

T.C.

İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**TÜRKİYE VE AFGANİSTAN SİSMİK YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
PERDE DUVARLARININ DAVRANIŞININ KARŞILAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Obaidullah AMİN

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

KASIM, 2020

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



TÜRKİYE VE AFGANİSTAN SİSMİK YÖNETMELİKLERİNE GÖRE
PERDE DUVARLARININ DAVRANIŞININ KARŞILAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Obaidullah AMİN
(Y1613.090037)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sepanta NAİMİ

KASIM, 2020

ONAY BELGESİ





YEMİN METNİ

Yüksek Lisans olarak sunduğum “Türkiye ve Afganistan Sismik Yönetmeliklerine Göre Perde Duvarlarının Davranışının Karşılaştırması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (13/1//2020)

Obaidullah AMİN





ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Türkiye ve Afganistan deprem yönetmeliklerine göre sismik yüklerin altında perde duvarların davranışı karşılaştırılmış.

Araştırmamıza göre yüksek yapılarda iki ülke birbirlerinin yönetmeliklerini kullanabilir ama orta ve kısa yapılarda her ülkenin yerel yönetmeliği önerilir.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın hazırlanma sürecinin her aşamasında bilgilerini tecrübelerini ve değerli zamanlarını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli Hocam sayın Doç. Dr. Sepanata NAİMİ'ye teşekkürü bir borç bilirim aynı zamanda benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme özellikle sevgili anneme teşekkür ederim.

Kasım, 2020

Obaidullah AMİN



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş	1
1.1.1 Sismoloji	1
1.1.2 Deprem nedir?.....	2
1.2 Dünyanın En Büyük Depremleri	4
1.3 Yapay Depremsellik	5
1.4 Depremlerin Etkileri.....	5
1.4.1 Sarsıntı ve zemin kırılması	6
1.4.2 Heyelanlar	7
1.4.3 Yangınlar	8
1.4.4 Toprak sıvılaşması	9
1.4.5 Tsunami	10
1.4.6 Seller (Taşkınlar)	10
1.4.7 İnsan etkileri	10
1.5 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Teknikleri	11
1.5.1 Rijitlik ve mukavemet.....	12
1.5.2 Düzenlilik.....	12
1.5.3 Artıklık.....	12
1.5.4 Temeller	12
1.5.5 Sürekli yük yolu.....	13
1.5.6 Yüzer temel.....	14
1.5.7 Şok emilimi.....	14
1.5.8 Sallanan çekirdek duvar	15
1.5.9 Sarkaç gücü.....	16
1.5.10 Simetri, diyaframlar ve çapraz bağlantı	17
1.6 Perde Duvarlar Deprem Sırasında Bir Binanın Direnmesine Nasıl Yardımcı Olur?...18	
1.7 Sonuç	19
2. DEPREM YÖNETMELİĞİNİN ESASLARI	21
2.1 Giriş	21
2.2 Sismik Yönetmelik	25
2.3 Türkiye Deprem Standardı	26
2.3.1 1940 sismik düzenlemesi	27
2.3.2 1944 sismik düzenlemesi	28
2.3.3 1961 sismik düzenlemesi	28

2.3.4 1968 sismik düzenlemesi	28
2.3.5 1975 sismik düzenlemesi	29
2.3.6 1998 sismik düzenlemesi	30
2.3.7 2007 sismik düzenlemesi	31
2.3.8 2018 sismik düzenlemesi	33
2.3.9 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde deprem yer hareketi düzeyleri	35
2.3.10 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yapı kategorileri	35
2.3.11 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde performans düzeyleri oluşturma	37
2.3.12 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tasarım hedefleri ve ilişkili tasarım yöntemleri oluşturma	38
2.3.13 2018 Deprem Yönetmeliği'nde binaların kuvvet bazlı tasarımı	39
2.3.14 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tasarım binalarında aşırı mukavemet	41
2.3.15 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde beton elemanlar için etkili kesme rijitliği	43
2.3.16 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde görelî kat ötelemesinin sınırlandırılması	44
2.4 Afganistan Deprem Standardı	45
2.4.1 Afganistan'da deprem tehlikesi	47
2.4.2 Kullanım tanıtımı	49
2.4.3 Deprem tasarım verileri	50
2.4.4 Risklerin sınıflandırılması	50
2.4.5 Risklerin sınıflandırılması	51
2.4.6 Risklerin sınıflandırılması	52
2.4.7 Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi	52
2.4.8 Yapısal sistem seçimi	52
3. BETONARME YAPILARIN ANALİZ VE TASARIM ESASLARI	53
3.1 Giriş	53
3.2 Tasarım Kodları ve Şartnameler	54
3.3 Tasarım Esasları	56
3.4 ACI 318	57
3.5 TS 500	59
3.6 Perde Duvarlar	60
3.6.1 Perde duvarların göçme yöntemleri	61
3.6.2 Perde duvar yapımında kullanılan malzemeler ve kullanılan çerçeve tipi	62
3.6.3 Perde duvarların yerleştirilmesi ve tasarım şekilleri	62
3.6.4 Nasıl tasarlanır?	63
3.6.4.1 ACI 318-14 ve Afganistan Yönetmeliği'nde perde duvar tasarımı	63
3.6.4.2 TS 500 ve TBDY 2018'de perde duvar tasarımı	68
3.6.4.3 TBDY-2018-perde	71
3.7 Sonuç	77
4. SONLU ELEMANLARI YAZILIMINDA MODELLEME MODELLERİ VE GEREKLİ ANALİZLER	79
4.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi	79
4.1.1 Böl, parçala, fethet	80
4.1.2 Ağ yakınsama	80
4.2 Analiz Yöntemleri	82
4.2.1 Doğrusal statik analiz	83

4.2.2 Doğrusal dinamik analiz	83
4.2.3 Modal analiz	84
4.3 Sayısal Hesaplaması	85
4.3.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı	88
4.4 Sonlu Elemanlar Metodu ile Modelleme	92
4.4.1 Modeller bilgi girişi	93
4.4.2 Analiz bölümü	107
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	111
5.1 Statik Analiz Sonuçları	111
5.1.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)	112
5.1.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)	117
5.1.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)	121
5.2 Modal Analiz Sonuçları	123
5.2.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)	123
5.2.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)	124
5.2.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)	124
5.3 Dinamik Analiz Sonuçları	125
5.3.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)	126
5.3.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)	129
5.3.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)	131
5.4 Sonuç	132
KAYNAKLAR	139
ÖZGEÇMİŞ	1



KISALTMALAR VE SİMGELER

A_c	: Kolonun veya perde uç bölgesinin brüt enkesit alanı
A_{ch}	: Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı
AFAD	: Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindirik basınç dayanımı
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
G	: Sabit yük etkisi
g	: Yerçekimi ivmesi [$g = 9.81 \text{ m/s}^2$]
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
H	: Tasarım yanal yükü
H_{cr}	: Perde kritik yüksekliği
H_w	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
H_N	: Bina Toplam Yüksekliği [m]
h_i	: Binanın i'inci katının kat yüksekliği [m]
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
I	: Bina Önem Katsayısı
l_w	: Perdenin plandaki boyu [m]
l_{wj}	: J'inci perdenin planda uzunluğu [m]
$(M_d)_t$	: Perdenin taban kesitinde yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan moment
$(M_p)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{ck} , f_{yk} ve çeliğin dayanım artışı gözönüne alınarak hesaplanan moment kapasitesi
$(M_r)_t$	: Perdenin taban kesitinde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan taşıma gücü momenti

N_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan eksenel kuvvet
N_{dm}	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında (TS 498'de hareketli yükler için tanımlanmış olan hareketli yük azaltma katsayıları da dikkate alınarak) hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin en büyüğü
P	: Ek olarak hareketli yükün
PGA	: Peak Ground Acceleration (maksimum yer ivmesi)
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R_a (T)	: Öngörülen süneklik kapasitesi ve periyoda bağlı Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
Q	: Hareketli yük etkisi
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
S_{ae} (T)	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S_{aeD} (T)	: Düşey elastik tasarım spektral ivmesi [g]
S_{de} (T)	: Yatay elastik tasarım spektral yerdeğiştirmesi [m]
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S₁	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T_L	: Yatay elastik tasarım spektrumunda sabit yer değıştirme bölgesine geçiş periyodu [s]
V_d	: Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_i	: (X) deprem doğrultusunda i'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti [kN]
(V_s)₃₀	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
V_{tE}	: (X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) [kN]
V_{tx}	: Modal hesap yöntemlerinden biri ile x doğrultusunda elde edilen en büyük toplam deprem yükü [kN]
W	: Rüzgar yükü
w	: Bina ağırlığı
γ_E	: Eşdeğer taban kesme kuvveti büyütme katsayısının belirlenmesinde kullanılan ampirik katsayı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1:	Dünyanın En Büyük Depremleri [5]	4
Çizelge 3.1:	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı.....	65
Çizelge 3.2:	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [32]	75
Çizelge 4.1:	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [25]	91
Çizelge 4.2:	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [30]	92
Çizelge 4.3:	Malzeme Bilgileri	94
Çizelge 4.4:	Malzeme Bilgileri	95
Çizelge 4.5:	Yapı Konum Bilgileri	95
Çizelge 4.6:	Yapı Geometrik Bilgileri	95
Çizelge 4.7:	Zemin Parametreleri	95
Çizelge 4.8:	Deprem Parametreleri	96
Çizelge 5.1:	Yükleme Kombinasyonları	111
Çizelge 5.2:	Yapı Tepkileri	112
Çizelge 5.3:	Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi	113
Çizelge 5.4:	Kütle Merkezinin Görelî Kat Ötelemesi	114
Çizelge 5.5:	Kat Kuvvetleri	115
Çizelge 5.6:	Yapı Tepkileri	117
Çizelge 5.7:	Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi	118
Çizelge 5.8:	Kütle Merkezinin Görelî Kat Ötelemesi	118
Çizelge 5.9:	Kat Kuvvetleri	119
Çizelge 5.10:	Yapı Tepkileri	121
Çizelge 5.11:	Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi	121
Çizelge 5.12:	Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi	121
Çizelge 5.13:	Kat Kuvvetleri	122
Çizelge 5.14:	Modal Katılan Kütle Oranları	124
Çizelge 5.15:	Modal Katılan Kütle Oranları	124
Çizelge 5.16:	Modal Katılan Kütle Oranları	125
Çizelge 5.17:	Görelî Kat Ötelemesi	126
Çizelge 5.18:	Perde Pier Kuvvetleri	127
Çizelge 5.19:	Perde Spandrel Kuvvetleri	128
Çizelge 5.20:	Görelî Kat Ötelemesi	129
Çizelge 5.21:	Perde Pier Kuvvetleri	130
Çizelge 5.22:	Perde Spandrel Kuvvetleri	130
Çizelge 5.23:	Görelî Kat Ötelemesi	131
Çizelge 5.24:	Perde Pier Kuvvetleri	131
Çizelge 5.25:	Perde Spandrel Kuvvetleri	132

Çizelge 5.26: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları, Dayanım Fazlalığı	
Katsayıları.....	136



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1:	Zamana Dayanan Bir Deprem Basit Bir Hız Kaydı	1
Şekil 1.2:	Depreme Neden Olan Enerjinin / Gerilmenin Serbest Bırakıldığı Nokta	3
Şekil 1.3:	Yer Sarsıntısı	7
Şekil 1.4:	Heyelan (Toprak Kayması)	8
Şekil 1.5:	Depremden Kaynaklanan Yangın.....	8
Şekil 1.6:	Sıvılaşma	9
Şekil 1.7:	Tsunami	10
Şekil 1.8:	Seller (Taşkınlar)	10
Şekil 1.9:	Temel İzolasyon Yüzer Temeller Yöntemidir.....	14
Şekil 1.10:	Hidrolik Amortisör	15
Şekil 1.11:	Kullanılan Perde Duvar bir Sallanan Çekirdek Duvar Yöntemidir	16
Şekil 1.12:	Sarkaç Gücü.....	16
Şekil 1.13:	Perde Duvar Kullanımı.....	17
Şekil 2.1:	1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası	34
Şekil 2.2:	2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası	34
Şekil 2.3:	Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	36
Şekil 2.4:	Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)	36
Şekil 2.5:	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları	37
Şekil 2.6:	Deprem Performans Grafiği	38
Şekil 2.7:	Tipik Bir Bina Çerçevesi için İtme Kapasitesi Eğrisi	40
Şekil 2.8:	Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları	42
Şekil 2.9:	Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları	43
Şekil 2.10:	Bir Çerçevede Görelî Kat Ötelenmesi ve i'nci Katında Etkili Görelî Kat Ötelenmesi	44
Şekil 2.11:	Afganistan'ın Metindeki Tartışılan Başlıca Hataları ve Konumları Gösteren Tektonik Ortamı	46
Şekil 2.12:	Afganistan Deprem Bölgeleri Haritası	47
Şekil 2.13:	Modellenmiş Fay Kaynaklarının Yerlerini Gösteren Harita (Koyu Mavi Çizgiler)	48
Şekil 2.14:	Seçilen Şehirler için Olasılıksal Yer Hareketleri	48
Şekil 2.15:	50 Yılda Aşma Olasılığı Yüzde 2 ile 0,2 Saniyelik Periyot için Yatay Spektral İvme (Kritik Sönümlemenin Yüzde 5'i)	51
Şekil 2.16:	50 Yılda Aşma Olasılığı Yüzde 2 ile 1.0 Saniyelik Periyot için Yatay Spektral İvme (Kritik Sönümlemenin Yüzde 5'i)	51
Şekil 3.1:	Perde Duvar Çökme Modları.....	62

Şekil 3.2:	Perde Duvarların Yerleştirilmesi	63
Şekil 3.3:	Düzlem içi ve Düzlem Dışı Kuvvetler	66
Şekil 3.4:	Basitleştirilmiş Tasarım için Kullanılan Tipik Duvar Ayağı Boyutları	66
Şekil 3.5:	Değişen Doğrusal Birim Şekil Değiştirme Düzlemleri	67
Şekil 3.6:	Duvar Ayağı Gerilme - Şekil Değiştirme İlişkisi	67
Şekil 3.7:	Betonarme Perde Çizim ve Detayları	73
Şekil 3.8:	TBDY Perde Tasarımı Koşulları	73
Şekil 3.9:	Bağ Kiriş Detayları	74
Şekil 4.1:	Sonlu Elemanlar Analizi	80
Şekil 4.3:	Ağ Yakınsama	81
Şekil 4.4:	İki Tür Ağ Çözümleme	81
Şekil 4.5:	Yakınsama Hatası	82
Şekil 4.6:	Doğrusal Statik Analiz	83
Şekil 4.7-(a):	TBDY’de Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	86
Şekil 4.7-(b):	Afganistan Yönetmeliği’nde Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	86
Şekil 4.8-(a):	Afganistan Yönetmeliği’nde Yerel Zemin Sınıfları	87
Şekil 4.8-(b):	TBDY’de Yerel Zemin Sınıfları	87
Şekil 4.9:	Bir Yapının Esnek Olmayan Tepkisinin İdealleştirilmesi	90
Şekil 4.10:	Araştırılan Farklı Bina Grupları	94
Şekil 4.11:	Yüksek Yapı (Kiriş)	96
Şekil 4.12:	Yüksek Yapı (Kolon)	97
Şekil 4.13:	Yüksek Yapı (Perde)	97
Şekil 4.14:	Orta Yapı (Kiriş)	98
Şekil 4.15:	Orta Yapı (Kolon)	98
Şekil 4.16:	Orta Yapı (Perde)	99
Şekil 4.17:	Kısa Yapı (Kiriş)	99
Şekil 4.18:	Kısa Yapı (Kolon)	100
Şekil 4.19:	Kısa Yapı (Perde)	100
Şekil 4.20:	TBDY’de Elastik Tasarım Spektrumu (Yüksek Yapı)	101
Şekil 4.21:	Afganistan Yönetmeliği’nde Elastik Tasarım Spektrumu (Yüksek Yapı)	101
Şekil 4.22:	TBDY’de Elastik Tasarım Spektrumu (Orta Yapı)	101
Şekil 4.23:	Afganistan Yönetmeliği’nde Elastik Tasarım Spektrumu (Orta Yapı)	102
Şekil 4.24:	TBDY’de Elastik Tasarım Spektrumu (Kısa Yapı)	102
Şekil 4.25:	Afganistan Yönetmeliği’nde Elastik Tasarım Spektrumu (Kısa Yapı)	102
Şekil 4.26:	Çerçeve Aralığı Zati Yüğü	103
Şekil 4.27:	Çerçeve Aralığı Hareketli Yüğü	104
Şekil 4.28:	Çerçeve Aralığı Zati Yüğü	105
Şekil 4.29:	Çerçeve Aralığı Hareketli Yüğü	106
Şekil 4.30:	Çerçeve Aralığı Zati Yüğü	106
Şekil 4.31:	Çerçeve Aralığı Hareketli Yüğü	107
Şekil 5.1:	Alt Kesme Kuvvetleri	116
Şekil 5.2:	Alt Kesme Kuvvetleri (TBDY)	120
Şekil 5.3:	Alt Kesme Kuvvetleri (Afganistan)	120
Şekil 5.4:	Alt Kesme Kuvvetleri (TBDY)	122
Şekil 5.5:	Alt Kesme Kuvvetleri (Afganistan)	123

TÜRKİYE VE AFGANİSTAN SİSMİK YÖNETMELİKLERİNE GÖRE PERDE DUVARLARININ DAVRANIŞININ KARŞILAŞTIRMASI

ÖZET

Afganistan ve Türkiye'deki sismik haritalara, geçmiş depremlere ve sismik faaliyetlere göre, bu ülkeler çok yüksek bir sismik bölgeye dahildir. Bu nedenle, iki ülkenin de sınırları içerisinde yer alan tüm yapılar sismik bir koda dayanarak analiz edilmelidir. İlgili ülkelerin her ikisi de sismik analiz ve tasarım için deprem standartlarını kullanmaktadırlar. Bu nedenle her bir yapının bulunduğu yere dayanarak, bu kodları tasarım için kullanılabilir. Deprem yüklerine karşı en önemli sistemlerden biri perde duvarlardır. Bu tür sistemler, iyi bir sismik deprem etkisi altında sünek ve rijit davranışa sahiptir. Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların davranışları üzerine çalışmak, depreme dayanıklı yapıların inşasının geliştirilmesine yardımcı olabilmektedir. Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların sismik davranış değerlendirmelerinden sonra en önemli hedef, sismik analizin sonuçlarının bu iki standarda göre ne kadar farklı olduğu ve sismik bir standardın dünyada ne kadar kullanılabileceğidir.

İlgili konunun değerlendirilmesi için en önemli araçlardan biri sonlu elemanlar programlarıdır. Diğer adım, Türkiye ve Afganistan Deprem Standartları'nın son versiyonlarına ve bu konudaki çalışmalara sahip olmaktır. Betonarme perde duvarların elastik davranışında, perde duvarların sismik davranış değerlendirmesi sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile analiz edilmelidir. Başka bir deyişle, tüm analiz yöntemi doğrusal analiz yöntemi ile olacak ve her bir kuvvet / yer değiştirme elastik davranışta dikkate alınacaktır. Türkiye ve Afganistan Deprem Standartları üzerinde çalışmak için, bu çalışmada perde duvarların sismik davranışı bir araç olarak seçildi. Modeller arasındaki sonuçları karşılaştırmak için, değiştirilebilir karakter "R" dir. Her modeldeki R (Deprem Azaltma Katsayısı) değeri değiştirilerek farklı modellerin, sismik davranışının nasıl değişebileceği araştırılacaktır.

Bu çalışmayı yapmanın ilk adımı sismik haritalar, yapı standartları, makaleler, kitaplar vb. sismik bilgileri derlemektir. Daha sonra betonarme binaların tasarım standartları karşılaştırılacaktır. İki betonarme yapı Türkiye ve Afganistan'daki deprem standartları ve kodları kullanılarak tasarlanacak ve incelenecektir. İki yapı, iki ülkenin sismik özelliklerine göre Sonlu Elemanlar programında modellenecek ve yapısal bir davranış katsayısı karşılaştırması kullanılarak tasarlanacaktır. Daha sonraki bölümde analiz ve tasarımın sonuçları incelenecek ve son olarak belirli bir ülkenin belirli bir deprem standardının diğer ülkelere ne kadar uygulanabileceği belirlenecektir.

Anahtar Kelimeler: *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afganistan Deprem Yönetmeliği, Perde Duvar, Taşıyıcı Sistem Azaltma Katsayısı.*



COMPARISON OF SEISMIC BEHAVIOR OF SHEAR WALLS ACCORDING TO TURKEY AND AFGHANISTAN SEISMIC CODES

ABSTRACT

According to the seismic maps and past earthquakes and Seismic activities in Afghanistan and Turkey, these countries must be including in a very high seismic zone. Therefore, all constructions in these areas should be analyzed based on a seismic code. Fortunately, both of these countries have earthquake standard for seismic analysis and design, so on the basis of the locations of each construction, we can use these codes for designing. One the most important system against earthquake loads is shear wall. This kind of system has a good seismic behavior under earthquake of ductility and rigidity. Studying about shear walls behavior according to Turkish and Afghan earthquake code could help to develop construction of earthquake resistant buildings. After seismic behavior assessment of shear walls under Turkish and Afghan earthquake codes, one the most important target is How different the results of seismic analysis are under these two standards, and how much of a seismic standard can be used in general in the world and to what extent it is indigenous.

For assessment of this subject, most important tools are having a finite element program. The other step is having the last version of Turkish and Afghan earthquake standard and the paper which had been worked on this subject. The seismic behavior assessment of shear walls should be analyzed by finite element method (FEM) in an elastic behavior of concrete reinforcement shear walls. In other words, all of the method of analysis will be in linear analysis and each forces/displacement would be considered in elastic behavior.

For studying about Turkish and afghan earthquake standard, the seismic behavior of shear walls in this thesis would be selected as a tool. And for comparison the results of between models, the changeable character is “R”. By changing this character (R response modification coefficient) in each model, how the seismic behavior of different models can be changed can be fully explored.

Keywords: *Turkish Seismic Code, Afghanistan Seismic Code, Shear wall, Seismic Response Modification Factor.*

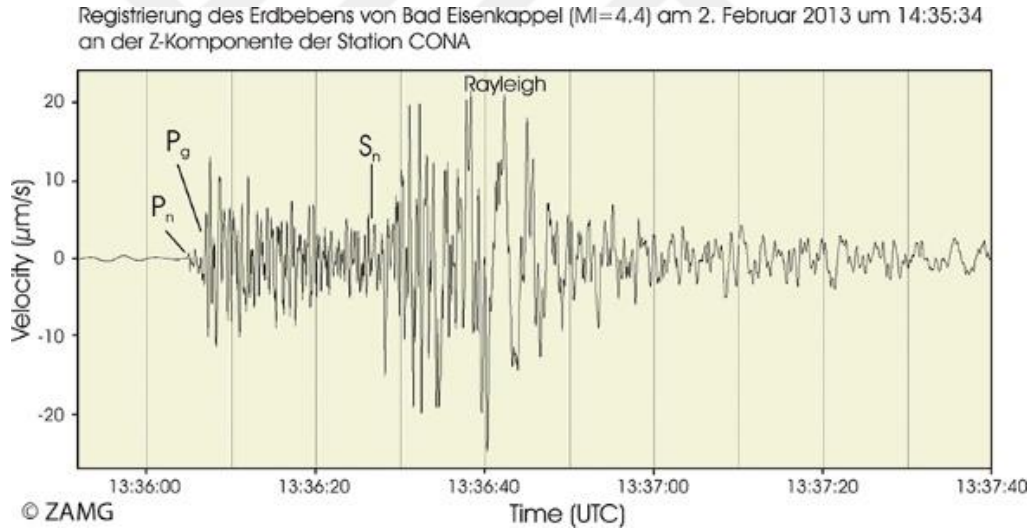


1. GİRİŞ

1.1 Giriş

1.1.1 Sismoloji

Sismoloji; depremlerin kökeni, zamansal ve uzaysal dağılımı, ölçümü ve sonuçları üzerine yapılan bilimsel bir çalışmadır. Depremler, çok çeşitli nedenlerle tetiklenebilen Dünya'nın kabuğundaki sarsıntılardır. Ancak başlangıç noktası biliniyorsa riskleri en aza indirmek için önlemler alınabilir. Mekanizmalar genellikle kendilerini zaten deprem kayıtlarında ortaya çıkarır (Şekil 1.1). Yer hareketlerini ölçen aletler olan sismometrelerin kayıtları.



