

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

**MEVCUT BİR BETONARME YAPININ 2007 DEPREM
YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANSININ
İNCELENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mustafa SÜLEYMANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DİYARBAKIR
TEMMUZ 2010**

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

**MEVCUT BİR BETONARME YAPININ 2007 DEPREM
YÖNETMELİĞİNE GÖRE PERFORMANSININ
İNCELENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Mustafa SÜLEYMANOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN: Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DİYARBAKIR
TEMMUZ 2010**

T.C
DICLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Mustafa SÜLEYMANOĞLU tarafından yapılan bu çalışma, jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan :Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU

Üye :Doç. Dr. Özgür DEĞERTEKİN

Üye :Yrd. Doç. Dr. Ayhan BEKLEYEN

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylım.

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

.....

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa SÜLEYMANOĞLU

Doğum Yeri: HAZRO

Doğum Tarihi: 05/04/1983

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ziya Gökalp Yabancı Dil Ağırlıklı Lise

Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi

Yüksek Lisans : Dicle Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Özel sektör

ÖZET

Bu çalışmada performans kavramına dayalı, deformasyon kontrollü lineer olmayan analiz yöntemi olan ‘Statik İtme Analizi Yöntemi’ kullanılmıştır. Bu yöntem ile yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilerek, deprem kuvvetine karşı güvenliğinin kontrolü ve hangi performans seviyesinde oldukları belirlenmiştir. Depreme karşı düşük performansa sahip yapıların mimari kullanımı engellenmeyecek şekilde yapıya betonarme perdelerin eklenmesi yoluyla performansının artırılması hedeflenmiştir.

Giriş bölümünde tez çalışmasının konusunun seçilmesinde Diyarbakır ve tüm Türkiye genelinde etkili olan faktörler ele alınmıştır

İkinci bölümde bu konuyla ilgili daha önce yapılan araştırmalar anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde deprem kavramı, yurdumuzdaki etkileri ve bu etkilerin sebepleri tanımlanmıştır.

Dördüncü bölümde performans kavramı açıklanmıştır. Deprem düzeyleri ile bina performans ilişkisi ve yapılar için tanımlanan performans düzeyleri ile hedeflenen performans düzeyleri hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde güçlendirilmesine karar verilen binalardan bilgi toplanmasıyla ilgili kriterler açıklanmış, mevcut yapıların değerlendirilmesinde kullanılan deprem hesabına ilişkin doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri belirtilmiştir.

Altıncı bölümde güçlendirme ve yöntemleri açıklanmıştır.

Yedinci bölümde 8 katlı mevcut bir binanın performansı belirlenmiş, göçme bölgesinde bulunan bu binanın performansı, güçlendirme yapılarak can güvenliği seviyesine çıkarılmıştır.

Sekizinci bölümde ise bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Performans, Güçlendirme, Nonliner Analiz

ABSTRACT

In this study, deformation controlled a nonlinear analysis method (Static Pushover Analysis Method) based on performance concept was used. The response of structures subjected to earthquake was evaluated to check the safety of structures and to determine the performance level of them. The increasing of the performance of the structures with low performance under earthquakes was aimed via adding reinforced concrete shear walls.

In the ‘Introduction Section’ , the effective factors in Diyarbakır and Turkey which became important for choosing the topic of the thesis were tackled.

In the ‘Second Section’, a literature search was carried out regarding this subject.

In the ‘Third Section’, the concept of earthquake , its effects in our country and the reasons for these effects were described.

In the ‘Fourth Section’, the concept of performance was explained. Information about the relationship between the earthquake levels and building performance, the performance levels described for buildings and the targeted performance levels was given.

In the ‘Fifth Section’, the information was given about the criteria for summing up data from the buildings which are decided to be retrofitted and a common information was given about the general principles for the earthquake analysis in the evaluation of the existing buildings, and linear and nonlinear analysis method.

In the ‘Sixth Section’, an information about retrofitting methods was given.

In the ‘Seventh Section’, the performance of an existing building with seven storeys and basement was determined and the performance of this building was raised to the level of ‘life safety’ by retrofitting which was in ‘collapse region’ before.

In the ‘Eight Section’, the conclusions derived from this study and the recommendations based on this conclusions were summarized.

Key words : Performance, Retrofitting , Nonlinear Analysis.

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanması aşamasında bana her tŸrlŸ desteği veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Sedat HAYALIOğLU 'na minnet ve Őukranlarımı sunarım. Eğitimim boyunca emeği geçen tŸm hocalarıma da minnet duygularımı sunmayı bir borę bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER DİZİNİ.....	xvii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
KAYNAKLAR.....	7
3.DEPREM.....	9
3.1. Deprem Nedir?.....	9
3.1.1. Depremın Büyüklüğü Ve Şiddeti.....	10
3.1.1.1. Mercalli Şiddet Cetveli.....	11
3.1.2. Türkiye’de Deprem.....	13
KAYNAKLAR.....	15
4.PERFORMANS KAVRAMLARI	16
4.1.Performans Tanımları.....	16

4.2.Mevcut Binalar İçin Deprem Düzeyi ve Bina Performans İlişkisi.....	16
4.2.1.Mevcut binalar için değerlendirme / tasarım depremleri.....	17
D1 deprem düzeyi.....	17
D2 deprem düzeyi.....	18
D3 deprem düzeyi.....	18
4.2.2.Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	19
4.2.2.1.Kesit Hasar Sınırları.....	19
4.2.2.2.Kesit Hasar Bölgeleri.....	19
4.3.Mevcut binalar için hedeflenen performans düzeyleri.....	20
4.4.Bina Deprem Performansının Belirlenmesi.....	21
4.4.1.Betonarme binaların deprem performansı.....	21
4.4.2.Hemen kullanım performans düzeyi.....	22
4.4.3.Can güvenliği performans düzeyi	22
4.4.4.Göçme öncesi performans düzeyi.....	23
4.4.5.Göçme Durumu.....	23
KAYNAKLAR.....	24
5.BETONARME BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI VE HESAP	
YÖNTEMLERİ	25
5.1.Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı.....	25
5.2.Bilgi Düzeyleri.....	25

5.3.Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi.....	26
Bina Geometrisi.....	26
Eleman Detayları.....	26
Malzeme Özellikleri.....	27
5.4.Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi.....	27
Bina Geometrisi.....	27
Eleman Detayları.....	28
Malzeme Özellikleri.....	28
5.5.Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi.....	29
Bina Geometrisi.....	29
Eleman Detayları.....	29
Malzeme Özellikleri.....	30
5.6.Mevcut Binaların Değerlendirilmesinde Deprem Hesabına İlişkin	
Genel İlke ve Kurallar.....	31
5.7.Mevcut Binaların Değerlendirilmesinde Hesap Yöntemleri.....	32
5.7.1.Doğrusal elastik hesap yöntemleri.....	32
Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	32
Mod Birleştirme Yöntemi.....	32
5.8.Performans Değerlendirilmesinde Kullanılan Etki-Kapasite Oranı Sınırları.....	37
5.9.Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri.....	38

5.9.1.Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme Analizi)...	39
5.9.2.Çok Modlu Statik İtme Analizi (Mod Birleştirme Yöntemi).....	43
5.9.3.Birim Şekil Değişirme İstemlerinin Belirlenmesi.....	44
5.9.4.Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekil değişirme Kapasiteleri.....	45
(a) Kesit Minimum Hasar Sınırı (MN).....	45
(b) Kesit Güvenlik Sınırı (GV).....	45
(c) Kesit Göçme Sınırı (GÇ).....	45
KAYNAKLAR.....	46
6.BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ.....	47
6.1.Giriş.....	47
6.2.Kolonların ve Kirişlerin Sarılması.....	47
6.3.Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması.....	48
6.4.Perdeler.....	48
6.5.Betonarme Binaların Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İle Güçlendirilmesi.....	51
6.6.Betonarme Perde ve Mantonun Karşılaştırılması.....	52
6.7.Perdelerin Modellenmesi.....	53
6.7.1.Perde Tasarımında Dikkat edilecek Hususlar.....	53
6.8.İki Kolon Arası Panel Perdeler.....	55
6.9.Başlık Bölgesi Kendi İçinde Yeni Perdeler.....	56

6.10.Kirişin Kırılarak Perde Oluşturmanın Üstün ve Sakıncalı Yanları.....	59
KAYNAKLAR.....	61
7.MEVCUT BİR YAPININ PERFORMANSININ İNCELENMESİ VE	
GÜÇLENDİRİLMESİ.....	62
7.1.Binanın (Arpacık Apt.) Mevcut Halinin Değerlendirilmesi.....	62
7.2.Giriş.....	62
7.3.Bina Üzerinde ve Yerinde Yapılan Çalışmalar.....	63
7.3.1.Zemin özellikleri.....	63
7.3.2 Malzeme özellikleri.....	64
7.3.3.Betonarme taşıyıcı sistemin belirlenmesi.....	64
7.4.Bina Betonarme Taşıyıcı Sisteminin Analizi ve Değerlendirilmesinde	
Kullanılan Programın Tanıtımı ve Çalışma Prensipleri.....	65
7.5.Yapının Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumdaki	
Deprem Performansının Belirlenmesi.....	65
7.5.1.Genel Bilgiler.....	66
7.6.Yapının Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumu Analiz Sonuçlarının	
Çizelgeler Üzerinde Karşılaştırılması.....	71
7.6.1.Kapasite momentleri ve göçme yükü.....	71
7.6.2.Kat kütlesi ve Rijitlik merkezi.....	74

7.6.3. Deprem Yüğü.....	76
7.6.4. Perde Taban Kesme Kuvveti.....	79
7.6.5. Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı.....	80
7.6.6. Görelî Kat Ötelemesi Sınırları.....	82
7.6.7. Kiriş Hasar Yüzdeleri.....	84
7.6.8. Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı.....	86
7.6.9. Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımı.....	88
7.7. Mevcut Yapı Performansının Belirlenmesi.....	90
7.8. Güçlendirilmiş Yapı Performansının Belirlenmesi.....	92
KAYNAKLAR.....	94
8.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	96

ÖZGEÇMİŞ

EKLER

Ek 1 : Mevcut Yapının Betonarme Kat Kalıp Planı

Ek 2 : Güçlendirilmiş Yapının Betonarme Kat Kalıp Planı

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngörülen Minimum Performans Hedefleri	21
Çizelge 5.1.Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları	25
Çizelge 5.2.Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)	37
Çizelge 5.3.Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)	37
Çizelge 7.1.Mevcut durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre X Yönü yapı Göçme Kapasitesi	71
Çizelge 7.2.Güçlendirilmiş durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre X Yönü yapı Göçme Kapasitesi	71
Çizelge 7.3.Mevcut durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Y Yönü yapı Göçme Kapasitesi	72
Çizelge 7.4.Güçlendirilmiş durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Y Yönü Yapı Göçme Kapasitesi	72
Çizelge 7.5.Mevcut Durumdaki Yapının Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi	74
Çizelge 7.6.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi	74
Çizelge 7.7.Mevcut Durumdaki X Yönü Deprem Yüğü	76
Çizelge 7.8.Güçlendirilmiş Durumdaki X Yönü Deprem Yüğü	76
Çizelge 7.9.Mevcut Durumdaki Y Yönü Deprem Yüğü	77
Çizelge 7.10.Güçlendirilmiş Durumdaki Y Yönü Deprem Yüğü	77
Çizelge 7.11.Mevcut Durumdaki Yapının Perde Taban Kesme Kuvveti	79

Çizelge 7.12.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının Perde Taban Kesme Kuvveti	79
Çizelge 7.13.Mevcut Durumdaki Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı	80
Çizelge 7.14.Güçlendirilmiş Durumdaki Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı	80
Çizelge 7.15.Mevcut Yapının Görelî Kat Ötelemesi Sınırları	82
Çizelge 7.16. Mevcut Yapının Görelî Kat Ötelemesi Sınırları	82
Çizelge 7.17.Mevcut Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri	84
Çizelge 7.18.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri	84
Çizelge 7.19.Mevcut Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri	85
Çizelge 7.20.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri	85
Çizelge 7.21.Mevcut Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	86
Çizelge 7.22.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	86
Çizelge 7.23.Mevcut Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	87

Çizelge 7.24.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı	87
Çizelge 7.25.Mevcut Durumdaki Yapının (-X/+X) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı	88
Çizelge 7.26.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X/+X) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı	88
Çizelge 7.27.Mevcut Durumdaki Yapının (-Y/+Y) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı	89
Çizelge 7.28.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y/+Y) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı	89
Çizelge 7.29.Performans Koşulları	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deprem yeryüzündeki etkisi	9
Şekil 3.2. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	14
Şekil 4.1. Spektrum Eğrisi	18
Şekil 4.2. Kesit Hasar Bölgeleri	19
Şekil 5.1. Tipik Bir Binanın Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Yer Değiştirme	35
Şekil 5.2. Farklı Yapı Türlerinin Statik İtme Analizi İle Elde Edilen Kapasite Eğrileri Ve Yıkılma Özellikleri	42
Şekil 5.3. Statik İtme Analizinde Spektral Yerdeğiştirme Talebinin Eşit Yerdeğiştirme prensibi İle Belirlenmesi	43
Şekil 6.1. Perde Göçme Türleri	50
Şekil 6.2. Betonarme Perde Ve Mantonun Karşılaştırılması	53
Şekil 6.3. Betonarme Perde Yerleşimi	54
Şekil 6.4. Alt Katın Çevresinde Rijit Perde Düzenlemesi İle Güçlendirme Perde Momentlerinin Karşılanması	55
Şekil 6.5. İki Kolon Arası Panel Davranışı	56
Şekil 6.6. Geniş Kirişlerde Perde Donatısının Düzenlenmesi	57
Şekil 6.7. Kirişin Kırılarak Perdenin Düzenlenmesi	57
Şekil 6.8. Dar Kirişlerde Perde Donatısının Düzenlenmesi	58
Şekil 6.9. Kolon ve Kirişlerde Diş ve Rot Uygulaması	60

Şekil 7.1.Arpaçık Apartmanı Ön Cephe	63
Şekil 7.2.Karot Alma Makinası İle Kolondan Silindir Beton Numunesi Alınması	64
Şekil 7.3.Yapının Mevcut Halinin X Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu	67
Şekil 7.4.Yapının Mevcut Halinin Y Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu	68
Şekil 7.5.Ferrosan Cihazı İle Donatı Tepiti Yapılması	68
Şekil 7.6.Yapının Güçlendirilmiş Halinin X Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu	69
Şekil 7.7.Yapının Güçlendirilmiş Halinin Y Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu	70

SİMGELER DİZİNİ

- A_c : Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
- A_o :Etkin Yer İvmesi
- $A(T)$:Spektral İvme Katsayısı
- $A(TI)$:Birinci Doğal Titreşim Periyodundaki Spektral İvme Katsayısı
- a :Modal İvme
- b_w :Kirişin gövde genişliği
- d :Modal Yer Değiştirme
- d :Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
- $(EI)_e$:Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
- $(EI)_o$:Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
- E :Elastisite Modülü
- E_c :Betonun Elastisite Modülü
- E_s :Çeliğin Elastisite Modülü
- f_{cm} :Tanımlanan mevcut beton dayanımı
- f_{ctm} :Tanımlanan mevcut betonun çekme dayanımı
- f_{cd} :Betonun tasarım basınç dayanımı
- f_{ck} :Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
- f_{ctd} :Betonun tasarım çekme dayanımı
- f_{yd} :Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
- f_{yk} :Boyuna donatının karakteristik akma dayanımı
- I :Atalet Momenti
- L_p :Plastik mafsalsal boyu
- M :Kütle
- M_{ri} :Kirişin sol ucu i 'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
- M_{rj} :Kirişin sağ ucu j 'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
- $(M_r)_t$:Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

- $M_{r\ddot{u}}$:Kolonun veya perdenin serbest yüksekliğinin üst ucunda f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti
- $M_{\ddot{u}}$:Kolonun serbest yüksekliğinin üst ucunda, kolon kesme kuvvetinin
- M_c :Kolon Kapasite Momenti
- M_b :Kiriş Kapasite Momenti
- N_K :Tanımlanan mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment
kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet hesabında esas alınan moment
- n :Hareketli Yük Azaltma Kat Sayısı
- P_x :X yönü Yapı Göçme Kapasitesi
- P_y :Y yönü Yapı Göçme Kapasitesi
- R_a :Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- R :Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
- r :Etki/Kapasite Oranları
- r_s :Etki/kapasite oranının sınır değeri
- $S(T)$:Spektrum Katsayısı
- S_{di} :Spektral Yer Değiştirme
- (T_1) :Binanın Birinci Doğal Titreşim Peryodu
- T :Bina doğal titreşim periyodu [s]
- T_1 :Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
- T_A, T_B :Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
- T_m, T_n :Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]
- u :Tepe Yer Değiştirmesi
- V_t :Eşdeğer deprem yükü yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü (Taban Kesme Kuvveti)
- V_e :Kesme Kuvveti
- V_e :Kolon, kiriş ve perdede esas alınan tasarım kesme kuvveti
- V_p :Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvveti
- V_r :Kolon, kiriş veya perde kesitinin kesme dayanımı
- V_r :Kesme Kapasitesi

- V_s :Toplam Kat Kesme Kuvveti
- W :Binanın Hareketli Yük Katılım Sayısı Kullanılarak Bulunan Toplam Ağırlığı
- ε :Şekil Değiştirme
- δ :Kat Ötelemesi
- ε_{cu} :Betonun Birim Kısılması
- ε_{su} :Çeliğin Birim Uzaması
- Φ :Doğrultu Yatay Bileşeni
- θ_p :Plastik Dönme
- γ_{beton} :Beton Birim Hacim Ağırlığı
- Φ_p :Plastik Eğrilik
- ε_{cg} :Etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
- ε_{cu} :Kesitin en dış lifindeki beton basınç birim şekil değiştirmesi
- ε_s :Donatı çeliği birim şekil değiştirmesi
- φ_p :Plastik eğrilik istemi
- φ_t :Toplam eğrilik istemi
- φ_y :Eşdeğer akma eğriliği
- η_{bi} :i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
- λ :Eşdeğer Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
- θ_p :Plastik dönme istemi
- ρ :Çekme donatısı oranı
- ρ^b :Dengeli donatı oranı
- ρ' :Basınç donatısı oranı
- ρ_s :Kesitte mevcut bulunan ve 2007 Deprem Yönetmeliği 3.2.8'e göre "özel deprem etriyeleri ve çirozları" olarak düzenlenmiş enine donatının hacımsal oranı
- ρ_{sm} :2007 Deprem Yönetmeliği 3.3.4, 3.4.4 veya 3.6.5.2'ye göre kesitte bulunması gereken enine donatının hacımsal oranı
- α :Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme Kuvvetine oranı

KISALTMALAR DİZİNİ

MH :Minimum Hasar

BH :Belirgin Hasar

İH :İleri Hasar Bölgesi

CG :Can Güvenliği

GB :Göçme Bölgesi

GÇ :Göçme Sınırı

GÖ :Göçme Öncesi

GV :Güvenlik Sınırı

HK :Hemen Kullanım

1.GİRİŞ

Türkiyenin dünyadaki önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde olduğu bilinmektedir.Yurdumuzda yaşanan ve birçok can ve mal kaybına neden olan depremler bunu kanıtlamaktadır. Depremlerde meydana gelen bina hasarlarının nedenleri mimari ve mühendislik hataları yanında denetim mekanizmasının eksikliği ve imalat sürecindeki yapım kusurlarından kaynaklanmaktadır.

Diyarbakır ili 2. Derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Lice ilçesinde meydana gelen depremde can ve mal kayıpları yaşanmış ve bu ilçe ağır hasar görmüştü. Bu olay Diyarbakır halkının depremin ağır sonuçlarını görmesine neden olmuştur.

Depremlerden sonra her ne kadar yönetmelikler geliştirilmiş ve yapı üretim sürecindeki denetimler arttırılmış olsa da Diyarbakır'daki bina üretimi büyük bir hızla artmaya devam etmiştir. Özellikle terör odaklı olaylar nedeniyle kırsaldan illere doğru olan göç hareketi Diyarbakır'ı da etkilemiştir.

Aşırı göç nedeniyle konut talebi de artmıştır. Bu talep artışı yapı üretimi konusunda ehil olmayan kişilerin yapım sektörüne girmesine, denetim mekanizmasının yoğun yapı üretimini denetleyememesine, imar planına dahil olmayan alanların hızla imara açılmasına neden olmuştur. Bütün bunlar ise Bağlar, Huzurevleri ve son olarak Gaziler gibi semtlerin kısa sürede oluşmasına neden olmuştur.

Bu tez çalışmasında performansının incelenerek depreme karşı dayanıklı olup olmadığı, dayanıklı değil ise nasıl güçlendirilmesi gerektiği araştırılacak olan yapı

Gaziler semtinde inşa edilen 8 katlı bir yapı olup, bu yapı ilerleyen bölümlerde kapsamlı olarak tanıtılacaktır.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Mevcut betonarme yapıların deprem performansının incelenmesi ile ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük çoğunluğu 2007 Deprem Yönetmeliği'nden önce yapılmıştır. Bu çalışma ise 2007 Deprem Yönetmeliğinin performans ve güçlendirme kriterlerine göre yapılmış olup, Diyarbakır ilindeki mevcut bir binanın deprem performansının belirlenmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Akkan'ın (2006), "Mevcut Bir Okul Yapısının Performans Yaklaşımıyla Güçlendirilmesi" isimli yüksek lisans tezinde¹, Bayındırlık Bakanlığı'nın yaygın olarak kullandığı 1. Derece deprem bölgesinde bulunan bir ilköğretim okulununun, doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden statik itme yöntemiyle performansı değerlendirilmiş ve uygulanan üç güçlendirme şeklinin yapının performansına etkisi incelenmiştir.

Sayın'ın (2003), "Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirme Teknikleri " isimli yüksek lisans tezinde², Dolgu duvarların, mevcut deprem yönetmeliklerine uygun olarak boyutlandırılan çok katlı betonarme çerçevelerden oluşan yapı sistemlerinin yatay yükler altındaki genel davranışlarına olan etkilerinin geniş şekilde araştırılması, elde edilen sonuçlara dayanarak, dolgu duvarların çok katlı betonarme yapıların deprem yükleri altındaki davranışları üzerinde yarattıkları olumlu ve olumsuz etkilerinin saptanarak, önerilerin belirlenmesi suretiyle deprem etkilerine karşı daha güvenli ve ekonomik yapı tasarımına katkı sağlayacak güçlendirme teknikleri incelenmiştir.

Akyıldız'ın (2007), "Betonarme Bir Yapının Güçlendirme öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinde³, Performans kavramına dayalı, deformasyon kontrollü liner olmayan analiz yöntemi olan Statik İtme Analizi Yöntemi açıklanmıştır. Bu yöntem kullanılarak yapıların deprem karşısındaki davranışları değerlendirilmiş, deprem kuvvetine karşı güvenliğinin kontrolü ve güçlendirme çalışması anlatılmıştır. 1975 Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilen betonarme bir yapı üzerinde ayrıntılı bir şekilde anlatılan konuların bir uygulaması yapılmıştır.

