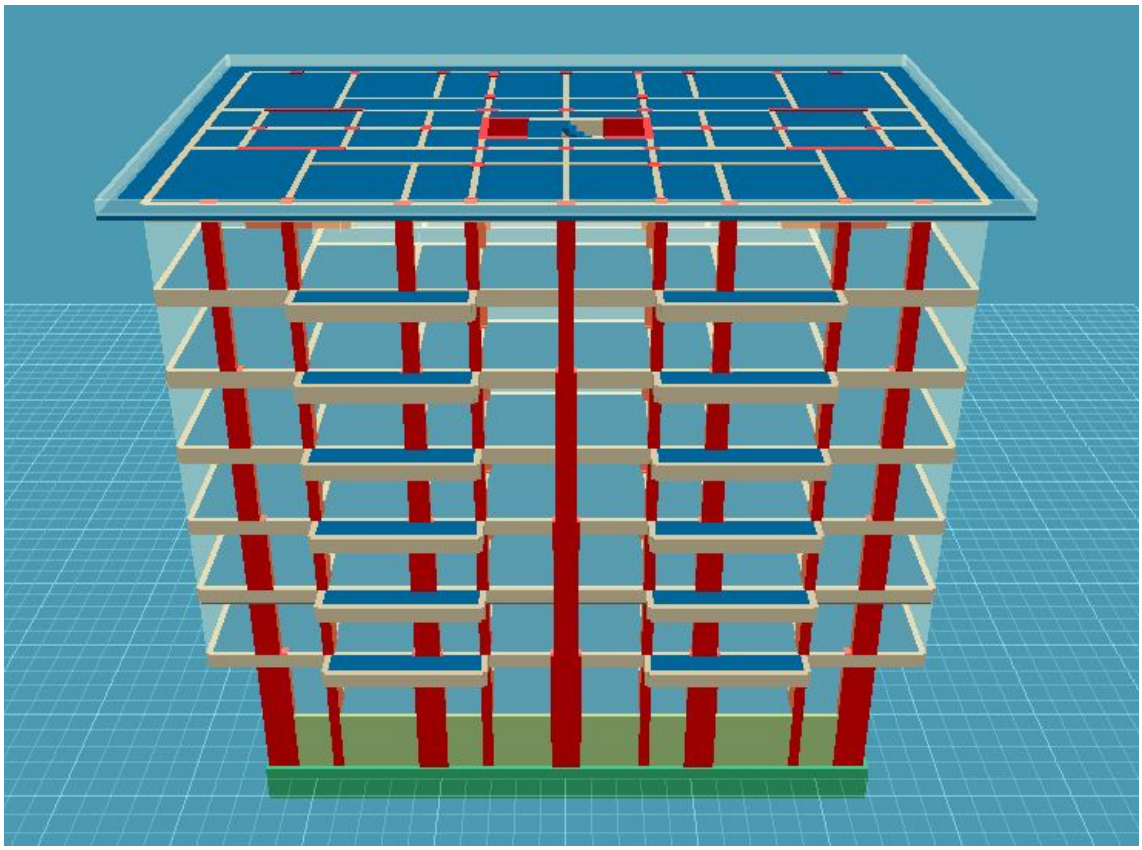
9- $0.9\ C_g \pm 1.3\ C_w$

10- $0.9\ C_g + 0.9\ C_s \pm 1.3\ C_w$

Burada; C_g, ölü yük, C_q, hareketli yük, C_s, zemin, C_e, deprem, C_w, rüzgar, C_t, ısı parametresini göstermektedir.

4.2. Binanın Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi

Akbank binasının mevcut durumu Sta4CAD yapı analiz programında üç boyutlu modellenerek, statik ve dinamik analiz yapılmıştır. Yapının mevcut durumunun üç boyutlu modeli Şekil 4.4' deki gibidir.



Şekil 4.4. Lojman Binası Mevcut Durumu Sta4Cad.V13.1 (2013) Programında 3 Boyutlu Modeli

Yapıya ait modal analiz sonuçları, deprem kuvveti değerleri, yapı düzensizlikleri kontrolü, modal analiz mod şekilleri, bina performans raporları Ek 1' de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenecektir:

1- Mevcut yapıda X ve Y yönündeki rijitlik beklenenin üzerinde ve burulma rijitliğinin az olduğu görülmektedir. Perdeler, rijitlikleri merkezde toplamış bulunmaktadır. Kolonlar ve Kirişlerin donatı yüzdesi beklenenin altındadır.

2- Kolonların taşıma gücü kapasitelerinin yetersiz kalmasından dolayı aşırı zorlanan kolonlar kuvvet dağılımı ilkesi gereğince kapasitelerini aşan yükleri komşu elemanlara aktarmaktadır. Bu durumun kiriş elemanlarında hasar oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.

3- Analiz sonuçları değerlendirildiğinde DBYBHY (2007) madde 7.7.3. Can Güvenliği performans düzeyi kriterleri açısından;

a) Herhangi bir kattaki kirişlerin % 30’ unun üzerinde oranlarda ileri hasar bölgesine geçtiği tespit edilmiştir. İleri hasar bölgesindeki kiriş yüzdeleri incelendiğinde en yüksek değerin *X* ekseni doğrultusunda 5. katta % 47.9 olduğu, *Y* ekseni doğrultusunda ise 3. katta % 45.5 oranında olduğu görülmektedir.

b)Hiçbir eleman göçme bölgesinde olmaması gerekmekte iken, kritik kat olan zemin kattaki kolonların Y ekseni doğrultusunda %13.4’ü ve kirişlerin de X ekseni doğrultusunda %35.4’ ü göçme bölgesinde yer almaktadır.

4- Mevcut durum analiz sonuçlarından elde edilen düzensizlik değerleri 8. katta max n_{bi} = 1,01 olduğu ve bu durumun ±X yönünde ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.

Tüm bu tespitler neticesinde binanın 50 yılda aşılması olasılığı % 10 olan deprem düzeyini (can güvenliği performans seviyesini) sağlamadığı ve mevcut binanın güçlendirmesinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

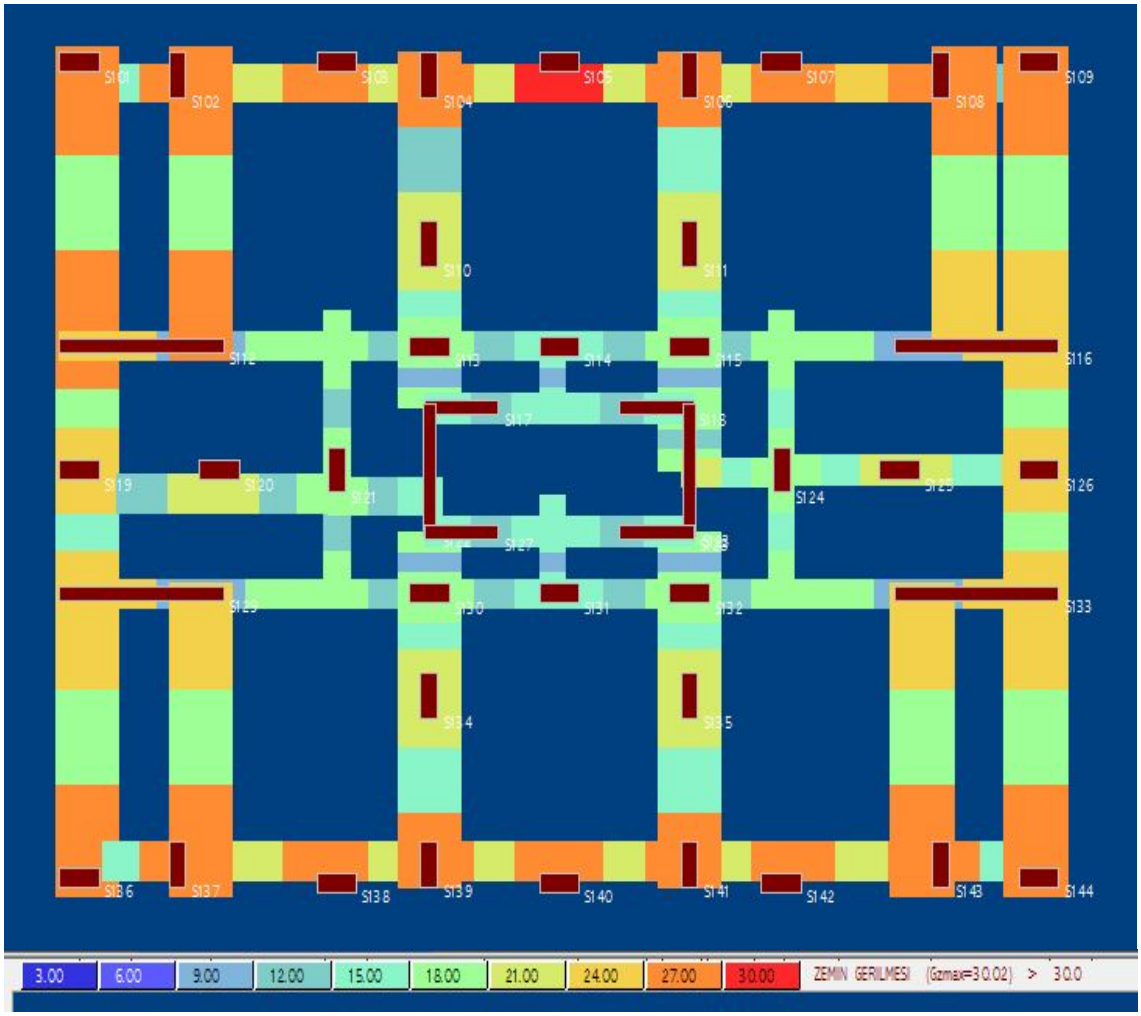
Akbank Lojman binasının performans hesapları ilk olarak; bodrum üzerinden yüksekliği 25 m' den küçük olduğu, toplam kat sayısının 8' i geçmediği ve burulma düzensizliği katsayısı n_{bi} < 1,4 olarak belirlendiğinden, hesap yöntemi olarak 2007 DBYBHY' in 2. bölümüne ek olarak aynı yönetmeliğin Bölüm 7.5' inde verilen Doğrusal Elastik Yöntemler’ den Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile belirlenecektir.