Şekil 1.1: Zamana Dayanan Bir Depremin Basit Bir Hız Kaydı

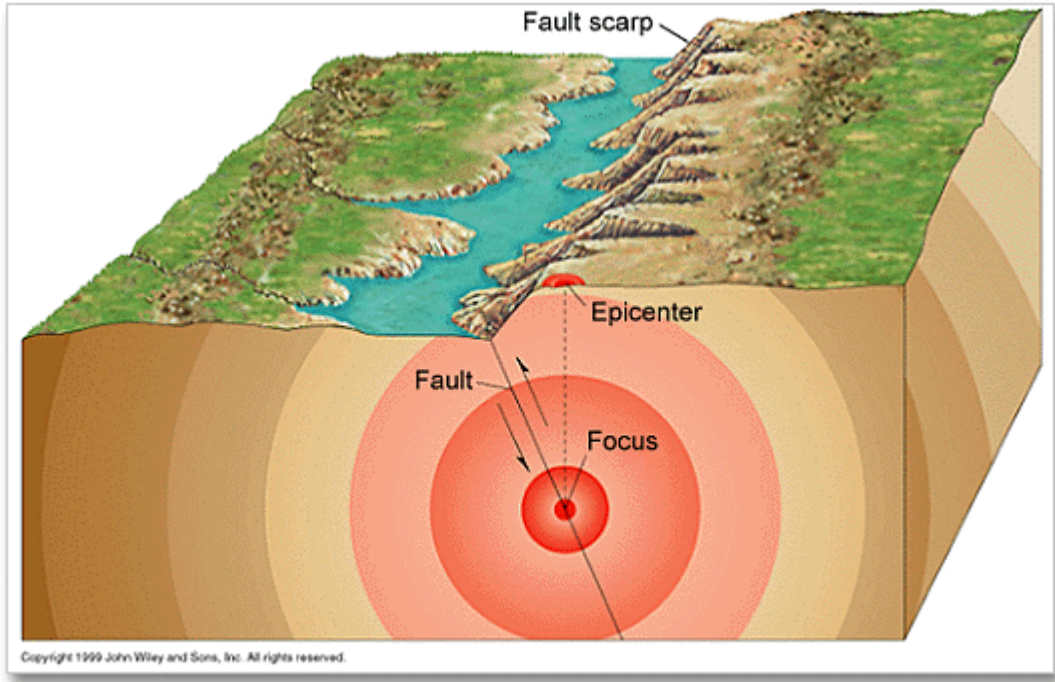
Kayıtlar genellikle bireysel depremlerin kökenleri hakkında bilgi veren tipik imzaları belirtir. Ayrıca, bu kayıtlar yorumlanarak Dünya'nın içi hakkında sonuçlar çıkarılabilir. Bu nedenle, depremlerin araştırılması jeolojik yapıları ve Dünya'nın yapısını anlamamıza katkıda bulunur. Genel olarak, iki ana deprem grubu ön plana çıkmıştır: [1] Doğal depremler: Tektonik ve volkanik depremler ile mağaralardan kaynaklanan depremler, ör. dübeller ve darbeler, ör. göktaşları bunlar arasında sayılır; ve [2] Yapay depremler: Bu grup, insan aktivitesinin ve çevre üzerindeki antropojenik etkinin neden olduğu tüm zemin sarsıntılarını özetler; doğal kaynakların

madenciliği, barajların inşası, kuyulara atık enjeksiyonları ve patlatma işlemleri ile ilgili depremlerdir.

1895'te Laibach'taki şiddetli deprem (Ljubljana, Slovenya) Avusturya Bilimler Akademisi tarafından Avusturya Sismoloji Servisi'nin kurulmasına ve Avusturya-Macaristan İmparatorluğu'nda çeşitli sismoloji istasyonlarının sistematik olarak kurulmasına yol açmıştır. Bu amaçla, başlangıçta Viyana (Avusturya), Trieste (İtalya), Laibach (Slovenya), Kremsmünster (Avusturya) ve Lemberg'de (Lviv, Ukrayna) yer hareketlerini kaydetmek için sarkaçlar kullanılmıştır. Bu arada, Kremsmünster'deki sismoloji istasyonu 1898'den beri sürekli olarak kullanılmaktadır ve bu nedenle Avusturya'nın en eski sismoloji istasyonudur. Bunun aksine, Viyana'da 1903'ün ortalarında k.k. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus'ta (Hohe Warte) bir sismoloji istasyonu kuruldu. Ertesi yıl, 1904'te Avusturya Sismoloji Servisi resmi olarak k.k. Zentralanstalt'ın sorumluluklarına dahil edildi. Aynı yıl Victor Conrad adaşı Conrad Gözlemevi'ne, Sismoloji Servisi Başkanı olarak atandı. Sismolojiye yaptığı katkılardan biri, bölgesel depremleri kaydetmek için özel olarak tasarlanmış Conrad sarkaçının geliştirilmesiydi. Sarkaç, 1908 ile 1981 yılları arasında Avusturya'da bir sismometre görevi gördü. Bugün Avusturya Sismoloji Servisi Avusturya'da sadece çok sayıda sismoloji istasyonunu devam ettirmekle kalmaz, aynı zamanda ilgili kurumlar arasındaki karşılıklı anlaşmalar sayesinde komşu ülkelerindeki istasyonlardan gelen verilere erişir. Avusturya'da iki sistem kullanılmaktadır: hem kısa hem de uzun mesafe boyunca depremleri kaydedebilen geniş-bant istasyonları (örn. CONA) ve bir merkez üssüne yakın güçlü yer hareketlerine sahip daha güçlü depremleri kaydetmek için güçlü hareket istasyonları. Ayrıca, az sayıda kısa periyot istasyonlar da halen kullanılmaktadır. [1]

1.1.2 Deprem nedir?

Deprem (sarsıntı, titreme veya temblor olarak da bilinir) Dünya'nın yüzeyindeki sarsıntıdır, sismik dalgalar yaratan Dünya'nın litosferindeki ani bir enerji salınımından kaynaklanır. Depremlerin boyutları, nesneleri (ve insanları) havaya fırlatacak ve tüm şehirlerde yıkıma yol açacak şiddette olanlardan hissedilemeyecek kadar zayıf olanlara kadar farklı farklı olabilir. Bir alanın depremselliği veya sismik aktivitesi, belirli bir süre boyunca yaşanan depremlerin sıklığı, tipi ve büyüklüğü ile ilişkilendirilir. Tremor kelimesi deprem dışı sismik gürleme için de kullanılır.



Şekil 1.2: Depreme Neden Olan Enerjinin / Gerilmenin Serbest Bırakıldığı Nokta

Dünya yüzeyinde, depremler zemini sallayarak ve yer değiştirerek veya zemini bozarak kendini gösterir. Büyük bir depremin merkez üssü açık denizde bulunduğunda, deniz yatağı bir tsunamiye neden olacak kadar yerinden oynayabilir. Depremler ayrıca heyelanları ve bazen de volkanik aktiviteyi tetikleyebilir.

En genel anlamda, deprem kelimesi, sismik dalgalar üreten herhangi bir sismik olayı (ister doğal ister insan kaynaklı) tanımlamak için kullanılır. Depremlere çoğunlukla jeolojik fayların kopması, volkanik hareketlilik, toprak kaymaları, mayın patlamaları ve nükleer testler gibi diğer olaylar neden olmaktadır. Bir depremin ilk kopma noktasına odak noktası veya iç merkez denir. Merkez üssü, doğrudan iç merkezin üzerinde yer seviyesindeki noktadır.

Tektonik depremler, dünyanın herhangi bir yerinde, bir fay düzlemi boyunca kırılma yayılımını sürdürebilecek yeterli depolanmış elastik şekil değiştirme enerjisinin olduğu yerlerde meydana gelir. Bir fayın yanları, ancak fay yüzeyi boyunca sürtünme direncini artıran düzensizlikler veya pürüzler yoksa, birbirlerinin yanından düzgün bir şekilde ve sismik olarak geçerler. Çoğu fay yüzeyinin, bir tür yapışma-kayma davranışına yol açan özellikleri vardır. Fay kenetlendikten sonra, plakalar arasındaki göreceli hareketin artması gerilmenin artmasına ve dolayısıyla fay yüzeyinin çevresindeki hacimde depolanmış gerilme enerjisine yol açar. Bu devam eden

gerilme, sertliğin üstesinden gelmek için yeterince yükselene kadar devam eder, [3] aniden fayın kilitli kısmı üzerinde kaymaya ve depolanan enerjiyi serbest bırakarak kırılmaya izin verir. [2] Bu enerji, yayılan elastik basınç sismik dalgalarının, fay yüzeyinin sürtünme kaynaklı ısınmasının ve kayanın çatlamasının bir kombinasyonu olarak serbest kalır ve böylece bir depreme neden olur. Zaman zaman meydana gelen ani deprem kırılması ile sonuçlanan basınç ve gerilmenin aşamalı olarak birikmesi, elastik tepki teorisi olarak adlandırılır. Bir depremin toplam enerjisinin sadece yüzde 10'unun veya daha azının sismik enerji olarak yayıldığı tahmin edilmektedir. Depremin enerjisinin çoğu, deprem kırığı büyümesini aktifleştirmek için kullanılır veya sürtünme kaynaklı üretilen ısıya dönüştürülür. Bu nedenle, depremler Dünya'nın mevcut elastik potansiyel enerjisini düşürür ve sıcaklığını yükseltir, ancak bu değişiklikler Dünyanın derin iç kısmından iletken ve konvektif ısı akışına kıyasla önemsizdir. [4]

1.2 Dünyanın En Büyük Depremleri

Deprem listeleri, dünyadaki depremleri kapsayan listelerdir. Bu listeler pek çok özelliğe göre sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırmalar periyot, bölge veya ülke, yıl, büyüklük (magnitüd), maliyet, ölümler vb. alt sınıflandırmaları da içerebilir. Aşağıdaki liste depremlerin büyüklüklerine (magnitüdlere) göre düzenlenmiştir:

Çizelge 1.1: Dünyanın En Büyük Depremleri [5]

	Mag	Bölge/Ülke	Tarih (UTC)	Saat (UTC)	Referanslar
1	9.5	Bio-Bio, Chile	5/22/1960	19:11	Kanamori & Anderson, 1975
2	9.2	Southern Alaska	3/28/1964	3:36	Kanamori & Anderson, 1975
3	9.1	Off the West Coast of Northern Sumatra	12/26/2004	0:58	Duputel et al., 2012
4	9.1	Near the East Coast of Honshu, Japan	3/11/2011	5:46	Duputel et al., 2012
5	9	Off the East Coast of the Kamchatka Peninsula, Russia	11/4/1952	16:58	Kanamori, 1976
6	8.8	Offshore Bio-Bio, Chile	2/27/2010	6:34	Duputel et al., 2012
7	8.8	Near the Coast of Ecuador	1/31/1906	15:36	Kanamori, 1977
8	8.7	Rat Islands, Aleutian Islands, Alaska	2/4/1965	5:01	Kanamori & Anderson, 1975
9	8.6	Eastern Xizang-India border region	8/15/1950	14:09	Kanamori, 1977
10	8.6	Off the West Coast of Northern Sumatra	4/11/2012	8:39	Duputel et al., 2012
11	8.6	Northern Sumatra, Indonesia	3/28/2005	16:10	NEIC
12	8.6	Andrean of Islands, Aleutian Islands, Alaska	3/9/1957	14:23	Johnson et al., 1994
13	8.6	South of Alaska	4/1/1946	12:29	Lopez & Okal, 2006
14	8.5	Banda Sea	2/1/1938	19:04	Okal & Reymond, 2003
15	8.5	Atacama, Chile	11/11/1922	4:33	Kanamori, 1977

Çizelge 1.1 (devam): Dünyanın En Büyük Depremleri [5]

	Mag	Bölge/Ülke	Tarih (UTC)	Saat (UTC)	Referanslar
16	8.5	Kuril Islands	10/13/1963	5:18	Kanamori & Anderson, 1975
17	8.4	Near the East Coast of Kamchatka Peninsula, Russia	2/3/1923	16:02	Okal, 1992
18	8.4	Southern Sumatra, Indonesia	9/12/2007	11:10	NEIC
19	8.4	Near the Coast of Southern Peru	6/23/2001	20:33	Duputel et al., 2012
20	8.4	Off the East Coast of Honshu, Japan	3/2/1933	17:31	Kanamori, 1971

1.3 Yapay Depremsellik

Çoğu deprem Dünya'nın tektonik plakalarının hareketinden kaynaklanırken, insan faaliyetleri de depremlere neden olabilir. Dört ana faaliyet bu olaya katkıda bulunur: bir barajın arkasında büyük miktarda su depolamak (ve muhtemelen çok ağır bir bina inşa etmek), kuyulara sondaj ve enjeksiyon yapmak, kömür madenciliği ve petrol sondajı. [6] Belki de en iyi bilinen örnek, Mayıs ayında Çin'in Sichuan Eyaleti'nde gerçekleşen 2008 Sichuan depremidir; bu sarsıntı 69.227 ölümle sonuçlandı ve tüm zamanların en ölümcül 19. depremidir. Zippingpu Barajı'nın 1,650 fit (503 m) uzaklıktaki fayın baskısını düzensizleştirdiğine inanılıyor; bu baskı muhtemelen depremin gücünü artırmış ve fayın hareket oranını hızlandırmıştır. [7]

1.4 Depremlerin Etkileri

Depremlerin etkileri aşağıdakileri içerir, ancak etkileri bunlarla sınırlı değildir:

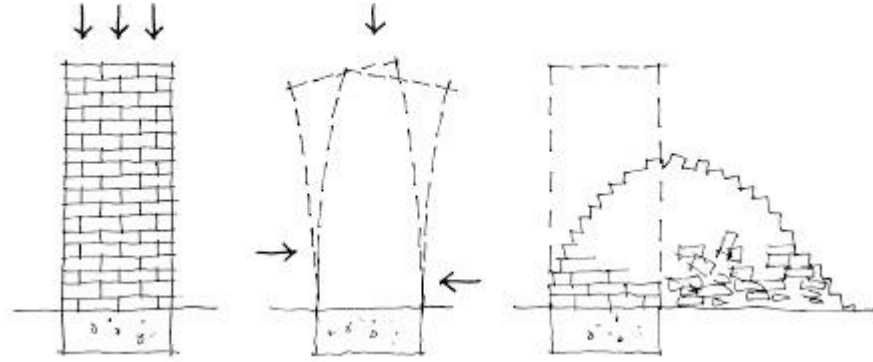
- Sarsıntı ve Zemin Kırılması
- Heyelanlar
- Yangınlar
- Toprak Sıvılaşması
- Tsunami
- Seller (Taşkınlar)
- İnsan Etkileri

1.4.1 Sarsıntı ve zemin kırılması

Sarsılma ve zemin kırılması, depremlerin yarattığı ana etkilerdir ve temel olarak binalarda ve diğer sert yapılarda ufak hasara ya da çok ciddi hasara yol açar. Bölgesel etkilerin ciddiyeti, deprem büyüklüğünün (magnitüd), merkez üssünden uzaklığın ve dalga yayılımını artırabilecek veya azaltabilecek yerel jeolojik ve jeomorfolojik koşulların karmaşık kombinasyonuna bağlıdır. [8]

Başka bir deyişle, ikinci esas deprem tehlikesi ve yer sarsıntısı, ani yer ivmesinin sonucudur. Zemin sarsıntısı, bölgenin coğrafi yapısı (topografyası), ana kaya tipi ve fay kırığının yeri ve yönü gibi faktörlerin bir sonucu olarak bir alan üzerinde değişiklik gösterebilir. Bunların hepsi sismik dalgaların zeminden geçme şeklini etkiler. Bir deprem yeterli sarsıntı yoğunluğu üretirse, inşa edilen yapılar ciddi şekilde hasar görebilir ve uçurumlar ve eğimli zemin, geçici veya kalıcı olarak dengesizleşebilir. Büyük depremlerde, bütün bölgeler zemin sarsıntısının sonuçlarıyla harap olabilir.

- Zemin yer değiştirmesi, deprem sırasında yüzeyin ne mesafeye kadar hareket ettiğidir. Zeminin hem yatay hem de dikey yönlerde konumunu değiştirmesine ve yakınlardaki nesnelere veya diğer alanlara göre hareket etmesine neden olabilir.
- Zemin hızı zeminin ne kadar hızlı yer değiştirdiğinin bir ölçüsüdür - zeminin orijinal konumundan yeni konumunu almak için hareket ettiği hız ve yön. Daha yüksek bir hızla hareket eden zemin de daha hızlı yer değiştirir.
- Zemin ivmesi, deprem sırasında zeminin hızını ne kadar hızlı değiştirdiğinin bir ölçüsüdür. Zemin ivmesi, zeminin şiddetli bir ileri - geri ve aşağı - yukarı hareketle yönünü hızla değiştirdiği klasik deprem sarsıntısı etkisinden sorumludur.

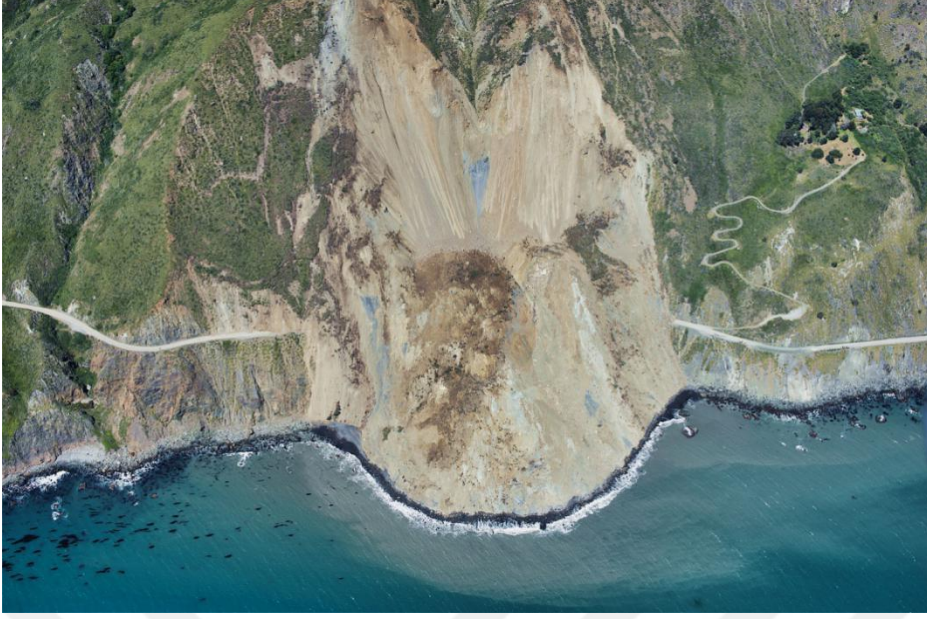


Şekil 1.3: Yer Sarsıntısı

1.4.2 Heyelanlar

Heyelan; kaya, moloz veya toprak kütlelerinin eğimli bir yerden aşağı hareketi olarak tanımlanır. Heyelanlar; yerçekiminin doğrudan etkisi altında toprağın ve taşın, aşağı eğim hareketini gösteren bir tür "kütle kaybı" dır. "Heyelan" terimi beş eğim hareketi modunu kapsamaktadır: düşmeler, devrilmeler, kaymalar, dağılmalar ve akışlar. Bunlar ayrıca jeolojik malzeme (anakaya, moloz veya toprak) tipine göre alt bölümlere ayrılmıştır. Moloz akıntıları (yaygın olarak çamur akıntıları veya çamur kaymaları olarak adlandırılır) ve kaya düşmeleri yaygın toprak kayması türlerine örnektir.

Hemen hemen her heyelanın birden fazla nedeni vardır. Eğim hareketi, yokuş aşağı etkiyen kuvvetler (esas olarak yerçekimi nedeniyle), eğimi oluşturan zemin malzemelerinin mukavemetini aştığında meydana gelir. Nedenleri, aşağı eğim kuvvetlerinin etkilerini arttıran faktörleri ve düşük veya indirgenmiş mukavemete katkıda bulunan faktörleri içerir. Heyelanlar; yağış, kar erimesi, su seviyesindeki değişiklikler, akarsu erozyonu, yeraltı sularındaki değişiklikler, depremler, volkanik aktivite, insan faaliyetlerinin müdahalesi veya bu faktörlerin herhangi bir kombinasyonu ile hareketin eşiğinde olan eğimlerde başlatılabilir. Deprem sarsıntısı ve diğer faktörler su altında toprak kaymalarına neden olabilir. Bu heyelanlara denizaltı heyelanları denir. Denizaltı heyelanları bazen kıyı bölgelerine zarar veren tsunamilere neden olur. [9]



Şekil 1.4: Heyelan (Toprak Kayması)

1.4.3 Yangınlar

Depremler elektrik veya gaz hatlarına zarar vererek yangınlara neden olabilir. Su şebekesinin patlaması ve basınç kaybı durumunda, yangının başladıktan sonra yayılmasını durdurmak da zor olabilir. Örneğin, 1906 San Francisco depreminde meydana gelen ölümlere, depremden daha çok çıkan yangınlar neden oldu. [10]



Şekil 1.5: Depremden Kaynaklanan Yangın

1.4.4 Toprak sıvılaşması

Sıvılaşma, bir zeminin mukavemetinin ve rijitliğinin (kıvamının) deprem sarsıntısı veya diğer ani yükleme ile azaldığı bir olgudur. Sıvılaşma ve bağlı olaylar, dünyadaki tarihi depremlerde büyük miktarda hasardan sorumlu olmuştur. Sıvılaşma doymuş zeminlerde, yani ayrı ayrı tanecikler arasındaki boşluğun tamamen su ile doldurulduğu zeminlerde meydana gelir. Bu su zemin parçacıklarına baskı uygular, bu etkiyle birlikte parçacıklar ne kadar sıkı olursa birbirlerine o kadar çok basınç uygularlar. Depremden önce su basıncı nispeten düşüktür. Ancak deprem sarsıntısı, su basıncının zemin parçacıklarının birbirine göre kolaylıkla hareket edebileceği noktaya yükselmesine neden olabilir.

Deprem sarsıntısı genellikle su basıncındaki bu artışı tetikler, ancak patlatma gibi inşaatla ilgili faaliyetler de su basıncında bir artışa neden olabilir. Sıvılaştırılmış toprak, istinat duvarları üzerinde daha yüksek basınç uygulayarak devrilmesine veya kaymasına neden olabilir. Bu hareket, tutulan zeminin çökmesine ve zemin yüzeyinde yapıların tahrip olmasına neden olabilir.

Artan su basıncı aynı zamanda heyelanları tetikleyebilir ve barajların çökmesine neden olabilir. Lower San Fernando barajı, 1971'deki San Fernando depreminde bir sualtı kayması yaşadı. Bu durum barajın altındaki yoğun nüfuslu bölgelerin sel felaketine yol açıyordu. Neyse ki, baraj çökmekten zar zor kaçındı, dolayısıyla potansiyel felaketin önüne geçilmiş oldu.



Şekil 1.6: Sıvılaşma

1.4.5 Tsunami

Tsunamiler; büyük hacimlerdeki suyun, ani veya beklenmedik hareketi -denizde bir depremin meydana gelmesi de dahil- ile üretilen uzun dalga boylu ve uzun periyotlu deniz dalgalarıdır.



Şekil 1.7: Tsunami

1.4.6 Seller (Taşkınlar)

Seller, barajların hasar görmesi durumunda depremlerin ikincil etkileri olabilirler. Deprem etkisiyle oluşan toprak kaymaları baraj nehirlerinin oluşmasına neden olarak çökmelere ve sellerin oluşmasına sebebiyet verebilir.



Şekil 1.8: Seller (Taşkınlar)

1.4.7 İnsan etkileri

Bir deprem, yaralanmalara ve yaşam kaybına, yol ve köprü hasarına, genel mal hasarına ve binaların çökmesine veya dengesizleşmesine (potansiyel olarak gelecekteki çöküşe) neden olabilir. Sonrasında hastalık, temel ihtiyaçların eksikliği, panik ataklar, hayatta kalanlara daha yüksek sigorta primleri ve depresyon gibi zihinsel sonuçlar getirebilir.

1.5 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Teknikleri

Doğal afetler beklenmedik ve tehlikeli derecede güçlüdür, bu da onları ülke çapındaki topluluklar için ciddi bir tehdit haline getirir. Uzmanlar kasırga, kar fırtınası ve hortum gibi bazı felaketleri tahmin etmeyi öğrendiler, ancak bazı felaketler hala uyarı yapmadan başımıza gelebilirler. Herhangi bir büyüklükteki depremler yılın herhangi bir zamanında neredeyse hiçbir belirti olmadan gerçekleşebilirler. Uzaktaki küçük alanları etkileyebilir veya büyük şehirleri yok edebilirler. Uzmanlar depremlere oldukça yatkın ABD bölgelerini keşfettiler, ancak teknik olarak depremler her yerde olabilirler. Kalıcı çelik, cam ve betonarme yapılarla dolu bir ülkede, depremler muhtemelen en yaygın tahribat tehdidini oluşturmaktadır.

"Federal Acil Durum Yönetim Ajansı" (FEMA), depremden korunmak için yapısal bina uygulamalarını ve düzenlemelerini araştırmak ve tasarlamak için "Ulusal Deprem Tehlikelerini Azaltma Programı" (NEHRP) ile iş birliği içinde çalışmaktadır. Amaçları, bir binanın yapısal bütünlüğünden kaynaklanan zararı ve hasar oluşumunu en aza indirmektir. FEMA ve NEHRP güvenlik uzmanları, bir yapının sallanmaları ve titreşimleri sırasındaki davranışını doğrudan etkileyen yapı özelliklerini belirlemek için mühendisler ve mimarlar ile birlikte çalışır. Depremler, kaya ve yeraltı tektonik levhalarının kaymasının neden olduğu zeminin ani sallanması olarak tanımlanır. Zemin sağlam görünebilir ancak dünyanın üst kabuğu derin ve uzun periyotların zamanla plakalar ve yarıklar arasındaki basıncı biriktirmesine neden olmaktadır. Basınç verildiğinde, sismik titreşimler ve şiddetli sallanma yüzeye doğru yankılanır ve kilometrelerce araziye hemen etkiler. İlk depremin ardından artçı sarsıntılar meydana gelebilir ve bu da daha fazla hasara neden olabilir.