Erkek'in (2005), "Performansa Dayalı Yapı Tasarımı Konusunda Statik-İtme Analizi" isimli yüksek lisans tezinde⁴, geliştirmekte olan ve uygulamada yaygınlaşmaya başlamış doğrusal olmayan analiz yöntemlerinden olan Statik İtme (Pushover) analizi anlatılmaya çalışılmış, konunun anlaşılması içinde mevcut bir yapı ve bu yapının güçlendirilmiş durumunun performans sonuçları incelenmiştir.

Coşkun'un (2007), "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Yapısal Performanslarının Belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinde⁵, dünyada ve ülkemizde üzerinde önemle durulan ve ciddi çalışmalar yapılan bir konu haline gelmiş olan performans kavramı ile ilgili yabancı kaynaklar araştırılmış ve bu kaynakların ülkemiz yönetmelikleri ile kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca yabancı kaynaklarda kullanılan yöntem ve esasların ülkemiz binalarına uygunluğu araştırılmış ve uygulanabilirliğin sağlanabilmesi için gerekli düzeltmeler üzerinde çalışılmıştır.

Bu çalışmada iki adet okul binası Japon Sismik İndeks Yöntemi ile incelenmiştir. İlki betonarme çerçeve, diğeri ise betonarme perdeli çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binalara daha sonra Artımsal İtme Analizi uygulanmış, bu iki yöntemden elde edilen

sonuçlar karşılaştırılarak Japon Sismik İndeks Yöntemi'nde önerilen bazı yapısal katsayıların, Türkiye koşullarındaki betonarme binalar için uyarlanması amaçlanmıştır.

Temür'ün (2007), "Statik İtme (Pushover) Yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi" isimli yüksek lisans tezinde⁶, depremlerde meydana gelen göçme mekanizmalarının mühendisleri lineer olmayan hesaplara yönelttiği, lineer olmayan hesap yöntemi ile yapının depremde göstereceği davranışı daha önceden büyük oranda tahmin edilebildiği, daha ekonomik ve güvenli çözümlerin elde edildiği ve bu yöntemin deprem mühendisliğinde giderek daha yaygın bir şekilde kullanıldığı belirlenmiştir.

Bu alışmada, 17 Ağustos 1999 Marmara Depremine maruz kalan beş katlı betonarme bir yapının performans seviyelerindeki farklılığı görmek için, 1975 ve 1998 Deprem Yönetmeliklerine göre; Yapının 1998 Deprem Yönetmeliğe göre kat adedinin ikiye indirilmesi halinde ve 1998 Deprem Yönetmeliği'ne göre güçlendirme yapılması halindeki performans seviyeleri ayrı ayrı incelenmeye çalışılmıştır. Performans seviyelerinin incelemesinde, lineer olmayan bir hesap yöntemi olan Kapasite Spektrum Yöntemi kullanılmıştır.

Polat, Kırçıl, Hancıoğlu'nun (2003), "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliklerinin İncelenmesi ve Performans Yaklaşımı" isimli seminerde⁷, performansa dayalı tasarıma ve doğrusal olmayan çözümlenmeye neden ihtiyaç olduğu deprem sırasında hangi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarında hasar oluşacağı, hasar dağılımının nasıl olacağı, bu hasarların miktarının ne olacağı, muhtemel göçme mekanizmalarının neler olduğu ve güncel tasarım yöntemlerinin bu sorulara ne ölçüde cevap verdiği incelenmiştir.

Tankut, Ersoy, Özcebe, Baran'nın (2005), "Betonarme Binaların Ön Üretimli Beton Panellerle Güçlendirilmesi" isimli seminerde⁸, Türkiye'de var olan çok büyük bina stoğunun çok önemli bir bölümünün deprem dayanımı bakımından yetersiz olduğu ve bunlardan önemli bir bölümünün güçlendirilmesi gerektiği, yapı kullanıcılarını sokağa dökmeden, hatta kullanıcıya bir boya-badana işinden daha fazla rahatsızlık vermeden uygulanabilecek ve de hem olabildiğince ekonomik hem deprem güvenliği sağlama doğrultusunda etkili olacak güçlendirme yöntemleri üzerinde durularak, bu yöntemlerin nasıl geliştirilecekleri incelenmiştir.

Celep'in (2008), "Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme (Deprem Yönetmeliği 2007 Kavramları" isimli kitabında⁹, 2007 Deprem Yönetmeliği'nin teorik temellerinin ve kullanılan kavramların olabildiğince kapsamlı biçimde açıklanması basit örneklerle yapılmıştır. Konu ile ilgili temel bilgilerin verilmesi ve uygulama alanlarında çalışan mühendislere konunun öneminin belirtilmesi esas alınmıştır. Deprem Yönetmeliği'nde söz konusu edilen betonarme taşıyıcı sistemlerin doğrusal olmayan davranışı esas alınarak, yönetmelikteki kavramların açıklanması amaçlanmıştır.

Aydınoglu, Celep, Özer, Sucuoğlu'nun (2009), "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamaları ve Örnekler Kitabı" isimli kitabında¹⁰, deprem mühendisliğinde temel kavramlar, yeni betonarme binaların tasarım örnekleri, yeni çelik binaların tasarım örnekleri, betonarme binaların değerlendirme ve güçlendirme örnekleri, yığma binaların tasarım, değerlendirme ve güçlendirme örnekleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

KAYNAKLAR

- 1 Akkan, F. ; “Mevcut Bir Okul Yapısının Performans Yaklaşımıyla Güçlendirilmesi”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü,2006
- 2 Sayın, B. ; “Mevcut Betonarme Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliğine Göre Projelendirilmesi ve Güçlendirme Teknikleri”,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,2003
- 3 Akyıldız , H. ; “Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- 4 Erkek , D. ; “Performansa Dayalı Yapı Tasarımı Konusunda Statik - İtme Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005
- 5 Coşkun , A. ; “Mevcut Betonarme Binaların Deprem Etkisindeki Yapısal Performanslarının Belirlenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- 6 Temür, F. ; “Statik İtme (Pushover) Yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- 7 Polat, Z. ;Kırçıl,M. ;Hancıoğlu,B.;“Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliklerinin İncelenmesi ve Performans Yaklaşımı”, Seminer,İstanbul,2003
- 8 Tankut, T. ;Ersoy,U. ;Özcebe ,G.;Baran, M. ;“Betonarme Binaların Ön Üretimli Beton Panellerle Güçlendirilmesi”, Seminer,Ankara,2005

- 9 Celeb,Z.;“*Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal olmayan Davranış ve Çözümleme*”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2008
- 10 Aydınoğlu, N. ;Celep,Z. ;Özer, E. ;Sucuoğlu,H. ; “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar Ve Örnekler Kitabı*”,İstanbul Proje Kordiansyon Merkezi,2009

3.DEPREM

Yapılarımızı projelendirirken hesap esaslarımızın başlangıç noktasını oluşturan, meydana geldiğinde insanoğlunu maddi ve manevi zararlara uğratma olasılığına sahip depremi öncelikle tanımlamak gerekir.

3.1. Deprem Nedir?

Deprem büyük can ve mal kaybına neden olan doğal bir afettir. Yer kabuğundaki tabakaların derinliklerinde oluşan ısı değişimleri ile bu tabakaların birbirlerine göre kaymaları, kırılmaların oluşmasına neden olur. Bu kırılma çizgileri “fay” olarak adlandırılır. Depremlere genelde bu faylar boyunca oluşan yer değiştirmeler neden olur. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Depremın yeryüzündeki etkisi¹

3.1.1. Depremın Büyüklüğü Ve Şiddeti

Fay kırılması sonucu açığa çıkan enerjinin miktarı ölçülür ve sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, Depremın Aletsel Büyüklüğü olarak tanımlanır ve Richter Ölçeği kullanılarak yapılır.⁵

$$\log_{10}E= 11.4 + 1.5M \quad E=10^{11.4+1.5M} \quad (3.1)$$

burada E açığa çıkan enerji (birimi: erg) , M Richter büyüklüğüdür.

Görüldüğü gibi açığa çıkan enerjinin ifadesi logaritmiktir. Örneğin Richter ölçeğine göre 5 ve 6 büyüklüğündeki iki depremde açığa çıkan enerji miktarları karşılaştırıldığında;

$$M=5 \text{ için } E=10^{11.4+1.5*5}=10^{18.9}$$

$$M=6 \text{ için } E=10^{11.4+1.5*6}=10^{20.4}$$

$$E_6/E_5=31,6$$

6 büyüklüğündeki bir depremde açığa çıkan enerjinin 5 büyüklüğündeki bir depremde açığa çıkan enerjiden yaklaşık 32 kat daha fazla olduğu bulunabilir.

Depremın bir başka sınıflandırması da şiddetidir. Depremın yeryüzünde oluşturduğu hasarın gözlenmesi ve değerlendirilmesine dayanan kişisel bir sınıflandırmadır. Şiddeti tanımlamak için birçok ölçek geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği'dir⁴. (Modified Mercalli-MM Intensity Scale). Hiçbir matematiksel temeli olmayıp bütünüyle gözlemsel bilgilere dayanır.³

3.1.1.1. Mercalli Şiddet Cetveli

Şiddet 1: Genellikle insanlar tarafından duyulmaz. Ancak duyarlı sismograflar tarafından kaydedilir.

Şiddet 2: Ancak istirahat eden (oturan, yatan) ve özellikle yapıların üst katlarındaki kişiler tarafından duyulur. Asılmış konumdaki bazı eşyalar sallanabilir.

Şiddet 3: Yapıların içinde ve özellikle yapıların üst katlarında bulunan kişiler tarafından duyulur. Asılı cisimler sallanır. Birçok kişi bunun deprem olduğunu anlayamaz. Duran motorlu araçlar hafifçe sallanabilir. Ağır bir motorlu araç geçiyormuş gibi duyulur. Süresi algılanabilir.

Şiddet 4: Gündüzleri yapıların içinde bulunan birçok kişi, dışarıda ise bazı kişiler tarafından duyulabilir. Büyük bir kamyon geçiyormuş gibi algılanabilir. Geceleri bazı kişileri uyandırabilir. Tabaklar, pencereler, kapılar sallanır. Duvarlardan gıcırdama sesleri çıkabilir. Duran araçlar sarsılır.

Şiddet 5: Hemen hemen herkes tarafından duyulur. Birçok kişi uyanır. Yönü izlenebilir. Mutfak eşyalarından ve pencere camlarından bir bölümü kırılabilir. Sıvalar çatlayabilir ya da düşebilir. Kararlı olmayan eşyalar devrilebilir. Bazen ağaçların, direklerin ve diğer yüksek eşyaların sallandığı görülür. Sarkaçlı saatler durabilir. Kötü yapılmış bacalar ve bahçe duvarları yıkılabilir.

Şiddet 6: Herkes tarafından duyulur. Birçok kişi korkar ve dışarı fırlar. Yürümek zorlaşır. Pencere camları, tabaklar ve cam eşyalar kırılır. Ağır eşyalardan bir bölümü yerinden oynar. Kitaplar raflardan düşer. Sıvalar ve D tipi yapılarda çatlaklar oluşur. Bacaların düştüğü görülür. Ağaçlar ve çalılar sallanır ya da hışırda.

Şiddet 7: Ayakta durmak zorlaşır. Herkes dışarı koşar. Araç kullanan kişiler depremin farkına varırlar. Asılı cisimler düşer. Eşyalar hasar görür. D türü yapılarda çatlak ve hasar oluşur. Zayıf tutturulmuş bacalar düşer. Sıva, zayıf tutturulmuş tuğla, taş ve fayans, korniş, parapet ve yapı dekorasyon malzemeleri gibi cisimler düşer. C türü yapılarda çatlaklar oluşur. Havuzda dalgalanma, su birikintilerinde çamurlaşma, kum ve çakıl birikintilerinde küçük kaynamalar ve çukurlar oluşur. Beton kanaletlerde hasar oluşur.

Şiddet 8: Araba sürmek zorlaşır. C türü yapılarda hasar ve kısmen yıkılma, B türü yapılarda az hasar, A türü yapılarda hasar yok. Zayıf duvarlar yıkılır. Heykeller, yüksekte duran su tankları, yığılmış malzemeler, kuleler ve bacalar yıkılır. Temeli zayıf ahşap yapılar devrilir, ağaç dalları kırılır. Ağır eşyalar ters döner. Araç kullananlar rahatsız olurlar. Su kaynaklarının debisi ve sıcaklığı değişir. Arazide kum fişkirmaları (sıvılaşma), çatlaklar ve faylar (kırıklar) olur. Kayalar düşer, heyelanlar olabilir.

Şiddet 9: Genel bir panik olur. D türü yapıların tümü yıkılır. C türü yapılar ağır hasara uğrar. B türü yapılar önemli derecede hasar görür. Birçok yapının temelinde hasar olur. Yeryüzünde büyük yarık ve çatlaklar oluşur. Yeraltındaki borular kopar. Kumlu zeminlerde sıvılaşma olur.

Şiddet 10: B,C ve D türü yapıların büyük çoğunluğu yıkılır. İyi yapılmamış ahşap karkas, betonarme yapılarda çok ağır hasar ya da kırılma başlangıcı görülür. Baraj ve bentlerde önemli hasar gözlenir. Yeryüzünde büyük çatlaklar ortaya çıkar. Raylar bükülür. Irmak kıyılarında ve dik yamaçlarda heyelanlar olur. Kum ve çamur akmaları (sıvılaşma) görülür.

Şiddet 11: Pek az yapı ayakta kalır. Köprüler yıkılır. Yeryüzünde büyük çatlaklar oluşur. Yeraltı boruları tümüyle işe yaramaz duruma gelir. Yumuşak zeminde yer kaymaları ve toprak yığıntıları olur. Raylar çok fazla eğilir.

Şiddet 12: Tüm yapılar yıkılır. Deprem bölgesinde yeryüzü biçimi değişir. Cisimler havaya fırlar. Yeryüzünde deprem dalgalarının ilerleyişi görülür. Ufuk ve yataylık kavramı kaybolur.

Yapı Tipleri

A türü yapı: İyi işçilik ve tasarım. Yatay kuvvetlere dayanmak üzere demir, beton vb. malzemeyle donatılı olarak inşa edilmiş sağlam yapı.

B türü yapı: İyi işçilik ve harç, donatılı. Yatay kuvvetlere dayanıklı olarak tasarlanmamış.

C türü yapı: Alelade işçilik ve harç. Çok zayıf bir yapı olmamakla birlikte donatılı olarak ve yatay kuvvetlere dayanıklı olarak yapılmamış.

D türü yapı: Kerpiç, taş gibi zayıf malzeme, kötü harç, standart dışı işçilik ve yatay kuvvetlere karşı zayıf.

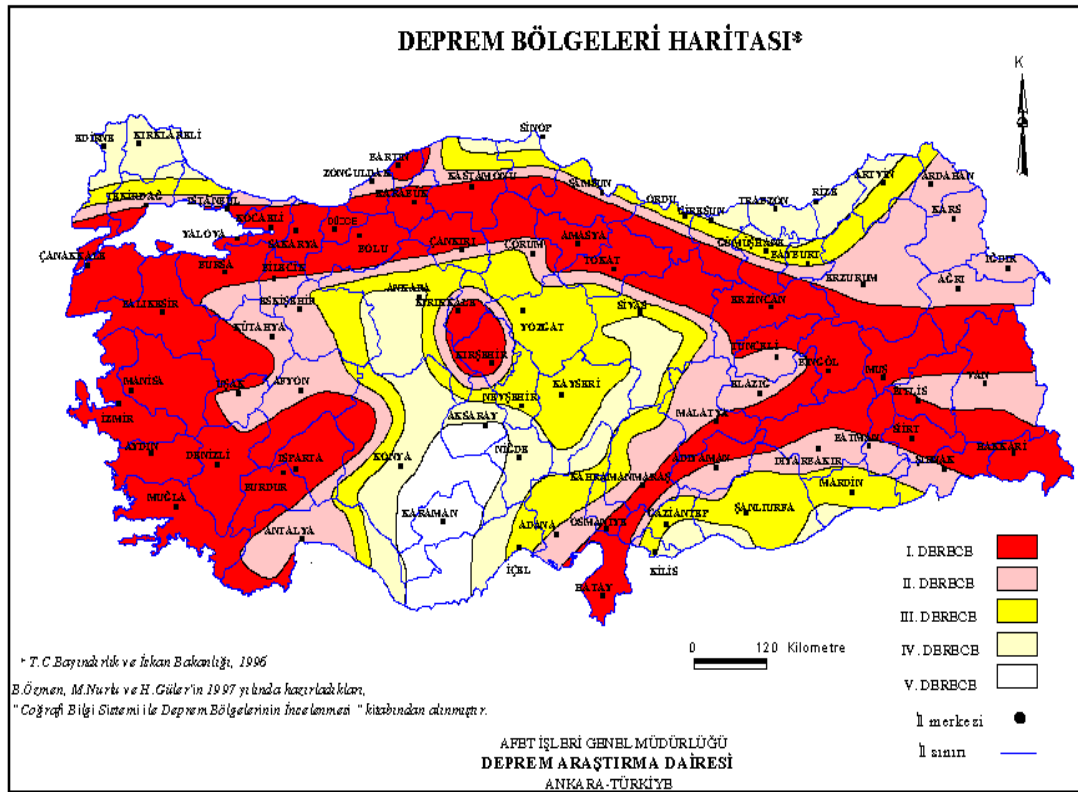
Denklem (3.1) den görüldüğü gibi depremin büyüklüğü açığa çıkan enerjinin bir ifadesidir. Depremin şiddeti ise; tamamen gözlemsel olarak, depremin yapılar ve insanlar üzerinde meydana getirdiği etkilerle ilgilidir.

3.1.2. Türkiye’de Deprem

Dünyadaki deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan ve topraklarının yaklaşık %92’si deprem bölgesi içerisinde yer alan ülkemiz nüfusunun, yaklaşık

%95'i bu topraklarda yaşamaktadır. Bu nedenle, ülkemizin bölge ve nüfus olarak büyük bir bölümünün farklı boyutlarda deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğunu söylemek mümkündür. 13 Mart 1992 Erzincan, 1 Ekim 1995 Dinar, 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan, 17 Ağustos 1999 Adapazarı-İzmit, 12 Kasım 1999 Düzce depremleri önemli ölçüde can ve mal kaybına sebep olmuştur.

Yönetmelikte belirtilen deprem bölgeleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca hazırlanan ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlükte olan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda verilmiş bulunan, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci derece deprem bölgeleridir. Birinci derece deprem bölgesi deprem riskinin en fazla olduğu bölge olup beşinci bölgeye doğru azalma göstermektedir.¹



Şekil 3.2. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası²

KAYNAKLAR

- 1 *Türkmen, M. ;Demir, F. ;Tekeli, H. ;Çırak,F. ;Öcal, C. ;” Deprem Yüğü Altında Betonarme Taşıyıcı Sistem Eeleanorlarının Davranışı”,Seminer,Isparta,2005*
- 2 *DBYYHY 2007, “ Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007*
- 3 *Celeb,Z., Kumbasar, N. ; “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004*
- 4 *http:// www.netbull.com*
5. *Atımtay, E., 2000, “Açıklamalar ve Örneklerle Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, 2. Baskı, Bizim Büro, Ankara.*

4. PERFORMANS KAVRAMLARI

4.1 Performans Tanımları

Binaların deprem performansı yeni bir kavramdır. Tanımlanan deprem etkisi altında bir binada oluşabilecek hasarların düzeyine ve dağılımına bağlı olarak belirlenen yapı güvenliği olarak tanımlanabilir. Kısaca uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Deprem yönetmeliğinde⁵ tanımlanan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans düzeyi belirlenir.

Performans amaçları, binaların muhtemel depremlere karşı sergilenen davranışı açıklar. Yani sismik performans tanımlar. Sismik performans, belirli bir deprem etkisi altında kabul edilebilir maksimum hasar durumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması şeklinde tanımlanır.

Performans amacı belirlendikten sonra mühendis, analizlerde kullanılacak sismik talebi ve bu talebe göre yapısal ve yapısal olmayan sistemlerin tasarımında kullanılacak kabul edilebilirlik kriterlerini tanımlar. Yer sarsıntılarının meydana gelmesi sırasında, eğer uygulamada hata yapılmamışsa yapılar, beklenen performansları gösterir hatta daha da fazla bir seviyede performans göstermesi beklenir. Ancak, uygulamadaki yanlışlıklar ve projelendirmedeki olası yanlışlıklar nedeniyle bu durum kesin değildir.²

4.2. Mevcut Binalar İçin Deprem Düzeyi ve Bina Performans İlişkisi

Deprem hasarları kiriş, kolon, perde ve birleşim bölgesi gibi taşıyıcı elemanlarda meydana gelir. Eleman hasarlarının değerlendirilmesinde öncelikle

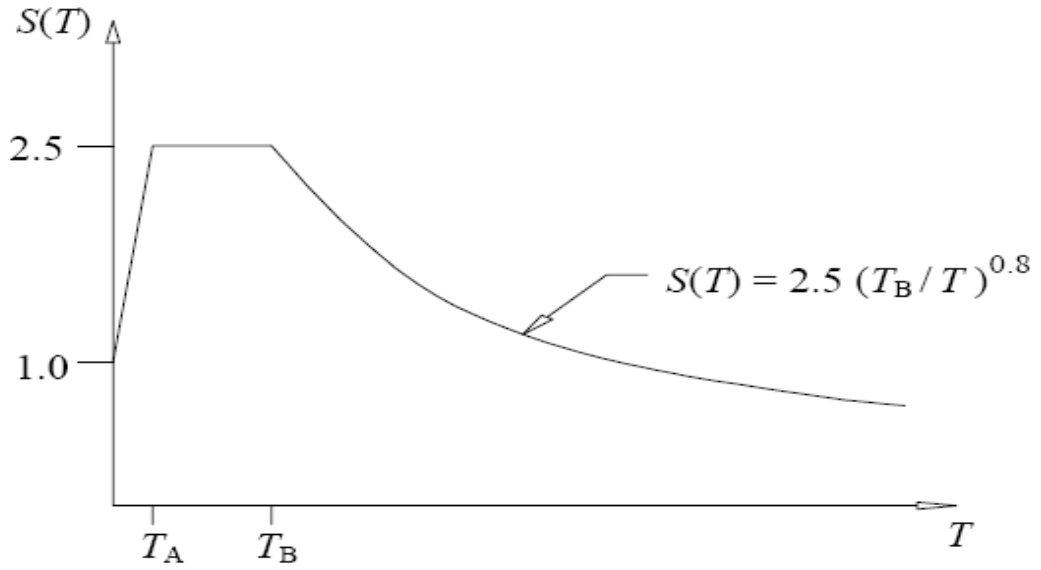
hasarı incelenen elemanın sünek yada gevrek davranışından kaynaklandığının belirlenmesi gereklidir. Gevrek olarak hasar gören elemanlar, diğer bir tanımla kesme kapasitesi aşılmış olan elemanlar göçmüş kabul edilir (kesme kırılması). Sünek olarak hasar gören elemanların hasarları ise hesaplanan iç kuvvet (moment) veya birim şekil değiştirme düzeylerine göre minimum hasar, belirgin hasar veya göçme olarak değerlendirilir.