4.3. Mevcut Bina İçin Güçlendirme Önerileri

Mevcut binanın güçlendirilmesi için 2 farklı öneri sunulacaktır. 1. güçlendirme önerisi; mevcut yapı üzerinde bölüm 7.2' de yapılan değerlendirmeler sonucu DBYBHY (2007) Madde 7.7.3 kriterleri açısından kiriş hasar yüzdeleri ve kolon kesme kuvvetine toplam katkısı açısından kiriş ve kolonların yetersiz olduğu tespit edildiğinden merkezde bulunan ve göçme bölgesindeki kirişlerin yerine perdeler atılarak güçlendirildi. Bu perdeler ve birleşiminde bulunan kolonlar, 15x15 cm ebatlarında manto ile sarılarak güçlendirildi. Mantolama ile kolonların düşey yük kapasitesi ve eğilme dayanımı arttırılmaktadır.

Yapıya ait çözümlerde temel gerilmeleri, zemin etütleri sonucunda elde edilen parametrelere göre yetersiz kalmıştır. Ayrıca, gerek kolon mantolamasına bağlı olarak temel gerilmelerinin artması, gerekse üst yapıya ilave edilen betonarme perde

elemanlara yeni temel sistemi gerekliliğinin olması sonucu temel sistemine güçlendirilme yapılma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Şekil 4.5' de yapı temeline ait zemin gerilmeleri görülmektedir.



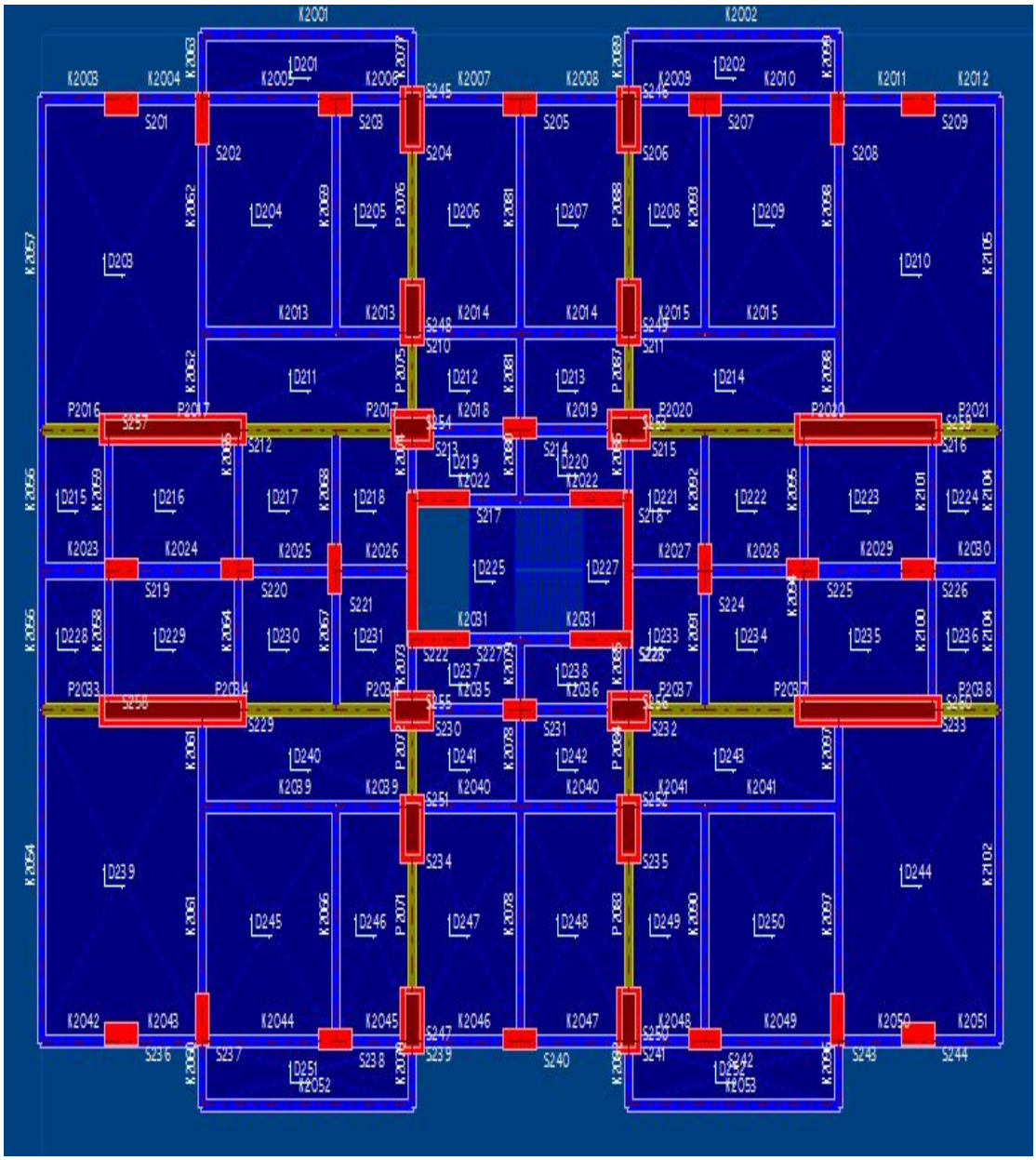
Şekil 4.5. Akbank Lojman Binasına ait temel sistemi

Temel takviyesi; mevcut mütemadi temel boyutlarının yetersiz kalması, üst yapı için yapılan kolon mantolaması ve yeni perdeler için temel sistemini oluşturmak amacıyla, radye plak çözümü ile sağlanmıştır. Temel sistemine ilave olarak 60 cm' lik radye temel eklenmiştir. Radye temelde kullanılacak beton sınıfı C30 olacaktır. Donatı olarak DBYBHY (2007) dikkate alınarak S 420 çeliği kullanılacaktır. Temele ait takviye detayı Şekil 4.6' da gösterilmektedir.