Depremler ABD'de neredeyse her yerde olabilir ancak yüksek riskli bölgeler arasında Kaliforniya, Oregon, Washington, Alaska, Missouri, Arkansas, Tennessee, Kentucky, Güney Carolina ve New England yer alır. Bu bölgelerde NEHRP tarafından "Tavsiye Edilen Sismik Hükümler" adıyla yayınlanan daha ileri, daha sıkı yapı standartları geçerlidir. Yapılar; hasarı en aza indirmek, içlerindeki ve etrafındaki insanları korumak için radikal harekete ve temel değişikliklere gitmek zorunda kalabilir. Eğer kırırlarsa veya çökerse, hiçbir acil durum planı insanları zarardan koruyamaz. Depreme dayanıklı

yapı tasarlarken, yapısal bütünlüklerini etkileyen şu özellikleri göz önünde bulundurulur: rijitlik ve mukavemet, düzenlilik, ihtiyaca göre fazlalık, temeller ve yük yönleri.

1.5.1 Rijitlik ve mukavemet

Güvenlik uzmanları depreme dayanıklı yapılar tasarlarken yeterli düşey ve yanal - özellikle yanal- rijitlik ve mukavemet önerir. Yapılar, depremlerin neden olduğu düşey hareketi, yanal veya yatay hareketten daha iyi idare etme eğilimindedir. Profesyoneller depremleri göz önünde bulundurmadan, hala bir yapının kendini desteklemesi gerektiği için düşey rijitliğine ve mukavemetine odaklanırlar. Ancak depremler, hazırlıklı olmayabilecek yeni yönlü kuvvetler ortaya koyabilirler. Yapılar olay sırasında sola ve sağa yer değiştirecek (kayacak), uygun şekilde inşa edilmezse hızlı bir şekilde dengesizleşecektir.

1.5.2 Düzenlilik

Bu özellik, yanal yönde itildiğinde yapının hareketini ifade eder. Güvenlik uzmanları ve bina tasarımcıları, herhangi bir tarafa diğer taraflardan daha çok kuvvet etkileden enerjiyi dağıtmak için binanın eşit hareket etmesini isterler. Bir yapıda düzensizlikler varsa, yapı sallandığında zayıflıklar belirgin hale gelir. Zayıflıklar uyuşma gösterir ve yapı, bir bütün olarak yapıyı tehlikeye atan yoğun hasar görecektir.

1.5.3 Artıklık

Güvenlik için tasarım yaparken muhtemelen en önemli güvenlik özelliklerinden biri olan artıklık, başarısız olması durumunda birden fazla stratejinin mevcut olmasını sağlar. Bunlar potansiyel olarak bina maliyetine katkıda bulunabilir, ancak artıklık, deprem gibi doğal bir felaket meydana gelirse değerini kanıtlar. Güvenlik uzmanları, kütle ve kuvveti yapı boyunca eşit olarak dağıtmayı tavsiye eder, böylece mukavemet yalnızca tek bir faktöre dayanmaz.

1.5.4 Temeller

Rijit bir temel, doğal afet risklerinden bağımsız olarak büyük bir yapı inşa etmenin önemli bir özelliğidir. Bir binanın uzun vadede hayatta kalması için kritik öneme sahiptir ve kuvvetli deprem kuvvetlerine direnmek için daha güçlü bir temel gereklidir. Farklı alanlar, bir yapının tabanının nasıl güçlendirilmesi gerektiğini tanımlayan özgün temel özelliklerine sahiptir. Profesyoneller, inşaatın önce zeminin

nasıl tepki verdiğini ve hareket ettiğini yakından gözlemlemek zorundadır. Şiddetli depremlere dayanacak şekilde tasarlanmış binaların derin temelleri ve çakılan kazıkları vardır. Bu sert tedbirleri dengelemek için temeller bir birim olarak yer değiştirecek şekilde bağlanır.

1.5.5 Sürekli yük yolu

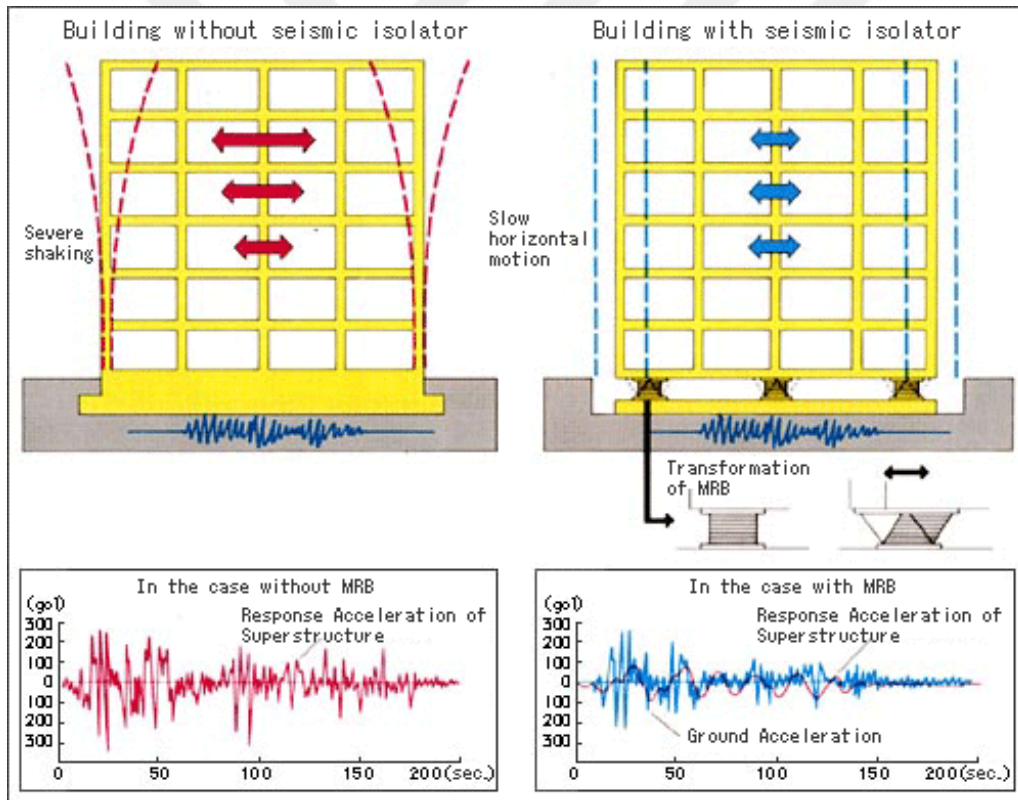
Bir binanın rijit temel karakteristiğinin, yapısal ve yapısal olmayan bileşenlerinin birbirine bağlanması gerekir, böylece atalet kuvvetleri dağılır. Temelleri birbirinden ayıran deprem yerine mukavemetlerin ve artıklıkların birden çok noktası kuvveti paylaşır. Sürekli yük yönü karakteristiği için güvenlik uzmanlarının, mimarların ve mühendislerin tasarım sırasında dikkatli olmaları gerekir. Yapı kapsamlı bir şekilde birbirine bağlanmazsa, bileşenler bağımsız olarak hareket edecek ve çökme gerçekleşmesi kaçınılmaz olacaktır. Sürekli yük yönü, depremin bina boyunca yanal ve düşey olarak yapmış olduğu yolculuğudur. Yolumun sağlam olması çok önemlidir, aksi takdirde depremin güçlü titreşimlerini dağıtamaz. Depremler diğer doğal afetlerden daha az meydana gelir, ancak depreme dayanıklı binalar inşa etmek tüm doğal afetlere karşı koruma sağlar. Güvenlik uzmanları yapısal bütünlük için koruyucu stratejiler araştırırken ve geliştirirken insanların güvenliğini bir öncelik olarak tutar. Depreme dayanıklı bina hükümleri geliştirmek için gereken birliktelik ihtiyacı nedeniyle, güvenlik uzmanları diğer alanlarla yakından çalışmaktadır. Uzman olmadıkları birçok faktörü takdir etmeli ve en etkili çözümleri bulmak için diğer profesyonellerle iletişim kurmalıdırlar.

Depreme dayanıklı yapılar, binaları bir dereceye kadar depremlerden korumak için tasarlanmış yapılardır. Hiçbir yapı depremlerden kaynaklanan hasarlara karşı tamamen bağışık olamazken, depreme dayanıklı inşaatın amacı, sismik aktivite sırasında geleneksel emsallerine göre daha iyi yapıları inşa etmektir. Bina yönetmeliklerine göre, depreme dayanıklı yapıların, bulundukları yerde meydana gelmesi muhtemel belirli bir olasılığın, en büyük depremine dayanması amaçlanmıştır. Bu, nadir depremlerde binaların çökmesini önleyerek yaşam kaybının en aza indirilmesi gerektiği anlamına gelirken, daha sık olanlar için işlevsellik kaybı sınırlandırılmalıdır.

1.5.6 Yüzer temel

Havada duran veya yüzer temel, bir binanın alt yapısını üst yapısından ayırır. Bunu yapmanın bir yolu, bir binanın temelini üzerinde, değişen kauçuk ve çelik katmanları ile kaplanmış sağlam (solid) bir kurşun çekirdeği içeren kurşun-kauçuk yuvalar üzerinde yüzmektir. Yuvalar, çelik levhalar yardımıyla binaya ve temeline tutturulur. Dolayısıyla, bir deprem meydana geldiğinde, yüzer temel, üstündeki yapıyı hareket ettirmeden hareket edebilir.

Japonya'da bu temel izolasyon sistemi yepyeni bir seviyede çalışıyor. Tasarımları binaların havada yüzmesini sağlar. Sistem, hava yastığı üstünde binayı tutarak havada durmasını sağlar. Sistemde sismik aktivitenin tespiti için dahili sensörler bulunur ve bu sensörler bina ile tabanı arasında hava tabakası oluşturan hava kompresörü ile iletişim kurar.



Şekil 1.9: Temel İzolasyon Yüzer Temeller Yöntemidir

1.5.7 Şok emilimi

Araçlarda kullanılan amortisörlere benzer şekilde binalar da bu teknolojiye faydalanmaktadır. Bu depreme dayanıklı teknoloji, binaların sallanma hızının eksilmesine ve titreşim hareketlerinin büyüklüğünü azaltmasına yardımcı olur. İdeal

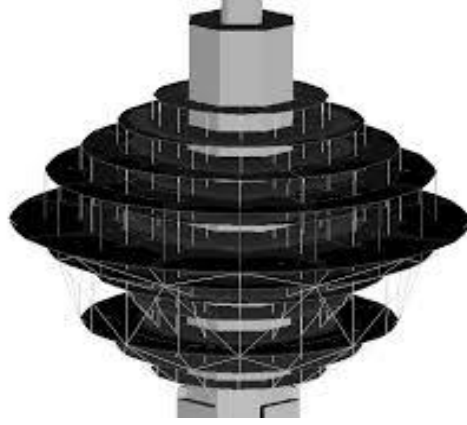
olarak amortisörler binanın her bir seviyesine yerleştirilmelidir - bir ucu kirişe ve diğer ucu kolona tutturulmalıdır. Her biri silikon yağı ile dolu bir silindir içinde hareket eden bir piston kafası içerir. Depremler sırasında, binanın yatay hareketi pistonu yağa doğru iterek mekanik enerjiyi depremden ısıya dönüştürecek.



Şekil 1.10: Hidrolik Amortisör

1.5.8 Sallanan çekirdek duvar

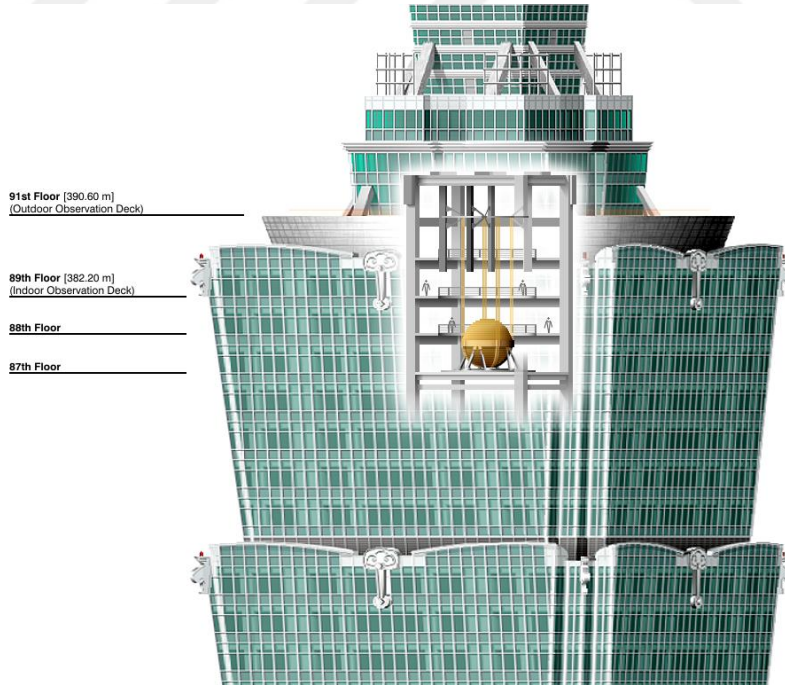
Modern yüksek binalar, sismik direnci düşük maliyetle değerlendirmek için bu tekniği kullanır. Bu işi yapmak için, asansör bankoları ile çevrili olan yapının orta kısmına betonarme bir çekirdek yerleştirilmiştir. Birçok modern yüksek katlı bina, sismik direnci uygun bir şekilde arttırmak için bu tekniği kullanır. Taban izolasyonu ile birlikte kullanıldığında en etkili şekilde çalışır. Taban izolasyonu için elastomerik mesnetler, alternatif çelik ve doğal kauçuk / sentetik kauçuk tabakaları ile üretilir. Bu şekilde oluşturulan mesnet düşük yatay sertliğe ve dikey rijitliğe sahiptir. Kombinasyon son derece etkili, uygun maliyetli ve uygulaması kolaydır.



Şekil 1.11: Kullanılan Perde Duvar bir Sallanan Çekirdek Duvar Yöntemidir

1.5.9 Sarkaç gücü

Sarkaç güç tekniği yapının tepesine yakın koca bir kütleyi askıya alarak çalışır. Bu kütle çelik kablolarla desteklenir ve kütle ile koruduğu bina arasına viskoz sıvı amortisörleri yerleştirilir. Herhangi bir sismik aktivite durumunda, sarkaç enerjiyi dengelemek için ters yönde hareket eder. Sarkaçların her biri yapının doğal frekansı ile senkronize olacak şekilde ayarlanır ve bu sistemlere ayarlı kütle amortisörleri denir. Amaç rezonansa karşı koymak ve yapının dinamik tepkisini azaltmaktır.



Şekil 1.12: Sarkaç Gücü

1.5.10 Simetri, diyaframlar ve çapraz bağlantı

Genellikle, sismik tasarımlar için ortak bir kriter simetridir. Asimetrik tasarımların sismik riskleri daha yüksektir. L şekilli, T şekilli ve farklı kotlarda odası olan yapılar görsel olarak daha çekici olabilir, ancak burulmaya da eğilimlidirler. Böylece mühendisler, kuvvetlerin yapı boyunca eşit dağılmasını sağlamak ve saçaklar, konsol çıkmaları gibi süs elemanlarını sınırlamak için simetrik yapılar tasarlar.

Deprem önemli bir yanal kuvvete sahiptir. Sismik tasarım, yatay ve dikey yapı sistemlerinin her ikisinde de bu kuvvetlere karşı koyar. Diyaframlar, bir binanın veya çatının döşemeleri gibi yatay yapıların ayrılmaz bir parçasıdır. Mühendisler her diyaframı kendi üst kısmında tasarlar ve yatay olarak güçlendirir, böylece yanal yapı kuvvetlerini dikey (düşey) yapı parçalarıyla dağıtabilir.

Dikey (Düşey) yapılarda, mühendislerin çeşitli yaklaşımları vardır. Güçlendirilmiş çerçeveler genellikle bina duvarlarında kullanılır. Güçlendirilmiş çerçeveler, yana doğru harekete direnmek için kafes kirişlere dayanır. Çapraz bağlantı, duvar kafes kirişleri oluşturmak için X şeklinde ikili çapraz elemanlar kullanan ve depreme dayanıklı yapılar inşa etmek için popüler bir tekniktir.



Şekil 1.13: Perde Duvar Kullanımı

1.6 Perde Duvarlar Deprem Sırasında Bir Binanın Direnmesine Nasıl Yardımcı Olur?

Yapısal mühendislikte, bir perde duvar, tipik olarak rüzgâr ve sismik yükler gibi düzlem içi yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış bir sismik kuvvet direnç sisteminin dikey bir elemanıdır. Hükümetlerin birçoğunda perde duvarların tasarımını Uluslararası Bina Yönetmeliği ve Uluslararası Konut Yönetmeliği yönlendirmektedir.

Bir perde duvar, duvar düzlemine paralel yüklere karşı koyar. Sürüklenme elemanları olarak da bilinen toplayıcılar, diyafram kesmeyi perde duvarlarına ve sismik kuvvet direnç sisteminin diğer dikey elemanlarına aktarır. Perde duvarlar tipik olarak hafif çerçeveli veya kesme panellerle güçlendirilmiş ahşap duvarlar, güçlendirilmiş betonarme duvarlar, güçlendirilmiş yığma duvarlar ya da çelik panellerdir.

Kontrplak (Plywood), ahşap (yapısal ahşap) perde duvarlarda kullanılan geleneksel malzemedir, ancak teknoloji ve modern bina yöntemlerindeki ilerlemelerle, diğer prefabrik seçenekler, bir açıklığın her iki tarafına düşen dar duvarlara kesme düzenekleri yerleştirmeyi mümkün kılmıştır. Perde duvarlarda yapısal kontrplak (plywood) yerine çelik levha ve çelik destekli perde panellerinin daha güçlü sismik direnç sağladığı kanıtlanmıştır.

Yerinde dökme betonarme perde duvarlara sahip binalar, Kanada, Şili, Romanya, Türkiye, Kolombiya, Afganistan gibi birçok deprem eğilimli ülke ve bölgede yaygındır. Bu tip yapılar 1960'lı yıllardan itibaren orta ve yüksek katlı binalar (4 ila 35 katlılar) için kentsel bölgelerde uygulanmıştır. Perde duvarlı binalar genellikle düzgün planlı ve yüksekliktedir. Bununla birlikte, bazı binalarda alt katlar ticari amaçlar için kullanılır ve binalar bu katlarda daha büyük plan boyutları ile karakterize edilir. Diğer durumlarda, daha yüksek zemin seviyelerinde aksilikler vardır. Perde duvarlı binalar genellikle konut amaçlı kullanılır ve bina başına 100 ila 500 kişi barındırabilir.

Yanal ve yerçekimi yüküne dayanıklı sistem, donatılı betonarme duvarlar ve donatılı betonarme levhalardan oluşur. Perde duvarlar hem yer çekimine hem de yanal yüklere karşı çift rol oynamaya sahip ana dikey yapısal elemanlardır. Duvar kalınlığı kat sayısına, bina yaşına ve ısı yalıtım gereksinimlerine bağlı olarak 140 mm ila 500 mm arasında değişir. Genel olarak, bu duvarlar bina yüksekliği boyunca süreklidir;

ancak, ticari veya park alanlarına izin vermek için bazı duvarlar cadde önü veya bodrum katında kesilir. Genellikle duvar düzeni, plandaki en az bir simetri eksenine göre simetrik.

Perde duvar binalarının tasarlandığı sismik kuvvetlerle ilgili kod gereksinimleri, bina konumunun depremselliğine, kullanılan analiz yöntemine ve ülkeye özgü sismik tasarım hükümlerine bağlıdır.

Güçlendirme gereksinimleri, her ülkeye özgü bina yönetmelikleri gereksinimlerine dayanmaktadır. Genel olarak, duvar güçlendirmesi, duvar uzunluğu boyunca iki dağıtılmış takviye katmanından (yatay ve dikey) oluşur. Ek olarak, kapı ve pencere açıklıklarının yanı sıra duvar uç bölgelerinde dikey takviye çubukları sağlanır (sınır elemanları).

Açıklıklar ile delikli perde duvarlara bağlı duvarlar denir. Bu duvarlar, bükme ve kesme efektleri için tasarlanmış bağlantı kirişleri (köşe kirişler veya lentolar olarak da adlandırılır) ile bağlanmış yalıtılmış dirsekli duvarlar olarak işlev görür. Sünek bir şekilde tasarlandığında, bu kirişler sigorta görevi görebilir ve sismik enerjiyi dağıtmak için kullanılır. Bağlantı kirişleri, sünek sismik tepki sağlamak için diyagonal takviye ile tasarlanmıştır. Takviye çubukları kaynak veya kaynak ek yerleri ile birleştirilir. Dış perde duvarları soğuk formulu çelik çerçeveleme veya yığma duvar kaplama, çelik / cam paneller veya prekast panellerle desteklenmiş sıva ile kaplanmıştır.

1.7 Sonuç

Afganistan ve Türkiye'deki sismik haritalara, geçmiş depremlere ve sismik faaliyetlere göre, bu ülkeler çok yüksek bir sismik bölgeye dahildir. Bu nedenle, bu alanlardaki tüm yapılar sismik bir standarda dayanarak analiz edilmelidir. Bu ülkelerin her ikisi de sismik analiz ve tasarım için deprem standartlarını kullanmaktadırlar. Bu nedenle her bir yapının bulunduğu yere dayanarak, bu standartları tasarım için kullanabiliriz.

Geçmiş depremlerde, birçok bina (betonarme) farklı tipte hasarlar yaşadı veya yıkıldı. Depremler tarafından yıkılan binalar üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Zayıf kolon – güçlü kiriş davranışı, kalitesiz beton, uç bölgelerin zayıf bağı, yetersiz ekleme uzunlukları, kısa kolon davranışı ve eksik tasarım düşüncesi yapısal

eksikliklerden bazılarıdır. Modern bina standartları bu binaların çoğunun yapımından sonra getirilmiştir. Gerekli süneklik, yanal sertlik ve mukavemet, modern bina yönetmelikleri tarafından dayatılardan çok daha azdır. Sünekliği düşük olduğundan bu binalar, yetersiz yanal sertlik ve mukavemet nedeniyle büyük yer değiştirme istemine eğilimlidirler.

Perde duvar, binalarda en sık kullanılan yanal yüke dayanıklı sistemlerden biridir. Perde duvar, yüksek yatay sertliğe ve mukavemete sahiptir, bu da aynı anda büyük yatay yüklere dayanabilir ve yerçekimi yüklerini destekleyebilir, bu da binanın yanal salınımını önemli ölçüde azaltır ve böylece yapılara ve içeriğine verilen hasarı azaltır. Perde duvar yeterince güçlü olduğunda, yatay yükü; zeminler, diğer perde duvarlar, levhalar veya temeller gibi altlarındaki yük yörüngesindeki bir sonraki elemana transfer edecektir.

Perde duvar ayrıca, çatı veya zeminin büyük yanal salınımdan korunmasını sağlamak için yanal sertlik sağlar. Perde duvar yeterince sert olduğunda, zeminin ve çatının desteklerinden çıkmasını önlerler. Ayrıca, yeterince sert olan binalar genellikle daha az yapısal olmayan hasar görecektir. Perde duvar büyük yatay deprem kuvvetlerini taşıdığından, devrilme etkileri büyüktür. Perde duvar, binalarda bükülmenin olumsuz etkilerini azaltmak için plana göre simetrik olarak yerleştirilmelidir. Perde duvar binada avantajlı konumlara yerleştirildiğinde, deprem yükleri altında yanal yer değiştirmeleri azaltarak etkili bir yanal kuvvet direnci sistemi oluşturabilirler. Bu nedenle perde duvarın etkili, verimli ve ideal yerini belirlemek çok gereklidir.

Deprem yüklerine karşı en önemli sistemlerden biri perde duvarlardır. Bu tür sistemler, iyi bir sismik deprem etkisi altında sünek ve rijit davranışa sahiptir. Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların davranışları üzerine çalışmak, depreme dayanıklı yapıların inşasının geliştirilmesine yardımcı olabilir.

2. DEPREM YÖNETMELİĞİNİN ESASLARI

2.1 Giriş

Bina kodu (bina kontrolü veya bina yönetmelikleri), binalar ve bina dışı yapılar gibi inşa edilmiş nesneler için standartları belirleyen bir dizi kuraldır. Binalar, genellikle yerel bir kuruldan planlama izni almak için yönetmeliğe uymalıdır. Bina yönetmeliklerinin temel amacı, binaların ve yapıların inşaatı ve doluluğu ile ilgili olarak halk sağlığı, güvenliği ve genel refahı korumaktır. Bina yönetmeliği, uygun hükümet veya özel otorite tarafından resmi olarak yürürlüğe girdiğinde belirli bir yargı yasası haline gelir.

Bina yönetmelikleri genellikle mimarlar, mühendisler, iç mimarlar, inşaatçılar ve düzenleyiciler tarafından uygulanmaya yöneliktir, aynı zamanda güvenlik müfettişleri, çevre bilimcileri, emlak geliştiricileri, taşeronlar, yapı ürünleri ve malzemeleri üreticileri, sigorta şirketleri, tesis yöneticileri, kiracılar ve diğerleri tarafından çeşitli amaçlar için kullanılır. Yönetmelikler (kodlar), yasaya kabul edildiğinde yapıların tasarımını ve yapımını düzenler.

Bina yönetmeliklerinin (kodlarının) geliştirilmesi, onaylanması ve yürürlüğe konması uygulaması ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı ülkelerde bina yönetmelikleri (kodları) devlet kurumları ya da hükümet benzeri kuruluşlar tarafından geliştirilir ve daha sonra ülke çapında merkezi hükümet tarafından uygulanır. Bu yönetmelikler (kodlar) ulusal bina yönetmelikleri (kodları) olarak bilinir (bir anlamda ülke çapında zorunlu bir uygulamadan yararlanır).