Bu bölümde birden fazla deprem düzeyi tanımlanmış olup bu depremlerin etkisi altında bulunan binalar için birden fazla performans hedefinin öngürülebilmesi olanaklı hale getirilmiştir.

4.2.1.Mevcut binalar için değerlendirme - tasarım depremleri

Deprem yönetmeliğinde 50 yılda aşılma olasılıkları %50 , %10, %2 olan üç farklı düzeyde deprem tanımlanmıştır.

D1 deprem düzeyi: Bu deprem düzeyi binaların servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı fazla olan, görece olarak sık ancak şiddeti çok yüksek olmayan deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu düzeydeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %50 , buna karşı gelen dönüş periyodu ise 72 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanması için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonuçlanıncaya kadar *D1* depreminin ivme spektrumunun ordinatları *D2* depremi için yönetmelikte tanımlanan spektrumun ordinatlarının yaklaşık yarısı olarak alınacaktır ¹.



Şekil 4.1 Spektrum Eğrisi ⁵

D2 deprem düzeyi: Bu deprem düzeyi binaların, servis ömürleri boyunca meydana gelebilmesi olasılığı çok fazla olmayan seyrek ancak şiddetli deprem yer hareketlerini ifade etmektedir. Bu düzeydeki depremin 50 yılda aşılma olasılığı %10, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 475 yıldır D2 depreminin ivme spektrumunun ordinatları Şekil 4.1 de görülmektedir.

D3 deprem düzeyi: Bu deprem düzeyi binaların maruz kalabileceği en şiddetli deprem yer hareketini ifade etmektedir. D3 düzeyindeki bu çok seyrek depremin 50 yılda aşılma olasılığı %2, buna karşı gelen dönüş periyodu ise 2475 yıldır. Bu depremin ülke çapında tanımlanabilmesi için yürütülmekte olan bilimsel çalışmalar sonuçlanıncaya kadar D3 depreminin ivme spektrumunun ordinatları yukardaki ivme spektrumunun ordinatlarının yaklaşık 1.5 katı olarak alınacaktır.

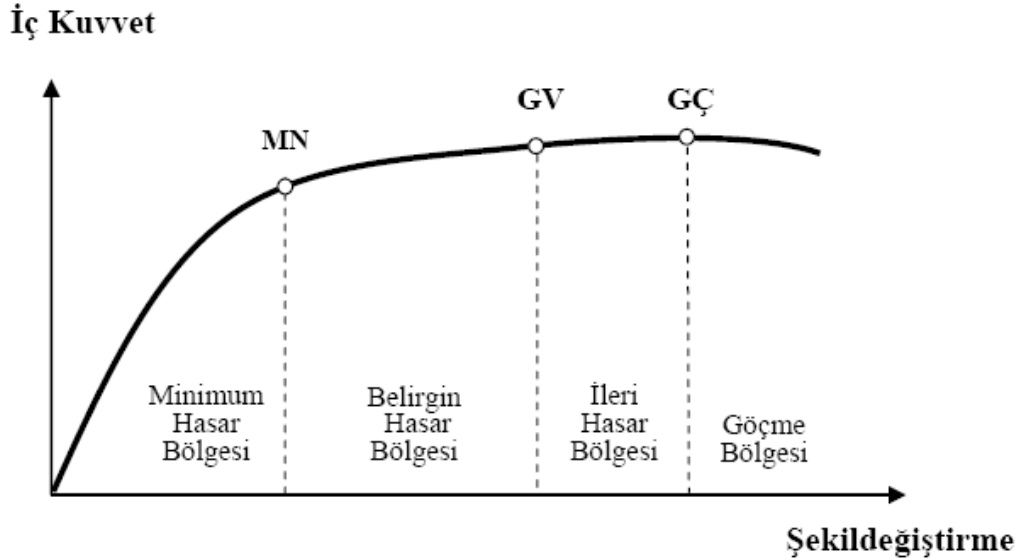
4.2.2. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

4.2.2.1. Kesit Hasar Sınırları

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

4.2.2.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *Belirgin Hasar Bölgesi*'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*'nde, GÇ'yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*'nde yer alırlar⁵. (Şekil 4.2)



Şekil 4.2 Kesit Hasar Bölgeleri ⁵

4.3. Mevcut binalar için hedeflenen performans düzeyleri

Mevcut bir binanın deprem performansının belirlenebilmesi için öncelikle binanın yapılmış olan durumunun yeterli ölçüde bilinmesi gerekir. Bu amaçla mevcut binalardan toplanacak yapısal sistem özellikleri, boyutlar, malzeme ve detaylarla ilgili bilgilerin kapsamı belirlenir. Daha sonra bu bilgiler kullanılarak binanın yapısal modeli oluşturulur ve deprem etkileri altında elemanlarda meydana gelecek iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler hesaplanır. Binanın kullanım amacı ve türüne göre yukarıda tanımlanan farklı deprem düzeyleri altında, performansa göre değerlendirme yaklaşımı çerçevesinde binalar için farklı performans hedefleri öngörülmüştür. Çizelge 4.1 den görüldüğü gibi konutlar ve benzeri gibi standart binaların dışındaki binalar için iki ayrı deprem düzeyi altında iki farklı performans hedefinin sağlanması öngörülmektedir. Ancak öngörülen hedefler, minimum hedefler olup özel koşullara ve isteğe bağlı olarak yükseltilebilir. Örneğin bir konut binası için tabloda öngörülen 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem altında Can Güvenliği (CG) performans hedefine ek olarak 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem altında Göçme Öncesi(GÖ) performans düzeyinin hedeflenmesi mümkündür.²

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

HK: Hemen Kullanım; **CG:** Can Güvenliği; **GÖ:** Göçme Öncesi

Çizelge 4.1 Farklı Deprem Düzeylerinde Binalar İçin Öngürülen Minimum Performans Hedefleri ⁵

4.4 Bina Deprem Performansının Belirlenmesi

4.4.1. Betonarme binaların deprem performansı

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

4.4.2. Hemen kullanım performans düzeyi

Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda kirişlerin en fazla %10'u Belirgin Hasar Bölgesi'ne geçebilir, ancak diğer taşıyıcı elemanlarının tümü Minimum Hasar Bölgesi'ndedir. Eğer varsa, gevrek olarak hasar gören elemanların güçlendirilmeleri kaydı ile, bu durumdaki binaların Hemen Kullanım Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.⁵

4.4.3. Can güvenliği performans düzeyi

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

(a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u ve kolonların aşağıdaki

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

(c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.⁵

4.4.4. Göçme öncesi performans düzeyi

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

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

(b) Diğer taşıyıcı elemanların tümü *Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin Hasar Bölgesi veya İleri Hasar Bölgesi'ndedir*. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden *Minimum Hasar Sınırı* aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir.⁵

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

4.4.5. Göçme Durumu

Bina *Göçme Öncesi Performans* düzeyi'ni sağlayamıyorsa *Göçme Durumu*'ndadır. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.⁵

KAYNAKLAR

- 1 *Aydinoğlu, N. ;Celep,Z. ;Özer, E. ;Sucuoğlu,H. ;Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı,İstanbul Proje Kordiansyon Merkezi,2009*
- 2 *Akyıldız , H. ; “Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007*
- 3 *Temür, F. ; “Statik İtme (Pushover) yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007*
- 4 *Koparan , İ. ; “Mevcut Betonarme Binaların Performans Analizleri”,Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006*
- 5 *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007*
- 6 *Akkan, F. ; “Mevcut Bir Okul Yapısının Performans Yaklaşımıyla Güçlendirilmesi”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.*

5. BETONARME BİNALARDAN BİLGİ TOPLANMASI VE HESAP YÖNTEMLERİ

5.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı

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

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

5.2. Bilgi Düzeyleri

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

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

Çizelge 5.1. Binalar İçin Bilgi Düzeyi Katsayıları ⁵

Sınırlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi Çizelge 4.1'de tanımlanan “Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar” ile “İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar” için uygulanamaz.

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

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

Taşıyıcı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılacak malzeme dayanımları mevcut malzeme dayanımı olarak tanımlanır.⁵

5.3. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

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

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın

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

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

5.4. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm

betonarme elemanların ve dolgu duvarlarının her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

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

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m2 den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde

alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

5.5. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

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

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyinde eleman detayları için belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk

bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak olası donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değer eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

5.6 Mevcut Binaların Değerlendirilmesinde Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Mevcut binaların deprem hesabında uyulan genel ilke ve kurallar ile yeni binaların deprem hesabında uyulan genel ilke ve kurallar arasında bazı önemli farklar bulunmaktadır.

Deprem yüklerinin tanımında yüklerin azaltılması amacıyla taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R katsayısı) uygulanmaz. R katsayısı yeni yapılacak binalarda uygulanan kapasite tasarım yöntemi ilkeleri doğrultusunda tanımlanmış bir katsayıdır. Kapasite tasarımı uygulanmamış binalar için geçerli değildir.

Malzemelerin tasarım dayanımı yerine , yerinde incelemelerle belirlenen mevcut dayanımları göz önüne alınır. Mevcut dayanımların belirlenmesinde de istatistiksel dağılım özellikleri göz önüne alınmaktadır. Bu nedenle hesaplanan mevcut dayanım değerlerinden daha düşük dayanım bulunma olasılığı çok düşüktür.

Kat ağırlıkları kat kütleleri ile uyumlu olmalıdır. Hareketli yük azaltma katsayısı n gerek kat ağırlıkları, gerekse kat kütlelerinin hesabında aynı olmalıdır.

Kat kütleleri her katın kütle ağırlık merkezinden tanımlanır. Deprem kuvvetlerinin etkime noktalarının tanımında ayrıca ek dış merkezlik uygulanmaz. Ek dış merkezliğe neden olan unsurların mevcut bir binada bulunmadığı varsayılmaktadır.

Eğilme etkisindeki betonarme elemanların modellenmesinde çatlama kesit özellikleri kullanılır. Çatlama kesit varsayımı özellikle şekil değiştirmelerin ve iç kuvvetlerin dağılımının daha hassas olarak hesaplanmasını sağlamaktadır.

Kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olduğu tespit edilen elemanlarda kesit kapasite momenti bu yetersizlik oranında azaltılmalıdır. Bu durumdaki bir elemanın kapasitesine sünek eğilme kırılması ile değil gevrek kesme kırılması ile ulaşması çok mümkündür.⁵

5.7 Mevcut Binaların Değerlendirilmesinde Hesap Yöntemleri

Deprem hesabı ve mevcut binaların performansının değerlendirilmesi için binaların, doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan davranış kabullerine dayalı olarak farklı iki yöntem tanımlanmıştır. Aynı deprem etkisi altındaki bir bina için iki yöntemin tüm elemanlarda aynı performans düzeyini vermesi şart değildir. Ancak aradaki farkların makul sınırlar içerisinde kaldığı gerekmektedir ve bu gereklilik kanıtlanmıştır.

5.7.1 Doğrusal elastik hesap yöntemleri

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

Mod Birleştirme Yöntemi: Bu yöntemle yapılan hesapta $R_a=1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.⁵

Mevcut binalarda iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin hesaplanması için kullanılan hesap yöntemleri yönetmelikte bulunan yeni binalar için verilen hesap yöntemleri ile yaklaşık olarak aynıdır. tek önemli fark, kat sayısı 8 i aşmayan ve burulma düzensizliği bulunmayan binalara uygulanabilen eşdeğer deprem yükü yönteminde taban kesme kuvvetinin hesabıdır.

$$V_t = \lambda WA(T_I) \quad (5.1)$$

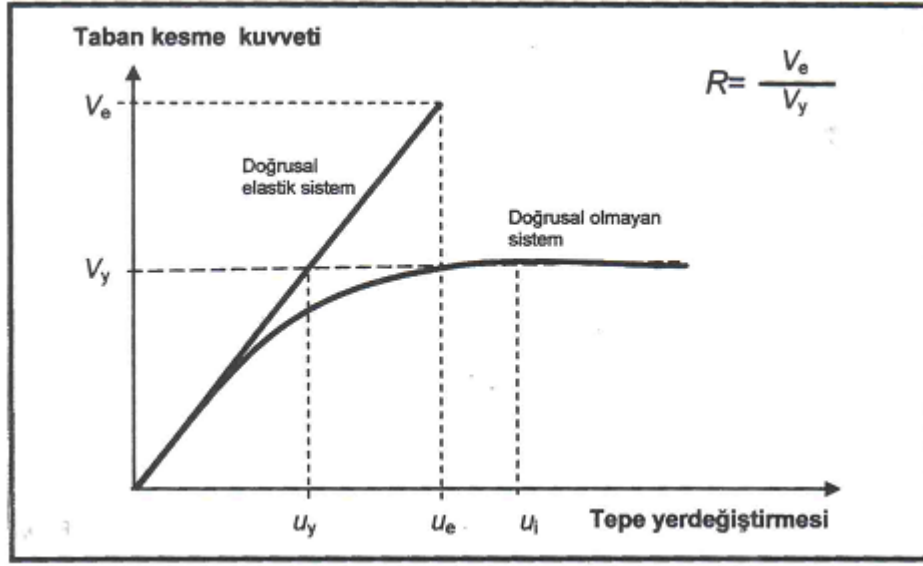
Denklem (5.1) de λ kat sayısı üç veya daha çok katlı binalarda 0.85 alınmaktadır. Bunun nedeni birinci titreşim modunun hakim olduğu bu tür binalarda birinci moda ait etkin kütlelerin genel olarak bina ağırlığının %85'ini geçmemesidir.

Mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemlerinin yeni yapılacak binaların doğrusal elastik hesap yöntemlerinden temel farkı performans değerlendirmesidir. Yeni binaların tasarımında doğrusal elastik davranış kabulü ile hesaplanan (azaltılmamış) deprem kuvvetleri, tasarlanan yapının elastik ötesi süneklik ve fazla dayanım (tasarım dayanımına göre) özellikleri göz önüne alınarak seçilen taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R_a) bölünmesi ile azaltılır. Bu azaltma, binanın kapasite tasarım ilkelerine uygun olarak tasarlandığında deprem etkileri altında hiçbir elemanda gevrek kırılma olmayacağı ve tüm elemanların benzer süneklik ve fazla dayanım özelliklerine sahip olacağı varsayımına dayanır. Azaltılmış deprem kuvvetleri altında hesaplanan iç kuvvetler, düşey yüklerden kaynaklanan iç kuvvetlerle birleştirilerek elemanların tasarım kuvvetleri belirlenir.¹

Depremden kaynaklanan iç kuvvetlerin aynı yük azaltma faktörü ile azaltılmasının gerekçesi binanın deprem sırasında tek dereceli sistem gibi

davranacağı varsayımdır. Özellikle birden fazla titreşim modunun hasaba katıldığı mod birleştirme yönteminde bu kabul doğru değildir. Sadece pratik bir yaklaşıklık sağlar. Esasında bu durumda her mod için ayrı bir R_a katsayısı tanımlamak gereklidir.

Kapasite tasarımı ilkelerine göre tasarlanan bir binanın deprem etkisi altında tek dereceli bir sistem gibi davranacağını ve dayanım fazlası olmadığını, yani binanın gerçekleşen dayanımının tasarım dayanımına tam tamına eşit olduğunu kabul edelim. Bu durumda binanın doğrusal elastik ve doğrusal olmayan deprem davranışını şekil 5.1 de gösterildiği gibi ifade edebiliriz. Şekilde taban kesme kuvveti (V) ile tepe yer değiştirmesi (u) ilişkisi eşdeğer bir tek dereceli sistemi tanımlamaktadır. V_e ve u_e deprem etkisi altında doğrusal elastik sisteme ait taban kesme kuvveti ve yerdeğiştirme talebini göstermektedir. V_y ve u_y tasarlanan sistemin akma dayanımını ve akma yerdeğiştirmesi, u_i ise deprem etkisi altında doğrusal olmayan sisteme ait yerdeğiştirme talebidir. Bu durumda doğrusal elastik sistem için deprem yükü azaltma katsayısı R , elastik sisteme ait taban kesme kuvveti talebinin (V_e) taban kesme kuvveti kapasitesine (V_y) oranıdır.



Şekil 5.1 Tipik Bir Binanın Taban Kesme Kuvveti ve Tepe Yer Değişirgesi ¹

Tasarlanan sistemin yerdeğişirme kapasitesi deprem etkisi altında gerçekleşen doğrusal olmayan davranışa ait yerdeğişirme talebini (u_i) karşıladığı sürece, deprem yüklerinin bir deprem yükü azaltma katsayısı kullanılarak azaltılması tutarlıdır. Sünek olarak tasarlanan elemanlarda meydana gelen ve özellikle kuvvetli kolon – zayıf kiriş durumunun sağlandığı binalar, yüksek şiddetli deprem etkileri altında daha yeterli şekil değiştirme ve yer değiştirme kapasitesini sağlayabilmektedir. Betonarme elemanların sünekliği, tüm kritik kesitlerin sargı donatısı kullanılarak sarılması ile önemli miktarda arttırabilir.

Deprem yönetmeliği koşullarını sağlayan mevcut bir binada tek bir R katsayısı kullanılarak deprem yüklerini azaltmak ve eleman kapasitelerini azaltılmış deprem yükleri ve düşey yük etkilerinin birleşik etkisi altında kontrol etmek doğru değildir. Zira elemanlarının tümü aynı derecede sünek olmayan bir binada tek bir R katsayısı tanımı geçerli değildir. Bu nedenle doğrusal elastik performans hesabında deprem yükü azaltma katsayısı uygulanmamış, deprem etkileri azaltılmamış deprem yükleri altında hesaplanır.

Doğrusal elastik olarak modellenen bir binanın elemanlarının performans kontrolü, kritik kesitlerde azaltılmamış deprem etkisi ve düşey yük etkisi altında hesaplanan iç kuvvetlerin kesit kapasiteleri ile karşılaştırılması sonucunda yapılabilir. Kesit kapasitesinin aşılmasına, ancak kesit yeterli sünekliğe sahipse izin verilebilir. Dolayısıyla eleman kesitlerinde iç kuvvetler cinsinden elde edilen *etki / kapasite oranları* kesitten talep edilen sünekliğin bir göstergesi olmaktadır.

2007 deprem yönetmeliği'nde etki /kapasite oranları (r faktörleri), kapasite tasarımı yaklaşımının tersten formüle edilmesi ile tanımlanmıştır.

$$r = (\text{deprem momenti}) / (\text{artık moment kapasitesi}) \quad (5.2)$$

$$\text{Artık moment kapasitesi} = \text{kesit moment kapasitesi} - \text{düşey yük momenti} \quad \text{denk (5.3)}$$

Bu şekilde hesaplanan r talepleri, kesit hasar sınırları için tanımlanan $r_{\text{sınır}}$ değerleri ile karşılaştırılarak kesitin ve elemanın hasar durumuna karar verilmektedir. Denk (5.2) ve (5.3)' deki büyüklüklerin hepsi vektöryeldir. Eğilme yönleri dikkate alınmalıdır.

Yukardaki iki denklem birleştirilerek kesit moment kapasitesi denklemden çekilirse:

$$\text{Kesit moment kapasitesi} = \text{düşey yük momenti} + (\text{deprem momenti}) / r \quad (5.4)$$

İlişkisi elde edilmektedir. Bu ilişki kapasite tasarımında tüm elemanlar için tek bir deprem yükü azaltma katsayısı (R) kullanılması durumu ile eşdeğerdir.

Denk. (5.2) ile tanımlanan r değerleri Denk. (5.4)' de olduğu gibi bir yük azaltma katsayısı olarak değil, kesit süneklik talebini ifade eden katsayılar olarak algılanmalıdır.

5.8 Performans Değerlendirilmesinde Kullanılan Etki/Kapasite Oranı

Sınırları

Betonarme kirişler, kolonlar, perdeler ve güçlendirilmiş dolgu duvarların etki/kapasite oranları (r), Çizelge 5.2 - 5.3' de verilen sınır değerler (r_s) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilecektir⁵.

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Çizelge 5.2 Betonarme Kirişler İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)⁵

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

Çizelge 5.3 Betonarme Kolonlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları (r_s)⁵

Tablolardaki $r_{sınırlar}$ değerlerinin kirişlerde sargılama durumu, basınç donatısının çekme donatısına oranı ve kesme gerilmesine, kolonlarda ise sargılama durumu,

basınç gerilmesi ve kesme gerilmesine bağılı olarak değiştiği gözlenmektedir. Sargılama betonarme kesitlerin sünekliliğini arttırır. Kesme gerilmelerinin betonun çekme dayanımını aşması durumunda ise kırılma türü eğilme kırılmasından eğilme / kesme kırılmasına doğru geçiş gösterir. Bu durum kesitin süneklilik kapasitesini azaltır. Diğer yandan süneklilik kapasitesi kiriş kesitlerinde basınç donatısı oranı ile artar, kolon kesitlerinde ise eksenel basınç oranı ile azalır. Tüm bu etkiler ilgili $r_{sınır}$ tablolarına yansıtılmıştır. Dolayısıyla r oranları kesit düzeyinde deprem momentlerinin azaltma katsayıları değil, kesit süneklilik taleplerini temsil eden katsayılar olarak algılanmalıdır.

5.9. Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

Son yıllarda inşaat mühendisliğinde mevcut yapıların değerlendirilmesinde ve yeni yapıların tasarımında doğrusal analiz yöntemlerinden, doğrusal olmayan analiz yöntemlerine doğru bir yönelim ortaya çıkmıştır. İnşaat mühendisliğinde ve bilgisayar teknolojisinde meydana gelen ilerlemeler neticesinde artık doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin kullanımında birkaç 10 yıl öncesine göre büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemlerinin yaygın kullanımı için erken olmakla beraber doğrusal olmayan statik analiz (pushover) hali hazırda bir çok inşaat mühendisliği uygulamasında kullanılmaktadır. 2007 yılında yürürlüğe giren deprem yönetmeliği taslağında da artımsal itme analizi adı altında anılan doğrusal olmayan statik analiz konusunda bir bölüm yer almaktadır.

2007 Deprem yönetmeliği'nde doğrusal olmayan davranışa ait performans değerlendirmesi için iki ayrı eşdeğer statik hesap yöntemi verilmektedir. Bu yöntemler esasında doğrusal elastik sistemler için kullanılan eşdeğer deprem yükü ve mod birleştirme yöntemlerinin doğrusal olmayan sistemlere uygulanmalarıdır.