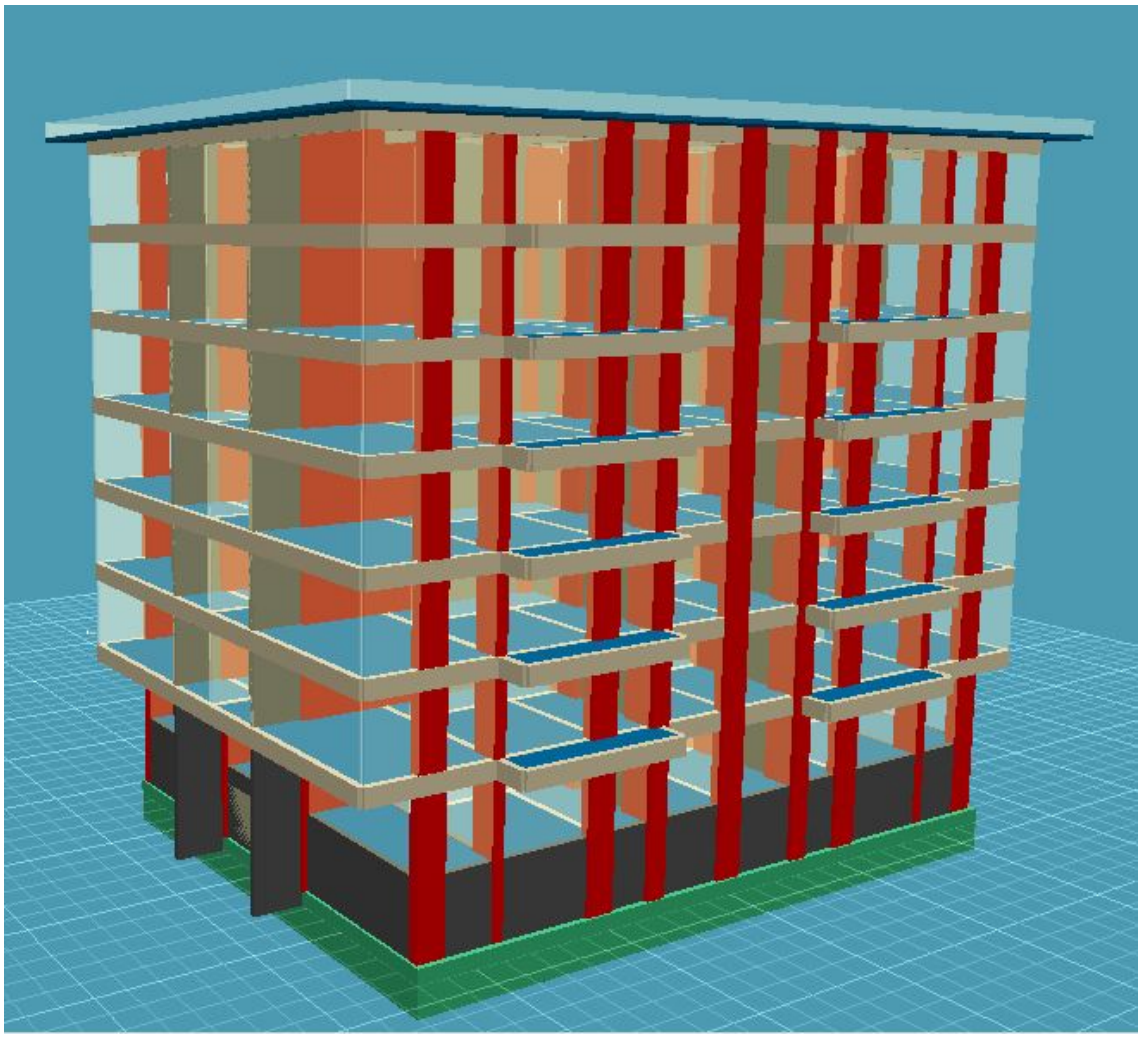
Şekil 4.6. Temel takviye detayı kesiti

Bu çözüm yöntemi ile rölatif kat deplasmanları azalmış ve kolonlara gelen kesme kuvvetleri de büyük oranda perdeler tarafından aktarıldığı için, yapı güvenliği yeniden sağlanabilmiştir. Yapılacak güçlendirme çalışmalarında, yapıların depreme maruz kalabileceği düşüncesi ile mevcut çerçeve sistemi ile uyumlu betonarme perdeler önerilmiştir. Yapılacak proje çalışmalarında ise, perdeler mimari kullanımı fazla etkilemeyecek şekilde ve yapıda burulma kuvvetleri meydana getirmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Ayrıca yapıya ait ağırlık ve rijitlik merkezinin çakıştırılmasına dikkat edilmiştir. Bu güçlendirme önerisine ait kalıp aplikasyon planı Şekil 4.7' de görülmektedir.



Şekil 4.7 Akbank Lojman Binası Güçlendirme Projesi Kalıp Planı

Bu güçlendirme önerisi için Sta4CAD V13.1 (2013)' de yapılan üç boyutlu modelleme Şekil 4.8' de verilmiş olup bu modellemeye ait analiz sonuçları Ek 2' de özet olarak sunulmuştur. Ek 2' deki sonuçlardan görüleceği üzere bina için önerilen güçlendirme ile Can Güvenliği Performans Düzeyi sağlanmaktadır.

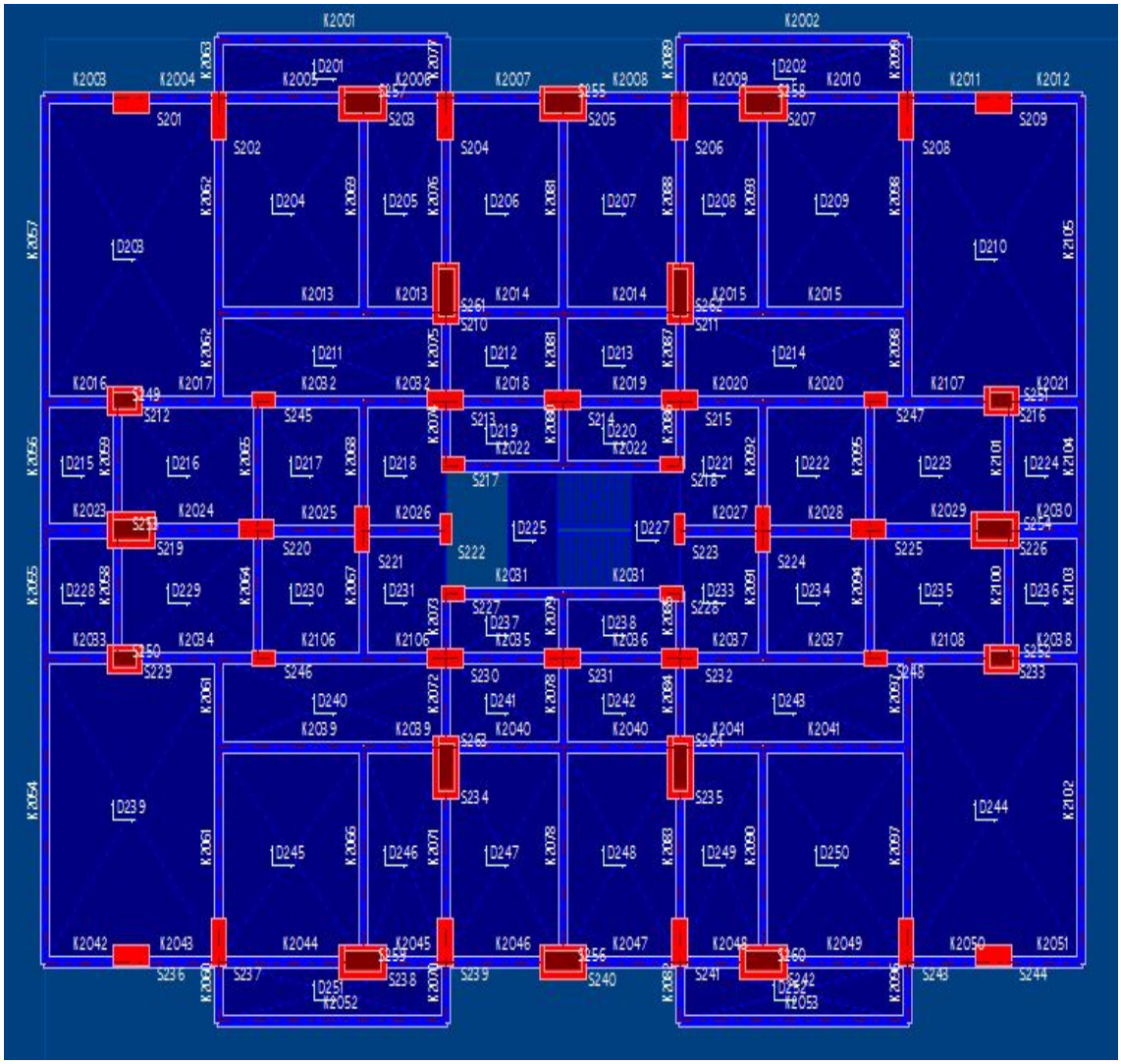


Şekil 4.8. Akbank Lojman Binası güçlendirme sonrası 3 boyutlu modeli

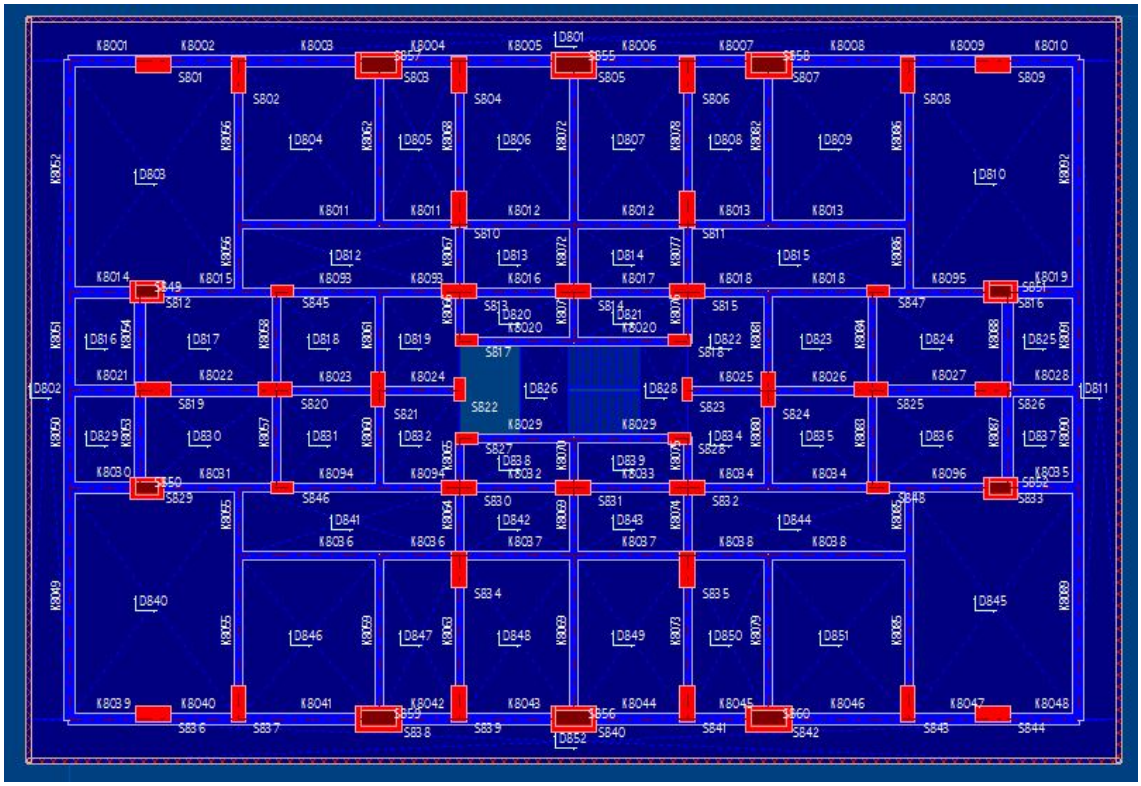
İkinci güçlendirme önerisinde, birinci güçlendirme önerisinden farklı olarak merkezde bulunan asansör perdelerinin kesitleri küçültülmüştür. Kenarlara 30x60 cm ebatlarında kolonlar yerleştirilmiştir. Ayrıca kenarlarda bulunan kolonlar simetrik olarak 15x15 cm ebatlarında mantolama ile güçlendirilmiştir. Bu güçlendirme elemanları bodrum katından itibaren son kata kadar aynı şekilde uygulanmıştır. Güçlendirme için yerleştirilen kolonlar ve mantolamanın yapıldığı kolonlardaki kullanılan beton sınıfı C30’ dur. Ayrıca kullanılan donatı sınıfı da S 420’ dir.