Yerel yönetimlere inşaat ve yangın güvenliğini düzenleme yetkisinin verildiği diğer ülkelerde, model bina yönetmelikleri (kodları) sistemi kullanılmaktadır. Model oluşturma yönetmelikleri (kodları), yargı yetkisine sahip bir otorite tarafından kabul edilmedikçe veya uyarlanmadığı sürece yasal bir statüye sahip değildir. Model yönetmelik (kod) geliştiricileri kamu yetkililerini yasalarında, yönetmeliklerinde, düzenlemelerinde ve idari emirlerinde örnek model yönetmeliklere (kodlara) başvurmaya teşvik eder. Bu yasal belgelerin herhangi birinde atıfta bulunulduğunda,

belirli bir model yönetmeliği (kodu) yasalaşır. Bu uygulama referans ile kanunlaştırma olarak bilinir. Kabul eden makam, kabul edilen model yönetmeliğinin (kodunun) herhangi bir bölümünü silmeye, eklemeye veya revize etmeye karar verdiğinde, genellikle model yönetmeliği (kodu) geliştiricisinin bu değişikliklerin yasal amaçlarla belgelenebileceği resmi bir kabul prosedürünü izlemesi gerekir.

Bazı yerel yargı bölgelerinin kendi bina yönetmeliklerini (kodlarını) geliştirmeyi seçtiği durumlar vardır. Bir zamanlar Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tüm büyük şehirlerin kendi bina yönetmelikleri (kodları) vardı. Bununla birlikte, bina düzenlemelerinin geliştirilmesinin giderek artan karmaşıklığı ve maliyeti nedeniyle, neredeyse ülkedeki tüm belediyeler bunun yerine model kodları benimsemeyi seçmiştir. Örneğin, 2008 yılında New York City, 1968 New York City Bina Kodunu (Yönetmeliğini) terk ederek Uluslararası Bina Kodunun (Yönetmeliğinin) özelleştirilmiş bir versiyonunu kabul etti. Chicago şehri Amerika'da Chicago Belediye Kanunu'nun bir parçası olarak kendi başına geliştirilen bir yapı kodu (yönetmeliği) kullanmaya devam eden tek belediye olmaya devam etmektedir.

Avrupa'da Euro kodu (yönetmeliği), eski ulusal bina kodlarının (yönetmeliklerinin) yerini alan bir Pan-European Bina Kodu'dur. Artık her ülke Euro kodunun (yönetmeliğinin) içeriğini yerelleştirmek için 'Ulusal Eklere' sahiptir.

Benzer şekilde, Hindistan'da, her belediye ve kentsel kalkınma otoritesinin kendi bina yönetmeliği vardır, bu da kendi yetki alanlarındaki tüm inşaatlar için zorunludur. Tüm bu yerel bina yönetmelikleri, bina inşaat faaliyetlerini düzenlemek için model kodu deneme yönergeler olarak hizmet veren bir Ulusal Bina Kodunun değişik şekilleridir.

Bina yönetmelikleri uzun bir geçmişe sahiptir. Bilinen en eski yazılı bina yönetmeliği, MÖ 1772'den kalma Hammurabi Kanunlarında yer almaktadır.

İbranice İncil'deki Tesniye kitabı, insanların düşmesini önlemek için tüm evlerde korkulukların inşa edilmesi gerektiğini şart koştu.

Şehrin yoğun inşa edilmiş ahşap konutları ile bu kadar hızlı yayılabilen 1666'daki Londra Büyük Yangından sonra, Londra'nın Yeniden İnşası Yasası, ilk önemli bina düzenlemesiyle aynı yıl kabul edildi. Sir Matthew Hale tarafından hazırlanan kanun, şehrin yeniden inşasını düzenledi, konutların bir miktar yangına dayanıklılık kapasitesine sahip olmasını gerektirdi ve City of London Şirketi'ne yolları yeniden

açma ve genişletme yetkisi verdi. Hint Kanunları, 1680'lerde İspanya'nın dünya çapında emperyal mülkleri boyunca koloniler için kentsel planlamayı düzenlemek için İspanyol Hükümdarlığı tarafından kabul edildi.

İlk sistematik ulusal yapı standardı 1844'te Londra Yapı Kanunu olarak resmileşti. Hükümler arasında, inşaatçıların bölge denetçisine inşaattan iki gün önce bildirimde bulunmaları, duvarların kalınlığı, odaların yüksekliği, onarımda kullanılan malzemeler, mevcut binaların bölünmesi ve bacaların, şöminelerin yerleştirilmesi ve tasarımı ile ilgili düzenlemeler yapmaları, kanalizasyonlar uygulanacak ve sokaklar asgari gerekliliklere göre inşa edilmeliydi.

Büyükşehir Binaları Ofisi, Londra genelinde binaların yapımını ve kullanımını düzenlemek için kuruldu. Sürveyanlar (bilirkişiler), evlerin ve işyerlerinin standardını iyileştirmeye çalışan bina yönetmeliklerini uygulamak ve halk sağlığını tehdit edebilecek faaliyetleri düzenlemek için yetkilendirildi. 1855 yılında ofisin varlık, yetki ve sorumlulukları Büyükşehir Yapıtlar Kurulu'na geçti.

Baltimore şehri ilk bina yönetmeliğine 1859'da geçti. Büyük Baltimore Yangını şubat 1904'te meydana geldi. Daha sonra diğer şehirlerle eşleşen değişiklikler yapıldı. 1904 yılında Baltimore Şehir İnşa Yasaları El Kitabı yayınlandı. Dört yıl boyunca bina yönetmeliği olarak hizmet etti. Çok yakında, resmi bir bina yönetmeliği tasarlandı ve sonunda 1908'de kabul edildi.

Paris'te, İkinci İmparatorluk (1852-70) dönemindeki şehrin çoğunun yeniden inşası altında, büyük apartman blokları inşa edildi ve binaların yüksekliği kanunla en fazla beş veya altı katla sınırlandırıldı.

1919 Büyük Molasses Tufanı'na neden olan tankın yapısal başarısızlığı, Boston Yapı Departmanından mühendislik ve mimari hesaplamalar yapılmasını ve imzalanmasını gerektirdi. ABD şehirleri ve eyaletleri önemli binaların planları için kayıtlı profesyonel mühendisler tarafından imzalanmayı zorunlu tuttu.

Bina yönetmeliklerinin amacı; yapısal bütünlük (sıhhi tesisat, su temini, ışık ve havalandırma dahil), mekanik bütünlük, çıkış yolları, yangın önleme ve kontrol, enerji tasarrufu gibi güvenlik, sağlık ve genel refah için minimum standartlar sağlamaktır. Bina yönetmelikleri genellikle şunları içerir:

- Yapı için standartlar, yerleştirme, boyut, kullanım, duvar montajları, pencere işleri (düzeni, boyutu, konumları), çıkış kuralları, odaların büyüklüğü / konumu, temeller, zemin montajları, çatı yapıları / montajları, enerji verimliliği, merdiven ve salonlar, mekanik, elektrik, sıhhi tesisat, saha drenajı ve depolama, cihaz, aydınlatma, tesisat standartları, doluluk kuralları ve yüzme havuzu düzenlemeleri.
- Park etme ve trafik etkisi ile ilgili kurallar
- Yangın riskini en aza indirmek ve acil bir durumda güvenli tahliyeyi sağlamak için yangın yönetmelikleri kuralları
- Deprem için koşullar (sismik yönetmelikler), kasırga, sel ve tsunami direnci, özellikle felakete eğilimli alanlarda veya çökmenin felaket olacağı çok büyük binalar için gereksinimler
- Belirli bina kullanımları için gereklilikler (örneğin, yanıcı maddelerin depolanması veya çok sayıda insanın barındırılması)
- Enerji hükümleri ve tüketimi
- Önceden kazanılmış haklar: Bina yenilenmedikçe, bina kodu genellikle mevcut binalar için geçerli değildir.
- Bileşenlerle ilgili özellikler
- İzin verilen kurulum yöntemleri
- Minimum ve maksimum oda tavan yükseklikleri, çıkış boyutları ve konumu
- İş yapan kişi veya kuruluşların nitelikleri
- Yüksek yapılar için, uçak yararına çarpışma önleyici işaretler

Bina yönetmelikleri genellikle imar yönetmeliklerinden ayrıdır, ancak dış kısıtlamalar (aksilikler gibi) her iki kategoriye girebilir.

Tasarımcılar tasarım sırasında önemli referans kitaplarından bina yönetmelikleri (kodu) standartlarını kullanırlar. İnşaat departmanları, inşaatın önce kendilerine sunulan planları inceler, ruhsat izinleri ve denetçiler inşaat sırasında bu standartlara uygunluğu doğrular.

Genellikle aynı bina yönetmeliklerinin konutlar veya iş yerleri ve gölgelikler, tabelalar, yaya yürüyüş yolları, otoparklar ve radyo ve televizyon antenleri gibi özel inşaat nesneleri için daha spesifik gerekliliklere sahip ek yönetmelikleri veya bölümleri vardır.

2.2 Sismik Yönetmelik

Sismik yönetmelikler veya deprem yönetmelikleri, deprem durumunda binalarda mülk ve yaşamı korumak için tasarlanmış bina yönetmelikleridir. Bu tür kodlara duyulan ihtiyaç, "Depremler insanları öldürmez, binalar yapar." Veya genişletilmiş versiyonda, "Depremler insanları incitmez veya öldürmez. Kötü inşa edilmiş insan yapımı yapılar insanları yaralar ve öldürür." [11]

Sismik yönetmelikler, yoğun nüfuslu bölgelerde yıkıma neden olan büyük depremlere yanıt olarak oluşturuldu ve geliştirildi. Bunlar genellikle son depremlerden ve araştırma bulgularından elde edilen bilgilere dayanarak gözden geçirilir ve sürekli gelişmektedir. Dünya çapında kullanılan birçok sismik yönetmelik vardır. Yönetmeliklerin çoğu, binaların deprem etkileri için nasıl tasarlanacağına ilişkin ortak temel yaklaşımları paylaşır, ancak teknik gereksinimlerinde farklılık gösterir ve yerel jeolojik koşulları, ortak inşaat türlerini, tarihi sorunları vb.

1755 Lizbon depremi (Portekiz) sonucu olarak bölgede ortak olan bazı binaların inşası için öngörülen kurallar koyuldu.

1908 Messina depreminin (İtalya) ardından İtalya Kraliyet Hükümeti, 1909'un başlarında felaketi incelemek ve deprem afetini azaltma önlemleri önermek için Jeoloji Komitesi ve Mühendislik Komitesi kurmuştur. Mühendislik Komitesi, deprem hareketinden kurtulan binaların yanal yük direncini inceledikten sonra, sismik oranın (sismik ivmenin yerçekimi ivmesine bölünmesi) ilk kat için 1 / 12'ye ve yukarıdaki katlar için 1 / 8'ine eşit olması durumunu binaların sismik tasarımında kullanmayı önerdi. Komite, düşey hareketin bir etki oluşturduğu için yatay kuvvetlerden çok daha büyük eşdeğer dikey kuvvetler önerdi. Bunun, sismik yönetmelikler tarihinde sismik tasarım kuvvetlerinin bilinen ilk nicel tavsiyesi olduğuna inanılmaktadır. Tavsiye 29 Nisan 1915 tarihli ve 573 sayılı Kraliyet Kararnamesi'nde kabul edildi. Binaların yüksekliği iki kat ile sınırlıydı ve ilk kat, çatı katının 1 / 8'i ve ikinci katın 1 / 6'sı için ikinci katın yatay kuvveti için tasarlanmalıdır.[12]

1923 Büyük Kantō depremi (Japonya) ve daha önceki olaylar, Japon mühendis Toshikata Sano'ya, mühendisleri binanın ağırlığının yaklaşık %10'unu yatay kuvvetler için binalar tasarlamaya yönlendiren 1924 Japon Kentsel Yapı Yasası'nda

resmi olarak uygulanan bir yanal kuvvet prosedürü geliştirmeleri için ilham verdi.
[12]

1925 yılında, Kaliforniya, Santa Barbara şehri, yapıların yatay kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmasına, ancak tasarım yükleri veya prosedürü ile ilgili olmayan bir yapı yönetmeliği gereksinimi ekledi. Bu, ABD'deki yapıların sismik güvenliğinin ilk açık politikası ve yasal değerlendirmesi olarak kabul edilir. Kaliforniya Palo Alto şehri, 1926'da Stanford'daki profesörler tarafından sürdürülen bina yönetmeliğine benzer bir dil ekledi.

Ocak 1928'de Tektip Bina Yönetmeliği'nin (UBC) ilk baskısı yayınlandı. Bina ağırlığı (sismik kütle) şu şekilde tanımlanmıştır: $W = \text{Ölü yük} + \text{Hareketli yük}$. Bu hükümler, Japonya'nın yeni geliştirilen sismik yönetmeliğinden ilham aldı. Zorunlu olmayan yanal tasarım hükümlerinin o sırada herhangi bir yargı yetkisi tarafından açıkça kabul edildiği bilinmemekle birlikte, bazı binaların tasarımı için gönüllü olarak kullanılmış olabilir.

1933 Long Beach depremine (Kaliforniya) karşılık olarak Los Angeles şehri, 6 Eylül 1933 tarihli 72.968 sayılı Kararnamesi uyarınca Kent Konseyi tarafından çıkarılan ABD'de yürürlüğe giren ilk deprem tasarım hükümlerini kabul etti. Koşullar, devamlı kullanımlı binalar için tasarım taban yanal kesme $V = 0,08 w$, okul binaları için $0,10w$ ve esnek bir katın üzerindeki bir bina kısmı için $0,04 w$ idi. Bina ağırlığı (sismik kütle) $w = \text{ölü yük} + 0.5 \text{ hareketli yük}$ (depolar için 1.0 hareketli hariç) olarak tanımlandı. Bina çerçevelerinin, herhangi bir duvardan bağımsız olarak en az $0.25V$ dayanacak şekilde tasarlanması gerekiyordu.

1933 Long Beach depreminden hemen sonra, o depremdeki yapısal başarısızlıkların mimar Louis John Gill tarafından dikkatli bir şekilde incelenmesi, Kaliforniya sismik mevzuatının çoğunun temelini oluşturdu (Okullar için Field Yasası ve tüm binalar için Riley Yasası). 1933 Riley Yasası, tüm Kaliforniya yerel hükümetlerinin bir inşaat departmanına sahip olmasını ve yeni inşaatları denetlemesini gerektiriyordu.

2.3 Türkiye Deprem Standardı

Birçok yıkıcı deprem tarihte Türkiye'nin çeşitli bölgelerini vururken, Türkiye Cumhuriyeti'nin yaşadığı ilk büyük yıkıcı doğal afet 1939'da Erzincan depremi oldu. Depremin büyüklüğü 7,8'di ve 33.000'den fazla can kaybına ve 140.000 evin

yıkılmasına neden oldu [13]. Bu deprem, Türkiye'de depreme dayanıklı tasarım ve inşaat kavramının benimsenmesinde bir dönüm noktasıydı. Sonuç olarak, depreme dayanıklı tasarıma ilişkin ilk açık yasal hükümler dizisi 1940 yılında Bayındırlık Bakanlığı tarafından resmileşmiş, bunun yerini 1942 yılında sismik bölge haritasına eklenmiş bir başka versiyon almıştır. Bu sismik düzenleme 1944 yılında 4623 sayılı kanun kapsamında revize edilmiştir [14]. Kanun, yönetmeliğin gereklerine uymadan yapılan herhangi bir binanın yıkılacağını belirtti. Ancak, bu şart (ve gelecekteki versiyonları) yıkımı hangi yetkinin yapacağını açıkça belirtmediğinden yıkım yapılmadı [14].

Sismik düzenleme, yönetmelikte büyük bir değişiklik olmadan sismik bölge haritasındaki değişiklikleri yansıtmak üzere 1949 ve 1953'te güncellendi [15]. 1958'de Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'nın kurulmasıyla, afet önleme politikası iyileştirildi ve temel kesme katsayısının formülasyonu 1961'de revize edildi [16]. 1968 ve 1975'teki bir sonraki revizyonlar sismik tasarımda önemli gelişmeler sağladı ve Türkiye'deki mühendislik çevrelerine uluslararası gelişmeleri tanıttı. Süneklik kavramı ilk kez 1975 Yönetmeliği'nde eleman ve yapısal seviyelerde belirtilmiştir. Kapasite tasarım ilkeleri, sismik tasarım için önemli detaylandırma konularıyla birlikte 1998 yönetmeliğiyle tanıtılmıştır. 2007'de çıkarılan yönetmeliğin en son sürümü, özellikle mevcut binaların deprem değerlendirmesi ve güçlendirme ile ilgili gereklilikler yoluyla yer değiştirme tabanlı tasarıma doğru çok önemli bir adım olmuştur. Sismik tasarım yönetmeliklerinin evrimi aşağıda daha ayrıntılı olarak özetlenmiştir.

2.3.1 1940 sismik düzenlemesi

1940 Sismik Düzenlemesi, Türkiye'deki ilk sismik düzenlemeydi. Bu yönetmelikte inşaat, malzeme ve işçilik ile ilgili çeşitli kuralların yanı sıra, yanal sismik yükün hesaplanması için temel taban kesme katsayısını 0,10 olarak kabul etmiştir. Rüzgâr yükünün (W) bulunması durumunda, tasarım yanal yükü (H) Denklem (2.1), ölü yüke (G) ek olarak hareketli yükün (P) sadece yarısı dikkate alınır. Öte yandan, rüzgâr yükünün (W) yarısı da dahildir. Yanal yükün binanın yüksekliği boyunca belirli bir dağılımı bu yönetmelikte tanımlanmamıştır. [17]

$$H = 0.10 \left(G + \frac{P}{2} \right) + \frac{W}{2} \quad (2.1)$$

2.3.2 1944 sismik düzenlemesi

1944 Sismik Düzenlemesi, I ve II bölgeleri olmak üzere iki sismik bölgeye sahip bir sismik bölge haritasını içermektedir. Bölge I ve II dışındaki alanların depremsellik açısından güvenli olduğu düşünülmüştür. Temel taban kesme katsayısı (taban kesme kuvvetinin binanın sismik ağırlığına oranı), bölge I ve II için sırasıyla 0,02-0,04 ve 0,01-0,03 olarak kabul edilmiştir. Bu aralıklarda uygun değerin seçilmesi tasarım mühendislerinin sorumluluğundaydı. Ancak, seçilen değer için teftiş makamının onayı gerekiyordu. Önceki versiyonda olduğu gibi, bu düzenlemede de inşaat yapılacak yerin jeoteknik koşulları ve yapısal özellikleri dikkate alınmamıştır. Ayrıca, yanal yükün binanın yüksekliği boyunca dağılımı hala tanımlanmamıştır. [18]

2.3.3 1961 sismik düzenlemesi

1960'larda ve 1970'lerde, çok hızlı sanayileşme ve kentleşme nedeniyle, özellikle İstanbul, İzmir ve Bursa gibi şehirlerde inşaat miktarı çok arttı. Bu nedenle, mevcut binaların büyük bir kısmı 1961 Sismik Yönetmeliği dikkate alınarak artan kat sayısı ile yıkılmış ve yeniden inşa edilmiştir. Yönetmeliğin bu versiyonunda, taban kayma katsayısının belirlenmesinde sismik bölge, yapısal sistem tipi ve zemin koşulları ile ilgili parametreler dikkate alınmıştır. Temel kesme katsayısının üst sınırının 0.10 olduğu varsayılır ve sismik yüklerin dağılımının binanın yüksekliği boyunca eşit olduğu kabul edilir. Bu yönetmelikte, plandaki aşırı düzensizlikleri önlemek ve küresel burulmanın potansiyel olumsuz etkilerini en aza indirmek için niteliksel bir öneri de mevcuttu. [19]

2.3.4 1968 sismik düzenlemesi

Bu yönetmelik, sismik dayanıklı tasarımda aşağıdaki gibi önemli geliştirmeler getirmiştir:

- Sütunlar için minimum boyutların tanımı [kısa kenar derinliği $\geq$ maksimum (240 mm; $0,05 \times$ kat yüksekliği)]
- Kirişler için minimum boyutların tanımı (150 $\times$ 300 mm, derinlik $\geq$ levha kalınlığının 3 katı)

- Perde duvarların minimum boyutlarının tanımı [genişlik $\geq$ maksimum (200 mm ve $0,04 \times$ kat yüksekliği)]
- Birleşim yerlerinin yakınındaki kolonlar ve kirişler için sınır takviye gereksinimi (enine takviye, kolonun orta yüksekliğine ve kirişin orta açıklığına göre iki katına çıkarılmalıdır).
- Kiriş-kolon birleşim yerlerinde sarmalama takviyesi gereksinimi
- Binanın dinamik özelliklerinin değerlendirilmesi
- Bina önem faktörünün tanıtılması
- Yanal kuvvetlerin ters üçgen dağılımı
- Kütle merkezleri ve rijitlik merkezleri arasındaki dış merkezlilik, binanın daha büyük plan boyutunun %5'ini aştığında, binanın küresel burulması nedeniyle taban kesme kuvvetinin artması.

Yönetmelik, tasarımın uygun gerilme yaklaşımı kullanılarak yapıldığı varsayılarak sismik tasarım durumunda beton ve çeliğin uygun gerilmelerinde %50'lik bir artışa izin verdi. Ayrıca, zemin tipleri I (sert zemin) ve II (orta zemin) için sırasıyla zemin uygun gerilmelerde %50 ve 30'luk bir artışa izin verilmiştir. Bununla birlikte, boyuna ve enine donatıların artması gereken perde duvar uç bölgeleri kavramının bu yönetmelikte yer almadığı belirtilmelidir. Yönetmelik ve sonraki revizyonlarında, deprem etkisi rüzgâr yükü dikkate alınmadan ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, deprem ve rüzgâr yüklerine dayalı analizler ayrı ayrı yapılır ve tasarım en olumsuz duruma göre yapılır. 1972'de, sismik bölge haritası, sismik riski olmayan bölge de dahil olmak üzere beş sismik risk bölgesine ayrılmıştır. [20]

2.3.5 1975 sismik düzenlemesi

1975 Sismik Düzenlemesi 20 yıldan fazla bir süre geçerliliğini korumuştur. Bu nedenle, mevcut binaların büyük bir kısmı bu yönetmelik yürürlükte iken tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Yönetmelik "süneklik" teriminin açıkça kullanıldığı ilk yönetmelikti. Ayrıca taban kesme kuvveti, yapı tipi katsayısı getirilerek yapının yanal yüke dayanıklı sistemine göre dolaylı olarak ilk kez yapısal süneklik fonksiyonu olarak verilmiştir. Yönetmelikteki diğer önemli iyileştirmeler şunlardır:

- Sismik dayanıklı detaylandırma ile ilgili daha ayrıntılı ilkelerin dahil edilmesi
- Yapısal elemanlar için minimum kesit boyutları ve minimum takviye oranları hakkında ayrıntıların dahil edilmesi

- Sargılama ile ilgili daha ayrıntılı gerekliliklerin dahil edilmesi
- Kiriş-kolon birleşimleri için nicel kesme tasarımının dahil edilmesi
- Zemin hâkim periyodunun, spektrum katsayısının belirlenmesi için verilen denkleme eklenmesi
- Düzensiz binaların açık bir tanımının dahil edilmesi (düzensizliklerin tanımları yeterince ayrıntılı olmamasına rağmen)
- Düzensiz veya yüksek katlı yapılar için modal analiz gerekliliğinin dahil edilmesi ($H > 75$ m)
- Perde duvarların uç bölgelerinde artan boyuna takviye kavramının tanıtılması
- Binanın en büyük plan boyutunun %5'inin ek dış merkezliğinin göz önünde bulundurulması.

Bununla birlikte, yönetmelikte perde duvarların uç bölgelerinde boyuna takviye artışına yer verilirken, bu uç bölgelerdeki boyuna çubukların hapsedilmesine gerek olmadığı belirtilmelidir. [21]

2.3.6 1998 sismik düzenlemesi

1975 yönetmeliğinin 20 yıldan fazla yayınlanmasının ardından, 1998'de 1999'da yaşanan felaket depremlerinden sadece 1 yıl önce gözden geçirilmiş bir versiyon yayınlandı. Bu nedenle, 1998 yönetmeliği ve yaşanan depremler depreme dayanıklı tasarım ve inşaat ile halkın güvenli konut talebi açısından bir dönüm noktası olmuştur. Şu anda, Türkiye'deki çoğu mühendis 1998-1999'dan sonra inşa edilen binaların depremlere karşı eski binalardan çok daha güvenli olduğuna inanmaktadır.

1998 yönetmeliğiyle getirilen en önemli gelişmeler şunlardır:

- Detaylı kapasite tasarım ilkelerinin dahil edilmesi
- Tasarım depreminin meydana gelme olasılığı açısından açık tanımı
- Tasarım depremi altında kabul edilebilir yapısal performansın açık tanımı
- Elastik tasarım spektrumunun tanımı
- Sismik yük azaltma faktörünün, yapısal sistemin dinamik özellikleri ve sünekliği ve aşırı mukavemet faktörü dahil olmak üzere yapısal özelliklere bağlı olarak tanımlanması
- Sargılama ile ilgili ayrıntılı gerekliliklerin ve donatı detaylandırma için açık kuralların dahil edilmesi

- Usulsüzlüklerin nicel tanımı.

Yönetmelikteki kapasite tasarım ilkeleri, kolonların aynı bağlantıya çerçevelenen kirişlerden daha güçlü olmasını sağlayarak kirişlerde plastik mafsalların oluşmasını sağlar. Ayrıca, kiriş ve kolonların perde duvarlarının yanı sıra perde duvarları da bükülme kapasitelerinden daha yüksek tutulur, böylece sismik yüklerde dikkate alınandan daha yüksek sismik yüklerde sünek başarısızlık sağlanır.