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin doğrusal elastik hesap yöntemlerine göre en önemli avantajı, artan yükler altında sistemde bulunan yapısal elemanlar sırasıyla kapasitelerine ulaştıkça, bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara dağılmasına (yeniden dağılım) izin vermesidir. Böylece iç kuvvet dağılımı daha gerçekçi olarak hesaplanabilmektedir. Doğrusal olmayan çözüm yöntemleri henüz standartlaşmış değildir. Ancak kullanımları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Diğer yandan deprem etkisi altında performans değerlendirmesine esas teşkil eden doğrusal olmayan sisteme ait maksimum yer değiştirmeler, tasarım depremi altında yaklaşık yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Eşit yerdeğiştirme kuralı, yaklaşık yöntemlerin en yaygın kullanılanıdır

Doğrusal olmayan yöntemlerde eşdeğer deprem yükleri bir defada değil adım adım arttırılarak uygulanır. Bu nedenle bu yöntemler “statik itme analizi” olarak adlandırılır.¹

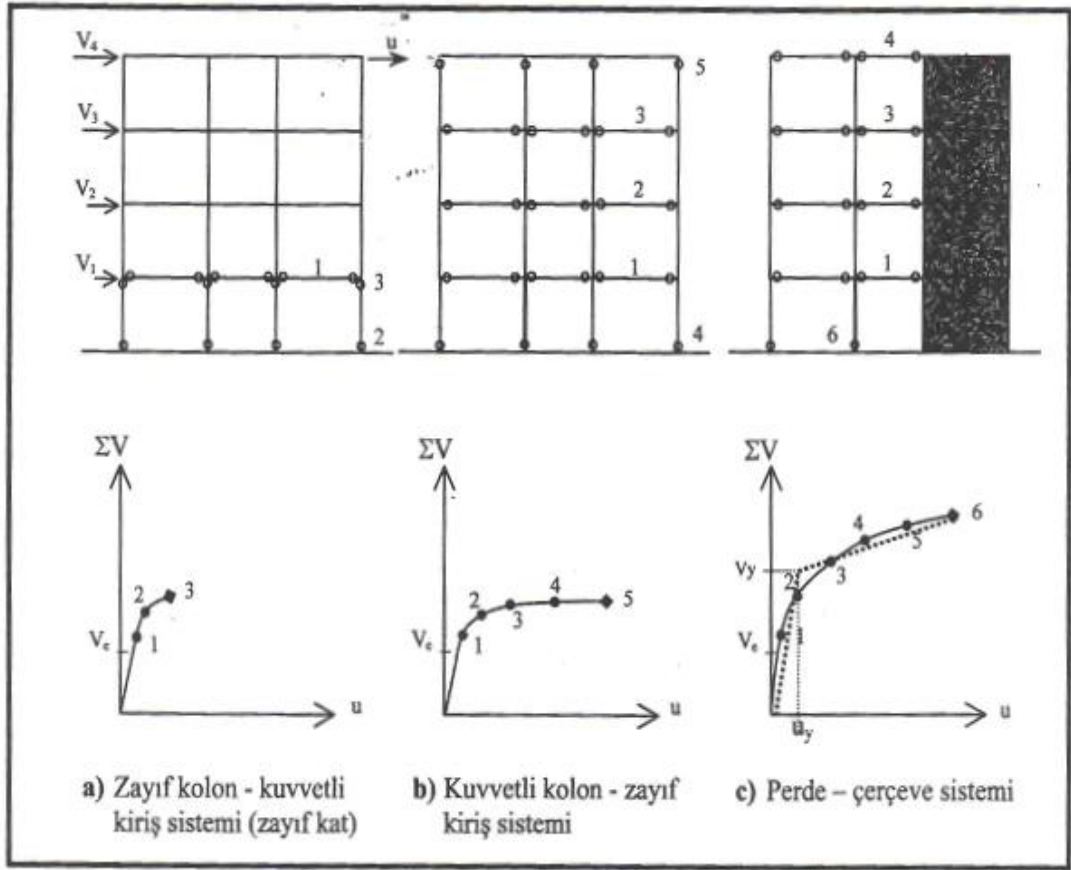
5.9.1. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi (Tek Modlu Statik İtme Analizi)

Bu yöntem doğrusal elastik sistemler için eşdeğer deprem yüğü yönteminin uygulanabildiği binalara uygulanır. Eşdeğer statik yatay yük dağılımı doğrusal elastik sistem ile aynı şekilde hesaplanır, ancak adım adım arttırılarak uygulanır. Deprem sırasında binanın en fazla zorlandığı duruma bu şekilde ulaştığı varsayılır. Arttırılarak uygulanan yatay yükler altında binada elastik ötesi statik davranışın oluşması Şekil 5.2’de temsili olarak gösterilmektedir.

Yapının kapasite eğrisi(şekil 5.1), her adımda uygulanan toplam yatay yükün (taban kesme kuvveti) çatı ötelenmesine karşı olan değişimi olarak ifade eldir. Şekil (5.2)'de mimari sitemi ve geometrisi aynı ancak farklı yatay yük taşıyıcı sistem özelliklerine sahip binaların plastik mafsallı oluşturma düzenleri ve buna bağlı olan kapasite eğrileri temsili olarak gösterilmektedir. Şekildeki sayılar plastik mafsalların kat kirişlerinde ve kolonlarında oluşma sırasını ve bu adımların kapasite eğrileri üzerindeki konumlarını göstermektedir.statik itme analizinin ilk adımlarında yapı doğrusal elastik davranacaktır. Belirli bir adım sonra plastik mafsallar oluşmaya başlayacak, özellikle mafsalların kolonlarda oluşması ile yapı tamamen plastik davranış sergilemeye başlayacaktır. Eğer eleman plastik mafsallarının pekleşme özelliği varsa bu durum yapının kapasite eğrisine de yansıtacak, plastik durumda artan yatay yükler altında yapının yanal kapasitesi azda olsa artmaya devam edecektir.

Farklı yapı türlerine ait kapasite eğrileri bu yapıların yatay yük altındaki dayanım ve süneklik özelliklerini yansıtır. Şekil 5.2 (a)'da önce birinci kat kirişleri mafsallaşmakta, daha sonra sırasıyla birinci kat kolonlarının alt ve üst uçları mafsallaşmaktadır. Bu durumda birinci katta mekanizma oluşur, yapı daha fazla yük alamaz ve kapasitesine ulaşır. Yıkılma birinci katın kararlılığını yitirmesiyle oluşur. Yumuşak kat-zayıf kat düzensizliğinin bulunduğu zemin katlı binalarda yapı pek fazla süneklik sergileyemez. Depremlerde sıkça görülen bu yıkılma türü oldukça gevrekçektir. Buna karşın Şekil 5.2 (b)'de gösterilen durumda önce bütün katlardaki kirişler aşağıdan yukarıya doğru sırasıyla kapasitelerine ulaşarak mafsallaşır. Bu oluşum sırasında yapının yanal rijitliği yavaş yavaş azalır ve yapı kararlılığını yitirmeden yanal ötelenme yapmaya devam eder. Tüm kirişlerin mafsallaşması ile

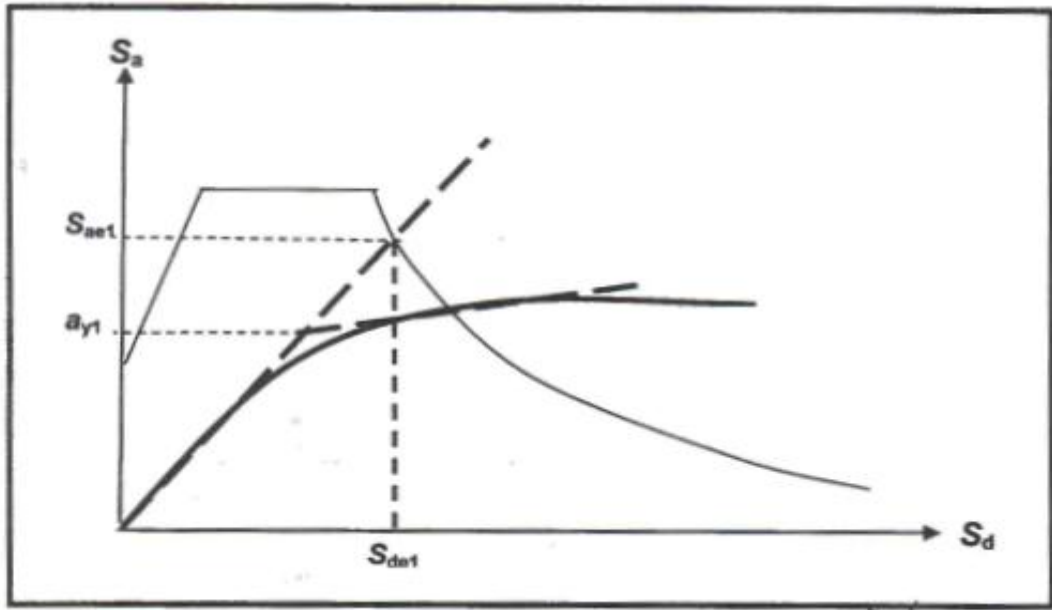
ankastre duruma düşen kolonlar bir sonraki adımda alt mesnetlerinden mafsallaşır ve böylece yapı yanal kararlılığını yitirerek kapasitesine ulaşır. Çatı katı kirişlerinin konumu nedeniyle mafsal oluşturması ara kat kirişlerine oranla gecikebilir, hatta kolonlardan sonra olabilir. Ancak bu durum sünek bir davranış elde edilmesini pek fazla engellemez. Şekil 5.2 (c)'de ise perde-çerçeve sistemine ait kapasite eğrisi gösterilmektedir. Bu sistemde önce alttan üste doğru kirişler mafsallaşacak ve düşey elemanlar ankastre duruma düşecektir. Perdenin yanal rijitliği kolonlara göre çok fazla olduğu ve kat kirişleri tarafından her katta perde ve kolonlar aynı yanal ötelenmeyi yapmaya zorlandıkları için bu durumda perde yatay yüklerin çoğunu yanal rijitliği oranında karşılamaya başlayacaktır. Bir süre sonra perde tabanında plastik mafsal oluşunca yükünü kolonlara aktaracak ve kolonlarında tabanda mafsallaşması ile sistem yatay kapasitesine ulaşacaktır. Bu sistemin sünekliği Şekil 5.2 (b)'deki kuvvetli kolon – zayıf kiriş sistemine yakın olabilir, ancak perdenin yüksek yatay yük dayanımı sistemin kapasitesini de önemli ölçüde arttırmıştır. ¹



Şekil 5.2 Farklı Yapı Türlerinin Statik İtme Analizi İle Elde Edilen Kapasite Eğrileri ve Yıkılma Özellikleri¹

Bina yatay yük kapasitesine ulaştıktan sonra, deprem sırasında artan yatay yükler altında hangi maksimum yer değiştirme değerine ulaşacağına statik itme analizi ile karar vermek mümkün değildir. Bu durumda elde edilen kapasite eğrisinden yararlanılarak bina tek dereceli bir elasto-plastik sisteme dönüştürülür ve bu tek dereceli sistemin aynı deprem etkisi altındaki maksimum yerdeğiştirmesi (spektral deplasmanı) bağımsız bir dinamik analiz ile hesaplanır. Bu işlem sadece bir deprem yer hareketinin ivme-zaman kaydını kullanarak yapılabilir. Ancak tasarım spektrumu ile tanımlanan bir yer hareketi için bu işlemi yapmak mümkün değildir. Bunu yerine “eşit yerdeğiştirme” prensibi kullanılarak doğrusal olmayan sistemin maksimum yerdeğiştirmesinin eşdeğer doğrusal sistemin maksimum

yerdeğiştirmesine eşit olacağı varsayılır ve binanın performans değerlendirmesi doğrusal elastik sisteme ait maksimum yerdeğiştirme değerinde yapılır. şekil 5.2 (c)'de gösterilen taban kesme kuvveti-tepe yerdeğiştirmesi düzlemindeki kapasite eğrisi yapı dinamiği ilişkileri ile şekil 5.3'de gösterildiği şekilde spektral ivme-spektral deplasman düzleminde ifade edilir ve iki doğru bir eğri ile basitleştirilir. Daha sonra deprem spektrumunun aynı düzlemde ifade edilmesi ile spektral yerdeğiştirme talebi “Eşit Yerdeğiştirme” prensibini kullanarak tahmin edilir ve binanın deprem yönündeki hakim moduna ait titreşim özelliklerinden yararlanarak spektral yerdeğiştirme değerine karşılık gelen tepe yerdeğiştirmesi hesaplanır. ¹



şekil 5.3 Statik İtme Analizinde Spektral Yerdeğiştirme Talebinin Eşit Yerdeğiştirme prensibi İle Belirlenmesi ¹

5.9.2. Çok Modlu Statik İtme Analizi (Mod Birleştirme Yöntemi)

Bu yöntemde, önce doğrusal elastik sistemin titreşim modları hesaplanır ve her moda ait modal kuvvetler binaya birbirinden bağımsız şekilde ayrı ayrı uygulanarak statik itme analizi yapılır. Ancak her modun statik itme analizi sırasında

oluşan elastik ötesi etkiler birbirlerinden bağımsız olamayacağı için bu durumun bazı ilave yaklaşık hesaplarla düzeltilmesi gerekir. Daha sonra elde edilen modal değerler bir istatistiksel yöntem ile birleştirilir.

5.9.3. Birim Şekil Değişirme İstemlerinin Belirlenmesi

Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ve artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılan itme analizi sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen θ_p plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanacaktır:

$$\varphi_p = \theta_p / L_p \quad (5.5)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de gözönüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan φ_y eşdeğer akma eğriliği, Denk.(5.5) ile tanımlanan φ_p plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki φ_t toplam eğrilik istemi elde edilecektir:

$$\varphi_t = \varphi_y + \varphi_p \quad (5.6)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denk.(5.6) ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanacaktır. ⁵

5.9.4. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

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

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

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

$$(\epsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (5.7)$$

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

$$(\epsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (5.8)$$

(c) *Kesit Göçme Sınırı (GÇ)* için etriye içindeki bölgenin en dış lifindeki beton basınç birim şekildeğiştirmesi ile donatı çeliği birim şekildeğiştirmesi üst sınırları: ⁵

$$(\epsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\epsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (5.9)$$

KAYNAKLAR

1 *Aydinoğlu, N. ;Celep,Z. ;Özer, E. ;Sucuoğlu,H. ;*”Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar Ve Örnekler Kitabı”,İstanbul Proje Kordiansyon Merkezi,2009

2 *Akyıldız , H. ;* “*Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi*”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007

3 *Temür, F. ;* “*Statik İtme (Pushover) yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi*”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007

4 *Koparan , İ. ;* “*Mevcut Betonarme Binaların Performans Analizleri*”,Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006

5 “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007

6 *Akkan, F. ;* “*Mevcut Bir Okul Yapısının Performans Yaklaşımıyla Güçlendirilmesi*”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

6 . BETONARME BİNALARIN GÜÇLENDİRİLMESİ

6.1. Giriş

Ülkemizde en fazla güçlendirme gereksinimi olan binalar deprem etkileri gerektiği biçimde veya hiçbir şekilde göz önüne alınmadan tasarlanan ve yapılan betonarme binalardır. Bu tür binaların taşıyıcı sistem elemanlarında süneklik artışı sağlamak, veya şekil değiştirme kapasitelerinde artış sağlamak oldukça zordur. Zira ilk yapımında sargı donatısı kullanılmayan betonarme binalarda sargılamamanın dıştan uygulanması oldukça zahmetlidir. Bunun yerine tüm sistemde yatay dayanımı yeni eklenen elemanlarla arttırmak, böylece mevcut elemanlara aktarılan deprem istemlerini azaltmak daha çok tercih edilen bir güçlendirme yöntemidir. Bu durumda da bazı mevcut elemanların güçlendirilmesine hala gereksinim olabilir. Bu elemanlar özellikle gevrek olarak hasar gören kiriş ve kolonlar ile yeni eklenen elemanlar sayesinde azalan şekil değiştirme istemlerine rağmen bu istemleri hala karşılayamayan elemanlar ve yeni eklenen perdelerin temelleridir.

6.2. Kolonların ve Kirişlerin Sarılması

Sarılmanın temel amacı gevrek olarak hasar gören kiriş ve kolonların kesme dayanımının artırılması ve eksenel basınç gerilmeleri eksenel basınç kapasitesinin üzerinde olan kolonlarda basınç gerilmelerinin azaltılmasıdır. Sarılan kesitlerde gevrek kırılma önlediği için şekil değiştirme kapasitesi de artmaktadır. Ancak sargılama ile bir kirişin veya kolonun eğilme momenti kapasitesi arttırılamaz. Bunun başlıca nedeni sargılanan kesitlerin kolon-kiriş birleşim bölgelerinde sürekliliklerinin sağlanamamasıdır.

Kolonlarda betonarme ve çelik sargı yöntemleri ile kirişlerde dıştan etriye ekleme yöntemleri kesme kapasitesini arttırmakta en çok etkili olan güçlendirme yöntemleridir. Lifli polimer sargı ile de kesme dayanımı artışı sağlanır, ancak lifli polimer sargı en fazla sarılan kesitin sünekliğini arttırmada etkili olmaktadır. Lifli polimer sargı kareye yakın kesitlerde daha etkilidir. Diğer yandan lifli polimer sargı ile sarılan elemanın boyutlarının değişmemesi önemli bir mimari avantajdır. Ayrıca uygulamasıda betonarme ve çelik sargıya göre çok daha kolaydır.

6.3. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması

Kolon mantolaması olarak da bilinen bu güçlendirme yönteminin temel amacı kolonun eğilme, kesme, basınç dayanımını arttırmaktır. Büyütülen kesit aynı zamanda enine donatı ile sarıldığı için kesitin şekil değiştirme kapasiteside artacaktır. Betonarme mantonun temel problemi kolon alt ve üst birleşimlerinde sürekliliğin sağlanmasıdır. Kolonun uç momentlerini birleşimlere ve birleşime bağlanan diğer elemanlara akartabilmesi için boyuna donatıların birleşim içerisinde sürekliliğinin sağlanması ve enine donatı ile sarılması gerekir. Bu son derece zahmetli bir işlemdir, aynı zamanda kontrolüde zor olduğu için hedeflenen eğilme dayanımının sağlanması genellikle mümkün olmaz. Dolayısıyla kolon mantosunun betonarme bina güçlendirmesinde zorunlu olmadıkça uygulanmaması önerilir.³

6.4. Perdeler

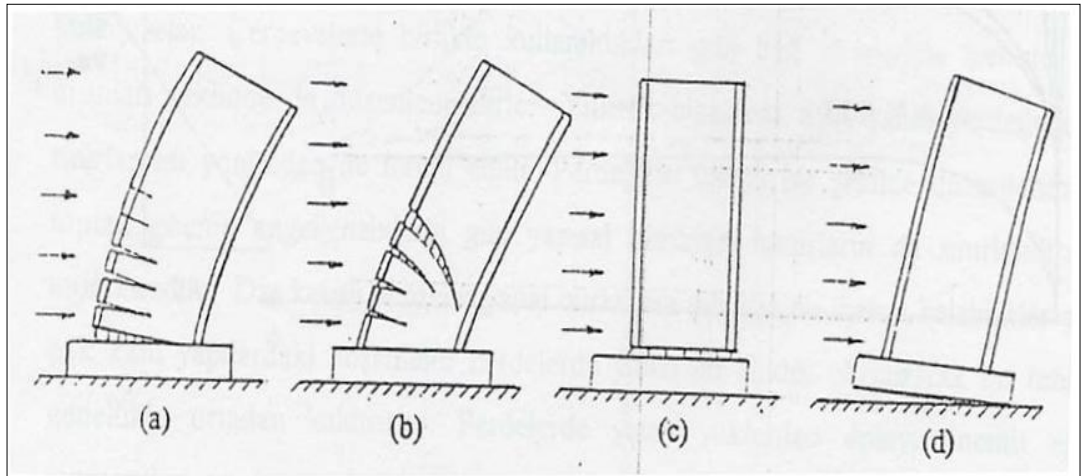
Perdeler yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında etkili bir şekilde kullanılırlar. Çerçevelerle birlikte kullanıldıkları gibi bağ kirişleriyle birlikte perde grupları şeklinde de düzenlenebilirler. Yüksek binalarda aşırı yanal yer değiştirmeyi sınırlaması yönünden de tercih edilir. Perdelerin özenli bir şekilde düzenlenmesiyle

toptan göçme engellenebildiği gibi yapısal olmayan hasarların da sınırlandırılması mümkündür. Dar kesitli perdeler yanal burkulma tehlikesine maruz kalabilirler ancak çok katlı yapılardaki döşemeler perdelerde yanal bir rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi genellikle ortadan kaldırır. Perdelerde yatay yüklerden dolayı önemli eğilme momentleri ve kesme kuvvetleri oluşurken düşey yüklerden dolayı normal kuvvet etkisindedirler. En çok zorlanan kesit tabanda olup eğilme momenti ve normal kuvvet bakımından kat döşemelerine olan bağlantısı yeterli olmalıdır ve tüm yükünü zemine güvenlikle iletebilecek temel düzenine sahip olmalıdır.

Yatay yüklerden oluşan mesnet momentlerinin çok büyük olması durumunda perde uçlarında küçük kolan şeklinde birtakım düzenlemelerle göçme momenti ve eğriliği arttırılabilir. Böyle bir düzenlemeyle eğilmeden oluşan basınç kuvvetinin önemli bir kısmının donatı tarafından karşılanması mümkün olur. Uçlarda düzenlenen küçük kolon bölgeleri ve perdenin kolonda alışılandan daha sık bir şekilde etriyelenmesi düşey donatıların burkulmasının önlenmesi açısından önemlidir.

Perde mesnedinde, perde derinliği kadar bir düşey boyda meydana gelebilecek plastikleşme bölgesinin kayma donatısıyla örgü içine alınması gerekir. Kayma göçmesi sünek olmayan bir olay olduğu için mümkün mertebe bu durumun önlenmesi gerekir. Bu amaçla donatının pekleşmesini de göz önüne alarak hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısı kullanılmalıdır ve bu donatıların eğilme göçmesinden önce akmaya erişmemesi temin edilmelidir. Şekil 6.1’de perdelerin göçme biçimleri verilmiştir. Tabanda eğilme mafsalının diğer göçme biçimlerinden daha belirgin olarak ortaya çıkması sonucu daha fazla miktarda deprem enerjisi yutulması mümkündür. Eğik

çekme gerilmelerinin sebep olacağı kayma göçmesi, iş derzi boyunca toptan kayma göçmesi ve temelin dönmesi durumu önlenmelidir. Yüksek yapılarda perdelerin deprem etkisi altında iş derzi boyunca toptan kaydığı gözlenmiştir. Toptan kaymanın önlenmesi için donatının kesitte düzgün olarak dağıtılması önerilir. Perdelerde bırakılan boşluklarla veya iki perdenin bağ kirişleri ile birleştirilmesiyle, beraber çalışan perde duvarları oluşur. Bu tür sistemlerde deprem enerjisinin bağ kirişlerinde meydana gelen hasarlarla yutulması sağlanır. Böylece perdeler daha akmaya ulaşmadan yükün büyük bir kısmı karşılanmış ve perdelerde önemli hasar meydana gelmemiş olur. Bağ kirişi hasarı perdede meydana gelecek hasara göre çok daha kolay tamir edilebilir olduğundan uygulamada tercih edilmektedir. Bağ kirişlerinde konstrüktif olarak yerleştirilen alt – üst donatı ve etriyeye ilaveten oluşacak kesme kuvvetlerinin karşılanması için köşegen donatı düzeni öngörülmüştür. Bağ kirişlerinde sık etriye kullanımı ile kalın köşegen donatının burkulması, beton kabuğun düşmesi engellenmiş ve süneklik artırılmış olacaktır.⁵



Şekil 6.1. Perde Göçme Türleri ⁵

(a) Eğilme göçmesi, (b) Kayma göçmesi, (c) Toptan kayma göçmesi, (d) Devrilme

6.5. Betonarme Binaların Yerinde Dökme Betonarme Perdeler İle Güçlendirilmesi

Deprem dayanımı yetersiz olan betonarme binalar için en etkili güçlendirme yöntemidir. Temel özellikleri aşağıda sıralanmaktadır

Sisteme yeni eklenen betonarme perde bir çerçevenin içini tamamen doldurmalı ve olabildiğince bina yüksekliği boyunca aynı kesitte devam etmelidir.