Bu öneriye ait analiz sonuçları Ek 3' te sunulmuştur. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde kullanım amacı konut olan binanın hedeflenen performans düzeyi olan Can Güvenliği Performans Düzeyini sağladığı görülmektedir. Ancak Sta4cad

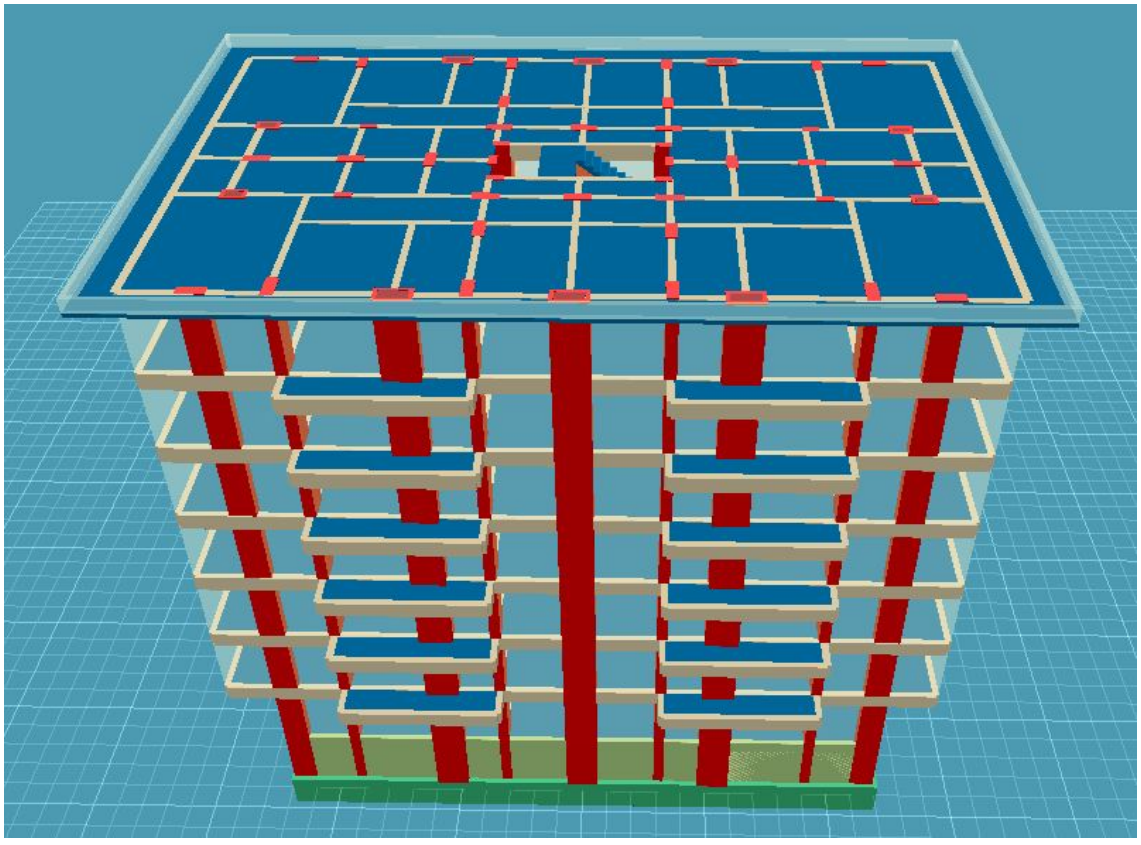
programı analiz sonuçlarında belirtilen ve gevrek durumda olanlar kirişlerin lifli polimer malzeme ile sarılarak sünekliğini arttırmak suretiyle güçlendirme uygulaması tamamlanmış olacaktır. İkinci güçlendirme önerisine ait Bodrum, Zemin, 1, 2, 3, 4, 5'inci katlara ait kalıp aplikasyon planı Şekil 4.9 ' da gösterilmektedir. 6. Kata ait kalıp aplikasyon planı Şekil 4.10 ' da gösterilmektedir. Bu güçlendirmeye ait 3 boyutlu model Şekil 4.11' de gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Akbank Lojman Binası Güçlendirme Projesi Kat Planı



Şekil 4.10. Akbank Lojman Binası Güçlendirme Projesi Son Kat Kalıp Planı



Şekil 4.11. Akbank Lojman Binası güçlendirme sonrası 3 boyutlu modeli

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1- Güçlendirme önerilerinin tümünde binanın mimari yapısının bozulmamasına ve yapının kullanılabilirliğinin azaltılmamasına dikkat edilmiştir.

2- Tez kapsamında zemin ile ilgili detaylı çalışmalar yapılmış olup, yapının temel güçlendirmesinin, güçlendirme önerilerinin yapılmasından önce uygulanmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir.

3- Mevcut yapının analizi sonucunda serbest titreşim periyodu; birinci güçlendirme önerisi için; 1. Mod için T_{1y} = 0.399033, 2. Mod için T_{2x} = 0.077732, 3. Mod için $T_{3\theta}$ = 0.080610, İkinci güçlendirme önerisi için; 1. Mod için T_{1x} = 0.560830 , 2. Mod için T_{2y} = 0.217252, 3. Mod için $T_{3\theta}$ = 0.104392 olarak tespit edilmiştir.

4- Göreli kat ötelemeleri incelendiğinde; Mevcut yapı için en büyük göreli kat ötelenmesi oranı Δ_{max} = 0.0045674, Birinci güçlendirme önerisi için en büyük göreli kat ötelenmesi değeri Δ_{max} = 0.0022645, İkinci güçlendirme önerisi için en büyük göreli kat ötelenmesi değeri Δ_{max} = 0.0051600, Birinci güçlendirme önerisinde göreli kat ötelemelerinden de anlaşılacağı üzere yapı rijitliğinin arttığı görülmektedir. İkinci güçlendirme önerisinde ise bunun tam aksine yapının rijitliğinin azaltılarak, periyodunu ve sönümünü arttırarak yapıya daha küçük deprem kuvvetlerinin gelmesi sağlanmıştır.

5- Perde taban moment oranı kontrolü yapıldığında; Birinci güçlendirme önerisinde *X* yönü için 0.80, ve *Y* yönü için 0.66. Bu değerler önerilen güçlendirme sistemine her iki doğrultuda deprem kuvvetlerini karşılayacak yeterli sayıda perde duvar ilave edildiğini göstermektedir.

6- Tüm güçlendirme önerilerinde eleman r = etki / kapasite oranlarının DBYBHY - 2007 yönetmeliğindeki farklı hasar düzeylerine karşı gelen r sınır değerleriyle karşılaştırılarak performans seviyeleri belirlenmiştir. Bu önerilerin hepsinde Bina Can Güvenliği performans düzeyi sağlanmıştır.

7- Yapının güçlendirilmesinde maliyet önemli bir kriterdir. Bu kriter sağlanamıyorsa yapının yıkılıp yeniden yapılması da seçenekler arasına alınabilmektedir. Mevcut yapı yaklaşık maliyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığından: Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2015 Yılı Yapı

Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ esas alınarak Ek 5' de görüleceği üzere şekilde hesaplanarak 2 447 984 (İkimilyondörtyüzkırkyedibindokuzyüzseksendört) Türk Lirası olarak hesaplanmıştır.

Çevre Şehircilik birim fiyatlarıyla hesaplanan yaklaşık maliyetlerde güçlendirme çözüm önerilerinin, binanın yeniden yapım maliyetinin çok altında olacağı düşünülmektedir. Ayrıca ikinci çözüm önerisi için hesaplanan yaklaşık maliyet, birinci çözüm önerisi için hesaplanan yaklaşık maliyetten daha düşük olacaktır.

8- Göreli kat ötelenme oranı ve burulma etkisi açısından, perde oranı yüksek olduğundan 1. çözüm önerisinin en uygun olduğu, maliyet açısından ise 2. çözüm önerisinin ekonomik olduğu tespit edilmiştir.

9- İki çözüm önerisinde de; mantolama yapılan kolonlar ve yeni eklenen perdeler mimari açıdan yapıya bir engel teşkil etmemektedir. Ayrıca güçlendirme projelerinin inşaat uygulamalarının kolayca yapılabilecek şekilde tasarlanmasına dikkat edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

DBYBHY (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü, 1997. TS–498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri.