Yapıların esnek olmayan kapasitelerini kullanmak için (en azından kısmen), tasarım depreminde, binanın çökmemesi, can güvenliğinin sağlanması ve hasarların kontrollü limitler içinde tutulması şartıyla, elastik sınırların ötesindeki belirli seviyelerde elastik olmayan deformasyonlara (Kontrollü Hasarlar) izin verilir. Esnek olmayan deformasyonları kullanmak için, yapısal sistem belirli bir süneklik seviyesine sahip olmalıdır. Yönetmeliğe göre, binalar iki süneklik düzeyi dikkate alınarak tasarlanabilir; normal veya yüksek. Özellikle yapısal tasarımın normal veya yüksek süneklik olarak sınıflandırılması için kapasite tasarımının, yapı detaylarının ve düzensizliklerin uygulanması açısından çeşitli kurallar vardır. Esnek olmayan deformasyonlara izin verildiğinden, elastik tasarım spektrumu kullanılarak değerlendirilen yanal yük gereksinimi, sismik yük azaltma faktörü R_a (T) tarafından yapısal sistemin özelliklerine bağlı olarak azaltılır. Açıkçası, eğer yapısal sistem, sistemin yüksek bir süneklik sistemi olarak sınıflandırılabilirdiği özelliklere sahipse, yanal yüklerdeki azalma normal bir süneklik yapısal sisteminkinden daha yüksektir. [22]

2.3.7 2007 sismik düzenlemesi

1999'da yaşanan depremlerden sonra insanların ve resmî kurumların deprem güvenli ortamına olan talebine dayanarak, sismik güvenlik açısından birçok yapı incelenmiş ve bunlardan bazıları yenilenmiştir. Bununla birlikte, sismik güvenlik değerlendirmesi ve güçlendirme ile ilgili resmi kuralların ve standartların bulunmaması nedeniyle, birçok durumda mevcut yapılar analiz edilirken veya güçlendirilirken tasarım mühendisleri tarafından standart olmayan ve bazen uygunsuz yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu nedenle, 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, mevcut binaların sismik güvenlik değerlendirmesi ve kapsamlı bir şekilde yenilenmesi konularını içermektedir. Bu standart yeni tasarlanacak betonarme binalarla ilgili hükümlerde

sadece küçük revizyonlara sahiptir. Bununla birlikte, önceki yönetmeliklerde yeterince kapsamlı olarak ele alınmayan çelik yapılar için sismik emniyet koşulları, bu yönetmelikte kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Bu versiyonla 1961'den bu yana “Afet Bölgelerindeki Yapılar İçin Yönetmelik” olan yönetmeliğin başlığı “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” olarak değiştirildi. Sonuç olarak, diğer afetlerle (sel ve yangın gibi) ilgili sorunlar yönetmelikten çıkarıldı.

2007 Yönetmeliği ile getirilen en önemli gelişmeler şunlardır:

- Sismik güvenlik değerlendirmesi ve mevcut binaların güçlendirilmesi hakkında yeni ve kapsamlı bir bölümün eklenmesi
- Hasar seviyesine bağlı olarak belirlenmiş yaklaşık izin verilen ihtiyaç / kapasite oranları açısından esnek olmayan davranış dikkate alınarak sismik güvenlik değerlendirmesi için doğrusal elastik bir yöntemin dahil edilmesi
- Mevcut yapıların sismik güvenlik değerlendirmesinde ve güçlendirilmesinde performansa dayalı değerlendirme ilkelerinin dahil edilmesi
- Farklı bina tipleri için dikkate alınacak farklı seviyelerde tasarım depremlerinin (servis, tasarım ve maksimum depremler gibi) ve performans seviyelerinin (acil kullanım, can güvenliği ve Göçmenin Önlenmesi gibi) dahil edilmesi
- Sismik güvenlik değerlendirmesi ve güçlendirme için tek modlu ve çok modlu Statik İtme (push-over) hesap yönteminin dahil edilmesi
- Zaman tanım alanında (time history) doğrusal olmayan hesap yönteminin dahil edilmesi
- Geleneksel güçlendirme teknikleri (beton mantolama, çelik elemanlarla güçlendirme ve perde duvar ilaveleri gibi) ve yenilikçi malzemeler (elyaf takviyeli polimerler gibi) kullanılarak güçlendirme ile ilgili ilke ve detayların dahil edilmesi.

Bilindiği gibi performansa dayalı değerlendirmede, binanın sismik performansı yapısal eleman hasarlarının kapsamı ve dağılımına bağlı olarak belirlenir. Yönetmelikte hasar seviyeleri, itme analizi gerçekleştirilirken plastik mafsalların dönüşleri ile hesaplanan en çok zorlanan beton lifindeki (hasar seviyesine bağlı olarak örtü veya çekirdek üzerinde) basınç deformasyonuna ve çekme donatısı

deformasyonuna bağı olarak belirlenir. Dağıtılmış plastisite varsayımı kullanıldığında, kritik şekil değiştirmeler doğrudan değerlendirilebilir.

2.3.8 2018 sismik düzenlemesi

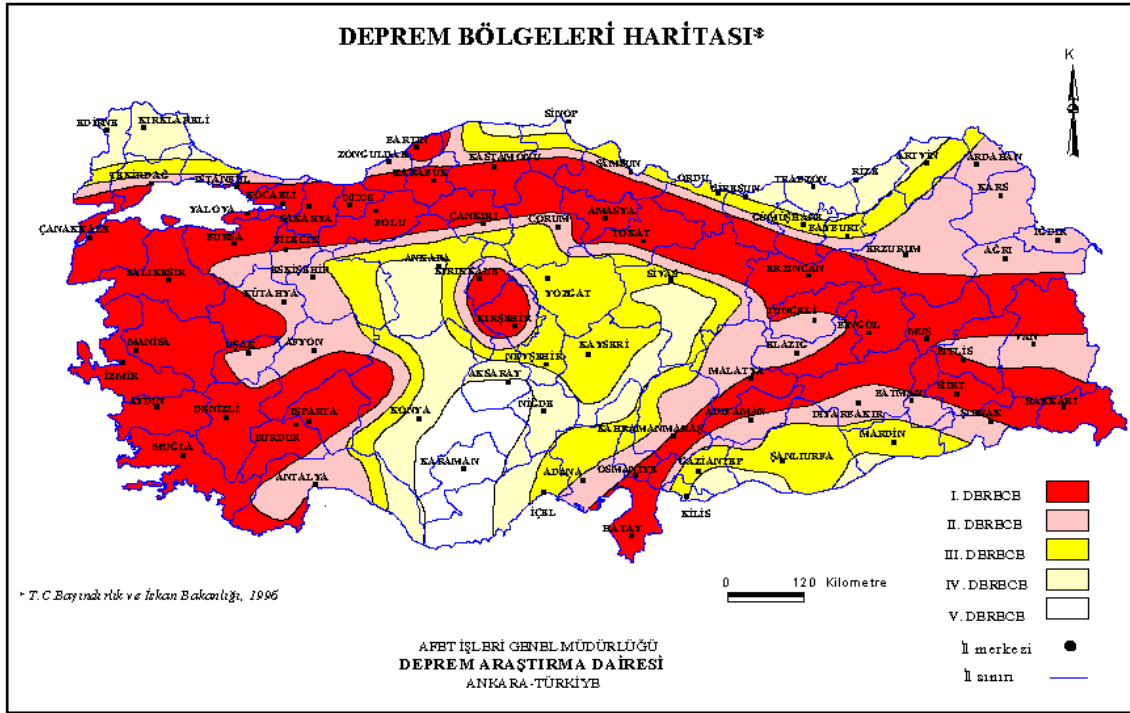
2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren resmi olarak uygulanmaktadır. Ancak yönetmeliğin önceki 2007 sürümünde bulunmayan yeni parçalar için zaten etkilidir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin yayınlanmasından ve revize edilmesinden AFAD (Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), uygulanmasından ve denetiminden ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sorumludur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, afet hukukunun ana eki olan bir yönetmeliğin resmi yetkilerine sahiptir. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ndeki yeni iyileştirmeler yönetmelikteki sıralarına uygun olarak sunulmuştur. Bu tez Türkiye Deprem Tehlike Haritaları, binalar için genel tasarım kuralları, kuvvet merkezli tasarım ve deformasyona dayalı değerlendirmenin temel yönleri, mevcut binaların sismik değerlendirmesi ve yüksek ve ayrık nizam binaların tasarımını kapsamaktadır.

Yeni Deprem Tehlike Haritası bir sismik bölgeleme haritası değil, coğrafi koordinatlara dayalı bir topografik haritadır. Sismik tehlike PGA cinsinden ifade edilmez ama spektral ivme olarak ifade edilir. $T = 0.2$ s ve $T = 1$ s'deki zemine özgü harita spektral ivme katsayıları, sert toprak zeminleri ve 2475, 475, 72 ve 43 yıllık tekrarlanma periyotları için geliştirilmiştir. Bir PGA kontur haritası da geliştirilmiştir. Tüm haritalara web sitesi üzerinden genel kullanım için erişilebilir “<https://tdth.afad.gov.tr/>”.

475 yıllık tekrarlanmalar PGA tabanlı 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası ile 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nın her ikisi de Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de gösterilmektedir. 1996 haritasında 1. derece deprem bölgesinin (kırmızı bölge) ortalama PGA değeri 0.4g'dir. $PGA > 0.4g$ bölgelerinin toplam alanı 2018 haritasında, özellikle Batı Ege'de ve Doğu İran sınırı boyunca daha az görünmektedir.

Spektral ivme değerleri $T = 0,2$ ve $1,0$ saniyede sırasıyla SS ve S1 referans sert zemin sahaları için hazırlanan ilişkili tehlike haritalarından elde edilir. Daha sonra, tasarım spektral ivmeleri SDS ve SD1'i elde etmek için proje sahasındaki zemin koşullarına göre değişmektedirler. Son olarak, tasarım spektrumu Şekil 2.4'te

gösterildiği gibi oluşturulur. Zemin karakteristik periyotları TA ve TB, ilişkili SDS ve SD1 oranlarından elde edilir.



Şekil 2.1: 1996 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası



Şekil 2.2: 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritası [24]

2.3.9 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde deprem yer hareketi düzeyleri

Bu Yönetmelik kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır. Bunlar tekrarlanma periyotlarında ve ilgili yer hareketi düzeyini aşma olasılıklarında tanımlanır.

DD-1: Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

DD-2: Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

DD-3: Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

DD-4: Spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır. [25]

2.3.10 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde yapı kategorileri

2018 Yönetmeliğinde depreme dayanıklı yapı tasarımını çeşitli sınıflandırmalar yönlendirir. Binaya verilen önem açısından bina kullanım sınıfı, tasarım sahasındaki sismik yoğunluk açısından deprem tasarım sınıfı ve temel veya rijit bodrum katının üzerindeki bina yüksekliği ile ilgili bina yükseklik sınıfı, bazı sınıflandırma örnekleridir. Bunlar Şekil 2.3 – 2.5'te özetlenmiştir.

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Şekil 2.3: Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları [25]

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

Şekil 2.4: Deprem Tasarım Sınıfları (DTS) [25]

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Şekil 2.5: Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [25]

Bina kullanımı, binaya verilen öneme göre sınıflandırılır. BKS = 1, hastaneler ve acil durum tesisleri, okullar, müzeler, toksik tesisler vb. kritik tesisler içindir. BKS = 2, konser salonları, stadyumlar, alışveriş merkezleri gibi geçici olarak büyük nüfusu barındıran binalar içindir. BKS = 3 diğer tüm binalar içindir.

Deprem tasarım sınıfı kısa periyot spektral ivmeye göre belirlenir, bu da 2,5'e bölündüğünde sahadaki PGA'nın bir göstergesidir. Çizelgedeki X ve Xa arasındaki fark, kritik tesislerin tasarımında ek gereksinimler getirilmesidir. Tasarım yönteminin seçiminde bina yükseklik sınıfları kullanılır.

2.3.11 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde performans düzeyleri oluşturma

Her ne kadar temel tasarım yöntemi 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde kuvvet temelli olsa da, tasarım hedeflerini açıkça belirlemek için bina performans düzeyleri açıkça tanımlanmıştır. Performans düzeyleri aşağıda özetlenmiştir:

- *Kesintisiz Kullanım (KK) Performans Düzeyi*

“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.” [25]

- *Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi*

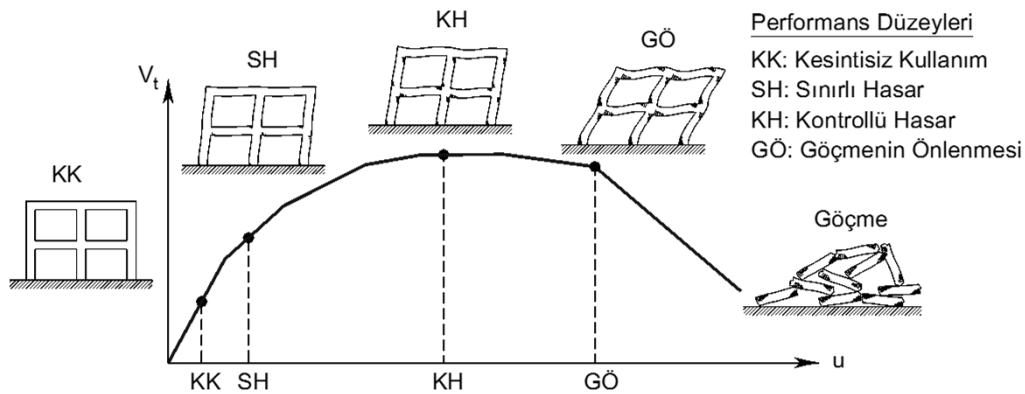
“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.” [25]

- *Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi*

“Bu performans düzeyi, can güvenliğini sağlamak üzere bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.” [25]

- *Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi*

“Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.” [25]



Şekil 2.6: Deprem Performans Grafiği

2.3.12 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tasarım hedefleri ve ilişkili tasarım yöntemleri oluşturma

Bina tasarım hedefleri, hedef performansların ve tasarımda dikkate alınan yer hareketi düzeylerinin kombinasyonlarıyla ilişkilidir. Daha sonra, geleneksel Dayanıma Göre Tasarım (DGT) veya gerektiğinde Performans Temelli Değerlendirme ve Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) için bir tasarım prosedürü zorunlu kılınmıştır.

Yüksek bir bina olarak sınıflandırılmayan tüm binalar için DD-2 altında “Kontrollü Hasar” veya 475 yıllık tasarım yer hareketi olan sıradan bir performans hedefi belirlenir. Ancak binanın 1a veya 2a’lık bir DTS’si varsa (yüksek yoğunluklu

GM'lerin altındaki kritik binalar), o zaman “gelişmiş” bir hedef performans ayarlanır. DD-1 ve DD-3 altında bina performansını değerlendirmek için performansa dayalı prosedürler kullanılırken, DD-2 tasarım spektrumları altında kuvvet temelli bir ön tasarım önerilmektedir. Gelişmiş performans hedefleri DD-3 (43 yıl) deprem yer hareketi düzeyinde Sınırlı Hasar ve beklenen DD-1 (2475 yıl) deprem yer hareketi düzeyinde Kontrollü Hasar'dır.

Bir bina, yüksekliğine ve deprem tasarım sınıfına göre yüksek bir bina (BYS = 1) olarak sınıflandırıldığında, ikili olağan bir performans hedefine sahiptir. Yüksek bina DD-3 servis depreminde (43 yıl) doğrusal elastik kalmalı ve DD-1 (2475 yıl) maksimum depremde Göçmenin Önlenmesi sınır durumunu karşılamalıdır. Hizmet seviyesi performansı kuvvet temelli bir analizle değerlendirilirken Göçmenin Önlenmesi performansı zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi gerektiren performansa dayalı bir prosedürle değerlendirilmelidir.

İlk tasarım, tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu tasarım depremi altında bir Kontrollü Hasar hedefi ile kuvvet temelli olabilir, ancak bu tasarım genellikle mimari kısıtlamalar ve uygulamada kabul edilen boyutlar tarafından kontrol edilir. Yüksek bina tasarımcıları, tekrarlanma periyodu 475 yıl olan depremden ziyade 43 yıl, DD-4 servis deprem spektrumundan elde edilen tasarım kuvvetleri ile bir başlangıç tasarımı yapmayı ve yüksek binalar için neredeyse haklı olmayan R faktörleriyle ortaya çıkan kuvvetleri azaltmayı tercih ediyorlar.

Gelişmiş performans hedefi yüksek binalar için neredeyse hiç uygulanamaz. Benzer başarı çizelgeleri, sıradan performans hedefinin 475 yıllık DD-2 depremi altında Kontrollü Hasar (KH) olduğu mevcut binalar için 2018 Deprem Yönetmeliğinde verilmiştir ve değerlendirme / tasarım prosedürü performansa dayanmaktadır. Mevcut binalar için yeni yer değiştirmeye dayalı doğrusal elastik yöntem geliştirilmiştir.

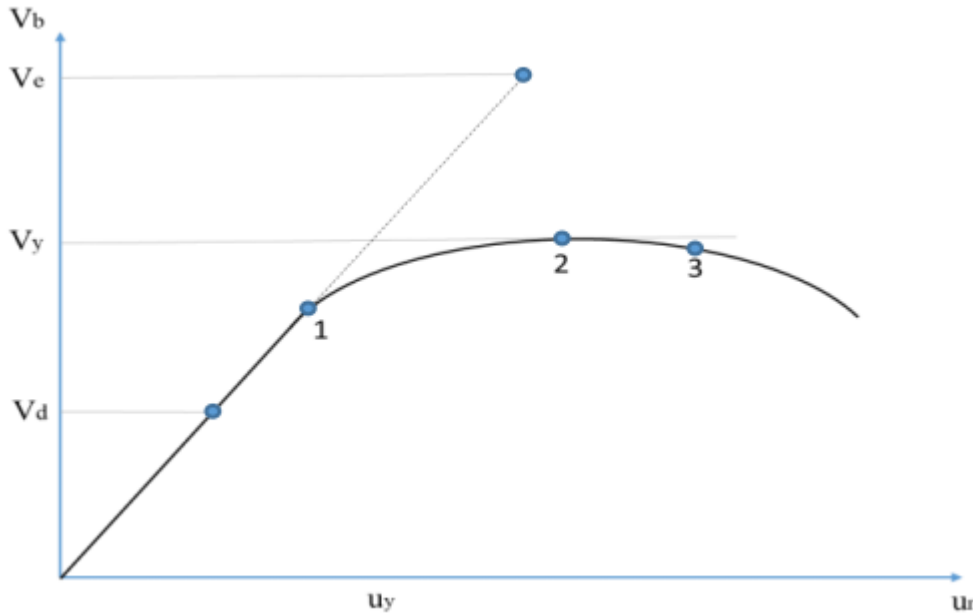
2.3.13 2018 Deprem Yönetmeliği'nde binaların kuvvet bazlı tasarımı

Geleneksel kuvvet tabanlı analiz yöntemleri, çökme sınır durumu için yüksek binaların performans değerlendirmesi ve depreme karşı izole edilmiş binaların izolasyon seviyesi hariç tüm yeni binalar için geçerlidir. Bir bina için gelişmiş performans tercih edildiğinde, performansa dayalı bir değerlendirme yapılmalıdır. Bunlar çoğunlukla istisnai durumlardır. Kapasite tasarım ilkeleri ile uygulanan

kuvvet temelli analiz ve tasarım yöntemleri, 2007 Deprem Yönetmeliğinin hükümlerine benzer, ancak taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) tanımında dikkate değer bir iyileşme vardır. Bu faktörler yerinde dökme betonarme binalar için Şekil 2.8'de gösterilmektedir. Ön yapımlı beton, çelik, yığma ve ahşap yapılar için de benzer çizelgeler mevcuttur. Tasarımda kullanılan R faktörü aslında bir süneklik azaltma faktörü R_μ ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı D'nin ürünüdür. Dolayısıyla belirli bir sistem için süneklik azaltma faktörü dolaylı olarak Şekil 2.7'de verilen R ve D değerleri arasındaki ilişkiden hesaplanabilir.

$$R_\mu = R/D \quad (2.2)$$

Sünekliği arttırılmış bir çerçeve için basit bir örnek, $R_\mu = 8/3 = 2.67$ verirken, sünekliği arttırılmış bağlı bir perde duvar için 2.8'dir. Gerçek değerlerin doğrudan hesaplanması zordur, ancak elde edilen kapasite eğrisinden (temel kesmesine karşı tavan yer değiştirmesi) Şekil 2.7'de şemalaştırılan elastik olmayan bir model üzerinde itme analizi ile hesaplanabilir.



Şekil 2.7: Tipik Bir Bina Çerçevesi için İtme Kapasitesi Eğrisi

2.3.14 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tasarım binalarında aşırı mukavemet

Şekil 2.7'deki kapasite eğrisinde çeşitli kuvvet seviyeleri gösterilmiştir. Ve doğrusal elastik kuvvet ihtiyacı, V_y gerçekleşen akma dayanımı ve V_d azaltılmış tasarım kuvveti ihtiyacı ($V_d=V_e /R$).

Buna göre, $D = V_y / V_d$. Tasarımda aşırı mukavemetin olası nedenleri minimum kesit boyutları ve minimum takviye oranları, beklenen mukavemet ve malzeme faktörlerinden daha düşük karakteristik malzeme mukavemeti ve düşük yoğunluklu deprem bölgelerinde gravity yük tasarımıdır. Gravity tasarımının yüksek binalarda düşey eleman boyutlarını kontrol edebileceğini belirtmek ilginç olabilir.



Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsalı olan ve yüksekliği 12 m'yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.6)			
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	6	2.5	BYS ≥ 4
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.1.2)	5	2.5	BYS ≥ 4
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> <i>dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 6
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> <i>dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5	BYS ≥ 6
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler (Bkz. 4.3.4.1, 4.3.4.3, 4.3.4.7)			
A31. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	4	2.5	BYS ≥ 7
A32. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi sınırlı</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2	BYS ≥ 6

Şekil 2.8: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı ve İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları [25]

Deprem yönetmeliklerinde D faktörlerini sağlamanın temel amacı gevrek, kuvvet kontrollü elemanların tasarımıdır. Tasarım kuvvetleri ihtiyacı V_e 'yi sadece D katsayısı ile azaltabilir, ancak R katsayısı ile azaltamaz. Diğer taraftan, ilgili R_u faktörünün Denklem (2.2) 'den elde edilmesi, tasarım depreminde tasarlanan

sistemde beklenen plastik deformasyonlar hakkında fikir verir, çünkü $R\mu$, orta derecedeki elasto-plastik sistemlerde ve uzun periyotlarda süneklik faktörü $\mu = u_{max} / u_y$ 'a eşittir. Bu ilişkiler farklı sistemler için D faktörlerini açıkça sağlayarak 2018 Deprem Yönetmeliğinde şeffaf bir şekilde ifade edilmiştir.

2.3.15 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde beton elemanlar için etkili kesme rijitliği

Betonarme elemanlar düşük eğilme etkileri altında bile çatlar ve rijitliklerinde önemli azalmalar sağlar. Bu azaltılmış rijitlik, etkili rijitlik tanıtılarak doğrusal elastik analizde açıklanabilirse, analizden daha gerçekçi iç kuvvet dağılımları elde edilebilir. Bununla birlikte, deformasyonlarda daha büyük bir artma olacaktır. Sistemdeki deformasyon dağılımı, beton elemanların etkili rijitliği kullanılarak çok daha gerçekçi bir şekilde temsil edilebilir. 2018 Deprem Yönetmeliğinde önerilen etkin rijitlik Şekil 2.9'da verilmektedir.

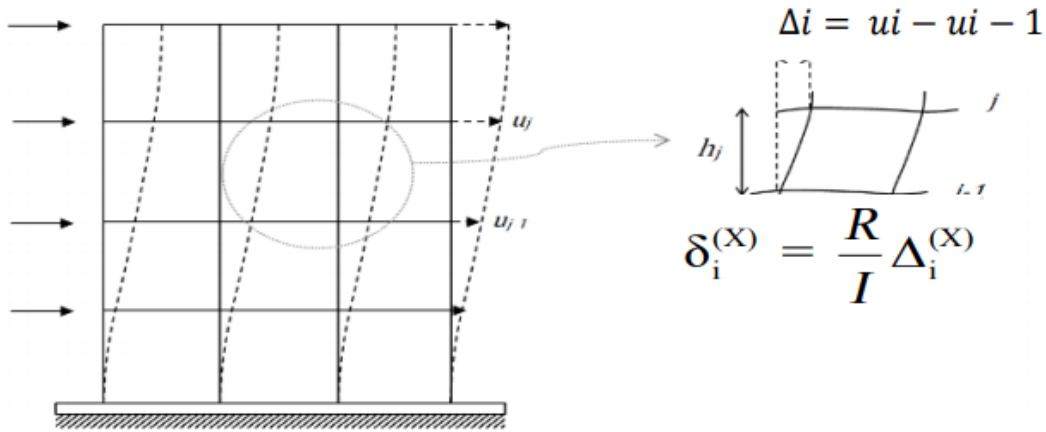
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Şekil 2.9: Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Etkin Kesit Rijitliği Çarpanları

[25]

2.3.16 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde görelî kat ötelemesinin sınırlandırılması

Kırılğan yapısal olmayan bileşenleri yapısal çerçeve tarafından uygulanan yanal deformasyonlardan korumak için görelî kat ötelemesinin sınırlandırılması gerekmektedir. Yapısal olmayan bileşenlerin, özellikle yığma dolgularının çatlaması veya hasar görmesi, sünek çerçeve elemanlarına herhangi bir zarar gelmediğinde bile tüm binanın görünür performansını önemli ölçüde azaltır. Dolgu ve çerçeve arasındaki esnek bir ayırma bu tür hasarı önleyebilir. Bu tür ara yüzey bağlantılarının geliştirilmesi, 2018 Deprem Yönetmeliği'nde esnek dolgu çerçevesi bağlantılarına daha yüksek sapma sınırları ve doğrudan temaslı bağlantılara daha düşük sınırlar koyarak teşvik edilir. Yönetmeliğin yaklaşımı Şekil 2.10'da açıklanmaktadır.