Her katta, dört kenarında mevcut kiriş ve kolonlarla kuşatılmış olan perde ile mevcut çerçeve arasında kayma gerilmelerini aktarmak için ankraj çubukları ekilir. Ankraj çubuklarının tasarımında kesme sürtünmesi prensibi kullanılır. Kat perdesinin kesme kapasitesini karşılayacak kapasitede ankraj sağlanmalıdır. Ankraj miktarı yatay ve düşey perde sınırlarında aynı olmalıdır. İç kuvvet dengesi bunu gerektirir. Yerinde dökülen yeni perdenin üstündeki kiriş ile ara yüzü ankraj açısından en kritik sınır yüzeyidir. Bu yüzeydeki ankraj hesabında sürtünme katkısının alınmaması daha doğrudur. (kiriş kırılmadan perde yapılması)

Perde uç bölgeleri mevcut kolonların mantolanması veya perde içine doğru büyütülmesi ile oluşturulabilir. Perde içinde üç bölge oluşturulması daha pratiktir, zira mimariye etkisi en az düzeydedir ve ilave kalıp işçiliği gerektirmez.⁶

Betonarme sisteme eklenen betonarme perdeler hareketli yük dışında düşey yük almazlar. Bu nedenle derin bir kiriş olarak tasarlanmaları gerekir.

Binanın iç çerçevelerine eklenecek betonarme perdeler çerçeve içinde düzenlenmelidir. Ancak dış çerçeveler eklenecek perdeler mevcut çerçevenin dışına bitişik olarak yapılabilir.⁶

Dış çerçeve düzlemine bitişik olarak yapılan perdelerin imalatı çok kolaydır. Tüm uygulama dıştan yapıldığı için binanın boşaltılmasında gerek yoktur. Uygulama maliyeti çerçeve içine eklenen perdelerle göre daha düşüktür.

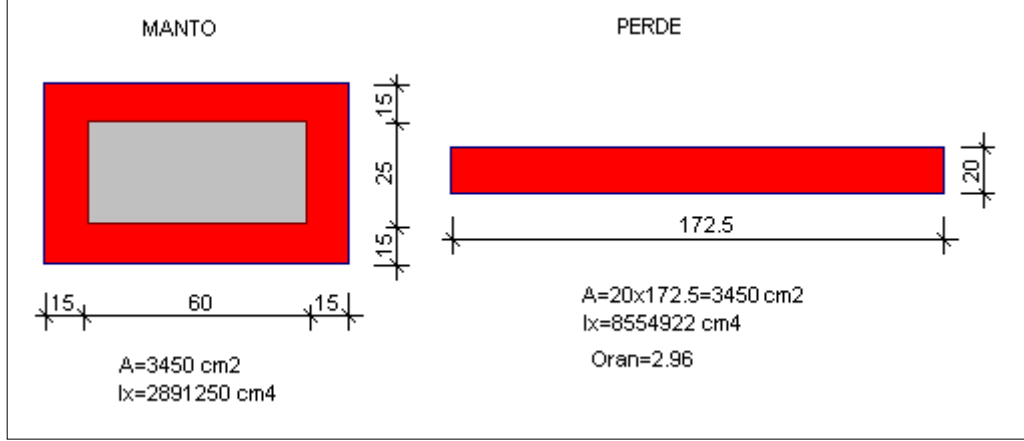
Perde altına yeni temel düzenlenmelidir. Doğrusal elastik yöntem ile temel hesabında tasarım momenti ve kesme kuvveti olarak perdenin temele bağlanan kesitinin eğilme ve kesme kapasiteleri kullanılmalıdır. Doğrusal elastik olmayan yöntemde ise tasarım kuvvetleri olarak temele bağlanan perde kesitlerinin iç kuvvetleri doğrudan kullanılır.

Perde altı temeli mevcut kolonların aktardığı yükler dışında düşey yük almadığı için yatay deprem yüklerinin devrilme etkisi altında uçlarında çekmeye geçebilir. Bu durumda perde altı temelini aynı çerçeve aksındaki komşu kolonların altına kadar uzatmak ve bu kolonların basıncından yararlanmak uygun bir çözümdür. Ancak temel ucunun çekmeye geçebilmesi için perdenin tüm binayı kaldıraç olarak kaldırması gerektiğinde göz önünde tutulmalıdır. Bu durumda perdenin çekmeye geçen ucuna saplanan kirişler kapasitelerine ulaşacak ve kapasiteleri ile orantılı kesme kuvvetlerini basınç olarak perde ucuna aktaracaklardır.¹

6.6. Betonarme Perde ve Mantonun Karşılaştırılması

Mantolar güçlendirme elemanı olarak değil, tamir veya lokal bir takviye elemanı olarak düşünülmelidir. Depreme karşı en önemli güçlendirme elemanı perdedir. Bir kolonun çevresine yapılan mantonun maliyeti, perde maliyetine yakın olmasına rağmen aynı hacimdeki perdenin ataletinin 1/3 kadarı olmaktadır. Deprem esnasında en son göçen eleman perdedir. Kolonlar deprem sırasında yetersizlikle plastikleşmesi durumunda, deprem enerjisi taşıyıcı perdeler tarafından

karşılacaktır. Bu nedenle yapıda yeni yapılan elemanların mevcut yapı elemanlarına nazaran daha rijit olması, plastik davranışta yeni rijit perdelerin deprem tesirlerini taşıyabilen rijitlikte yapılması düşünülmelidir.⁶ (Şekil 6.2)



Şekil 6.2. Betonarme Perde ve Mantonun Karşılaştırılması⁶

Yeni yapılan perdelerin deprem tesirleri, yapının deprem tesirlerinin en az %75 'ini alacak şekilde düşünülmeli ve toplam perdelerin perde moment taşıma kapasitesinde deprem devrilme momentinden büyük olması depremde yapının plastikleşme durumunda en önemli sigortası olacaktır.

6.7. Perdelerin Modellenmesi

Perdelerin yapı içinde uygulanması oldukça kolaydır çünkü yapı içindeki bölme duvarların yeri kullanılarak az hacim kaybı ve az maliyetle perde yapmak mümkündür.

6.7.1. Perde tasarımında dikkat edilecek hususlar:

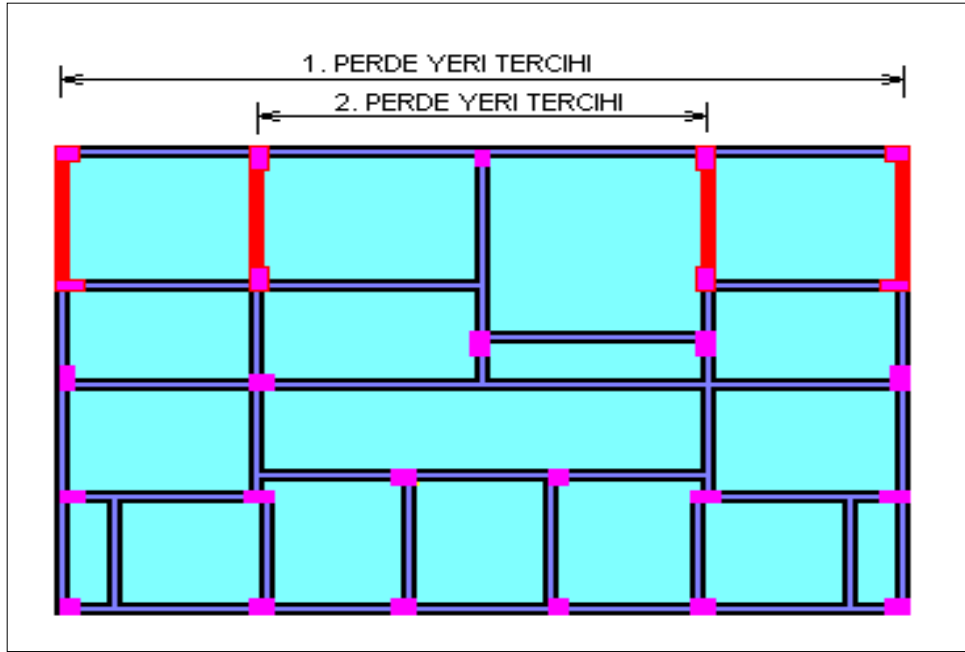
-Perdeler bir birlerine yakın boyut ve rijitliklerde düzenlenmelidir. Yapının her iki yönde rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi yakın olacak şekilde yapının kenarlarına yakın, burulma alacak şekilde yerleri belirlenmelidir.

-Perdeler yapı boyunca sürekli olmalıdır.

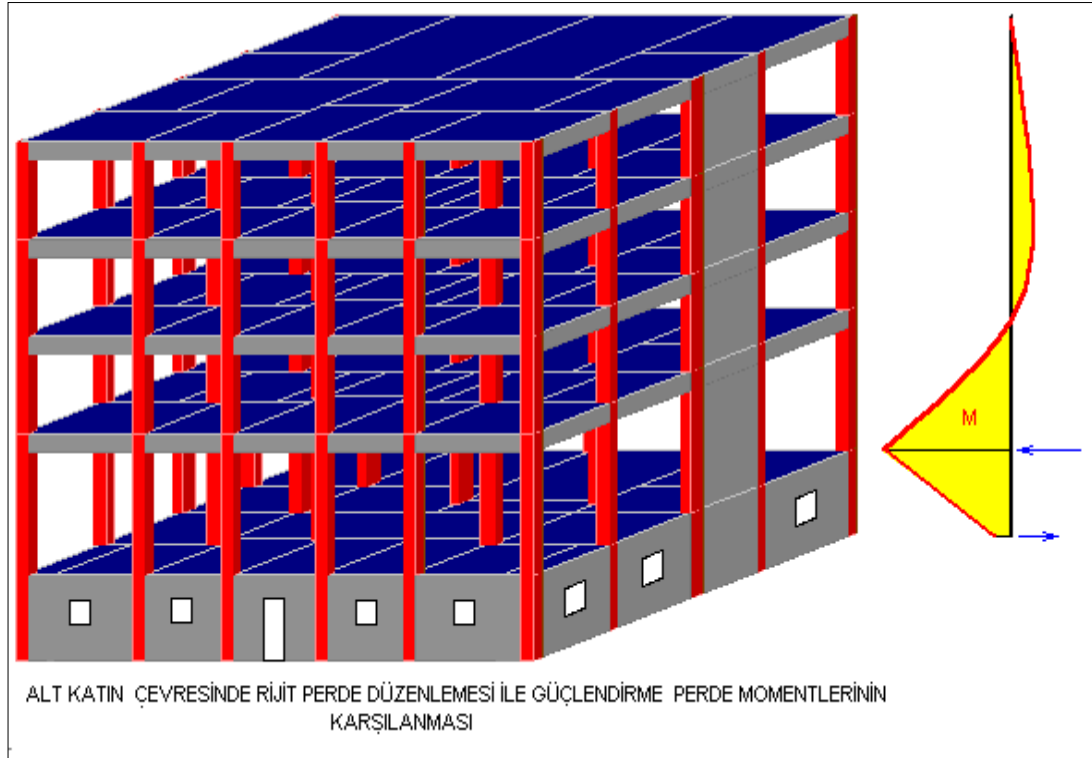
-Yüksek sünek perde özelliklerine uyulmalıdır.

-Perdelerin her iki yönde perde moment taşıma kapasitesi deprem momentini karşılamalıdır.

-Güçlendirme perdeleri 200 cm den olabildiğince büyük olmalıdır. Yapıda bodrum perdeleri var ise çok rijit perde tasarlanması uygundur. Temellere gelen tesirler bodrum tarafından karşılanabilecektir. Bodrum perdeleri yok ise ve ilk katın çevre duvarları bodrum perdesi haline getirilerek bodrumlaştırma imkanı yoksa orta rijitlikte daha fazla perde ile temeller düşünülerek tasarlanmalıdır. ⁶ (Şekil 6.3 - 6.4)



Şekil 6.3. Betonarme Perde Yerleşimi ⁶

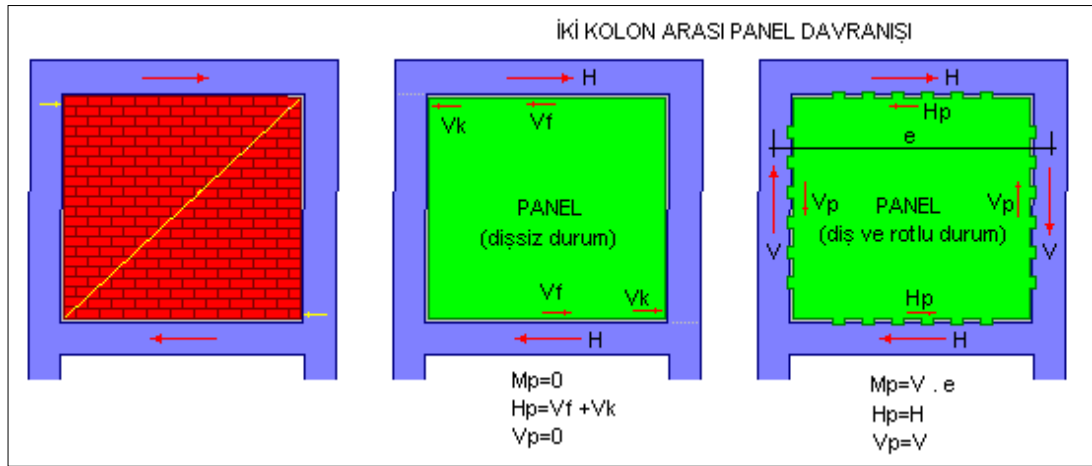


Şekil 6.4. Alt Katın Çevresinde Rijit Perde Düzenlemesi İle Güçlendirme Perde Momentlerinin Karşılanması ⁶

6.8. İki Kolon Arası Panel Perdeler

İki kolonun, panel perdenin başlık bölgesi olabilmesi için; beton sınıfının en az C16 , donatı yüzdesi 0.01 den fazla ve etriye sıklaştırma bölgelerinin olması gerekir. Ayrıca genel perde alanının en az %10' unu sağlamalıdır. Hesaplamalar sonrası boyuna ve enine donatıların yeterli olması durumunda kullanılabilir. Yetersizlik durumunda kolon mantolama ile takviye edilebilir veya eklenen perde başlık bölgesi kendi içinde perde olarak tasarlanmalıdır. Bu takdirde perde elemanın başlık bölgesi manto-kolon ile teşkil edilecektir. Manto ve perde elemanı birlikte yapılacağı için dış ve rota gerek kalmayacaktır. Panel perde eleman tasarımında dikkat edilecek husus hesaplarda dikkate alınan tesirlerin uygulamada da aktarılmasıdır. Dış ve rot kullanılmaması durumunda yatay yükler bir taraftaki

kolonun kesme kapasitesi ve düşey yükün sürtünme kuvvetiyle karşılanacaktır. Bu bazı durumlarda yeterli gelebilir. Ancak perde momentini sağlayan iki kolonun kuvvet çiftinin aktarılması mümkün olmayacaktır. Bu takdirde hesaplarda dikkate alınan perde momenti uygulamada dikkate alınmamış olacaktır. Mutlaka kolonlara dış oluşturmaları ve rot ile bağlantılar yapılmalıdır. Birleşim yüzeylerine, epoksi esaslı farklı betonun aderansını sağlayan kimyasal sürülmelidir. Rot bağlantısı epoksi esaslı kimyasal malzeme ile yapılmalıdır. Bu dış ve rot uygulamasının yapılmaması daha rijit tuğla duvar davranışından farklı olmayacaktır.⁶ (Şekil 6.5)

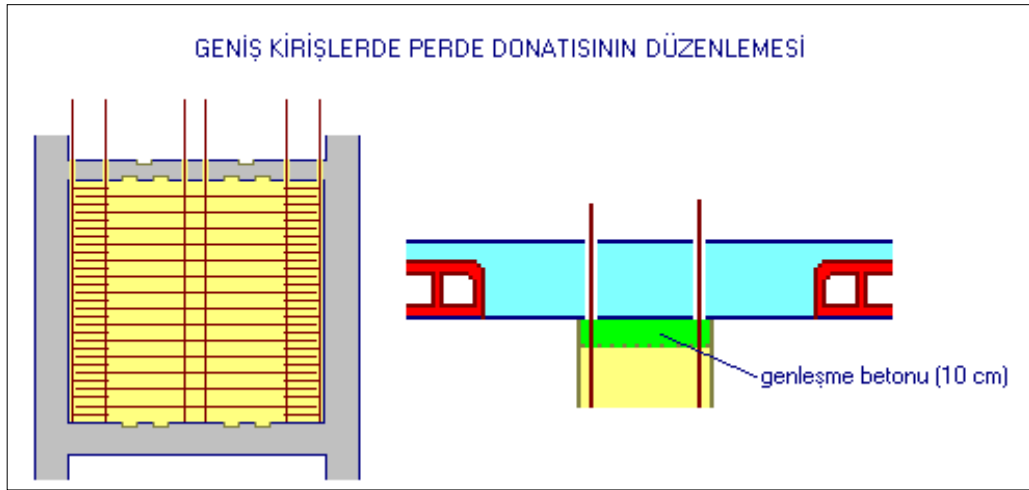


Şekil 6.5. İki Kolon Arası Panel Davranışı⁶

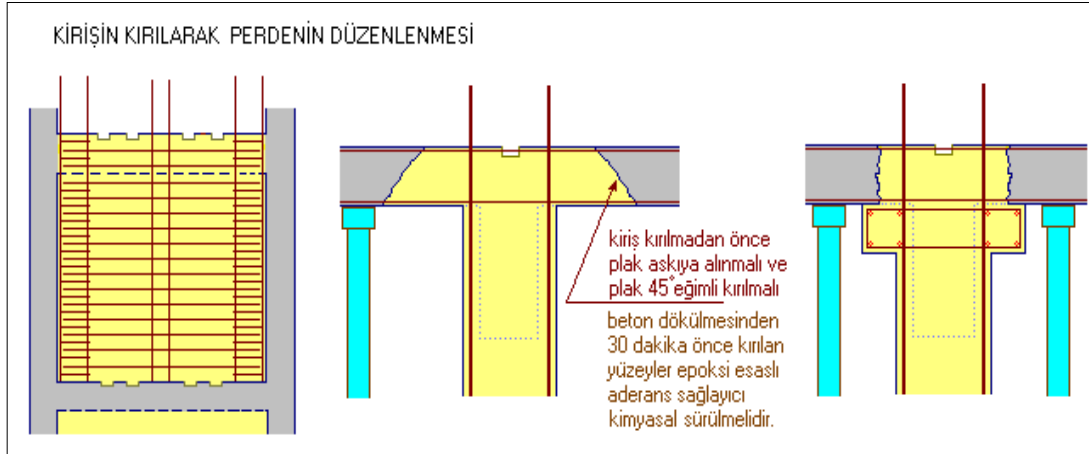
6.9. Başlık Bölgesi Kendi İçinde Yeni Perdeler:

Yukarıda tanımlanan panel perdelerde mevcut kolonların yeterli olmaması durumunda başlık bölgesi kendi içinde perde yapılabilir. Ancak bu uygulamada önemli bir nokta da perdenin moment taşımasını sağlayan başlık bölgesi boyunca donatılarının sürekliliğidir. Mutlaka boyunca donatılar üst kattaki perdelerle geçiş yapmalıdır. Bunun için iki yöntemden biri yapılabilir. Mevcut üst kiriş geniş ve yassı bir kiriş ise delik açılarak donatılar geçilebilir (Şekil 6.6). Ancak dar bir kiriş ise; mevcut kirişin kenarlarındaki plaklar askıya alınıp kırılır ve perdenin beton

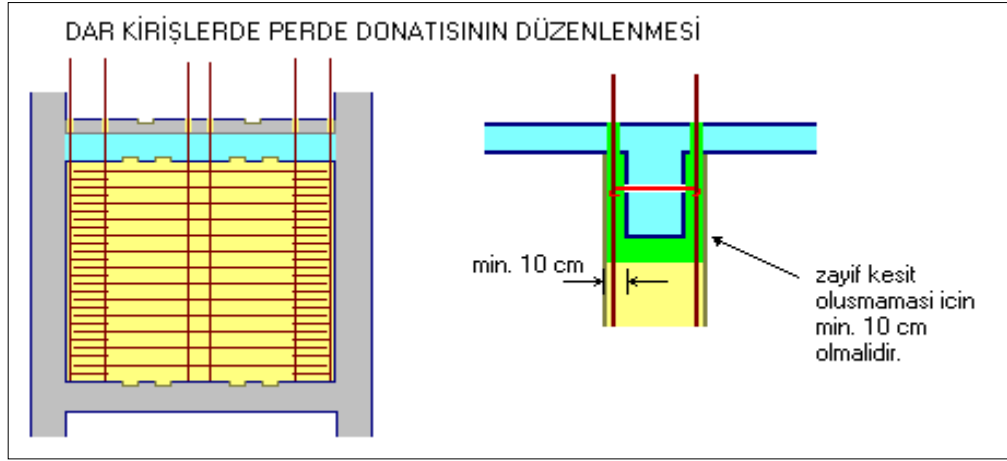
donatısında sürekliliği sağlanır. Beton dökümünden yarım saat önce kırılan plak yüzeylerine epoksi esaslı aderans sağlayıcı kimyasal sürülmelidir. Dar kirişlerde, kirişin kenarından geçen perde donatısının betonu 10 cm den az olması durumunda zayıf kesit oluşacak, perdenin zayıf yönündeki çalışmasında çatlaklar oluşabilecektir.⁶ (Şekil 6.7)



Şekil 6.6. Geniş Kirişlerde Perde Donatısının Düzenlenmesi⁶



Şekil 6.7. Kirişin Kırılarak Perdenin Düzenlenmesi⁶



Şekil 6.8. Dar Kirişlerde Perde Donatısının Düzenlenmesi ⁶

Yapı beton kalitesinin çok düşük olması durumunda perde içinde sürekliliği bozan kirişlerin kırılması perde için daha iyi olacaktır. Perdelerin en önemli özelliği deprem sırasında taşıdığı yatay deprem yükleridir. Bu nedenle perdelerdeki kesme kuvveti ve bunun oluşturduğu deprem momentlerinin mevcut yapı sistemi içinde emniyetle aktarılmalıları gerekir.