Türk Standartları Enstitüsü, 2000. TS–500 Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları.

Sucuoğlu, H. 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirilmesi, THM Sayı 444-445-2006/4-5

Şengöz A., Sucuoğlu, H.; 2007 Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi Yöntemlerinin Artıları ve Eksileri, İMO Teknik Dergi, 2009 4609-4633, Yazı 304

Altun, F. ,Kara B.H, Uncuoğlu, E., Karahan, O., Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları ve 6 Katlı Bir Yapının Güçlendirme Çalışmaları, G.Ü.-Fen Bil.Derg.,16(2):309-318, 2003

Türker, K., Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki Statik Esaslı Performans Belirleme yöntemlerinin Karşılaştırılması, Deü Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:13 Sayı:2 Sh.23-36, Mayıs 2012

ABYYHY (1975), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

Kavşut, N., Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Çelik, K.V., Karaşin, H., Karbon Elyaf İle Betonun Güçlendirilmesi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Mühendislik Dergisi Cilt:5 Sayı:1, 1-11 Mart 2014

G. Uygun, Z. Celep (2007), Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği 2007'deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelenmesi Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 16-20 Ekim 2007, sf. 269-279.

Şık, H. (2014), Deprem Güvenliği Yetersiz Betonarme Bir Bina İçin Farklı Güçlendirme Önerilerinin Karşılaştırılması Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.

Celep, Z., (1999) Kumbasar, N., 2000 Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım İstanbul.

Korkmaz ve ark (2006), Mevcut Yapıların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Denizli.

Demir ve ark (2006), Betonarme Perdelerle Yapılan Güçlendirme Uygulamalarının Deprem Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Isparta.

Yıldırım K. Sümer M. (2001), Depremde Hasar Gören Betonarme Yapılarda Mantolama Yöntemiyle Güçlendirme Yapılması, İstanbul.

Altun ve ark. (2003), Betonarme Yapılarda Deprem Hasarları Ve 6 Katlı Bir Yapının Güçlendirme Çalışmaları, Kayseri.

Öztorun, N. K. (2006), Düzgün Aks Sistemine Sahip Betonarme Binaların Güçlendirilmesi İle İlgili Bir Yöntem, YOGS 2006, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Denizli.

Alemdar, F.Z., Yapılarda Deprem Analizi Yapmak İçin Kullanılan Değişik Hesap Metodları, İstanbul.

Şenel ve ark (2013), 2007 Yönetmeliğinde Tarif Edilen Hasar Sınırlarının Bina Performans Düzeyleri İle İlişkisi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013-MKÜ-Hatay.

M. P. Kaya (2006), Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Belirlenmesinde Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerin Karşılaştırılması Üzerine Sayısal Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

G. Uygun, Z. Celep (2007), Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği 2007'deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 16-20 Ekim 2007, sf. 269-279.

EKLER

Ek - 1 : Mevcut Durum Sta4CAD Lineer Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLU

[max(R.Δ/h: MH < 0.01 < BH <0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx.Δx/h	Y yönü Ry.Δy/h
8	3.00	0.0021062 MH	0.0023814 MH
7	3.00	0.0024862 MH	0.0031074 MH
6	3.00	0.0028309 MH	0.0038038 MH
5	3.00	0.0030755 MH	0.0043388 MH
4	3.00	0.0031301 MH	0.0045674 MH
3	3.00	0.0029094 MH	0.0043260 MH
2	3.00	0.0021913 MH	0.0031191 MH
1	3.00	0.0006474 MH	0.0005044 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	37.5	20.8	20.8	20.8	35.4	14.6	18.8	31.3	36.1	27.8	13.9	22.2	33.3	25.0	22.2	19.4
7	33.3	16.7	29.2	20.8	33.3	10.4	20.8	35.4	36.4	25.0	20.5	18.2	36.4	25.0	20.5	18.2
6	33.3	12.5	35.4	18.8	33.3	6.3	27.1	33.3	27.3	18.2	36.4	18.2	20.5	40.9	15.9	22.7
5	25.0	10.4	47.9	16.7	22.9	10.4	31.3	35.4	22.7	20.5	36.4	20.5	20.5	29.5	31.8	18.2
4	22.9	16.7	45.8	14.6	22.9	12.5	29.2	35.4	20.5	25.0	34.1	20.5	20.5	18.2	36.4	25.0
3	22.9	16.7	45.8	14.6	22.9	12.5	33.3	31.3	20.5	20.5	38.6	20.5	20.5	13.6	45.5	20.5
2	25.0	22.9	33.3	18.8	25.0	12.5	27.1	35.4	20.5	22.7	27.3	29.5	20.5	29.5	22.7	27.3
1	68.2	13.6	4.5	13.6	45.5	27.3	4.5	22.7	59.4	12.5	0.0	28.1	53.1	15.6	15.6	15.6
Max.	68.2		47.9					35.4						40.9		

X yönü kiriş sayısı = 22, 48, 48, 48, 48, 48, 48, 48

Y yönü kiriş sayısı = 32, 44, 44, 44, 44, 44, 44, 36

KOLON KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	51.4	41.4	6.1	1.2	54.4	39.0	5.6	1.0	37.9	49.2	10.9	2.0	49.2	39.2	10.5	1.2
7	81.1	17.8	1.1	0.0	82.9	16.2	0.9	0.0	47.6	52.4	0.0	0.0	46.9	46.8	6.3	0.0
6	57.7	40.3	0.0	2.0	60.0	37.9	0.0	1.8	42.7	50.1	7.2	0.0	41.1	47.4	11.6	0.0
5	80.3	17.9	0.0	1.8	79.2	20.8	0.0	0.0	53.9	39.1	7.0	0.0	63.3	31.0	5.6	0.0
4	81.7	18.3	0.0	0.0	82.1	17.9	0.0	0.0	65.3	33.5	0.0	1.2	64.4	35.6	0.0	0.0
3	79.4	20.6	0.0	0.0	81.1	18.9	0.0	0.0	53.8	45.2	0.0	0.9	54.3	45.7	0.0	0.0
2	49.5	48.4	2.1	0.0	47.0	52.8	0.2	0.0	28.7	56.5	7.2	7.6	32.5	55.5	0.0	12.0
1	96.6	1.8	0.3	1.4	97.3	0.9	0.2	1.6	98.7	0.2	1.0	0.0	98.9	0.2	0.0	0.8
Max.										56.5			98.9		11.5	12.0

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
NO	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
8	91.0	9.0	90.1	9.9	94.3	5.7	93.7	6.3
7	100	0.0	100	0.0	87.2	12.8	87.8	12.2
6	100	0.0	100	0.0	87.8	12.2	88.9	11.1
5	100	0.0	100	0.0	87.5	12.5	89.2	10.8
4	100	0.0	100	0.0	87.1	12.9	88.5	11.5
3	100	0.0	100	0.0	87.2	12.8	87.8	12.2
2	100	0.0	100	0.0	94.5	5.5	94.0	6.0
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100					12.9		

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 439.04 / 516.16 = 0.851$

Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı = % 35.4 > % 20 Göçmenin önlenmesi durumu X

Göçme durumu. Güçlendirme gereklidir. Can güvenliği X

Göçmenin önlenmesi durumu yeterlilik koşulu:

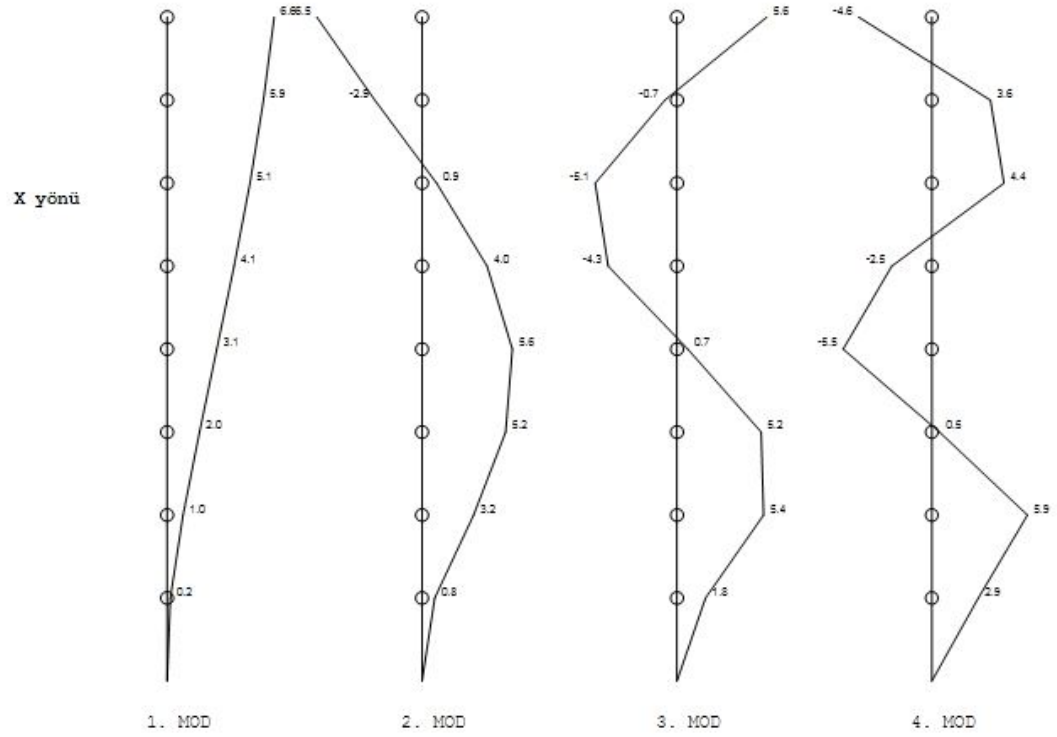
Göçme bölgesi Kiriş Hasar oranı = % 35.4 > % 20 X