Şekil 2.10: Bir Çerçeve de Görelî Kat Ötelenmesi ve i'nci Katında Etkili Görelî Kat Ötelenmesi

2018 Deprem Yönetmeliği'nde göreceli kat ötelemesi sınırları aşağıda açıklanmıştır:

Çerçeveye rijit olarak bağlanan dolgular: $\lambda \frac{\delta_{i \max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa$

Çerçeveye esnek bağlantıları olan dolgular: $\lambda \frac{\delta_{i \max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\kappa$

Burada λ , genellikle 0,4 - 0,5 aralığında olan DD-3'ün DD-2'ye spektral ivme oranıdır. κ , beton binalar için 1,0 ve çelik binalar için 0,5'dir. [25]

Burada dikkat çeken görelî kat ötelemesi sınırının esnek, uzun periyotlu çerçevelerdeki tasarım kuvvetlerinden ziyade tasarımı kontrol edebileceği belirtilmelidir.

2.4 Afganistan Deprem Standardı

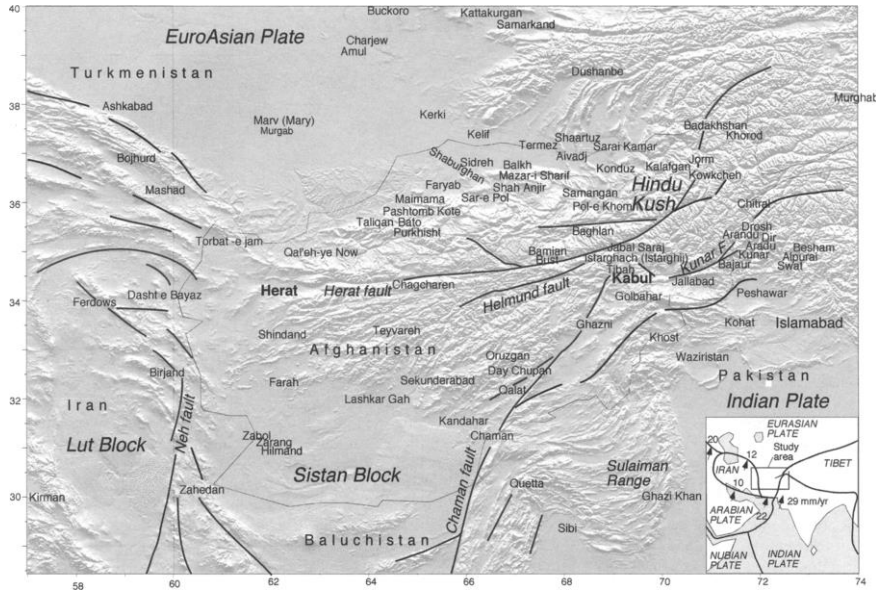
Afganistan; Hint, Avrasya ve Arap levhaları arasındaki etkileşimlere yanıt olarak oluşan aktif Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer almaktadır. Sonuç olarak, yüksek düzeyde sismik aktiviteye maruz kalmış ve geçmişte birçok zararlı deprem yaşamıştır. Hint, Avrasya ve Arap levhalarının çarpışma sınırı, Afganistan'ın doğusunda ve güneyinde sırasıyla bitişik Pakistan ve İran'da bulunuyor. Bu nedenle, doğu, güney ve güneybatı Afganistan'ı aktif bir levha sınırı kuşatmaktadır. Makran dalma kuşağı olarak bilinen aktif bir dalma kuşağı, Arap plakasının Pakistan'ın güneybatısında ve İran'ın güneydoğusundaki Avrasya plakası ile etkileşimi nedeniyle oluşur.

Depremler Afganistan halk ve kurumları için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Uluslararası Kalkınma Ajansı'nın (USAID) Afganistan'ın kaynak potansiyelini ve sismik tehlikelerini değerlendirme çabası kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırması'nın (USGS) Sismik Tehlike Haritalama grubu, ülke çapında yer sarsıntısının beklenen sıklığını ve gücünü ölçmeye yardımcı olan bir dizi olasılıksal sismik tehlike haritası hazırlamıştır. Haritaları oluşturmak için, çalışma alanındaki ~ 35.000 alanın her biri için tam bir tehlike analizi yapar. Tüm potansiyel sismik kaynakları ve bunların deprem aktivite oranlarını açıklayan olasılıklı bir metodoloji kullanır, kaynak ve yer hareketi parametreleri için mantık ağaçları kullanarak modelleme belirsizliğini içerir. Olasılıksal sismik tehlike analizinin açıklaması ve sismik riskin tartışılması için ek bölüme bakınız.

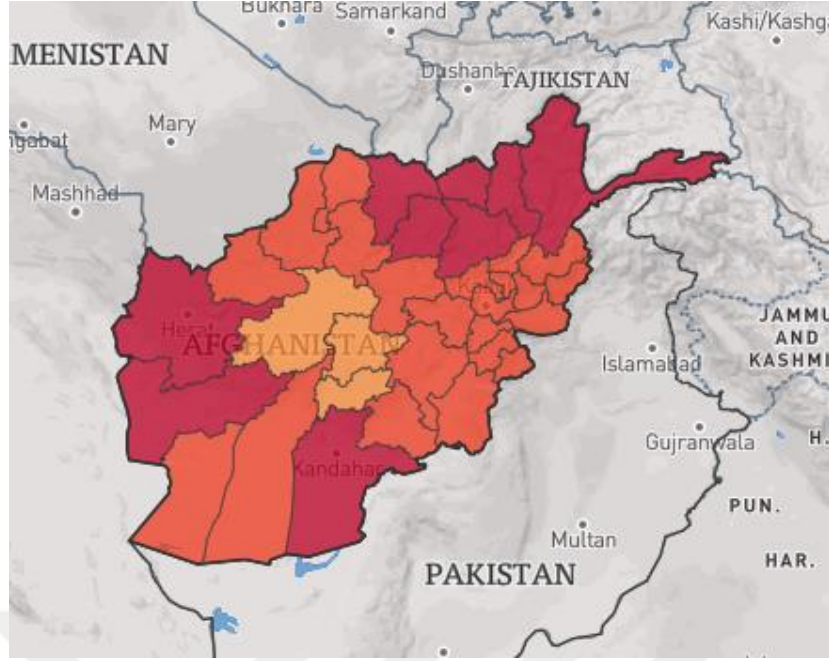
Afganistan, Avrasya tektonik plakasının güneye doğru uzanan, nispeten istikrarlı bir burnunu işgal ediyor. Ancak aktif levha sınırları, batı, güney ve doğu Afganistan'ı çevreler. To the west, the Arap levhası Avrasya'ya göre yaklaşık 3 cm / yıl kuzey yönünde hareket eder. Aktif levha sınırı, güneybatı İran'ın Zagros bölgesinde kuzeybatıya doğru yöneliyor. Deformasyon İran topraklarında gerçekleşir; büyük yapıları, doğudaki kuzey-güney-uzanımlı, sağ-yanal doğrultu atımlı fay sistemlerini ve daha kuzeyde, doğu-batı-uzanımlı ters ve doğrultu atımlı fayları içerir. Görünüşe göre bu deformasyon, nispeten istikrarlı batı Afganistan sınırını geçmiyor. Doğuda Hint plakası Avrasya'ya göre yaklaşık 4 cm / yıl oranında kuzeye doğru hareket eder. Geniş, geçişsel bir plaka sınırı bölgesi, kuzeydoğu Afganistan'daki Hindu Kush'tan Kabil'e ve Afganistan-Pakistan sınırı boyunca güneybatıya doğru ilerleyen doğu

Afganistan'a kadar uzanır. Buradaki deformasyon kuzey-kuzeydoğu eğilimli, sol-yanal doğrultu atımlı fayların ve bol depremsellik büyük bir kemeri olarak ifade edilir. Depremsellik kuzeydoğuda daha da yoğunlaşır ve Hindu Kush ve Pamirs Dağları'nın altına uzanan Avrasya'nın altındaki Hint plakasının kuzeye doğru çökmesi ile ilişkili belirgin bir derin deprem bölgesini içerir. [26]

Sismik tehlike haritalarının oluşturulması zordur, çünkü sismik tehlike modeli üretmek için gereken jeolojik ve sismolojik veriler sınırlıdır. Bu proje için mevcut olan veriler, ülkedeki birçok aktif faydan sadece birkaçında tarihsel depremsellik ve yetersiz kısıtlanmış hata oranlarını içermektedir. Tehlikenin büyük bir kısmı yeni bir tarihi deprem listesinden kaynaklanmaktadır: 1964'ten günümüze, büyüklüğü yaklaşık 4,5 veya daha büyük ve derinliği 0 ila 250 kilometre arasındadır. Ayrıca model dört spesifik hata içerir: kayma oranı 10 mm / yıl olan Chaman hatası, kayma oranı 10 mm / yıl olan Chaman hatası, atanan kayma oranı 7 mm / yıl olan Darvaz hatası ve atanan kayma oranı 2 mm / yıl olan Hari Rud hatası. Bu faylar ve derinliği 50 km'den az olan sığ depremsellik için, batı Kuzey Amerika, Avrupa ve Orta Doğu'nun tektonik olarak aktif bölgelerinden yayınlanmış yer hareketi tahminlerini içermektedir. Daha derin depremsellik için yer hareketi tahminleri, batma civarlarındaki verilerden elde edilir. Batman'ın (dalmanın) 50- 250 km derinlikteki orta derinlik depremselliği için ana tektonik süreç olduğu tektonik bölgeler için türetilmiş tahminleri uygular.



Şekil 2.11: Afganistan'ın Metindeki Tartışılan Başlıca Hataları ve Konumları Gösteren Tektonik Ortamı

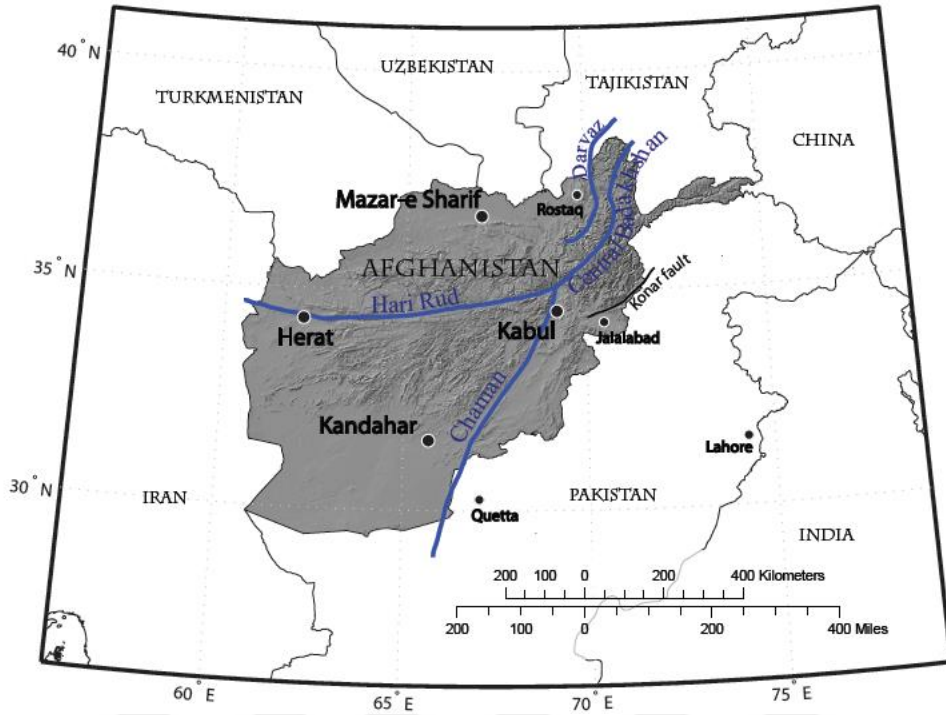


Şekil 2.12: Afganistan Deprem Bölgeleri Haritası

Bu sınırlamalar çerçevesinde, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki modern bina kodlarının sismik bileşenlerini destekleyen analiz türü olan Afganistan'ın ön olasılıklı deprem tehlikesi değerlendirmesi geliştirildi. Değerlendirme tahmin edilen en yüksek yer ivmesi (PGA), 0,2 saniyelik spektral ivme (Sİ) ve 1,0 saniyelik Sİ'nin yaklaşık 500 yıllık (50 yılda yüzde 10 olasılığa eşit) tekrarlanma periyotları ve 2500 yıllık haritaları içerir (50 yıl içinde yüzde 2 olasılıkla).

2.4.1 Afganistan'da deprem tehlikesi

Belirli bir saha için tehlike hesaplaması, modellenen her depremin büyüklüğünü, oranını ve yerini dikkate alır, depremden sahaya mesafeyi hesaplar, bu büyüklük ve mesafe için öngörülen yer hareketini ve belirtilen hareket seviyelerinin aşıldığı hızları hesaplamak için değişkenliğini kullanır. Bu oranlar, verilen saha için tehlike eğrisini, aşma oranı ve yer hareketi arasındaki fonksiyonel ilişkiyi elde etmek için tüm kaynaklar üzerinden toplanır. Tasarım için kabul edilebilir bir tehlike seviyesi seçilir (örneğin, genellikle bir mühendislik kararı olan 50 yıl içinde yüzde 2 veya yüzde 10 aşma olasılığı) ve karşılık gelen yer hareketi seviyesi tehlike eğrisinden hesaplanır. Birçok sahadan (Afganistan çalışma alanı için ~ 35.000) yer hareketi değerleri saha yerlerine çizilir ve sismik bir tehlike haritası oluşturmak için konturlenir (dış hatları çizilir).



Şekil 2.13: Modellenmiş Fay Kaynaklarının Yerlerini Gösteren Harita (Koyu Mavi Çizgiler) [29]

City	Lat.	Long.	2%			10%		
			Probability of exceedance in 50 years					
			PGA (%g)	0.2 sec	1.0 sec	PGA	0.2 sec	1.0 sec
Kabul	34.53	69.17	48	113	53	25	57	22
Mazar-e Sharif	36.70	67.10	33	78	22	16	37	11
Herat	34.35	62.18	28	62	24	7	15	4
Kandahar	31.61	65.69	13	30	16	7	16	8

Şekil 2.14: Seçilen Şehirler için Olasılıksal Yer Hareketleri [26]

(Batı Afganistan'ın Fay kaynakları ve üç düzeltilmiş-depremsellik alt kümesi için 50 yılda yüzde 2 ve yüzde 10 oranında aşma olasılığı için 0,2 saniye Sİ ve 1 saniye Sİ Batı Afganistan'ın doğuya göre düşük sismik tehlikesi vardır.) Doğu Afganistan'ın büyük kısmı boyunca ve özellikle kuzeydoğuda, faylar ve geçmiş depremselliği tehlikeye katkıda bulunur. Pakistan sınırı boyunca güneye doğru, 50 km'den daha derin depremselliğinin katkısı kaybolur, ancak sığ depremsellik önemli olmaya devam etmektedir.

Afganistan'daki büyük şehirlerden Kabil, büyük olasılıkla hızlı hareket eden Chaman fayına yakınlığı nedeniyle açık ara en büyük sismik tehlikeye sahiptir. 50 yıl içinde yüzde 2 için yüzde 50 g tahmin edilen PGA değeri, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki dağ arası batıdaki sismik olarak aktif bölgelerle karşılaştırılabilir. Kabil'in kuzeydoğusu, modellenen faylar ve yüksek geçmiş depremsellik oranları,

Kaliforniya'nın bazı sismik olarak aktif bölgelerinde bulunanlara yaklaşan tehlike değerleri vermek için birleşir. Mezar-ı Şerif'teki tehlike Kabil'deki tehlikenin yaklaşık yarısına sahiptir, çünkü büyük ölçüde yoğun depremsellik kaynaklarından uzaklaştırılmıştır. Herat, Hari Rud fayının yakınında yer alır. Bu hatanın düşük kayma oranı nedeniyle, büyük depremler nadirdir, bu nedenle Herat düşük tekrarlanma periyotları için nispeten daha yüksek bir tehlikeye sahiptir (örneğin, 50 yıl içinde yüzde 2'lik aşılma şansı), ancak kısa tekrarlanma periyotları için daha düşük tehlikeye (örneğin, 10 -50 yılda aşılma şansı) sahiptir. Herat, Afganistan'da etkili depremselliğe dayanan analizimizin tarihsel listeden beklenebilecekleri hafife alabileceği tek yerdir. Güneydoğu Afganistan'da bulunan Kandahar, kuzeydoğuda gerçekleşen kıtasal yakınlaşmanın çoğundan daha uzaktır. Dahası, Kandahar Chaman fayından çok uzakta bulunur ve sismik tehlikesini daha da azdır. Ancak, Kabil ve Kandahar arasındaki ulaşım ve yaşam çizgisi altyapısı, altyapının Chaman fayı boyunca inşa edilmesi veya kesişmesi durumunda önemli risk altındadır. Herat'tan Kabil'e uzanan altyapı nispeten düşük risk altındadır, çünkü Hari Rud fayının kayma oranı, Chaman'dan 5 kat daha düşük bir etkendir.

2.4.2 Kullanım tanıtımı

Yapılar veya yapıların bölümleri, aşağıda listelenen gruplardan birinde veya daha fazlasında kullanılma açısından sınıflandırılır. Farklı amaçlar için farklı zamanlarda işgal edilmesi amaçlanan bir oda veya alan, odanın veya mekânın kullanılacağı amaçların her biri için geçerli olan tüm gerekliliklere uygun olacaktır. Birden fazla kişi veya kullanıma sahip yapılar, Bölüm 508 IBC'ye uygun olacaktır. Bu yönetmelikte özel olarak öngörülmemiş bir amaç için bir yapı önerildiğinde bu yapı, yangın güvenliği ve ilgili tehlikeye göre oturma (doluluk) oranının en çok benzediği grupta sınıflandırılır.

- Toplantı Grupları (A-1, A-2, A-3, A-4 ve A-5)
- İş Grupları (B)
- Eğitim Grubu (E)
- Fabrika ve Endüstriyel Gruplar (F-1 ve F-2)
- Yüksek Tehlike Grupları (H-1, H-2, H-3, H-4 ve H-5)
- Kurumsal Gruplar (1-1, 1-2, 1-3 ve 1-4)
- Ticaret Grubu (M)

- Konut Grupları (R-1, R-2, R-3 ve R-4)
- Depolama Grupları S-1 ve S-2
- Kamu Hizmeti ve Karışık (Grup U)

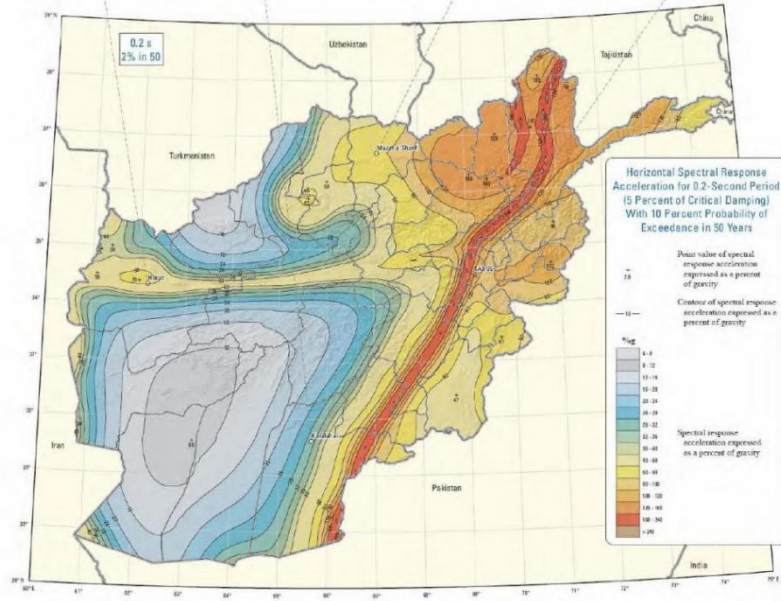
2.4.3 Deprem tasarım verileri

Binanın yanal kuvvete dayanıklı sisteminin tasarımını sismik yüklerin yönetip yönetmediğine bakılmaksızın, sismik yüklerle ilgili aşağıdaki bilgiler gösterilecektir:

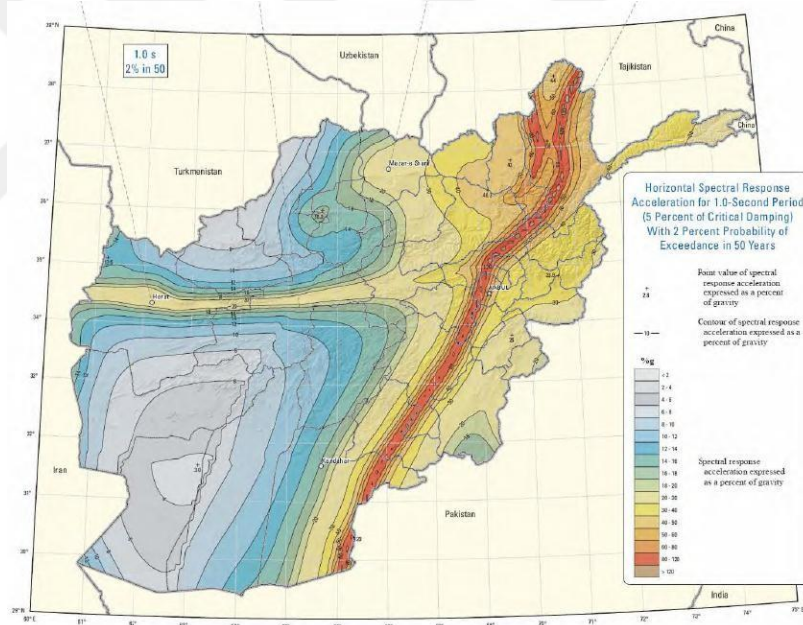
- Bina Önemi Katsayısı, I ve Kullanım Sınıfı.
- Harita spektral ivme katsayıları, SS and S1.
- Zemin sınıfı.
- Tasarım Spektral İvme Katsayıları, SDS and SD1.
- Deprem Tasarım Sınıfı.
- Basit deprem kuvvetlerine dayanıklı sistem (s).
- Tasarım temel kesmesi.
- Deprem spektral ivme katsayısı (s), CS.
- Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (s), R.
- Kullanılan analiz yöntemi.

2.4.4. Risklerin sınıflandırılması

Binalar ve diğer yapılar, sel, rüzgâr, kar, deprem ve buz önlemleri uygulama amaçları için ASC'ye göre, insan yaşamı, sağlığı ve kullanımının doğası gereği hasar veya çökme riskine göre sınıflandırılacaktır. Her bina veya diğer yapı, uygulanabilir en yüksek risk kategorisine veya kategorilerine atanacaktır. Yapılar için minimum tasarım yükleri, bu standardın diğer bölümlerinin gerektirdiği şekilde ASC'de verilen geçerli önem faktörlerini içerecektir. Bir binanın veya başka bir yapının, değerlendirilen yük durumunun türüne (örneğin; kar veya deprem) bağlı olarak birden çok risk kategorisine atanmasına izin verilecektir. Bina yönetmeliği veya diğer referanslı standart bir Kullanılma Sınıfı belirttiğinde, Risk Sınıfı burada belirtilen Kullanılma Sınıfından daha düşük olarak alınmayacaktır.



Şekil 2.15: 50 Yılda Aşma Olasılığı Yüzde 2 ile 0,2 Saniyelik Periyot için Yatay Spektral İvme (Kritik Sönümlenmenin Yüzde 5'i) [30]



Şekil 2.16: 50 Yılda Aşma Olasılığı Yüzde 2 ile 1.0 Saniyelik Periyot için Yatay Spektral İvme (Kritik Sönümlenmenin Yüzde 5'i) [30]

2.4.5 Risklerin sınıflandırılması

S1 ve Ss parametreleri, Şekil 2.15 ve 2.16'da gösterilen 0.2 ve 1 saniyelik spektral tepki ivmelerinden belirlenecektir. S1'in 0.04'ten küçük veya eşit olduğu ve Ss'nin 0.15'ten küçük veya eşit olduğu durumlarda, yapının Deprem Tasarım Sınıfı A'ya atanmasına izin verilir.

2.4.6 Risklerin sınıflandırılması

Zemin sınıfı özelliklerine bağlı olarak zemin, ASC'deki çizelgelere göre zemin sınıfı A, B, C, D, E veya F olarak sınıflandırılacaktır. Zemin özellikleri; zemin sınıfını belirlemek için yeterli bilgiye sahip olunmadığında, bina yetkilisi veya jeoteknik veriler zemin sınıfı E veya F, zeminin sahada mevcut olma olasılığını belirlemediği sürece zemin sınıf D kullanılacaktır.

2.4.7 Deprem tasarım sınıfının belirlenmesi

1 saniyelik periyotta harita spektral ivme katsayısı S_1 'in 0.75'ten büyük veya eşit olduğu yerlerde bulunan Kullanım Sınıfı I, II veya III olarak sınıflandırılan yapılar, Deprem Tasarım Sınıfı E'ye atanacaktır. 1 saniyelik periyotta harita spektral ivme katsayısı S_1 'in 0.75'ten büyük veya eşit olduğu yerlerde bulunan Kullanım Sınıfı IV olarak sınıflandırılan yapılar, Deprem Tasarım Sınıfı F'ye atanacaktır. Diğer tüm yapılar, ASC'ye veya bu bölümün zemine özel prosedürlerine uygun olarak belirlenen, kullanım sınıflarına ve tasarım spektral ivme katsayılarına, SDS ve SD_1 'e dayalı olarak bir deprem tasarım sınıflarına atanacaktır. Her bina ve yapı, yapının temel titreşim periyoduna bakılmaksızın, ASC'deki çizelgelere göre daha şiddetli deprem tasarım sınıfına atanacaktır, T.