Perde içinde kirişin kalması durumunda perde betonu ile kiriş arasında boşlukların oluşması ve betonun rötre büzülmesi dolayısıyla düşey yük transferi tam olmayacaktır. Uygulama kolaylığı bakımından 10 cm boşluk oluşturularak, boşluk daha sonra genişlen beton ile doldurulmalı ve düşey yükün doğru aktarılması sağlanmalıdır. Genleşen beton aynı zamanda mevcut kirişe ön gerilme vererek mevcut kolonların üzerindeki düşey yükün bir kısmının perdeler tarafından taşınmasını sağlayacak, perdenin sürtünme yatay yük taşımasında arttıracaktır. (Şekil 6.8)

Kirişin kırılarak yapılması durumunda; Perdenin plak diyaframından alacağı yatay yüklerin emniyetli aktarılabilmesi için kırılan kirişin komşu kirişlerinin olması gerekir. Deprem yükünün her iki yönünde perde komşu kiriş alanı ile yük aktarımını sağlayacaktır.

6.10. Kirişin Kırılarak Perde Oluşturmanın Üstün ve Sakıncalı Yanları:

Üstün Yanları:

-Kirişlere açılan diş ve rot uygulamasına nazaran, zaman ve güçlüğü bakımında avantajlıdır. Bir rotun delinmesi epoksi uygulaması 30 dk dan az olmayacaktır. aynı şekilde diş oluşturmasında süre olarak uzun olacaktır. Buna karşılık kirişin kırılarak yapılması daha kısa sürede olacaktır.

-Perdenin davranışı bakımından, arada zayıf bir kesit olmaması ve perde gövdesi, beton ve donatısı birlikte döküleceğinden emniyetle yük aktarma açısından yeni bir perde davranışı gibi olacaktır.

-Kenar kolonların yetersiz olması durumunda başlık bölgesi yeni beton içinde oluşturulup donatı sürekliliği ve kesme güvenliği açısından yapı içinde gerçek perde davranışı sağlanabilecektir.

-Dar kirişlerde rot düzenlemesi kiriş içindeki donatılardan dolayı kolay olmayacaktır.

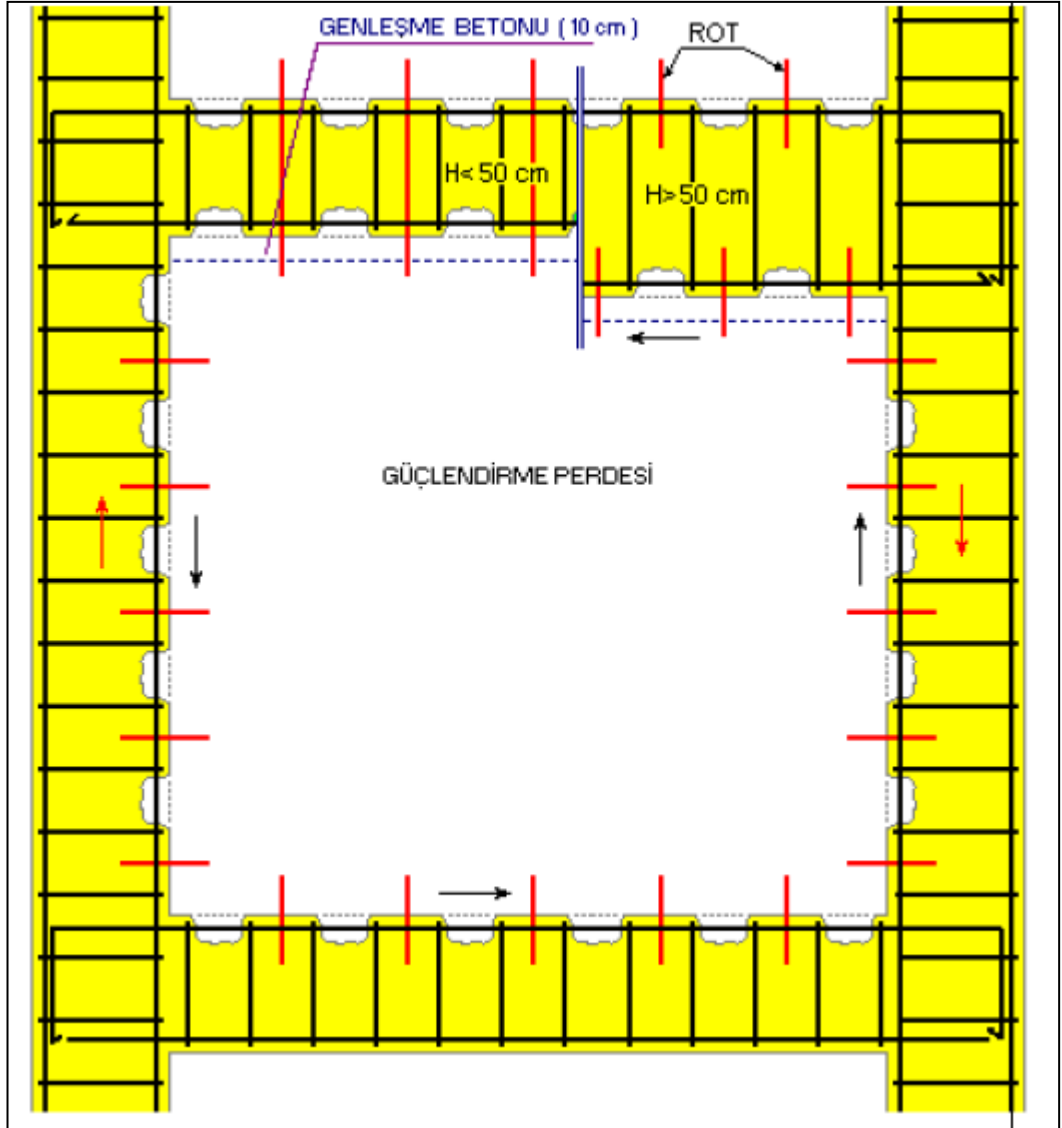
Sakıncalı Yanları:

-Kirişe yük aktaran plakların askıya alınması gerekmektedir.

-Geniş kirişlerde uygulanmaz. (asmolen tarzı yapılarda yükün tek yönlü gelmesi durumundan dolayı)

-Diyaframdan yük alması için kırılan kirişin komşu kirişleri olmalıdır.

Uygulama kolaylığı ve perdenin davranışı bakımından, kirişin kırılarak yapılması daha avantajlı olmaktadır.⁶ (Şekil 6.9)



Şekil 6.9. Kolon ve Kirişlerde Diş ve Rot Uygulaması⁶

KAYNAKLAR

- 1 *Aydinoğlu, N. ;Celep,Z. ;Özer, E. ;Sucuoğlu,H. ;*”Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar Ve Örnekler Kitabı”,İstanbul Proje Kordiansyon Merkezi,2009
- 2 *Akyıldız , H. ;* “*Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi*”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007
- 3 “*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007
- 4 TS500, “*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000
- 5 *Türkmen,M. ;*”*Mevcut Binalarda Deprem Güvenliği, Seminer*”, Isparta,2004
- 6 *STA4-CAD (V12.1) Paket Programı, “ Güçlendirme ve Performans Analizi Notları”.*

7. MEVCUT BİR YAPININ PERFORMANSININ İNCELENMESİ VE GÜÇLENDİRİLMESİ

7.1. Binanın (Arpacık Apt.) Mevcut Halinin Değerlendirilmesi

7.2. Giriş

Konut olarak kullanılan Arpacık Apartmanı, Diyarbakırın Kayapınar semtindeki Gaziler mahallesinde bulunmaktadır. Edinilen bilgilere göre bina 2001 yılında betonarme karkas olarak yapılmıştır. Bu tarihte yürürlükte olan 1997 deprem yönetmeliği esaslarına göre tasarlandığı projelerinde görülmektedir. Yaklaşık 302 m² oturma alanına sahip bina zemin + 7 normal kattan ibarettir. Taşıyıcı sistemi plak döşeme, kiriş ve kolonlu betonarme elemanlardan oluşmaktadır. Duvarlar, delikli tuğladan imal edilmiştir. Bina üzerindeki incelemelerde elemanların taşıma kapasitesini olumsuz yönde etkileyecek mertebede çatlaklara rastlanmamıştır. Binanın mimari ve betonarme uygulama projeleri (kalıp, kolon ve temel aplikasyon planları ile kiriş detayları gibi) elde edilmiştir.

Mevcut yapının betonarme kat kalıp planı Ek 1' de verilmiştir



Şekil 7.1 Arpaçık Apartmanı Ön Cephe

7.3. Bina Üzerinde ve Yerinde Yapılan Çalışmalar

Mevcut binaların “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik” esaslarına göre değerlendirilmesinde; öncelikle binanın uygulama projelerine ihtiyaç vardır. Bununla birlikte binanın bulunduğu zeminin geoteknik özelliklerinin ve bina taşıyıcı sisteminin malzeme dayanım değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çerçevede, binanın depreme dayanıklılığının belirlenmesi amacıyla aşağıdaki değerler alınmıştır.⁴

7.3.1. Zemin özellikleri

Yerel zemin sınıfının Z3, zemin emniyet gerilmesinin 18 t/m^2 , etkin yer ivmesi katsayısının (A_0) 0.3, Spektrum karakteristik periyotlarının (T_A , T_B) 0.15 sn, 0.60 sn ve zemin yatak katsayısının ise 3000 t/m^3 olarak zemin etüd raporundan alınmıştır.

7.3.2. Malzeme özellikleri

Bina üzerinde yapılan donatı taramaları ve alınan çelik numuneleri ile karot numuneleri sonucunda: Çelik sınıfı S220 (BÇ Ia), beton sınıfı ise C20 (BS20) olarak tespit edilmiştir (Şekil 7.2 , 7.5). Ancak yapının performans analizlerinde beton sınıfı C14 (BS14) alınarak, yapının performansının can güvenliği seviyesinde çıkmadığı takdirde yapılması gerekenler ile uygulanması gereken güçlendirme yöntemlerine ait kriterlerin ele alınması amacıyla böyle bir yol izlenmiştir.



Şekil 7.2 Karot Alma Makinası İle Kolondan Silindir Beton Numunesi Alınması

7.3.3. Betonarme taşıyıcı sistemin belirlenmesi

Binanın betonarme uygulama projelerinden ve yapılan incelemeler sonucunda bina döşeme sistemi, balkon ve merdiven sahanlıkları 15 cm, diğer bölümlerde ise 12 cm kalınlığında betonarme plak döşemedir. Zemin kat yüksekliği 3.5 m, normal katların yükseklikleri ise 3m dir. Kat kirişlerinin kesit boyutları (25/50 , 30/50 , 35/50 , 30/60 , 30/65) olarak farklılık göstermektedir. Kolonların kesit boyutları (30/75 , 40/50 , 35/50 , 35/65 , 35/70 , 30/70 , 30/40 , 30/80 , 35/60) olarak

farklılıklar göstermektedir. Yapıda X yönünde 25/240 ebatlarında 2 adet perde de bulunmaktadır.

7.4. Bina Betonarme Taşıyıcı Sisteminin Analizi ve Değerlendirilmesinde kullanılan programın tanıtımı ve çalışma prensibi

Bu tez çalışmasının betonarme hesaplarında Sta4cad (V12.1) paket programı kullanılmıştır. Bu program “2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik”, “TS500/2000 –Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” ve “TS498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri” şartnameleri ile uyumlu çözümler yapabilmektedir. Deprem Yönetmeliğinin gerektirdiği tüm kontrolleri otomatik olarak gerçekleştirebilmekte, planda ve düşeydeki yapı düzensizliklerinden mevcut olanların uyarısını vermektedir.

7.5. Yapının Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumdaki Deprem Performansının Belirlenmesi

Bu bölümde, elde edilen verilerden yararlanılarak yapının performansı, doğrusal olmayan statik itme analiziyle belirlenmiştir. Öncelikle yapı iki durumda incelenecektir.

Birinci durumda beklenen deprem kuvvetine göre, yapının mevcut durumundaki performans değerlendirilmesi yapılacaktır. Ardından yapı ilave perdelerle güçlendirildikten sonra performansı yeniden belirlenecek ve her iki durum için elde edilen:

Kapasite eğrileri, davranış spektrumları, yapı taban kesme kuvveti, kapasite momentleri, yapı göçme kapasiteleri, yapı göçme yükü, rijitlik ve kütle merkezleri, perde oranları, perde taban kesme kuvvetleri ve bunlara bağlı olarak yapıda meydana

gelen kirişlerin hasar yüzdeleri, kolonların kesme kuvveti dağılım yüzdeleri, alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların kesme kuvveti dağılımının yüzdeleri belirlenerek, bu oranlara bağlı olarak yapının her iki durumdaki performansı belirlenerek sonuçların karşılaştırmaları yapılacaktır.

Betonarme perdelerle güçlendirilmiş yapının betonarme kat kalıp planı Ek 2' de verilmiştir

7.5.1. Genel Bilgiler

Yapının analizinde kullanılan genel bilgiler aşağıda sıralanmıştır

- Yapı kat sayısı = Zemin + 7 Normal kat
- Kat yüksekliği (h) : 3,50 m (zemin kat), 3.00 m (normal kat)
- Yapının X doğrultusundaki toplam uzunluğu = 15,10 m
- Yapının Y doğrultusundaki toplam uzunluğu = 20 m
- Deprem bölgesi = 2. Bölge
- Etkin yer ivmesi (A_0) = 0.30
- Hesaplarda göz önüne alınacak deprem türü = Tasarım depremi
- Deprem yükü eksantirisitesi = 0.05
- Hareketli yük katılım katsayısı (n) = 0.30
- Bina önem katsayısı (I) = 1.0
- Yerel zemin sınıfı = Z3
- Zemin emniyet gerilmesi = 18 t/m²
- Zemin yatak katsayısı = 3000 t/m² olarak alınmıştır.
- Spektrum karakteristik periyotları : $T_A = 0.15$ sn, $T_B = 0.60$ sn

Mevcut Yapının Analizinde Kullanılan Proje parametreleri

- Mevcut yapının beton sınıfı = C 14 $f_{ck} = 14$ Mpa

-Mevcut betonun elastisite modülü = $E_c=3250 * (f_{ck})^{1/2} +14000 =26000$ Mpa

- Mevcut yapıda kullanılan çelik sınıfı = BÇ I $f_{ym} = 220$ Mpa

-Mevcut çeliğin elastisite modülü = $2 * 10^5$ Mpa

-Bina performans düzeyi = Can Güvenliği

- Deprem aşılma olasılığı = 50 yılda %10

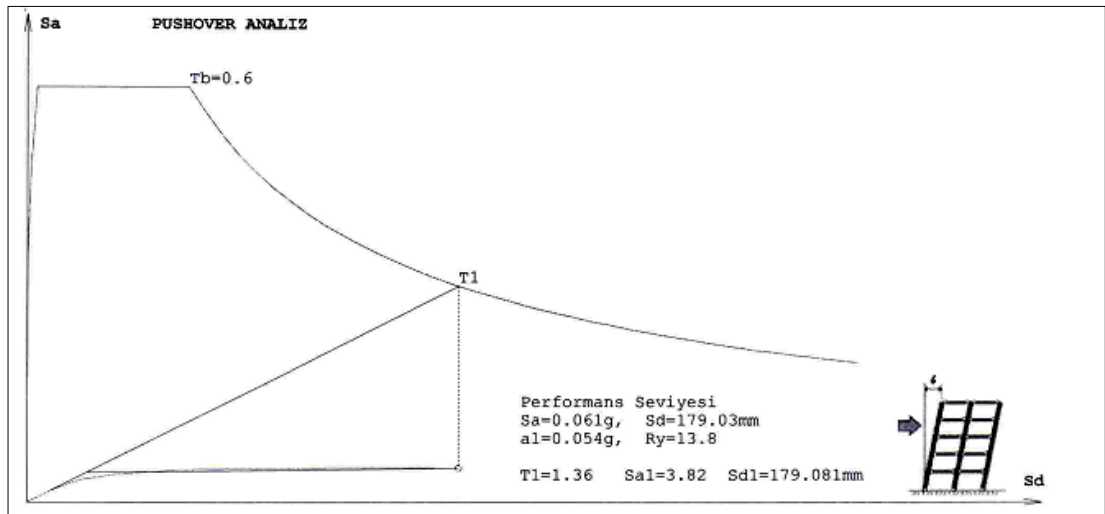
-Bina bilgi düzeyi = Kapsamlı

-Bina bilgi düzeyi katsayısı = 1

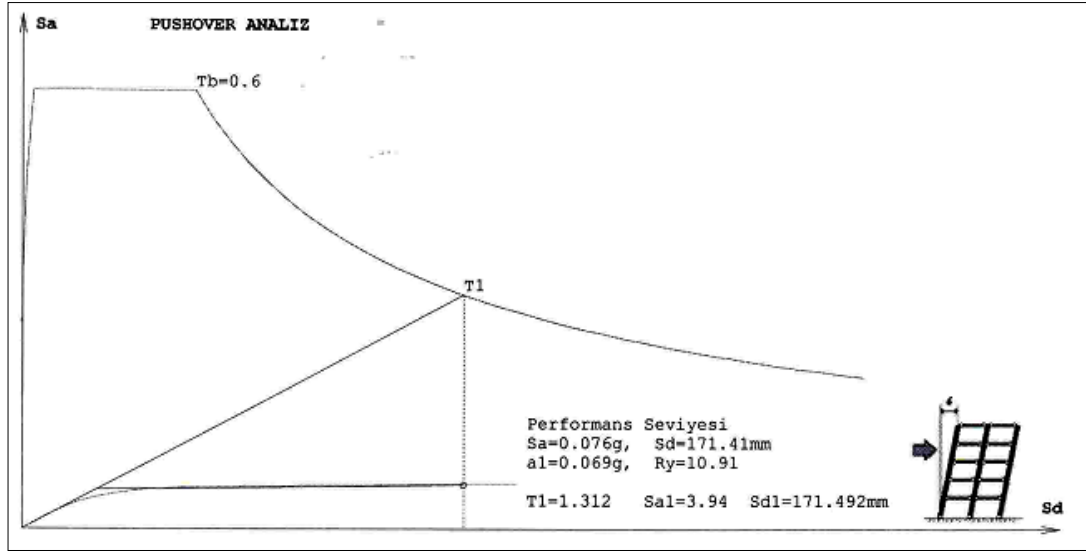
-Doğal titreşim periyodu : $T_n(x) =1.36$ sn

$$T_n(y) =1.31 \text{ sn}$$

Şekil 7.3 ve 7.4' de yapının mevcut halinin X ve Y yönlerindeki nonliner analiz davranış spektrumları verilmiştir.



Şekil 7.3. Yapının Mevcut Halinin X Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu



Şekil 7.4. Yapının Mevcut Halinin Y Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu

Donatı oranları:

Mevcut yapının donatı oranları tespit edilirken projeye tam anlamıyla uyulmadığı halde minimum donatı oranlarının aşıldığı, kolon kiriş birleşimlerinde yer yer sargılama olduğu ve etriye aralıklarının 20 cm' yi aşmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle mevcut yapıda deprensiz yapı analizinde (Düşey yük altında) hesaplanan donatılar kullanılmıştır.



Şekil 7.5. Ferroscan Cihazı İle Donatı Tepiti Yapılması

Güçlendirilecek Yapının Analizinde Kullanılan Proje parametreleri

- Güçlendirmede kullanılacak beton sınıfı = C 30 $f_{ck} = 30$ Mpa

-Güçlendirmede kullanılan betonun elastisite modülü:

$$E_c = 3250 * (f_{ck})^{1/2} + 14000 = 31800 \text{ Mpa}$$

- Güçlendirmede kullanılan çelik sınıfı = BÇ III $f_{ym} = 420$ Mpa

-Güçlendirmede kullanılan çeliğin elastisite modülü = $2 * 10^5$ Mpa

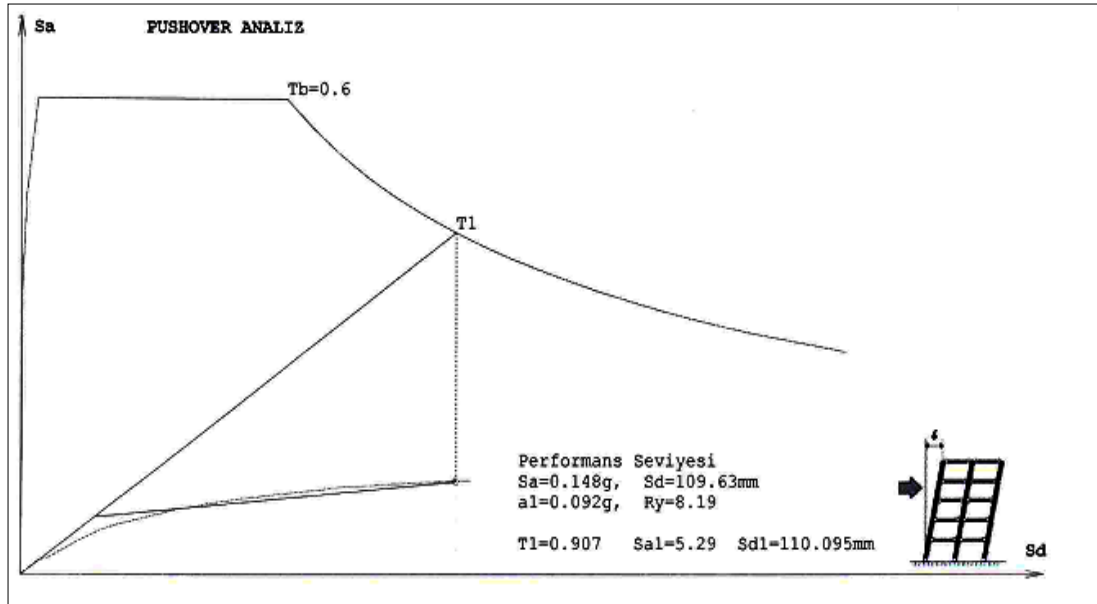
-Bina performans düzeyi = Can Güvenliği

Deprem aşılma olasılığı = 50 yılda %2

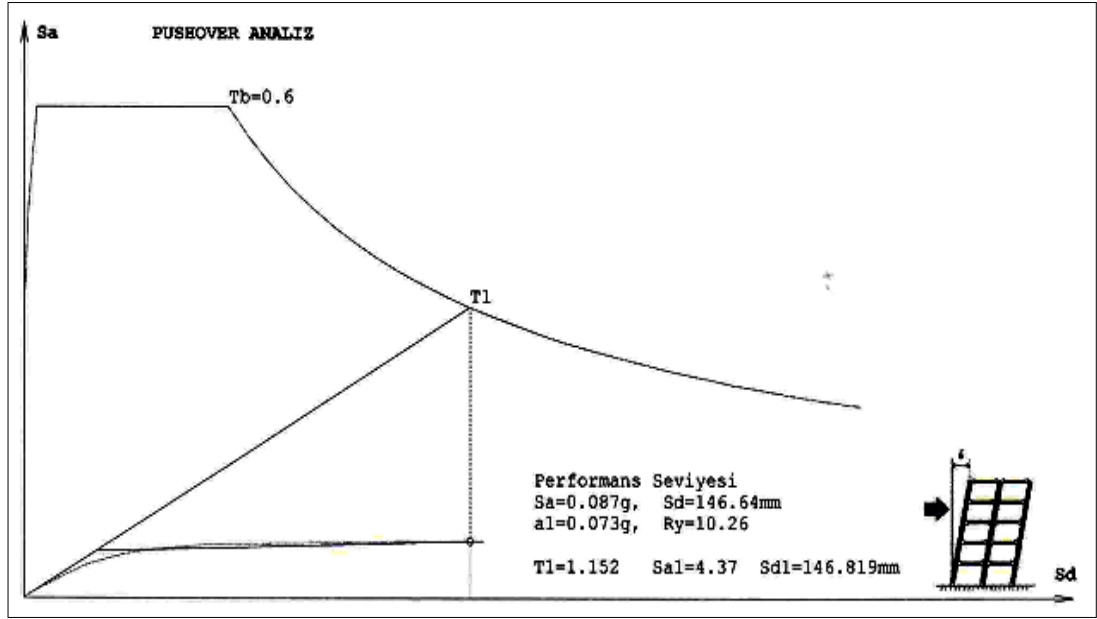
Doğal titreşim periyodu : $T_n(x) = 0.9$ sn

$$T_n(y) = 1.15 \text{ sn}$$

Şekil 7.6 ve 7.7' de yapının güçlendirilmiş halinin X ve Y yönlerindeki nonliner analiz davranış spektrumları verilmiştir.