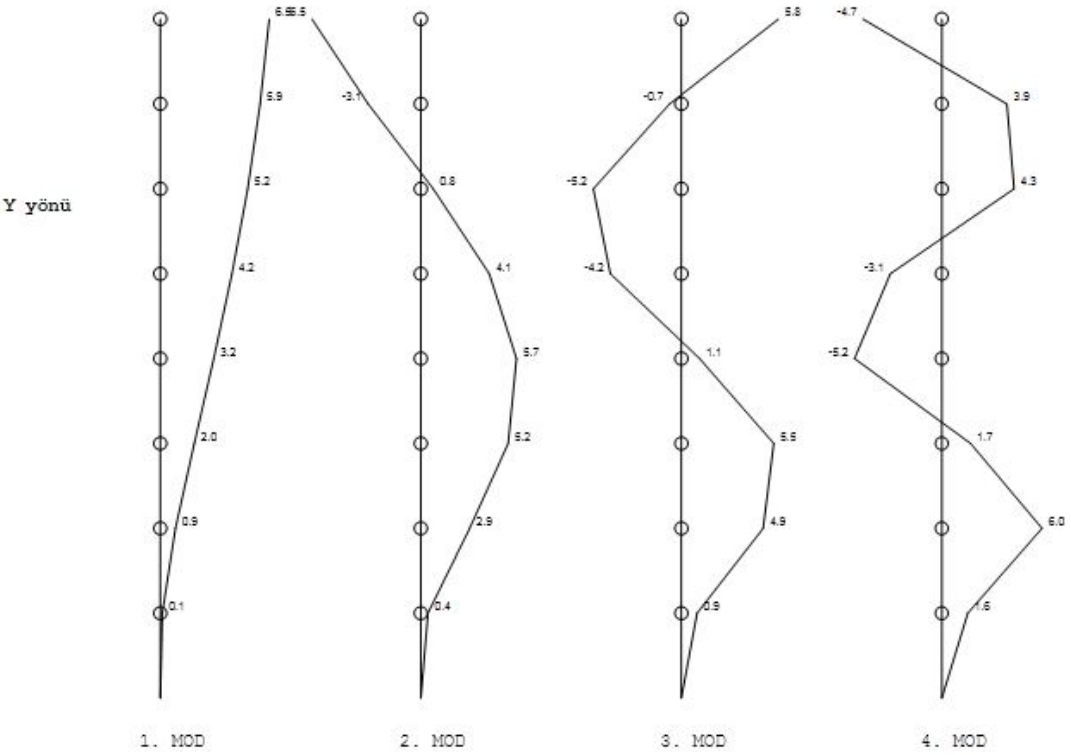
Plastikleşen kolon V_c oranı = % 12.9 < % 30 √ (GB = % 0. √)

CAN GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMAYAN ELEMAN DAĞILIMI

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
8	24/48 (% 50.0)	5/44 (% 11.4)	15/36 (% 41.7)	6/44 (% 13.6)
7	27/48 (% 56.3)	1/44 (% 2.3)	17/44 (% 38.6)	2/44 (% 4.5)
6	29/48 (% 60.4)	1/44 (% 2.3)	24/44 (% 54.5)	4/44 (% 9.1)
5	32/48 (% 66.7)	1/44 (% 2.3)	25/44 (% 56.8)	4/44 (% 9.1)
4	31/48 (% 64.6)	0/44 (% 0.0)	27/44 (% 61.4)	2/44 (% 4.5)
3	31/48 (% 64.6)	0/44 (% 0.0)	29/44 (% 65.9)	2/44 (% 4.5)
2	30/48 (% 62.5)	3/44 (% 6.8)	25/44 (% 56.8)	4/44 (% 9.1)
1	6/22 (% 27.3)	4/68 (% 5.9)	10/32 (% 31.3)	5/68 (% 7.4)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)





Ek - 2 :

Birinci Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLU

[max(R.Δ/h: MH < 0.01 < BH <0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx.Δx/h	Y yönü Ry.Δy/h
8	3.00	0.0010721 MH	0.0016237 MH
7	3.00	0.0012035 MH	0.0018803 MH
6	3.00	0.0013152 MH	0.0021289 MH
5	3.00	0.0013799 MH	0.0022645 MH
4	3.00	0.0013731 MH	0.0022592 MH
3	3.00	0.0012700 MH	0.0020789 MH
2	3.00	0.0010135 MH	0.0015758 MH
1	3.00	0.0004437 MH	0.0004563 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	92.5	7.5	0.0	0.0	92.5	7.5	0.0	0.0	90.0	10.0	0.0	0.0	93.3	6.7	0.0	0.0
7	90.0	10.0	0.0	0.0	85.0	15.0	0.0	0.0	88.9	11.1	0.0	0.0	88.9	11.1	0.0	0.0
6	90.0	10.0	0.0	0.0	87.5	12.5	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0	94.4	5.6	0.0	0.0
5	90.0	10.0	0.0	0.0	85.0	15.0	0.0	0.0	72.2	27.8	0.0	0.0	77.8	22.2	0.0	0.0
4	92.5	7.5	0.0	0.0	87.5	12.5	0.0	0.0	63.9	36.1	0.0	0.0	77.8	22.2	0.0	0.0
3	90.0	10.0	0.0	0.0	87.5	12.5	0.0	0.0	63.9	36.1	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0
2	95.0	5.0	0.0	0.0	82.5	17.5	0.0	0.0	58.3	41.7	0.0	0.0	63.9	36.1	0.0	0.0
1	83.3	16.7	0.0	0.0	88.9	11.1	0.0	0.0	68.2	31.8	0.0	0.0	68.2	31.8	0.0	0.0
Max.	95.0									41.7						

X yönü kiriş sayısı = 18. 40. 40. 40. 40. 40. 40. 40

Y yönü kiriş sayısı = 22. 36. 36. 36. 36. 36. 36. 30

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0	99.4	0.6	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.6	0.4	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0	99.7	0.3	0.0	0.0
5	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0	99.8	0.2	0.0	0.0
4	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
3	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
2	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100													0.6		

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
8	100	0.0	100	0.0	99.7	0.3	99.8	0.2
7	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
6	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
5	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
4	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
3	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
2	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100					0.3		

MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMDAKİ GÖÇME YÜKÜ MUKAYESE TABLOSU

KAT NO	X yönü			Y yönü		
	Deprem Yükü (Ve)	Mevcut Yapı (Vr)	Güçlendirilmiş Yapı (Vr)	Deprem Yükü (Ve)	Mevcut Yapı (Vr)	Güçlendirilmiş Yapı (Vr)
8	306.11	864.94 √	26713.97 √	243.65	446.53 √	9235.11 √
7	555.61	807.68 √	17550.01 √	442.24	420.57 X	6618.19 √
6	765.26	770.16 √	13018.81 √	609.12	395.70 X	4934.26 √
5	933.02	739.98 X	10241.69 √	742.64	377.45 X	3903.26 √
4	1058.83	707.84 X	8351.14 √	842.78	361.71 X	3207.36 √
3	1142.81	678.97 X	7026.15 √	909.63	339.28 X	2689.38 √
2	1184.76	630.54 X	6365.85 √	943.02	326.10 X	2384.67 √

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: V_r / V_e = 2384.67 / 943.02 = 2.529

Belirgin Kiriş Hasar Oranı = % 41.7 > % 10 Hemen Kullanım X

Can güvenliği durumu. Güçlendirme yeterlidir.