2.4.8 Yapısal sistem seçimi

Basit yanal ve dikey deprem kuvvetine dayanıklı sistem, ASC'de belirtilen tiplerden birine veya ASC'de izin verildiği gibi bir sistem birleşimine uygun olacaktır. Her tür, yatay deprem kuvvetlerine direnmek için kullanılan düşey eleman türlerine göre alt bölümlere ayrılmıştır. Kullanılan taşıyıcı sistem, ASC'de bulunan yapısal sistem sınırlamalarına ve yapısal yükseklik, hn sınırlarına uygun olacaktır. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R, dayanım fazlalığı katsayısı Ω_0 ve dönme artırma çarpanı C_d .

3. BETONARME YAPILARIN ANALİZ VE TASARIM ESASLARI

3.1 Giriş

Betonarme (BA) çok yönlü bir kompozittir ve modern inşaatla en yaygın kullanılan malzemelerden biridir. Beton, basınç altında güçlü ancak gerilmeye daha az olan nispeten gevrek bir malzemedir. Yalın, donatısız beton; titreşimlerin, rüzgar yükünün vb. neden olduğu gerilmelere dayanma konusunda nispeten zayıf olduğu için birçok yapı için uygun değildir.

Genel dayanımı arttırmak için çelik çubuklar, teller, ağlar veya kablolar betona donmadan önce gömülebilir. Genellikle inşaat demiri olarak bilinen bu takviye, çekme kuvvetlerine direnir. Birlikte güçlü bir bağ oluşturarak, iki malzeme, etkili bir şekilde tek bir yapısal eleman olarak hareket ederek uygulanan çeşitli kuvvetlere direnebilir.

Beton, Roma döneminden beri yapı malzemesi olarak kullanılırken, demir şeklindeki takviye kullanımı ancak 1850'lerde Fransız sanayici François Coignet tarafından tanıtıldı ve Alman inşaat mühendisi G.A. Wayss, 1880'lere kadar çeliği takviye olarak kullandı.

Betonarme, prekast veya yerinde dökme beton olabilir ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılır; döşeme, duvar, kiriş, kolon, temel ve çerçeve yapımı gibi. Takviye, genellikle kirişlerin alt kısmı gibi, betonun gerilmeye maruz kalması muhtemel alanlarına yerleştirilir. Yapısal kararsızlığa yol açabilecek dökülme ve korozyona direnmek için çelik takviyenin hem üstünde hem de altında minimum 50 mm'lik bir örtü olması olağandır.

Ayrıca, esas olarak çatlamayı kontrol etmenin bir yolu olarak kullanılabilen birkaç çelik olmayan donatı türü de vardır. Elyaf takviyeli beton, malzeme boyunca eşit olarak dağılmış kısa ayrılmış elyaf içeren bir beton karışımıdır. Lifler cam, polipropilen, sentetik ve doğal malzemelerden ve ayrıca çelikten yapılabilir.

Öngerilmeli beton, önceden belirlenmiş mühendislik gerilmelerinin, yüklemeye maruz kaldıklarında oluşan gerilmelere karşı koymak için beton elemanlara

yerleştirilmesine izin verir. Sıradan betonarme betonda, gerilmeler çelik donatı tarafından taşınırken, öngerilmeli beton tüm yapı elemanı boyunca indüklenen gerilmelerle yükü destekler.

Bu, onu sıradan betona göre şok ve titreşime karşı daha dirençli hale getirir ve eşdeğer yükleri desteklemek için çok daha küçük kesit alanlı uzun, ince yapılar oluşturabilir. Ön gerilme, ön-gerdirme veya sonradan-gerdirme ile elde edilebilir.

Betonarme son derece dayanıklıdır ve çok az bakım gerektirir. İyi bir termal kütleye sahiptir ve doğası gereği yangına dayanıklıdır. İnşaat demiri genellikle % 100 geri dönüştürülmüş parçalardan yapılır ve yıkım aşamasında beton ve inşaat demiri, çeliğin geri dönüştürülebilmesi için ayrılabilir.

Bununla birlikte, betonun çıkarılması, üretimi ve nakliyesinden kaynaklanan nispeten yüksek somutlaşmış bir enerjisi vardır. Geri Dönüşümlü Kıırma Agregası (Recycled Crushed Aggregate), Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufu (Ground Granulated Blast-Furnace Slag) ve Öğütülmüş Yakıt Külü (Pulverised Fuel Ash) gibi atık malzemeler beton karışımına dahil edilebilir, ancak nem içeriği ve malzeme değişkenliği gibi sorunlar geri dönüşümünü sürdürülemez hale getirebilir.

3.2 Tasarım Kodları ve Şartnameler

Betonarme elemanların tasarımında ve analizinde iyi bilinmeyen bir problemle karşılaşılır: "İki malzemeden oluşan elemanların mekaniği." Bu sorunu daha da karmaşık hale getirmek için, malzemelerden biri (beton) gerilmede basınçtan farklı davranır ve bu sorunu daha da karmaşık hale getirmek için, malzemelerden biri (beton) gerilmede basınçtan farklı davranır.

Beton elemanların davranışlarının bazı tuhaf yönleriyle karşılaşacak olsak da, aşağıdaki üç temel fikri uygulayabilirsek, çoğu sorun için genellikle bir çözüme yakın olacağız:

- Bölümlerin deformasyon geometrisi, verilen yükleme türleri altında tutarlı olacaktır; başka bir deyişle moment, her zaman gerilmenin tarafsız ekseninden uzaklıkla doğrusal olarak değişmesine neden olur, vb.
- Malzemelerin mekaniği, basınçları gerilmelerle ilişkilendirmemize izin verecek.

- Bölümler dengede olacak: dış momentler iç moment tarafından karşılanacak; dış eksenel yük, iç eksenel kuvvetlerin toplamına eşit olacaktır. (Birçok yeni mühendis, modern yapısal analiz hesaplama prosedürlerinin hızından ve görünen doğruluğundan aşırı derecede etkilendi, denge ve ayrıntılar hakkında daha az düşünüyor.)

Betonarme elemanların ve yapıların tasarımı, analizinden ayrı ancak yakından ilgili bir sorundur. Kesin konuşmak gerekirse, somut bir yapıyı tam olarak analiz etmek neredeyse imkansızdır ve tam olarak tasarlamak fazla zor değildir. Neyse ki kolay olmasa da, betonarme tasarımını oldukça basit hale getiren birkaç temel varsayımda bulunabiliriz.

Betonarme yapıların tasarımına özgü bir sorun, her bir elemanın baştan sona detaylandırılması gerektiğidir. Genel olarak çelik yapılar, yalnızca ayrıntılı bağlantı tasarımını gerektirir. Beton yapılar için, sadece her bir elemanda gerekli olan uzunlamasına ve yanal donatı alanını değil, aynı zamanda kabul edilebilir yapısal performansı sağlamak için donatıları en iyi şekilde düzenleme ve bağlama yolunu da belirlemeliyiz.

Genel amaç, betonarme yapılar tasarlayabilmektir:

- Güvenli
- Ekonomik
- Verimli

Betonarme, mühendislik yapılarında kullanılan temel yapı malzemelerinden biridir çünkü:

- Düşük maliyetli
- Hava koşullarına ve yangına dayanıklılık
- İyi basınç dayanımı
- Şekillendirilebilme

Tüm bu kriterler betonu; binalar, barajlar, rezervuarlar, tanklar vb. gibi çok çeşitli yapısal uygulamalar için çekici bir malzeme haline getirir.

Binalar, yapısal güvenlik, yangın güvenliği, sıhhi tesisat, havalandırma ve fiziksel engellilere erişilebilirlik gibi şeylerle ilgili gereklilikleri içeren yasal bir belge olan bina yönetmeliği hükümlerine göre tasarlanmalı ve inşa edilmelidir. Bir bina

yönetmeliği kanun hükmüne sahiptir ve bir şehir, ilçe veya bazı büyük metropol alanları için birleştirici idare gibi bir devlet kurumu tarafından yönetilir. Bina yönetmelikleri tasarım prosedürlerini içermez, ancak yerine getirilmesi gereken tasarım gereksinimlerini ve kısıtlamalarını belirtir. Yapı mühendisi için özellikle önemli olan, binalar için minimum hareketli yüklerin yönergesidir. Mühendisin gerçek yükleme koşullarını araştırması ve gerçekçi değerler belirlemeye çalışması teşvik edilirken, yapı belirtilen bu minimum yükleri destekleyebilmelidir.

Bazı ülkeler kendi bina yönetmeliklerini yazsalar da, birçok belediye bir “model” bina benimseyebilir ve özel ihtiyaçlarına uyacak şekilde değiştirebilir. Model yönetmelikleri, çeşitli kar amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından, bir devlet birimi tarafından kolayca benimsenen bir biçimde yazılır. Daha popüler olanlar arasında BOCA Ulusal Yapı Kodu, Tek Tıp Yapı Kodu, Standart Yapı Kodu ve Uluslararası Yapı Kodu bulunmaktadır. Yapı koduna benzer şekilde ilgili bir belge ASCE 7, Binalar Ve Diğer Yapılar İçin Minimum Tasarım Yükleri'dir. Bu standardın, bir bina kodu tarafından benimsenmeye uygun bir formatta yük gereksinimlerini sağlaması amaçlanmıştır.

3.3 Tasarım Esasları

İki tasarım felsefesi uzun süredir yaygındır. Çalışma yükündeki koşullara (yani yapı kullanıldığında) odaklanan emniyet gerilmesi yöntemi, 1900'lerin başından 1960'ların başına kadar kullanılan temel yöntemdi. Birkaç istisna dışında günümüzde, göçmenin içsel olabileceği çalışma yüklerinden daha büyük yüklerdeki koşullara odaklanan Dayanım Tasarımı Yöntemi kullanılmaktadır. Dayanım Tasarım Yöntemi, yapısal güvenliği sağlamak için kavramsal olarak daha gerçekçi kabul edilir.

1971'den beri ACI Kodu, nihai anlamda “dayanım” ile bütünüyle bir dayanıklılık kodu olmuştur. Beton boyutları ve donatıları seçilir, böylece eleman dayanımı, çalışma sırasında gerçekte meydana gelmesi beklenen yüklerin önemli ölçüde üzerinde, belirli varsayımsal aşırı yük aşamalarından kaynaklanan kuvvetlere direnmek için yeterli olacaktır. Tasarım kavramı "dayanım tasarımı" olarak bilinir. Dayanım tasarımına bağlı olarak, bir elemanın nominal dayanımı, malzemenin elastik olmayan davranışına göre hesaplanmalıdır. Başka bir deyişle hem takviye çeliği hem de beton, en yüksek dayanım durumunda elastik olmayan bir şekilde davranır. Dayanım Tasarım Yöntemi şu şekilde ifade edilebilir,

$$\text{Dayanım sağlama} \geq \text{Değişken yükleri taşımak için gereken dayanım}$$

moment dayanımı gibi "sağlanan dayanım", bir bina yönetmeliği tarafından öngörülen davranış kuralları ve varsayımlarına göre hesaplandığında, "gereken dayanım" değişken yükler kullanılarak yapısal bir analiz gerçekleştirilerek elde edilir.

Tasarım prosedürü kabaca aşağıdaki gibidir:

- Göçme yüklerini elde etmek için çalışma yüklerini yük katsayısı ile çarpın.
- Bu yükler altında göçmeye direnmek için gereken enine kesit özelliklerini belirleyin. (Bu özelliklere sahip bir elemanın yeterli dayanıma sahip olduğu ve değişken yüklere maruz kaldığında göçmenin eşiğinde olacağı söylenir.)
- Bu özelliklere sahip elemanları orantılı hale getirin.

Yük katsayıları yüklere uygulanır ve değişken yüklere dayanacak yeterli dayanıma sahip bir eleman seçilir. Ek olarak, bir direnç katsayısının uygulanmasıyla elemanın teorik dayanımı azaltılır. Eleman seçiminde yerine getirilmesi gereken kriter;

$$\text{Değişken Dayanım} \geq \text{Değişken Yük}$$

Bu ifadede değişken yük, aslında elemanın dayanacağı tüm çalışma yüklerinin toplamıdır ve her biri kendi yük katsayılarıyla çarpılır. Örneğin, ölü yükler, hareketli yükler için olanlardan farklı yük katsayılarına sahip olacaktır. Değişken dayanım, teorik dayanımın dayanım azaltma katsayısı ile çarpımıdır.

$$\text{Nominal Dayanım} \times \text{Dayanım Azaltma Katsayısı} \geq \text{Yük} \times \text{Yük Katsayıları}$$

Değişken yük, mevcut çalışma yüklerinden daha büyük bir çökme yükü olduğundan, yük faktörleri genellikle birleşimden daha büyüktür. Diğer yandan, azaltma faktörlü dayanım, kullanılabilir bir dayanımdır ve direnç katsayısı genellikle birleşimden daha azdır. Değişken yükler, yapıyı veya elemanı sınırına getiren yüklerdir.

3.4 ACI 318

Afganistan'da kullanılan betonarme yapılar yönetmeliği ACI 318 dir.

"Yapısal Beton için Bina Yönetmeliği Gereklilikleri" ("Building Code Requirements for Structural Concrete"), yapısal beton binaların ve uygulanabildiği durumlarda, yapısal olmayan binaların malzemeleri, tasarımı ve detaylandırılması için minimum

gereksinimleri sağlar. Bu yönetmelik, yerinde dökme, prekast, düz, öngerilmemiş, öngerilmeli ve kompozit yapı dahil olmak üzere yapısal sistemleri, elemanları ve bağlantıları ele alır. Kapsadığı konular arasında şunlar vardır: dayanıklılık, hizmete elverişlilik ve dayanım için tasarım ve yapım, yük kombinasyonları, yük katsayıları ve mukavemet azaltma faktörleri, yapısal analiz yöntemleri, dönme sınırları, betona mekanik ve yapışkan ankraj, takviyenin geliştirilmesi ve birleştirilmesi, inşaat belgesi bilgileri, alan incelemesi ve testi, mevcut yapıların gücünü değerlendirme yöntemleri. "Betonarme İnce Kabuklar İçin Bina Yönetmeliği Gereklilikleri" (ACI 318.2) bu yönetmeliğe referans olarak kabul edilmiştir. Yönetmelik kullanıcısı, ACI 318-14'ün önceki basımlardan büyük ölçüde yeniden düzenlendiğini ve yeniden biçimlendirildiğini görecektir. Bu yeniden düzenlemenin temel hedefleri, yapısal sistemler veya birbirinden ayrı elemanlar için tüm tasarım ve detaylandırma gereksinimlerini bu birbirinden ayrı konulara ayrılmış bölümlerde sunmak ve bölümleri genel olarak tasarım ve yapım sürecini ve kronolojisini takip edecek şekilde düzenlemektir. Elemanların tasarımında ortak olan bilgi ve prosedürler, hizmet bölümlerinde yer almaktadır.

İnşaatta kullanılan malzemelerin kalitesi ve testi, uygun ASTM standart şartnamelerine referansla kapsamaktadır. Donatı kaynağı, uygun Amerikan Kaynakçılık Derneği (AWS) standardına referansla kapsamaktadır. Yönetmeliğin kullanımları, genel bir bina yönetmeliğinde referans olarak benimsenmeyi içerir ve önceki baskılar bu şekilde yaygın olarak kullanılmıştır. Yönetmelik, dilini değiştirmeden bu tür atıflara izin veren bir formatta yazılmıştır. Bu nedenle, yönetmelik hükümlerinin gerekliliklerinin veya amacının gerçekleştirilmesine yönelik arka plan ayrıntıları veya önerileri, yönetmeliğin kendisine dahil edilmez. Açıklamalarda bu ihtiyacı karşılamak amaçlanmıştır. Komitenin yönetmeliği geliştirirken göz önünde bulundurduğu bazı hususlar, yeni veya revize edilmiş hükümlerin açıklamalarına vurgu yapılarak açıklama içerisinde tartışılmaktadır. Kuralların hazırlanmasında atıfta bulunulan araştırma verilerinin çoğu, bireysel soruları daha ayrıntılı olarak incelemek isteyen kullanıcılar için belirtilmiştir. Kuralların gerekliliklerini yerine getirmek için öneriler sağlayan diğer belgeler de belirtilmiştir. ACI 318-11'den ACI 318-14'e teknik değişiklikler, Concrete International'ın Mayıs 2014 sayısında özetlenmiştir. Yönetmeliğin nasıl yeniden düzenlendiğini gösteren dönüşüm anahtarları, ACI internet sitesinde 318 kaynak

sayfasında, Beton Konuları altında şart koşulmuştur. Bu belgede açıklanan malzemeler, süreçler, kalite kontrol önlemleri ve denetimler, yalnızca uygun ACI Sertifikasına veya eşdeğerine sahip kişiler tarafından uygulanabilir olduğu şekilde test edilmeli, izlenmeli veya gerçekleştirilmelidir. ACI 318-14, Yapısal Beton için Bina Yönetmeliği Gereklilikleri ve ACI 318R-14, açıklama da yan yana sütun formatında sunulmuştur. Bunlar, yönetmelik metni sol sütuna yerleştirilmiş ve karşılık gelen Açıklama metni sağ sütuna hizalanmış iki ayrı ancak koordine edilmiş belgelerdir. Açıklama bölüm numaralarının önünde, onları yönetmelik bölüm numaralarından daha fazla ayırt etmek için bir "R" bulunur.

3.5 TS 500

“Eski adıyla "Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları" yeni adıyla "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları" isimli TS 500 standardı son olarak Şubat 2000 tarihinde yeniden düzenlenerek yürürlüğe konulmuştur. Aralık 1972 tarihinde hazırlanıp uygulamaya konulan bu standart ilk kez Mart 1982, ikinci kez Nisan 1984 ve son olarak da Şubat 2000 tarihinde olmak üzere üç kez düzeltilerek yeniden basılmıştır. Özellikle Mart 1982 tarihindeki düzeltilmesinde standart neredeyse yeni baştan yazılarak çok önemli ilavelerle yeniden basılmıştır. Nisan 1984 düzenlemesinde ise ilk düzeltimde eksik kalan ufak tefek düzenlemeler yapılmıştır. En son yapılan Şubat 2000 düzenlemesinde ise özellikle beton ile ilgili bölümlerde önemli sayılabilecek değişiklikler yapılmıştır.” [31]

“TS 500'ün 2000 baskısındaki en önemli değişiklik beton karışım hesaplarında temel alınan hedef dayanım hesaplamasına yönelik standart sapma ve karakteristik dayanım kavramlarının belirtildiği bölümün çıkartılması ve kabul kriterlerinin değiştirilmesidir. Bu değişikliklerin son yıllarda yaşanan deprem felaketi sonrasında denk düşmesi önemli bir rastlantıdır. Ülkemizde inşa edilen yapıların taşıyıcı sistemlerinin çok büyük bir bölümünün betonarme olması ve Türkiye topraklarının % 95' inin deprem kuşağında yer alması gibi gerçekler TS 500 standardını oldukça önemli hale getirdiğinden standarttaki her durum ve her değişiklik teknik olarak yapı kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu yazıda ilgi alanımız gereği TS 500 beton açısından incelenerek, değerlendirilmiştir.” [31]

“Türkiye’de inşa edilen yapıların çok büyük bir bölümünde taşıyıcı sistemin betonarme olması, ülkemiz topraklarının % 95’inin deprem kuşağında yer alması, yapı denetimi yetkisindeki belirsizlik ve yapı kalitesinin yetersiz olması gibi nedenler dikkate alındığında TS 500 gibi rehber niteliğinde olması gereken standartların önemi daha çok anlaşılır. Betonarme olarak yapılacak yapıyı meydana getiren beton, donatı ve bu iki temel bileşeni oluşturan malzemeler ve bunların birleşimi ile ortaya çıkan kompozitle ilgili bu standarda verilen her ayrıntı yapı kalitesini doğrudan etkiler. Bu nedenle TS 500 gibi standartlarda her husus en ayrıntısına kadar açıkça belirtilmelidir. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım kuralları olarak adlandırılan TS 500’ün, kendi konumuz gereği incelediğimiz betonla ilgili bölümlerinin yukarıdaki tanıma uyduğunu söyleyemeyiz. TS 500’ün betonun nitelik denetimi ve kabulü konusundaki yaklaşımları ve getirdiği kriterler 1984 yılındaki eski baskısına göre ve gerekse de dünyada eşdeğeri olarak tanımlanan Avrupa Standardı EN 1992 ve ABD’de uygulanan ACI 318 koşullarına göre oldukça eksiktir. Özellikle beton karışım hesaplarında temel alınan hedef (amaç) dayanım hesaplamasına yönelik standart sapma ve karakteristik dayanımın belirlenmesi bölümlerinin çıkartılması başlı başına bir talihsizliktir. Betonda dayanıklılık konusunun eksik bırakılması da halen yaşanan bazı dayanıklılık sorunlarının devamını da beraberinde getirecektir. Bu nedenle yapılan ya da yapılacak olan beton ve betonarme yapılarında bazı sorunlar yaşanmadan yukarıda eleştirdiğimiz bölümlerin gözden geçirilerek TS 500’ün tadilatından geçirilmesinde fayda vardır.” [31]

3.6 Perde Duvarlar

Perde duvar, düzlem içi yanal kuvvetlere, tipik olarak rüzgar ve sismik yüklere direnmek üzere tasarlanmış bir sismik kuvvete dirençli sistemin dikey bir elemanıdır. Perde duvar, duvarın düzlemine paralel yüke direnir. Çekme direnci elemanları olarak da bilinen toplayıcılar, diyafram kaymasını perde duvarlarına ve sismik kuvvete dirençli sistemin diğer dikey elemanlarına aktarır. Perde duvarlar tipik olarak hafif çerçeveli ve dik paneller, betonarme duvarlar, güçlendirilmiş kagir duvarlar veya çelik plakalar içeren ahşap duvarlardır.

Bu nedenle perde duvarın amacı, rüzgar, deprem veya bazen hidrostatik veya yanal toprak basıncı nedeniyle yapıya uygulanan yanal yüklere karşı koyabilmektir. Bu tür yükler, rüzgarın hareket yönü veya depremin titreşimleri boyunca hareket etme eğilimindedir ve iki yönden biri boyunca binaya yanal olarak etki ederler.

3.6.1 Perde duvarların göçme yöntemleri

Bu tür yükler, hareket yönleriyle aynı düzlemde perde duvarına aşağıdakileri teşvik eder:

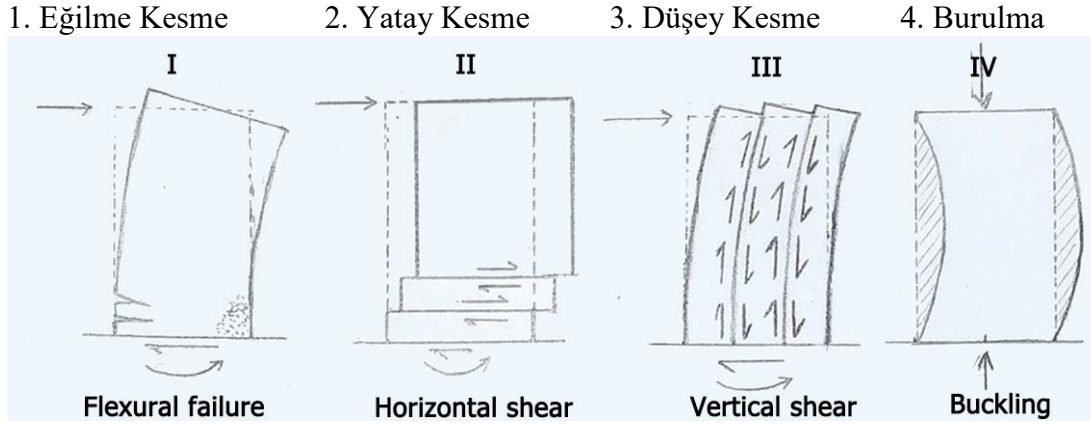
- Kesme düzlemi.
- Eğilme.