Şekil 7.6. Yapının Güçlendirilmiş Halinin X Yönündeki Nonliner Analiz Davranış Spektrumu



Şekil 7.7. Yapının Güçlendirilmiş Halinin Y Yönündeki Nonlinear Analiz Davranış Spektrumu

Yapının mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki performans analizleri sonucunda elde ettiğimiz davranış spectrumu verilerine göre yapının mevcut durumundaki periyodu $T_n(x) = 1.36$ sn ve $T_n(y) = 1.31$ sn olmaktadır. Bu değerlerin normal değerinin üstünde (Toplam Kat Sayısı/10)' dan büyük olmasının sebebi yapının performans analizinde çatlamış kesite ait eğilme rijitliği kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum güçlendirilmiş durumdaki performans analizinde elde edilen periyodlar için de geçerlidir.

Yapının mevcut ve güçlendirilmiş periyodları göz önüne alındığında perde ilavesi ile yapılan güçlendirme sonrası yapının periyodunda düşüş sağlandığı açıkça görülmektedir.

7.6. Yapının Mevcut ve Güçlendirilmiş Durumu Analiz Sonuçlarının Çizelgeler Üzerinde Karşılaştırılması

7.6.1. Kapasite Momentleri ve Göçme Yüğü

Çizelge 7.1. Mevcut durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre X Yönü yapı Göçme Kapasitesi

X YÖNÜ			
Kat No	Kolon ΣMc	Kiriş ($Mci \geq Mbi$) ΣMi	Kapasite Vr
8	5718.6	3114.00	2944.2
7	6651.4	7487.30	3008.6
6	7623.1	11802.4	2984.0
5	8310.6	16160.5	2911.2
4	8824.4	20576.3	2841.6
3	9139.7	25053.0	2773.4
2	9288.3	29607.5	2695.6
1	9824.7	33943.9	2527.0

Çizelge 7.2. Güçlendirilmiş durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre X Yönü Yapı Göçme Kapasitesi

X YÖNÜ			
Kat No	Kolon ΣMc	Kiriş ($Mci \geq Mbi$) ΣMi	Kapasite Vr
8	41855.3	2368.0	14741.1
7	44649.5	5684.6	10650.3
6	47316.7	9063.6	8547.4
5	49777.0	12460.1	7179.0
4	52038.0	15857.4	6437.2
3	54041.6	19253.0	5816.5
2	55749.4	22655.0	5296.7
1	57022.6	25875.6	4656.0

Çizelge 7.3. Mevcut durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Y Yönü yapı Göçme Kapasitesi

Y YÖNÜ			
Kat No	Kolon ΣMc	Kiriş ($Mci \geq Mbi$) ΣMi	Kapasite Vr
8	7862.1	3371.8	3744.6
7	9131.4	7649.6	3528.3
6	10429.6	11845.7	3362.9
5	11425.5	16084.6	3212.7
4	12263.9	20317.6	3095.1
3	12902.0	24557.9	2992.4
2	13289.2	28757.2	2874.0
1	13964.0	32852.2	2669.9

Çizelge 7.4. Güçlendirilmiş durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Y Yönü Yapı Göçme Kapasitesi

Y YÖNÜ			
Kat No	Kolon ΣMc	Kiriş ($Mci \geq Mbi$) ΣMi	Kapasite Vr
8	32515.3	2513.3	11676.2
7	34431.5	5541.4	8389.5
6	36255.0	8611.2	6723.8
5	37930.9	11710.1	5744.7
4	34978.3	14834.5	5112.9
3	40891.8	17972.2	4662.4
2	41921.7	21126.3	4279.3
1	42784.8	24303.0	3802.9

Mevcut Durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Yapı Göçme Yüğü :

Kolon Taban Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 9824.7 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 13964.0 \text{ kNm}$$

Kolonlara Bağlı Kiriş Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 33943.9 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 32852.2 \text{ kNm}$$

$\sum M_c < \sum M_b > M_b = M_c$ Kiriş Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 33943.9 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 32852.2 \text{ kNm}$$

X yönü göçme kapasitesi = $P_x = 3564.3 * (9824.7 + 33943.9) / 61736.3 = 2527 \text{ kN}$

Y yönü göçme kapasitesi = $P_y = 3556.2 * (13964.0 + 32852.2) / 62357.2 = 2669.9 \text{ kN}$

X yönü zayıf kat göçme kapasitesi = $P_x = 5721 \text{ kN}$

Y yönü zayıf kat göçme kapasitesi = $P_y = 7974 \text{ kN}$

Güçlendirilmiş Durumdaki Kiriş ve Kolon Kapasitelerine Göre Yapı Göçme Yüğü :

Kolon Taban Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 57022.6 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 42784.8 \text{ kNm}$$

Kolonlara Bağlı Kiriş Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 25875.6 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 24303.0 \text{ kNm}$$

$\sum M_c < \sum M_b > M_b = M_c$ Kiriş Kapasite Momentleri Toplamı : $M_{rx} = 25875.6 \text{ kNm}$

$$M_{ry} = 24303.0 \text{ kNm}$$

X yönü göçme kapasitesi = $P_x = 5603.3 * (57022.6 + 25875.6) / 99765.3 = 4656.0 \text{ kN}$

Y yönü göçme kapasitesi = $P_y = 4626.1 * (42784.8 + 24303.0) / 81609.5 = 3802.9 \text{ kN}$

X yönü zayıf kat göçme kapasitesi = $P_x = 34596.5 \text{ kN}$

Y yönü zayıf kat göçme kapasitesi = $P_y = 24448.4 \text{ kN}$

7.6.2. Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi

Çizelge 7.5. Mevcut Durumdaki Yapının Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi

<i>Kat No</i>	<i>H (m)</i>	<i>Wg(kN)</i>	<i>Wq(kN)</i>	<i>Xg (m)</i>	<i>Xr (m)</i>	<i>Yg (m)</i>	<i>Yr (m)</i>	$\Sigma Wk(kN)$
8	24.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
7	21.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
6	18.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
5	15.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
4	12.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
3	9.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
2	6.5	4908.6	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5371.39
1	3.5	5042.9	1542.8	10.03	10.5	7.5	7.43	5505.77

$$Wt = 43105.52$$

Çizelge 7.6. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının Kat Kütlesi ve Rijitlik Merkezi

<i>Kat No</i>	<i>H (m)</i>	<i>Wg(kN)</i>	<i>Wq(kN)</i>	<i>Xg (m)</i>	<i>Xr (m)</i>	<i>Yg (m)</i>	<i>Yr (m)</i>	$\Sigma Wk(kN)$
8	24.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
7	21.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
6	18.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
5	15.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
4	12.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
3	9.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
2	6.5	5343.6	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5806.6
1	3.5	5478.0	1542.8	9.83	11.24	7.48	7.51	5940.3

$$Wt=46585.59$$

Mevcut durumdaki ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasında X yönünde $(10.03 - 10.47) = 0.47$ m, Y yönünde $(7.50 - 7.43) = 0.07$ m fark bulunmaktadır.

Güçlendirilmiş durumdaki ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasında X yönünde $(11.24 - 9.83) = 1.41$ m , Y yönünde $(7.51 - 7.48) = 0.03$ m fark bulunmaktadır.

Mevcut durumdaki kat kütlesi = 43105.52 kN, Güçlendirilmiş durumdaki kat kütlesi = 46585.59 kN dur.

Yapı simetriğe çok yakındır. Güçlendirme için eklenen perdeler mimari nedenlerden dolayı rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi arasındaki farkı artırmış olmakla beraber bu fark büyük burulma momentleri oluşturacak derecede değildir.

Mevcut durumdaki kat kütlesi 43105.52 kN iken, güçlendirilmiş durumdaki kat kütlesi ise 46585.59 kN olarak elde edilmiştir. Güçlendirme perdelerinin yapıya eklenmesinden sonra binanın kütlesinde 3480 kN artış olmuştur.

7.6.3. Deprem Yüğü

Deprem yükleri 2007 Deprem Yönetmeliğine göre hesaplanmıştır.

Çizelge 7.7. Mevcut Durumdaki X Yönü Deprem Yüğü

X YÖNÜ				
Kat No	Modal Analiz	Eşdeğer Dep. Yüğü Yön.	Esas Alınan Deprem Yüğü	Kat Tipi
8	876.21	1117.65	876.21	ÜST KAT
7	670.61	759.11	670.61	NORMAL K.
6	524.19	653.19	524.19	NORMAL K.
5	422.97	547.27	422.97	NORMAL K.
4	359.56	441.35	359.56	NORMAL K.
3	311.33	335.42	311.33	NORMAL K.
2	249.11	229.5	249.11	NORMAL K.
1	150.35	126.67	150.35	NORMAL K.
Σ	3564.32 kN	4210.16 kN	3564.32 kN	GENEL

Çizelge 7.8. Güçlendirilmiş Durumdaki X Yönü Deprem Yüğü

X YÖNÜ				
Kat No	Modal Analiz	Eşdeğer Dep. Yüğü Yön.	Esas Alınan Deprem Yüğü	Kat Tipi
8	1293.92	1652.89	1501.73	ÜST KAT
7	953.78	1122.61	1106.96	NORMAL K.
6	706.79	965.97	820.31	NORMAL K.
5	556.8	809.32	646.22	NORMAL K.
4	466.57	652.68	541.5	NORMAL K.
3	391.98	496.04	454.94	NORMAL K.
2	295.74	339.39	343.24	NORMAL K.
1	162.33	186.98	188.4	NORMAL K.
Σ	4827.9 kN	6225.8 kN	5603.3 kN	GENEL

Çizelge 7.9. Mevcut Durumdaki Y Yönü Deprem Yüğü

Y YÖNÜ				
Kat No	Modal Analiz	Eşdeğer Dep. Yüğü Yön.	Esas Alınan Deprem Yüğü	Kat Tipi
8	943.55	1149.1	943.55	ÜST KAT
7	668.35	780.47	668.35	NORMAL K.
6	503.65	671.57	503.65	NORMAL K.
5	403.51	562.67	403.51	NORMAL K.
4	346.76	453.76	346.76	NORMAL K.
3	303.64	344.86	303.64	NORMAL K.
2	242.03	235.96	242.03	NORMAL K.
1	144.67	130.23	144.67	NORMAL K.
Σ	3556.17 kN	4328.63 kN	3556.17 kN	GENEL

Çizelge 7.10. Güçlendirilmiş Durumdaki Y Yönü Deprem Yüğü

Y YÖNÜ				
Kat No	Modal Analiz	Eşdeğer Dep. Yüğü Yön.	Esas Alınan Deprem Yüğü	Kat Tipi
8	1117.62	1364.63	1264.32	ÜST KAT
7	782.4	926.83	885.1	NORMAL K.
6	564.86	797.5	639.0	NORMAL K.
5	450.73	668.18	509.89	NORMAL K.
4	389.53	538.85	440.66	NORMAL K.
3	342.54	409.53	387.50	NORMAL K.
2	277.33	280.2	313.73	NORMAL K.
1	164.33	154.37	185.9	NORMAL K.
Σ	4089.34 kN	5140.1 kN	4626.09 kN	GENEL

Mevcut durumda yapının:

X yönünde karşıladığı deprem yükü (taban kesme kuvveti) = 3564.32 kN,

Y yönünde karşıladığı deprem yükü (taban kesme kuvveti) = 3556.17 kN dur.

Güçlendirilmiş durumda yapının:

X yönünde karşıladığı deprem yükü (taban kesme kuvveti) = 5603.30 kN,

Y yönünde karşıladığı deprem yükü (taban kesme kuvveti) = 4626.09 kN dur.

Güçlendirme perdelerinin yapıya eklenmesinden sonra yapının X yönünde karşıladığı deprem yükünde $(5603.30 - 3564.32) = 2038.98$ kN artış sağlanmıştır.

Güçlendirme perdelerinin yapıya eklenmesinden sonra yapının Y yönünde karşıladığı deprem yükünde $(4626.09 - 3556.17) = 1069.92$ kN artış sağlanmıştır.

Çizelgelerde Artımsal Mod Birleştirme (Modal Analiz) ve Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemine göre, her iki durum için de deprem yükleri bulunmuştur.

Herhangi bir yapıda Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum kat hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dış merkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur. Bu şartların sağlanamaması durumunda Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin kullanılması gereklidir. Ancak bu tez çalışmasında Artımsal Mod birleştirme Yöntemi kullanılmıştır. Zaten Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi de birden fazla mod şeklinin her biri için Artımsal Eşdeğer

Deprem Yüğü Yöntemi'nin uygulanarak etkilerinin birleştirilmesine benzer bir analizdir. Dolayısıyla aynı ilkeler geçerlidir.¹⁶

7.6.4. Perde Taban Kesme Kuvveti

Çizelge 7.11. Mevcut Durumdaki Yapının Perde Taban Kesme Kuvveti

<i>Perde</i>	<i>V_x (kN)</i>	<i>V_y (kN)</i>
S126	-	505
S127	-	590.2
Σ	0	1095.2

Çizelge 7.12. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının Perde Taban Kesme Kuvveti

<i>Perde</i>	<i>V_x (kN)</i>	<i>V_y (kN)</i>
S126	-	390.2
S127	-	452.3
P115	1502	-
P119	221.8	-
P125	1488	-
P134	1488.9	-
P163	-	365.6
P165	-	423.5
P168	-	365.9
P172	-	292.3
P175	-	550.4
P182	-	406.3
P186	-	203.5
Σ	4700.7	3449.9

7.6.5. Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme

Kuvvetine Oranı

Çizelge 7.13. Mevcut Durumdaki Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı

<i>Kat</i>	<i>V_{px}(kN)</i>	<i>ΣV_{sx}(kN)</i>	<i>α_x</i>	<i>V_{py}(kN)</i>	<i>ΣV_{sy}(kN)</i>	<i>α_y</i>
8	0.0	876.2	0.0	-238.8	943.6	-0.253
7	0.0	1546.8	0.0	42.9	1611.9	0.027
6	0.0	2071.0	0.0	97.3	2115.6	0.046
5	0.0	2494.0	0.0	111.4	2519.1	0.044
4	0.0	2853.5	0.0	138.6	2865.8	0.048
3	0.0	3164.9	0.0	221.2	3169.5	0.070
2	0.0	3414.0	0.0	439.1	3411.5	0.129
1	0.0	3564.3	0.0	1095.2	3556.2	0.308

Çizelge 7.14. Güçlendirilmiş Durumdaki Deprem Perdeleri Taban Kesme Kuvvetinin, Toplam Kat Kesme Kuvvetine Oranı

<i>Kat</i>	<i>V_{px}(kN)</i>	<i>ΣV_{sx}(kN)</i>	<i>α_x</i>	<i>V_{py}(kN)</i>	<i>ΣV_{sy}(kN)</i>	<i>α_y</i>
8	-15.6	1501.7	-0.010	231	1264	0.183
7	1232.0	2608.7	0.472	1083.4	2149.4	0.504
6	1931.3	3429.0	0.563	1535	2788.4	0.550
5	2514.0	4075.2	0.617	1907.3	3298.3	0.578
4	3053.7	4616.7	0.661	2258.1	3739	0.604
3	3588.0	5071.7	0.707	2621.7	4126.5	0.635
2	4156.4	5414.9	0.768	3063.	4440.2	0.690
1	4700.7	5603.3	0.839	3449.9	4626.1	0.746

Mevcut durumdaki perde taban kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranı:

$$X \text{ yönü } \alpha_s = 0.00 / 3564.3 = 0.00 = \% 0$$

$$Y \text{ yönü } \alpha_s = 1095.2 / 3556.2 = 0.31 = \% 31$$

Mevcut durumda yapıya X yönünde gelen 3564.3 kN taban kesme kuvvetinin % 0' ı ,Y yönünde gelen 3556.2 kN taban kesme kuvvetinin %31'i perdeler tarafından karşılanmaktadır.

Güçlendirilmiş durumdaki perde taban kesme kuvvetinin toplam kat kesme kuvvetine oranı:

$$X \text{ yönü } \alpha_s = 4700.7 / 5603.3 = 0.84 = \% 84$$

$$Y \text{ yönü } \alpha_s = 3449.9 / 4626.1 = 0.75 = \% 75$$

Mevcut durumda yapıya X yönünde gelen 5603.3 kN taban kesme kuvvetinin % 84' ü ,Y yönünde gelen 4626.1 kN taban kesme kuvvetinin %75'i perdeler tarafından karşılanmaktadır.

7.6.6. Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Çizelge 7.15. Mevcut Yapının Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	hi	X (δ_{ji} / h_{ji})	Hasar Sınırı	Y (δ_{ji} / h_{ji})	Hasar Sınırı
7	3	0.0053	MH	0.0076	MH
6	3	0.0078	MH	0.0093	MH
5	3	0.0098	MH	0.0107	BH
4	3	0.0112	BH	0.0116	BH
3	3	0.0121	BH	0.0121	BH
2	3	0.0127	BH	0.0119	BH
1	3	0.0124	BH	0.0106	BH
Z	3.5	0.0086	BH	0.0064	BH

Çizelge 7.16. Güçlendirilmiş Yapının Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Kat	hi	X (δ_{ji} / h_{ji})	Hasar Sınırı	Y (δ_{ji} / h_{ji})	Hasar Sınırı
7	3	0.0084	MH	0.0097	MH
6	3	0.0091	MH	0.011	BH
5	3	0.0093	MH	0.0115	BH
4	3	0.0093	MH	0.0118	BH
3	3	0.0088	MH	0.0116	BH
2	3	0.0079	MH	0.0107	BH
1	3	0.0064	MH	0.0091	MH
Z	3.5	0.0035	MH	0.0052	MH

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için DBYYHY Çizelge 7.6'da verilen değeri aşmayacaktır. Aksi durumda doğrusal elastik yöntemle yapılan hasar değerlendirmeleri gözönüne alınmayacaktır.

Yapıda hem mevcut durum hemde güçlendirilmiş durum için görelî kat ötelemeleri Güvenlik Sınırını (GV) aşmadığı için, doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta görelî kat ötelemeleri açısından yapıda herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Ancak yapının hem mevcut hemde güçlendirilmiş durumu için yapılan analizler Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemlerden Mod Birleştirme yöntemi ile yapıldığından ve bu yöntemin sonuçları üzerinden değerlendirmeler yapıldığından, görelî kat ötelemesi hasar sınırları çizelgeleri bilgi amaçlı olarak verilmiştir.

7.6.7. Kiriş Hasar Yüzdeleri

Deprem yükü tersinir olduğundan hem (-X / +X) hem de (-Y / +Y) yönlerinden etki etme durumu ele alınarak, mevcut ve güçlendirilmiş durumdaki elemanların hasar yüzdeleri belirlenmiştir.