Can Güvenliği Yeterlilik Kontrolü :

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 0.0 <= % 30 √). (GB = % 0. √)

Kolon Hasar oranı = (IH = % 0.0 <= % 20 √). (GB = % 0. √)

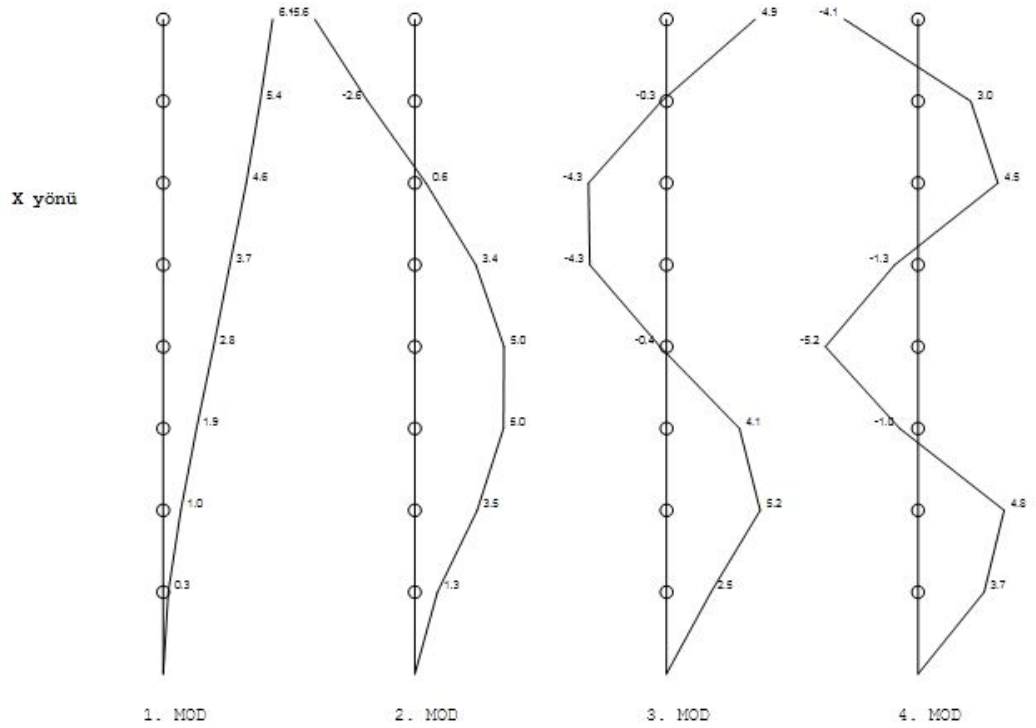
Üst kat V_c oranı = (IH = % 0.0 <= % 40 √). (GB = % 0. √)

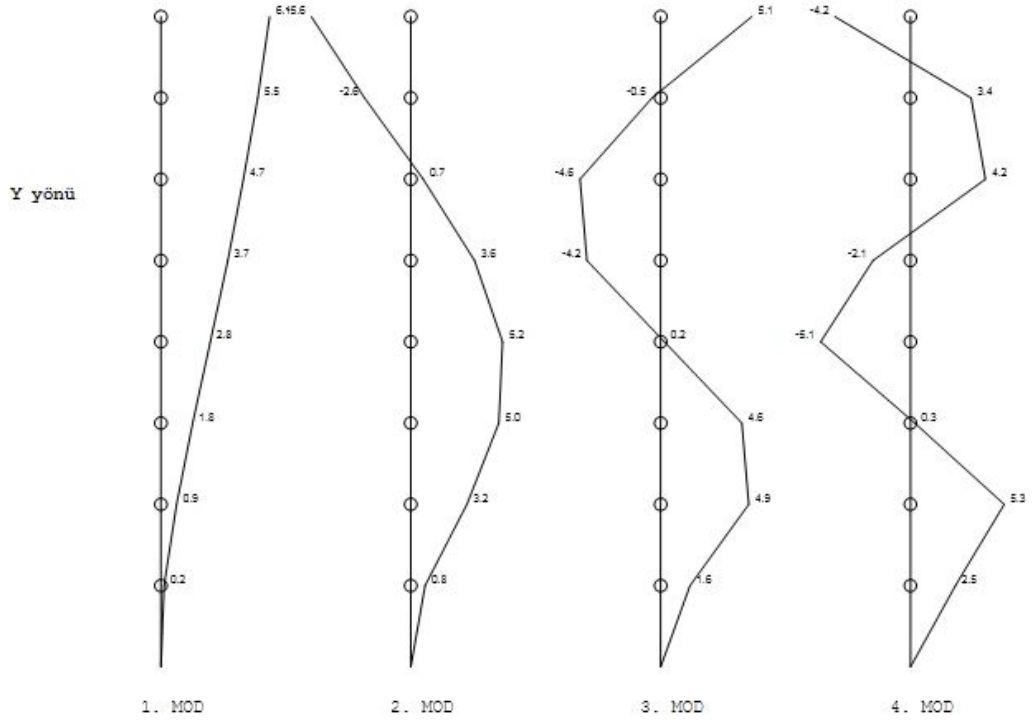
Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 0.3 <= % 30 √). (GB = % 0. √)

CAN GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMAYAN ELEMAN DAĞILIMI

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
8	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/30 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
7	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
6	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
5	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
4	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
3	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
2	0/40 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	0/80 (% 0.0)
1	0/18 (% 0.0)	0/108 (% 0.0)	0/22 (% 0.0)	0/108 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)





Ek - 3 :

İkinci Güçlendirme Önerisi Sta4CAD Analiz Sonuçları

GÖRELİ KAT ÖTELEME KONTROLU

[max(R.Δ/h: MH < 0.01 < BH <0.03 < IH < 0.04 < GB]

KAT	hi	X yönü Rx.Δx/h	Y yönü Ry.Δy/h
8	3.00	0.0016981 MH	0.0028557 MH
7	3.00	0.0023562 MH	0.0037448 MH
6	3.00	0.0029396 MH	0.0044362 MH
5	3.00	0.0034048 MH	0.0049612 MH
4	3.00	0.0036446 MH	0.0051600 MH
3	3.00	0.0034863 MH	0.0047971 MH
2	3.00	0.0024779 MH	0.0033165 MH
1	3.00	0.0005399 MH	0.0005642 MH

BİNA PERFORMANSI

KİRİŞ HASAR YÜZDELERİ

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	80.8	19.2	0.0	0.0	73.1	26.9	0.0	0.0	80.6	19.4	0.0	0.0	80.6	19.4	0.0	0.0
7	67.3	32.7	0.0	0.0	67.3	32.7	0.0	0.0	63.6	36.4	0.0	0.0	65.9	34.1	0.0	0.0
6	55.8	44.2	0.0	0.0	57.7	42.3	0.0	0.0	45.5	54.5	0.0	0.0	47.7	52.3	0.0	0.0
5	50.0	50.0	0.0	0.0	44.2	55.8	0.0	0.0	45.5	50.0	4.5	0.0	45.5	54.5	0.0	0.0
4	44.2	55.8	0.0	0.0	40.4	59.6	0.0	0.0	36.4	59.1	4.5	0.0	43.2	56.8	0.0	0.0
3	36.5	63.5	0.0	0.0	42.3	57.7	0.0	0.0	38.6	50.0	11.4	0.0	45.5	47.7	0.0	0.0
2	40.4	59.6	0.0	0.0	44.2	55.8	0.0	0.0	47.7	47.7	4.5	0.0	47.7	52.3	0.0	0.0
1	61.5	38.5	0.0	0.0	73.1	26.9	0.0	0.0	71.9	28.1	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0
Max.	80.8	63.5														

X yönü kiriş sayısı = 26. 52. 52. 52. 52. 52. 52. 52

Y yönü kiriş sayısı = 32. 44. 44. 44. 44. 44. 44. 36

KOLON KESME KUVVET DAĞILIMI

KAT	(-X)				(+X)				(-Y)				(+Y)			
NO	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB	MH	BH	IH	GB
8	79.4	20.6	0.0	0.0	79.3	20.7	0.0	0.0	68.0	20.2	11.8	0.0	68.3	19.9	11.8	0.0
7	66.3	33.7	0.0	0.0	69.8	30.2	0.0	0.0	76.8	23.2	0.0	0.0	76.5	23.5	0.0	0.0
6	60.2	39.8	0.0	0.0	60.3	39.7	0.0	0.0	75.9	24.1	0.0	0.0	75.7	24.3	0.0	0.0
5	63.1	35.4	1.5	0.0	63.0	35.6	1.5	0.0	75.4	15.9	8.7	0.0	75.7	15.5	0.0	0.0
4	80.8	19.2	0.0	0.0	80.7	19.3	0.0	0.0	81.8	18.2	0.0	0.0	81.4	18.6	0.0	0.0
3	79.5	20.5	0.0	0.0	80.0	20.0	0.0	0.0	75.7	24.3	0.0	0.0	74.1	25.9	0.0	0.0
2	85.5	14.5	0.0	0.0	86.5	13.5	0.0	0.0	78.3	21.7	0.0	0.0	80.0	20.0	0.0	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max.	100	39.8									11.8					

ALT VE ÜST KESİTLERİNDE MİNİMUM HASAR BÖLGESİNİ AŞAN KOLONLARIN KESME KUVVETİ DAĞILIMI

KAT NO	(-X)		(+X)		(-Y)		(+Y)	
	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB	MH	BH+IH+GB
8	88.7	11.3	88.7	11.3	100	0.0	100	0.0
7	87.0	13.0	86.9	13.1	89.9	10.1	89.8	10.2
6	96.6	3.4	96.6	3.4	86.3	13.7	86.1	13.9
5	81.2	18.8	81.1	18.9	86.5	13.5	86.3	13.7
4	82.8	17.2	82.7	17.3	86.0	14.0	85.8	14.2
3	82.1	17.9	82.1	17.9	84.9	15.1	84.6	15.4
2	97.0	3.0	97.0	3.0	95.6	4.4	95.6	4.4
1	100	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0.0
Max.	100			18.9	100			

MEVCUT VE GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUMDAKİ GÖÇME YÜKÜ MUKAYESE TABLOSU

KAT NO	X yönü			Y yönü		
	Deprem Yükü (Ve)	Mevcut Yapı (Vr)	Güçlendirilmiş Yapı (Vr)	Deprem Yükü (Ve)	Mevcut Yapı (Vr)	Güçlendirilmiş Yapı (Vr)
8	150.06	585.93 √	975.79 √	119.17	401.39 √	635.66 √
7	281.19	680.71 √	1054.97 √	223.30	478.46 X	771.48 √
6	390.47	744.82 √	1025.24 √	310.07	525.05 X	742.75 √
5	477.89	787.74 √	1011.27 √	379.49	561.66 X	733.83 √
4	543.45	810.95 X	999.29 √	431.56	578.80 X	722.34 √
3	587.23	812.97 X	976.39 √	466.32	581.34 X	704.29 √
2	609.09	791.46 X	935.17 √	483.68	570.95 X	679.69 √

Bina yatay yük kapasite oranı 2. kat: $V_r / V_e = 679.59 / 483.68 = 1.405$

İleri Kiriş Hasar oranı = % 11.4 > 0 Hemen kullanım X

Can güvenliği durumu. Güçlendirme yeterlidir.