Çizelge 7.17.Mevcut Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X) YÖNÜ				(X) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	92.3	7.7	0.0	0.0	59.6	40.4	0.0	0.0
4	46.2	53.8	0.0	0.0	21.2	78.8	0.0	0.0
3	42.3	57.7	0.0	0.0	23.1	76.9	0.0	0.0
2	42.3	57.7	0.0	0.0	23.1	76.9	0.0	0.0
1	46.2	53.8	0.0	0.0	26.9	73.1	0.0	0.0
Max	100	57.7	0.0	0.0	100	78.8	0.0	0.0

Çizelge 7.18. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-X) YÖNÜ				(X) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	95.8	4.2	0.0	0.0	91.7	8.3	0.0	0.0
7	87.5	12.5	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0
6	87.5	12.5	0.0	0.0	75.0	25.0	0.0	0.0
5	91.7	8.3	0.0	0.0	79.2	20.8	0.0	0.0
4	91.7	8.3	0.0	0.0	79.2	20.8	0.0	0.0
3	97.9	2.1	0.0	0.0	91.7	8.1	0.0	0.0
2	100	0.0	0.0	0.0	97.9	2.1	0.0	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max	100	12.5	0.0	0.0	100	25	0.0	0.0

Çizelge 7.19. Mevcut Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-Y) YÖNÜ				(Y) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
4	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
3	100	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	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

Çizelge 7.20. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kiriş Hasar Yüzdeleri

Kat No	(-Y) YÖNÜ				(Y) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
4	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
3	100	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	0.0
1	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
Max	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

7.6.8. Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Çizelge 7.21. Mevcut Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X) YÖNÜ				(X) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	41.8	58.2	0.0	0.0	14.3	85.7	0.0	0.0
4	19.9	80.1	0.0	0.0	7.9	92.1	0.0	0.0
3	19.7	80.3	0.0	0.0	9.4	59.5	21.2	9.8
2	6.4	92.8	0.8	0.0	6.8	38.2	36.0	19.0
1	4.5	84.0	11.5	0.0	5.4	24.1	30.6	40.0
Max	100	92.8	11.5	0	100	92.1	36	40

Çizelge 7.22. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X /+X) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X) YÖNÜ				(X) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	36	64.0	0.0	0.0	45.2	54.8	0.0	0.0
7	12	88.0	0.0	0.0	16.5	83.5	0.0	0.0
6	14.7	85.3	0.0	0.0	15.6	84.4	0.0	0.0
5	15	85.0	0.0	0.0	18.9	81.1	0.0	0.0
4	22.1	77.9	0.0	0.0	24.0	76.0	0.0	0.0
3	26.1	73.9	0.0	0.0	33.4	66.6	0.0	0.0
2	47.8	52.2	0.0	0.0	38.6	53.9	7.6	0.0
1	73	27.0	0.0	0.0	63.4	36.6	0.0	0.0
Max	73	88	0.0	0.0	63.4	84.4	0.0	0.0

Çizelge 7.23. Mevcut Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-Y) YÖNÜ				(Y) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
7	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
6	100	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
5	12.6	87.4	0.0	0.0	14.3	14.7	0.0	0.0
4	8.7	91.3	0.0	0.0	7.9	6.4	0.0	0.0
3	7.5	59.8	23.5	9.1	9.4	10.2	17.2	9.9
2	7.8	44.9	30.7	16.6	6.8	4.7	36.0	19.3
1	0.9	31.2	37.2	30.7	5.4	3.2	31.2	30.0
Max	100	91.3	37.2	30.7	100	14.7	36	30

Çizelge 7.24. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y /+Y) Yönündeki Kolon Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-Y) YÖNÜ				(Y) YÖNÜ			
	MH	BH	İH	GB	MH	BH	İH	GB
8	44.5	55.5	0.0	0.0	48.9	51.1	0.0	0.0
7	17.1	82.9	0.0	0.0	17.4	82.6	0.0	0.0
6	17	83.0	0.0	0.0	16.2	83.8	0.0	0.0
5	20.4	79.6	0.0	0.0	19.0	81.0	0.0	0.0
4	22.3	77.7	0.0	0.0	26.6	73.4	0.0	0.0
3	36.8	63.2	0.0	0.0	30.0	70.0	0.0	0.0
2	35.6	57.1	7.3	0.0	32.5	60.3	7.2	0.0
1	65.3	34.7	0.0	0.0	57.4	42.6	0.0	0.0
Max	65.3	83	0.0	0.0	57.4	83.8	0.0	0.0

7.6.9. Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Çizelge 7.25. Mevcut Durumdaki Yapının (-X/+X) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X) YÖNÜ		(+X) YÖNÜ	
	MH	BH + IH + GB	MH	BH + IH + GB
8	100	0.0	100	0.0
7	100	0.0	100	0.0
6	100	0.0	100	0.0
5	100	0.0	100	0.0
4	100	0.0	100	0.0
3	100	0.0	90.2	9.8
2	100	0.0	90.1	9.9
1	99.6	0.4	79.7	20.3
Max	100	0.4	100	20.3

Çizelge 7.26. Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-X/+X) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-X) YÖNÜ		(+X) YÖNÜ	
	MH	BH + IH + GB	MH	BH + IH + GB
8	73.9	0.0	82.9	0.0
7	76.3	0.0	85.6	0.0
6	76.9	0.0	85.7	0.0
5	77.4	0.0	86.0	0.0
4	78.5	0.0	86.6	0.0
3	79.5	0.0	87.2	0.0
2	80.8	0.0	87.4	0.0
1	81.7	0.0	87.4	0.0
Max	81.7	0.0	87.4	0.0

Çizelge 7.27.Mevcut Durumdaki Yapının (-Y/+Y) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-Y) YÖNÜ		(Y) YÖNÜ	
	MH	BH + IH + GB	MH	BH + IH + GB
8	100	0.0	100	0.0
7	100	0.0	100	0.0
6	100	0.0	100	0.0
5	100	0.0	100	0.0
4	100	0.0	100	0.0
3	90.9	9.1	85.6	14.4
2	88.8	11.2	86.3	13.7
1	69	31	71.5	28.5
Max	100	31	100	28.5

Çizelge 7.28.Güçlendirilmiş Durumdaki Yapının (-Y/+Y) Yönündeki Alt ve Üst Kesitlerinde Minimum Hasar Bölgesini Aşan Kolonların Kesme Kuvveti Dağılımı

Kat No	(-Y) YÖNÜ		(Y) YÖNÜ	
	MH	BH + IH + GB	MH	BH + IH + GB
8	85.7	0.0	86.4	0.0
7	88.2	0.0	87.6	0.0
6	88.4	0.0	88.4	0.0
5	89	0.0	88.9	0.0
4	88.9	0.0	90	0.0
3	90.1	0.0	89.8	0.0
2	89	0.0	78	12.0
1	95.7	0.0	93	0.0
Max	95.7	0.0	93	12.0

7.7.Mevcut Yapı Performansının Belirlenmesi:

Mevcut yapının performans analizinden elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

Mevcut yapıda : X yönü kiriş sayısı 52, Y yönü kiriş sayısı ise 41 dir.

1)Can Güvenliği Performans Düzeyi kriterlerinden : Yapımızın mevcut durumu göz önüne alınarak yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde; kiriş hasar oranlarıyla ilgili (+X ve -X) yönündeki maksimum hasar oranlarını dikkate alındığında Kirişlerin %100'ü Minimum hasar bölgesinde, %78'i belirgin hasar bölgesindedir. İleri hasar bölgesinde ve göçme bölgesinde kiriş bulunmamaktadır. Dolayısıyla 2007 Deprem Yönetmeliğine göre kirişlerin en fazla % 20'si *Göçme Bölgesine* geçebilir. Yapımız kiriş hasar oranları açısından göçme bölgesinde eleman bulundurmadığından Yönetmeliğin 7.7.4.a maddesini sağlamaktadır.

2)Diğer taşıyıcı elemanlar minimum hasar, belirgin hasar veya ileri hasar bölgesindedirler. Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Ancak yapımızda alt ve üst kesitlerinde minimum hasar bölgesini aşan kolonların yani plastikleşen kolonların oranı % 31 olmasından dolayı yapımız göçme bölgesindedir ve konutlarda olması gereken can güvenliği performans seviyesi sağlaması için güçlendirilmesi gerekmektedir.

3)Göçme öncesi performans düzeyi kriterlerinden : herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvveti oranının %30'u aşmaması gerekir. Ancak performansını incelediğimiz yapıda bu

oran %40 olmaktadır. Dolayısıyla yapı göçme öncesi performans düzeyi kriterlerindeki sağlamamaktadır.

Yapı hem can güvenliği performans düzeyini hemde göçme öncesi performans düzeyi kriterlerindeki sağlamamaktadır. Yapıda perde oranı da az olduğundan ve yapının eleman bazında güçlendirilerek sistemin iyileştirilmeside ekonomik açıdan maliyetli olacağından yapıya perde ilavesi yapılarak yapıda hem perde oranı artırılarak gelen deprem kuvvetinin büyük oranda (%75) bu perdeler tarafından taşınmasını sağlamak dolayısıyla yapımızda yetersiz görünen elemanların taşıyacağı deprem kuvvetinin azaltılarak yapı sisteminin depreme karşı performansında iyileştirme yapılabilir.

Çizelge 7.29. Performans Koşulları¹⁵

Performans Düzeyi	Performans Koşulları
Hemen Kullanım (HK)	1. Kirişlerin en fazla %10'u MN-GV arasında olmalıdır
	2. Hiçbir düşey taşıyıcı eleman MN seviyesini geçmemelidir.
	3. Hiçbir kiriş eleman GV seviyesini geçmemelidir.
	4. Göreli kat ötelenmesi % 1 değerini aşmamalıdır.
Can Güvenliği (CG)	1. Kirişlerin en fazla %20'si GV-GÇ arasında olmalıdır
	2. GV-GÇ aralığında düşey taşıyıcılar tarafından taşınan kesme kuvvetinin o kattaki kat kesmesine oranı %20'yi aşmamalıdır. Bu oran en üst katta %40'ı geçmemelidir.
	3. Her iki ucu birden MN seviyesini aşmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır.
	4. Göreli kat ötelenmesi % 3 değerini aşmamalıdır.
	5. Hiçbir düşey taşıyıcı eleman GÇ seviyesini geçmemelidir.
Göçmenin Önlenmesi (GÖ)	1. Kirişlerin en fazla %20'si GÇ seviyesini geçebilmektedir.
	2. GÇ'yi geçmiş düşey taşıyıcıların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %20'sini aşmamalıdır. Bu oran en üst katta %40'ı geçmemelidir.
	3. Her iki ucu birden GV seviyesini aşmış düşey taşıyıcı elemanların taşıdığı kesme kuvveti, kat kesmesinin %30'unu aşmamalıdır.
	4. Göreli kat ötelenmesi % 4 değerini aşmamalıdır.
Göçme Durumu	Göçmenin önlenmesi durumu sağlanmıyorsa, göçme durumundadır.

7.8.Güçlendirilmiş Yapı Performansının Belirlenmesi:

Güçlendirilmiş yapının performans analizinden elde edilen sonuçlar maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

Güçlendirilmiş Yapıda : X yönü kiriş sayısı 48, Y yönü kiriş sayısı ise 34'dür

1)Güçlendirilmiş yapıda X ve Y yönünde kiriş sayısının az olması, iki kolon arasındaki bazı kirişlerin kırılarak yerlerine betonarme perde yapılmasıdır.

Yapımızda güçlendirme sonrası yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde: Kirişlerin %25'i belirgin hasar bölgesinde olduğundan ve 2007 Deprem yönetmeliğinde en fazla, kirişlerin %10'unun Belirgin Hasar bölgesine geçmesine müsaade edildiğinden dolayı yapı hemen kullanım performans düzeyinde değildir.

2) Can güvenliği performans düzeyi yeterlilik koşulları :

a) 2007 Deprem Yönetmeliğine göre kirişlerin en fazla %30'u ileri hasar bölgesine geçebilir. Ancak güçlendirme sonrası yapıda ileri hasar bölgesinde kiriş bulunmadığından dolayı bu şart sağlanmaktadır.

b)2007 Deprem Yönetmeliğine göre İleri Hasar Bölgesi'ndeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'nin altında olmalıdır.

Güçlendirme sonrası yapımızda bu değer %7.6 olduğu için yapımız bu şartı sağlamaktadır.

c)2007 Deprem Yönetmeliğine göre en üst katta ileri hasar bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir. Güçlendirme sonrası yapıda bu değer %0.00 olduğu için yapı bu şartı sağlamaktadır.

d)Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum hasar bölgesi veya belirgin hasar bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden minimum hasar sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir. Güçlendirme sonrası yapıda bu değer %12 olduğu için yapı bu şartı sağlamaktadır.

Yapının güçlendirme yapıldıktan sonra 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen can güvenliği performans seviyesi kriterlerinin tümünü sağladığı için yapımızın konutlar için öngörülen can güvenliği performans düzeyinde olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- 1 *Türkmen, M. ;Demir, F. ;Tekeli, H. ;Çırak,F. ;Öcal, C. ; “Deprem Yüğü Altında Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Davranışı”,Isparta,2005*
- 2 *Aydınöğlu, N. ;Celep,Z. ;Özer, E. ;Sucuoğlu,H. ;”Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar Ve Örnekler Kitabı”,İstanbul Proje Kordinasyon Merkezi,2009*
- 3 *Türkmen,M. ;”Mevcut Binalarda Deprem Güvenliğ”i, Seminer, Isparta,2004*
- 4 *Türkmen,M. ;”Isparta Vali Konağı Binası Taşıyıcı Sisteminin Değerlendirilmesi”,Rapor,Isparta,2006*
- 5 *”Sabri Artam Vakfı İlk Öğretim Okul Binası Güçlendirme Raporu”,İstanbul Valiliği İl Özel İdaresi İstanbul Proje Kordinasyon Birimi,Rapor, Ankara, 2007*
- 6 *DBYYHY 2007 “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007*
- 7 *TS500, “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000*
- 8 *Akkan, F. ; “Mevcut Bir Okul Yapısının Performans Yaklaşımıyla Güçlendirilmesi”,Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- 9 *Celeb,Z., Kumbasar, N. ; “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004*
- 10 *Temür, F. ; “Statik İtme (Pushover) yöntemi Kullanılarak Yapıların Analizi”,Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007*

- 11 Akyıldız , H. ; “*Betonarme Bir Yapının Güçlendirme Öncesi ve Sonrası Yapı Performansının İncelenmesi*”,*Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007*
- 12 TS-498, “*Yapı Elemanların Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997*
- 13 STA4-CAD (V12.1) Paket Programı, “*Güçlendirme ve Performans Analizi Notları*”.
- 14 Koparan , İ. ; “*Mevcut Betonarme Binaların Performans Analizleri*”,*Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006*
- 15 Yıldırım ,C. ; “*2007 Deprem Yönetmeliği'ne Göre Mevcut Bir yapının Performansının Belirlenmesi Ve Bir Güçlendirme Önerisi*”,*Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008*
- 16 İnel, M. ;Meral, E. ; “*Mevcut Binaların Deprem Performanslarının Doğrusal Olmayan Analiz İle Belirlenmesi*”,*Seminer, Denizli, 2009*

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Diyarbakır ilinin Gaziler semtinde bulunan Arpaçık Apt. 2001 yılında 1997 deprem yönetmeliğine göre projelendirilerek yapımına başlanmıştır. Ne yazıkki yapım aşamasında projeye tam olarak uyulmamış hatta yerinde yapılan imalatlar esnasında projenin dışına çıkılarak yapıya ek kolonlar atılarak yapı biraz büyütülmüştür.

Hem projeye uyulmadığı için hemde beton sınıfının düşük olması nedeniyle:

Yapının mevcut hali doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal mod birleştirme yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

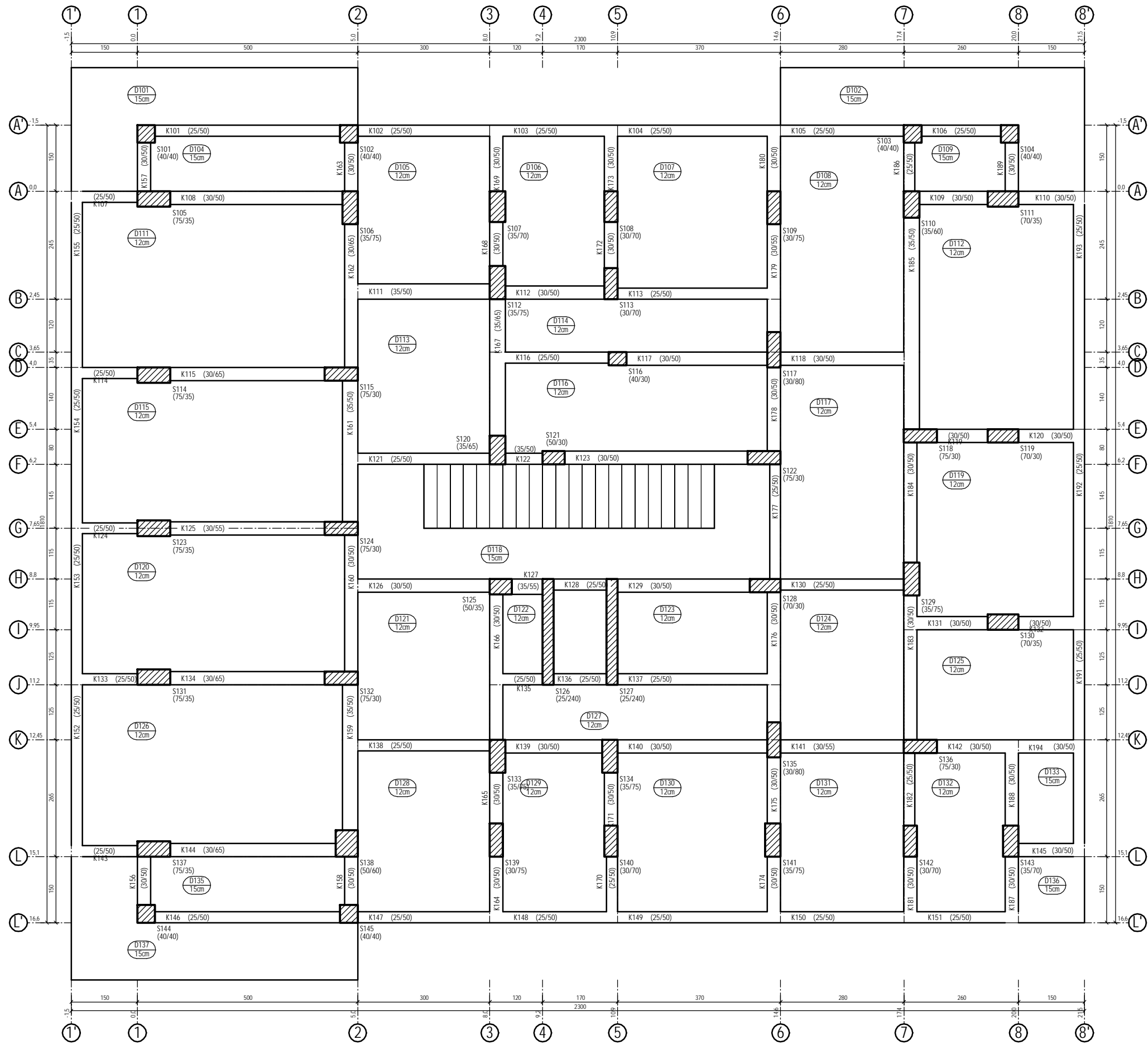
a) Bu analizler sonucunda yapının deprem güvenliğinin konutlar için beklenen düzeyde (can güvenliği) olmadığı tespit edilmiş ve güçlendirmesi gerektiği kanısına varılmıştır.

b) Güçlendirme modeli olarak yapıya her iki yönde ilave perde eklenmiş ve yapının tüm katlarında uygulanmıştır. Bu perdelerin her iki yönde moment taşıma kapasitesinin deprem momentini karşılaması sağlanmıştır. İlave perdelerin beton dayanımı C30 ve donatıları BÇIII seçilerek yapının genel malzeme özellikleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan güçlendirme sonrasında deprem performansı can güvenliği performans düzeyine arttırılarak deprem güvenliği sağlanmıştır.

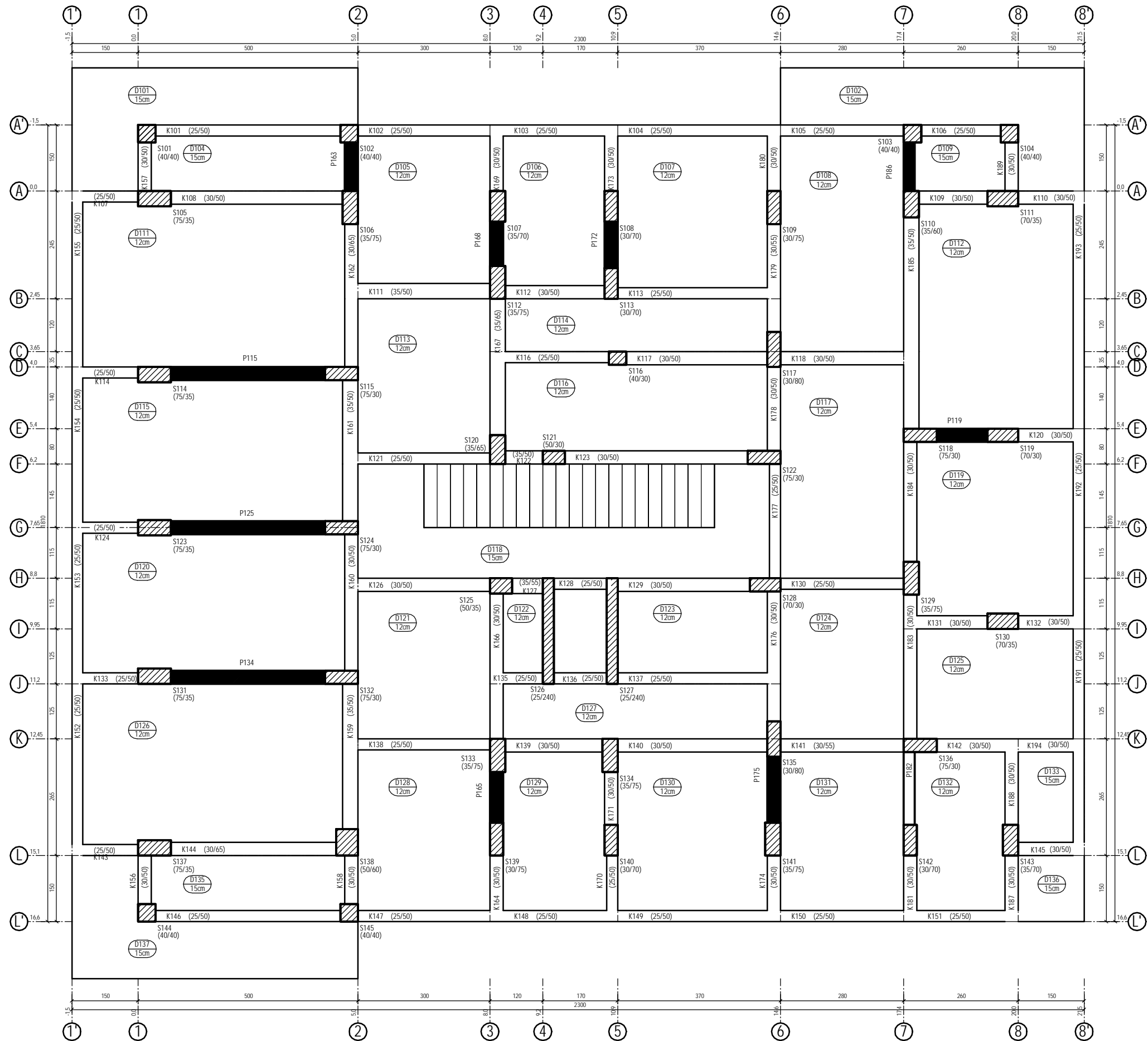
c) Meydana gelen deprem büyüklüklerini ve bunun sonucundaki can kayıplarını karşılaştırdığımızda yurdumuzdaki yapı stoğunun büyük bir çoğunluğunun depreme dayanıklı olarak tasarlanmadığı ve deprem güvenliklerinin yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yapıların hepsinin yıkılıp yeniden güvenli bir şekilde tasarlanarak yapılmaları büyük bir maliyet beraberinde getirecektir. Oysa yapıların performansları

belirlenerek doğru bir yaklaşımla güçlendirildiklerinde hem daha düşük maliyetle hemde daha kısa sürede daha güvenli yapılar elde edilmesi mümkün olacaktır.

Bütün bunlar değerlendirildiğinde doğrusal olmayan statik itme yöntemi, yapıların deprem yükleri altındaki gerçek davranışının anlaşılmasında ve buna bağlı olarak mevcut yapıların güvenliğinin artırılmasında önemli bir analiz yöntemi olduğu görülmektedir.



MEVCUT DURUM BETONARME KAT KALIP PLANI (1/50)



GÜÇLENDİRİLMİŞ DURUM BETONARME KAT KALIP PLANI (1/50)