(Gevrek hasar gören elemanların güçlendirilmesi koşulu ile)

Can güvenliği yeterlilik kontrolü:

Kiriş Hasar oranı = (IH = % 11.4 <= % 30 √). (GB = % 0. √)

Kolon Hasar oranı = (IH = % 11.8 <= % 20 √). (GB = % 0. √)

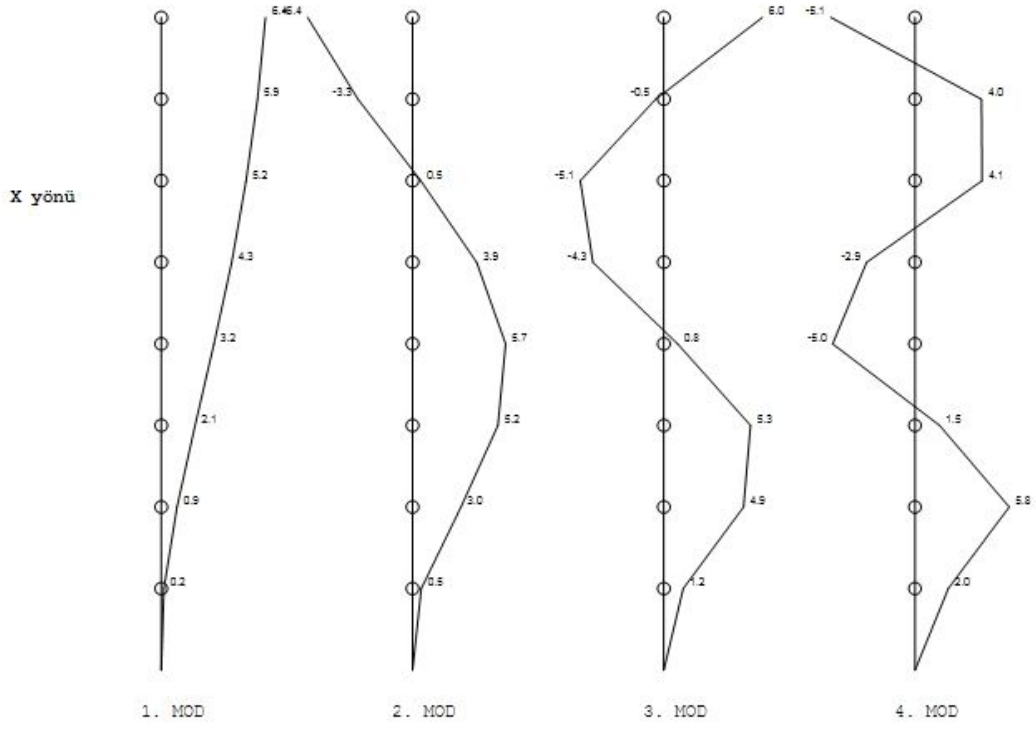
Üst kat V_c oranı = (IH = % 11.8 <= % 40 √). (GB = % 0. √)

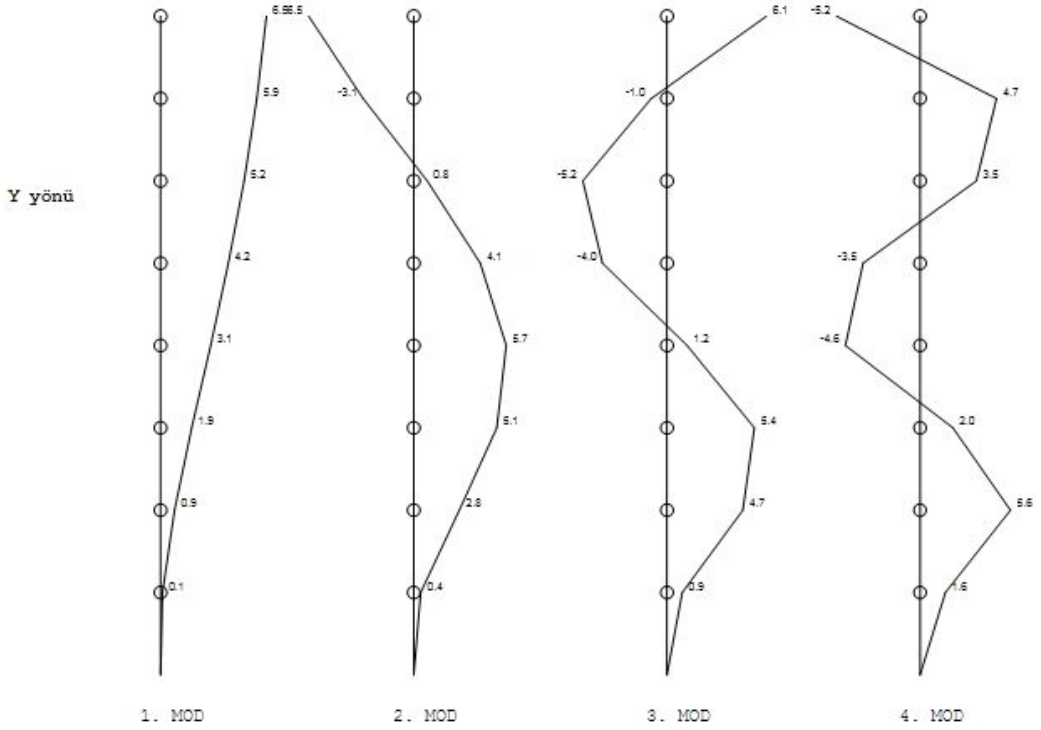
Plastikleşen kolon V_c oranı = (BH+IH+GB = % 18.9 <= % 30 √). (GB = % 0. √)

CAN GÜVENLİĞİNİ SAĞLAMAYAN ELEMAN DAĞILIMI

KAT NO	X yönü		Y yönü	
	Kiriş (%)	Kolon (%)	Kiriş (%)	Kolon (%)
8	0/52 (% 0.0)	0/58 (% 0.0)	0/36 (% 0.0)	2/58 (% 0.0)
7	0/52 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)	0/44 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)
6	0/52 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)	0/44 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)
5	0/52 (% 0.0)	1/64 (% 1.6)	2/44 (% 4.5)	4/64 (% 6.3)
4	0/52 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)	2/44 (% 4.5)	0/64 (% 0.0)
3	0/52 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)	5/44 (% 11.4)	0/64 (% 0.0)
2	0/52 (% 0.0)	0/64 (% 0.0)	2/44 (% 4.5)	0/64 (% 0.0)
1	0/26 (% 0.0)	0/88 (% 0.0)	0/32 (% 0.0)	0/88 (% 0.0)

MODAL ANALİZ MOD GRAFİĞİ (1000 X Dep. vektörü)





Ek 4 :

Mevcut binanın yaklaşık maliyeti 6 Mayıs 2014 Salı tarihli ve 28992 sayılı Resmi Gazete' de "Mimarlık Ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2014 Yıllı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ" e göre incelenen lojman binası; IV sınıf. A Grubu Yapıların. Apartman tipi konutlar (Yapı yüksekliği 21.50 m.' yi aşan. asansörlü ve/veya kaloriferli) kısmına dahil olmaktadır. Buna göre yapı kapalı alanları toplamı hesabına göre;

Bodrum = 406.16 m^2

(Zemin. 1. Kat. 2. Kat. 3. Kat. 4. Kat. 5.Kat.) = 501.08 x 5 => 2505.4 m^2

6.Kat = 585.56 m^2

Toplam Kapalı Alan = 406.16 + 2505.4 + 585.56 = 3998.2 m^2

Maliyet = 3497.12 X 700 = 2 447 984 TL' dir.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Diyarbakır'da doğdu. 2002 yılında Diyarbakır Anadolu Lisesinden mezun oldu. 2005 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulundan ve 2009 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2009-2011 yılları arasında Kolin İnşaat A.Ş. bünyesinde, Ankara-Pozantı Otoyolu yapım işinde Teknik Ofis Şefi olarak görev yaptı. 2011-2012 yılları arasında Diyarbakır'da bulunan 3 bloklu bina yapım işinde Şantiye Şefi olarak çalıştı. 2012 yılında 657 Sayılı Kanuna tabi olarak Diyarbakır İl Özel İdaresinde memuriyete başladı. 2014 yılında Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü' ne geçiş yaptı. Halen aynı kurumun Etüt Proje ve Çevre Başmühendisliği biriminde İnşaat Kontrol Mühendisi olarak görev yapmaktadır.