Perde duvarlar, esas olarak iki şeyin etkisine direnmeyi amaçlayan yapısal öğelerdir, bunlar; düzlemsel kaymada ve kaymadan gelen moment nedeniyle düzlemsel eğilme eyleminde. Bunlara ek olarak, yapısal bir eleman olarak perde duvar, dikey yönde düzlemsel kaymaya (yatay yönde kaymanın doğrudan bir sonucu olarak) ve üstten gelen ölü yüklerin burkulma etkisine karşı direnç gösterme eğilimindedir. Buna göre, bir perde duvar bu dört yöntemden birinde başarısız olabilir. Yöntemler:

- Eğilme kayma çökmesi
- Enine kayma çökmesi
- Düşey kayma çökmesi
- Burulma

Bu kuvvetlere direnmek için, bir perde duvar tasarlanmış ve inşa edilmiştir:

- Enine düzlemde büyük kesme direnci
- Düşey düzlemde büyük kesme direnci
- Eğilme yönünde büyük eğilme mukavemeti
- Üstten gelen ölü yükler nedeniyle burulmaya direnmek için burulma mukavemeti



Şekil 3.1: Perde Duvar Çökme Modları

3.6.2 Perde duvar yapımında kullanılan malzemeler ve kullanılan çerçeve tipi

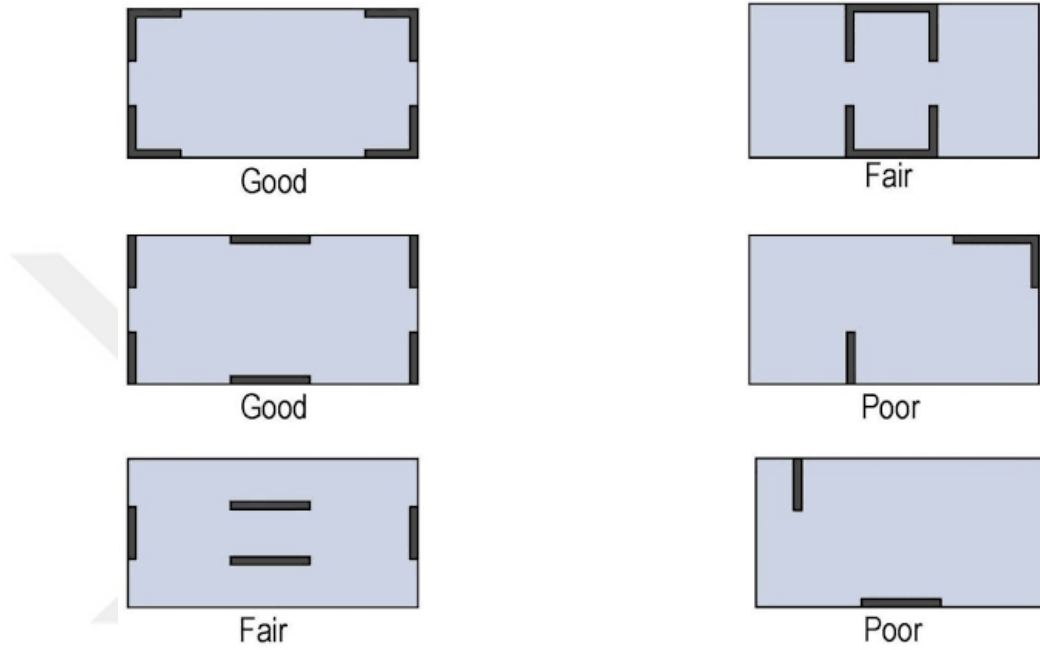
Yukarıdaki gereklilikler göz önünde bulundurularak, bir perde duvar genellikle yapısal çelikten veya betonarme duvardan yapılmış çaprazlı bir moment dirençli çerçeve olarak tasarlanır. Kontrplak veya kagir yapı kullanılarak da yapılabilir.

3.6.3 Perde duvarların yerleştirilmesi ve tasarım şekilleri

Bir perde duvar aşağıdaki düzenlemelere ve tasarım şekillerine sahip olabilir:

- Bir binanın etrafına dış çevresi boyunca bir perde duvar inşa edilebilir. Bu tür düzenlemeler daha basittir ve yapıya iyi bir mukavemet ve rijitlik sağlar.
- Ek olarak, bir binanın etrafında bir kılıf görevi gören sürekli perde duvarın yerine, perde duvarlar, hem çekirdeği hem de çevresi içinde bina boyunca uygun şekilde kademelendirilebilir.
- Binanın çekirdeğine, yanal kuvvetlerden kaynaklanan kesme ve eğilme yükünü almak için dikdörtgen veya kare şeklinde bir yapı olarak inşa edilen bir perde duvar, binaya yanal yönde büyük bir mukavemet ve sertlik sağlar. Bu tür düzenlemeler, kesme çekirdekleri olarak bilinir. Bu çekirdekler asansörleri, merdivenleri veya tuvaletleri barındırmak için kullanılabilir.
- Birden fazla tekrarlayan tasarım bölmesine sahip olan bir pansiyon veya yatakhane tarzı yapı, birçok bölme gerektirir ve daha zayıf yönler boyunca yanal kuvvetlere karşı koymak için bunların içine yerleştirilmiş perde duvarlar kullanabilir.

- Binadan perde duvara yükler genellikle diyafram olarak bilinen yapısal bir bileşen yoluyla aktarılır. Bunlar perde duvarla baştan başa bağlantıları olan rijit yatay yapılardır. Yük aktarma mekanizması olarak hareket etmenin yanı sıra, binanın tabanı / tavanı olarak da ikiye ayrılırlar.
- Bunların dışında perde duvarların yerleştirilmesi için birçok alternatif düzenleme mümkündür.



Şekil 3.2: Perde Duvarların Yerleştirilmesi

3.6.4 Nasıl tasarlanır?

3.6.4.1 ACI 318-14 ve Afganistan Yönetmeliği'nde perde duvar tasarımı

ACI 318-14'te "BÖLÜM 11 - DUVARLAR" Bu bölüm genel olarak düşey ve yanal kuvvete dirençli elemanlar olarak duvarlar için geçerlidir.

- **Yük dağılımı:** Bir analizde aksi belirtilmedikçe, her bir yoğun yüke dayanmak için etkili olduğu düşünülen duvarın yatay uzunluğu, yükler arasındaki merkezden merkeze mesafenin daha azını ve taşıma genişliği artı duvar kalınlığının dört katını aşmayacaktır. Taşıma için etkili yatay uzunluk, tasarım derzler boyunca kuvvet aktarımını sağlamazsa, düşey duvar birleşimlerinin ötesine geçmemelidir.

- Minimum duvar kalınlığı: Minimum duvar kalınlıkları 10 cm'den büyük ve desteksiz uzunluk ve desteklenmeyen yüksekliğin 1 / 25'i daha az olacaktır.
- Modelleme: Duvar, orta yükseklikte meydana gelen maksimum momentler ve sapmalarla, düzlem dışı yanal düzgün yayılı yüke maruz basit destekli, eksenel yüklü bir eleman olarak analiz edilecektir.

Afganistan Yönetmeliği'nde çok sayıda perde duvar türü vardır:

- Ayrıntılı düz kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeleri ihmal eden yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir kagir perde duvar.
- Ortada öngerilmeli kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 2106.1'e göre tasarlanmış bir öngerilmeli kagir perde duvar.
- Arada donatılı yığma perde duvar: Donatıdaki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir kagir perde duvar.
- Normal düz kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeleri ihmal eden yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir kagir perde duvar.
- Normal düz öngerilmeli kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir öngerilmeli kagir perde duvar.
- Normal donatılı kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir kagir perde duvar.
- Özel öngerilmeli kagir perde duvar: Takviyedeki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanmak üzere tasarlanmış ve sadece harç ile doldurulmuş, yanal olarak tutturulmuş öngerme çeliklerinin kullanılması dışında Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir öngerilmeli kagir perde duvar.
- Özel donatılı kagir perde duvar: Donatıdaki gerilmeler dikkate alınarak yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış ve Bölüm 706.1'e göre tasarlanmış bir kagir perde duvar.
- Sismik Kuvvet Dirençli Sistemler için Tasarım Katsayıları ve Faktörleri:

Çizelge 3.1: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı

Sismik Kuvvetlere Dayanıklı Sistem	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı, Ω
Sadece özel betonarme perde duvarlar	5	2.5
Sadece sıradan betonarme perde duvarlar	4	2.5
Beton Çerçeve + Özel betonarme perde duvarlar	6	2.5
Beton Çerçeve + Sıradan betonarme perde duvarlar	5	2.5

- Yük kombinasyonları:

1.4D

1.2D + 1.6L + 0.5Lr

1.2D + 1.0L + 1.6Lr

1.2D + 1.6(0.75 PL) + 0.5Lr

1.2D + 1.6L + 0.5S

1.2D + 1.0L + 1.6S

0.9D ± 1.0W

1.2D + 1.0L + 0.5Lr ± 1.0W

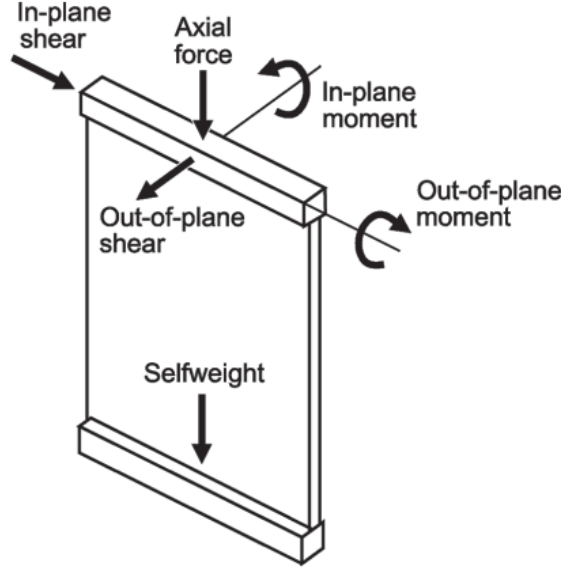
1.2D + 1.6Lr ± 0.5W

1.2D + 1.6S ± 0.5W

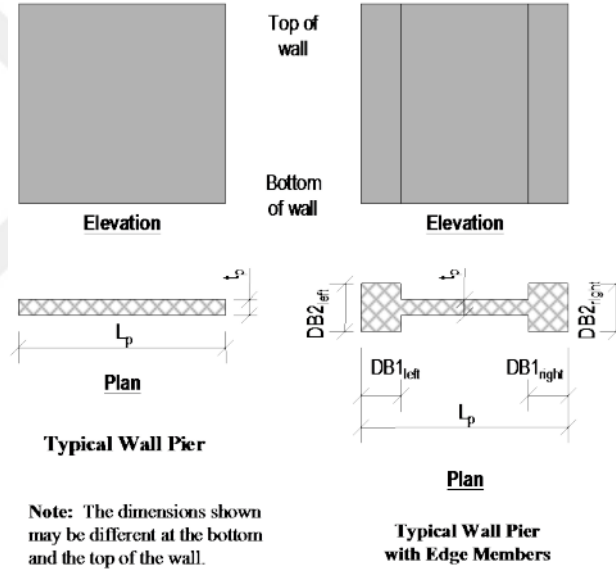
1.2D + 1.0L + 0.5S ± 1.0W

0.9D ± 1.0E

1.2D + 1.0L + 0.2S ± 1.0E



Şekil 3.3: Düzlem içi ve Düzlem Dışı Kuvvetler



Şekil 3.4: Basitleştirilmiş Tasarım için Kullanılan Tipik Duvar Ayağı Boyutları

Önceki denklemlerde,

D = Model için tanımlanan tüm ölü yük durumlarının toplamı.

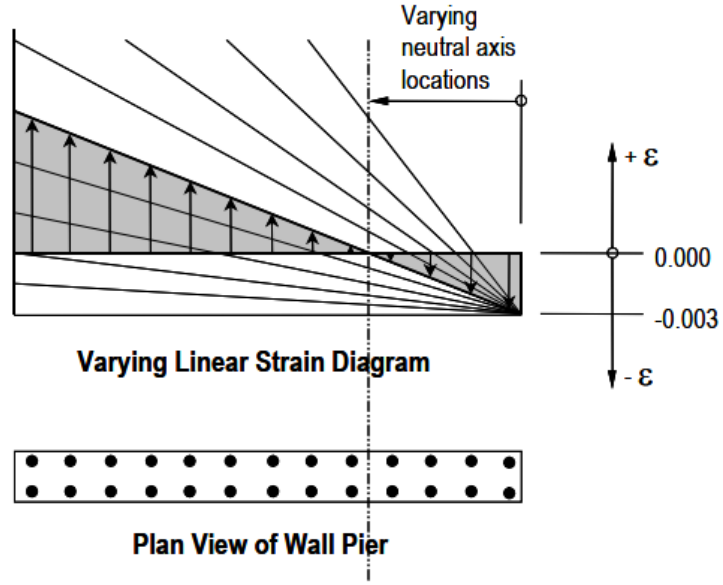
L = Model için tanımlanan tüm hareketli yük durumlarının toplamı.

L_r = Model için tanımlanan tüm çatı hareketli yük durumlarının toplamı.

S = Model için tanımlanan tüm kar yükü durumlarının toplamı.

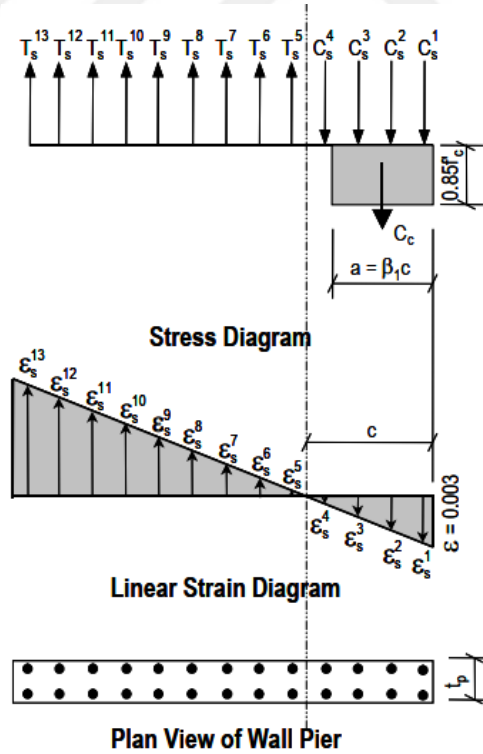
W = Model için tanımlanan herhangi bir tek rüzgar yükü durumu.

E = Model için tanımlanan herhangi bir tek deprem yükü durumu.



Şekil 3.5: Değişen Doğrusal Birim Şekil Değiştirme Düzlemleri

Şekil 3.6'da donatı çeliğindeki maksimum şekil değiştirme değeri varsayılmıştır. Daha sonra, diğer tüm donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme, varsayılan doğrusal birim şekil değiştirme düzlemine göre belirlenir. Daha sonra donatı çeliğindeki birim şekil değiştirmeler hesaplanır.



Şekil 3.6: Duvar Ayağı Gerilme - Şekil Değiştirme İlişkisi

3.6.4.2 TS 500 ve TBDY 2018'de perde duvar tasarımı

Perde duvarları, yüksek binalarda yatay yükleri emniyete almak için etkili bir şekilde kullanılır. Perdeler, bağ kirişleriyle birbirine bağlanan çerçeveler veya bağcıklarla birlikte bulunur. Perdelerin konumu ve geometrisi genellikle binanın mimari performansına bağlı olarak tasarımda temsil edilmektedir. Bu nedenle davranışları ve analizleri farklıdır.

Yüksek binalarda ayrıca mukavemet açısından ve yatay deplasmanın azaltılması açısından perdeler tercih edilmektedir. Büyük depremlerde perdeler, depremlerin dinamik etkilerine plastik bozulma ile direnir. Düzenli hassas perdeler, taşıyıcı sistemin tamamen çökmesini önler ve yapısal olmayan hasarın azaltılmasında etkilidir.

Beton bir sütun görevi gören bağımsız bir perde. Perde tipi, yan burkulma riskini vurgulasa da, çok katlı binadaki zemin, perdede yeterli yanıl sertlik yaratarak küresel olarak bu tehlikeye harcayacaktır. Flector anı ve depremin etkisiyle duvarlara etki eden kesme kuvveti, düşey yüklerin doğal kuvvetlerini zorluyor. Taban duvarlarındaki en gerilim bölümü, Flector anı ve doğal kuvvetlerin etkileşimi dikkate alınarak tasarlanmıştır. Böyle bir projede perde gövdenin güçlendirilmesi hesaba katıldığında ekonomik sonuçlar doğurabilir. Perdenin yatay yükleri karşılayabilmesi için, zemin kat bağlantısı ve etkilerin zeminden zemine aktarımı için yeterli bir taban düzenlemesinin sağlanması önemlidir.

Genelde çok geniş segmentin etkileri cüce perdelerde görülmez. Bu nedenle yapıcı çevresel iyileştirmelerin yanı sıra dikey ve yatay iyileştirmeler vücuda eşit olarak dağıtılır. Yükseklik ve orta yükseklikteki duvarların temelini oluşturan önemli belirleme nedeniyle, duvarın sonundaki alanlara takviye yapılarak enerji tükenme ve bükülme momenti artırılabilir. Bu şekilde, takviye fleksiyonundan kaynaklanan baskı kuvvetinin belirli bir kısmına da katılmış olursunuz. Normal Momentary Kuvvetin büyük ikiye katlayarak uyguladığı temel seviyesindeki bölme duvarda esnekliği artırmak için bir takvim kullanmak ve bölme duvarının uygun ucuna dikkat etmek önemlidir. Bu amaçla duvarın ucunun enine vurgulanması sütunlar halinde düzenlenmiştir. Kol demirinin dikey bükülmesini önlemek için son enine donatı alanı da gereklidir. Çünkü dengelenmiş bir durumda ayırma duvarındaki düşey yüklerden oluşan normal kuvvet, normal kuvvetten daha az olduğundan, tasarım depreminin etkisine ek olarak, etkin olandan sapmanın tespiti nedeniyle, çoğu zaman sünek

kuvvetin tükettiği akış için bölme duvarındaki çekiş. Ancak normal kuvvet büyükse, gerilme mukavemeti tarafındaki takviye zarar verecek duruma ulaşmaz ve durumu sabit tuttuğu sünek kuvvet, tükenme meydana gelir. Bu pozisyon, duvar bölümündeki ortalama doğal basıncın azaltılmasıyla engellenir.

Perdelerin sternum etkisi altında 3'ten fazla perde uzunluğuna kadar yükselen perdelerin davranışlarının semptomlara benzer görüldüğü görüldü. Normal basınçların göğüs direncine olumlu katkısı nedeniyle, perde üzerindeki merkezi basıncın doğal kuvveti, göğüs kafesinin mukavemeti üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ancak böyle bir katkı düşünüldüğünde, dikey levhanın basınç sıkıştırılabilirliğinin, tekrarlanan depremlerin etkisiyle iki yönde eğimli çatlaklara sahip olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle göğüs kafesinden aşağıya doğru basınçla takviye ile yüzleşmek uygundur. Sternum yorgunluğu uzun sürmediği için kaçınılmalıdır. Bu amaçla gövde üzerine yerleştirilecek katın gücünün düşey ve yatay olarak sağlamlaştırılması, donatının sertleşmesine özen gösterilmesi için hesaplanan kesitin eğilme dayanımından daha büyük kalması ve bunun olmamasını sağlamak gerekir. bükme kuvveti tükenmeden kapasitesine ulaşır. Plastik perde cetvelinin enine kesiti plastik olduktan sonra perde kesme gücünde değişiklik olacağı dikkate alınır.

Karşılaştırılan iki kolon için daha büyük sertlik sapması nedeniyle, büyük kesitlerin yatay yüklerinin ve bükülme momentlerinin büyük bir kısmını karşılarlar. Öte yandan kolon ve perde etrafındaki açıklıkların birbirinden önemli ölçüde farklı olmaması, kolon ve perde üzerindeki doğal kuvvetlerin birbirine yakın olmasına neden olur. Sonuç olarak, depremin etkisi altındaki omurga bölümlerinde hem normal mukavemet hem de bükülme etkili olurken, Flector momenti esas olarak göğüs kemiğini etkiler. Bu pozisyon aynı zamanda sütun ve perde temellerine de yansımıştır. Nispeten düşük normalden dolayı, perde temellerini zeminde gerilme gerilmesi oluştuğunda meydana gelmeyecek şekilde düzenlemek mümkün olmayabilir. Kanopiyi donatı yapısına daha sonra eklerseniz, bu çok daha belirgin hale gelir, çünkü perdenin doğal mukavemeti sadece daha sonra gelen bir sürü animasyondan oluşacaktır. Temeli perdeye yakın sütunlarla tanımlamak bir çözüm olabilir. Bu şekilde, depolama sahası duvarına bitişik kolonlar için doğal kuvvetlerden yararlanarak, eksantrikliği düzenli bir düzeye indiriyorsunuz. Ayrıca gölgelikte meydana gelen depremin momentinin düşürülmesi, duvar bölümünün

küçültülmesi ve kolon bölümlerinin genişletilmesi de bazı durumlarda gölgelik tabanının sıralanmasında ortaya çıkan zorlukların üstesinden gelmek için çözümün bir parçası olabilir.

Perdenin tamamen kaymasını önlemek için ortopedik bir cihazın enine kesite eşit olarak dağıtılması önerilir. Sterol savaşında genel olarak dönme tabanı etkili olacağından, bu durumda depremin enerji sarfiyatı perde ve perde tarafından daha sorunsuz sorgulanabilir. Depremin etkisiyle yüksek binalarda bulunan perdelerin bir kısmının çalışma setinden çıktığı görüldü. Statik yük altında uzun süreli davranış gösteren çalışan eklemlerde, tekrarlanan yük altında sternum ve sternuma direnç azaltılabilir. Enine kesitte takviye akışı yoluyla enerji tüketimi olursa, onarımı zor olan hasar olacaktır, bu nedenle eklem hareketindeki kayma, istenmeyen enerji tüketiminin bir şeklidir. Sternumdan güç aktarımına en önemli katkı, toplam blokla birlikte çalışma eklemine gerçekleşir. Bu nedenle detaylı çalışmadan korktuktan sonra beton dökmek ve temizlemek önemlidir. Sternum duvarın bir bölümünde bozulduğunda, silahlanma uzatılır. Uzamanın neden olduğu artışın kuvveti, beton yüzeyler arasında dengelenen düşey bir basınç kuvveti oluşturur. Bu sıkıştırma kuvveti, yüzey pürüzlülüğüne bağlı bir sürtünme kuvveti yaratır. Bu kuvveti bir blokaj kompleksi olarak da düşünebilirsiniz, etkinin devam etmesi için pürüzlü yüzeyler arasında temas halinde kalmanız gereken yüzeyleri açmamalısınız. Bu nedenle enine kesitteki dikey iyileşme açılmasını engellemeli ve sürtünme gücünün ortaya çıkmasını sağlamalıdır.

Perde bağlantılı projektör sisteminin sertliğini artırarak yatay yer değiştirmeyi azaltın. Bağlama paketinin sertliğini artırarak, bir bağlama paketindeki bükülme momentini gittikçe artırarak, duvarlar arasındaki etkileşim ne kadar fazla olursa, kanopinin bölümlerinde meydana gelen doğal kuvvetlerle en büyük anı gerçekleştirmek mümkündür. Ancak, bu sürenin azalacağını ve artan rijitlikle birlikte sismik yükleri artırabileceğini unutmamalıyız. Kaynaksız zeminleri kaplarken, kar faktörlerine ek olarak, perdelerin zeminden geçerek etkileşimi de belli bir ölçüde tahmin edilmektedir. Konsol kirişlerin davranışı göz önüne alındığında, lastiklere göre rotordan daha uzak Kurşun perdeler ve üst katlarda Ofset.

Perde sisteminde, destek alanları akış durumuna geldiğinde mukavemet elde edilir. Her iki perde de önce elementlerin gücüyle diğerine akacaktır. Bu durumda bile, mevcut yumuşak tepki ve sismik enerji ciddi hasarı önler. Bu nedenle, güç

tükendiğinde çoğu kitap ciltleme paketinin önce gelmesi en iyisidir. Sonuç olarak, yatay yükün önemli bir kısmı, perdenin destek bölümlerinden enerji tükenmeden ve perdeler büyük bir hasar verilmeden karşılanmaktadır. Aslında üst katlarda duvarlar konsol gibi davrandığı ve güçlü bir deprem olduğu için ilgili pakette perdenin büyük bir dönüşü ve bir an büyük bir eğrilik vardır. Bununla birlikte, eğriliğin etkili olduğu yüksek seviyeli bant genişliğinde, tekrarlanan ve yönlü yük nedeniyle, kesitin iletilmesi ile önemli bir doğruluk kaybı vardır. Bağlantı projektörlerine gelen güçlendirme, kırılma veya hasar akışı tüm taşıma sistemini etkilemez ve onarılabilir. Bu paket çökeceğinden sertlik sapmasını azaltmak ve dolayısıyla etkileri azaltmak mümkündür. Ancak bu durumda gölgelikte oluşacak düşük doğal kuvvetler ile perdeler arasındaki etkileşimi zayıflatır. Aşırı indirgeme durumunda sadece duvarlara tepki vermeyerek yataydan aynı yer değiştirmeyi yaparken, sertlik, sadece bölümlerin bükülmesinde yatay güç katılımında etkili olacaktır.

Bandaj izleri kısa ve yüksekse büyük yayları tutacaklardır. Sonuç olarak parçaların gücü büyük değerler alır. Yükseklikten daha az olan kârı paketlemek için, sıkıştırılabilir çubukların kabulü ve Paket içinde kesişen geleneksel kirişler ve takviye teorisinden uygun şekilde ayrılır. Kirişte perde üzerine kurulacak bu çapraz promosyonun yanı sıra takviye ve yukarıdan ve aşağıdan yapıcı yolcular da bulunuyor.

Perdelerin özelliği, konsol gibi davranmaları ve şirketin en büyük değerini alan Flector anının markayı dramatik bir şekilde değiştirmeden azalmasıdır. Öte yandan, şu anda sütunlarda bir sinyal değişebilir. Eğrinin altındaki perdelerde bölümün sonunda çok fazla baskı var. Bu nedenle duvarın sonundaki alanlar uzunlamasına ve geçici donatı açısından kolon bölümü boyunca oluşturulur ve düzenlenir. Temelle birleşen duvarın en zor kısmı olan ve duvarın toplam yüksekliğinin seçilen alanını temelin tepesinden savaş perdesinin yüksekliği olarak tanımlayan bu noktada daha kapsamlı atlama gereksinimleri vardır. takviyeler. Duvarlarda yeterince uzun davranış sağlamak için perde gövdede sıklıkla düşey ve yatay donatı sağlanmalıdır.

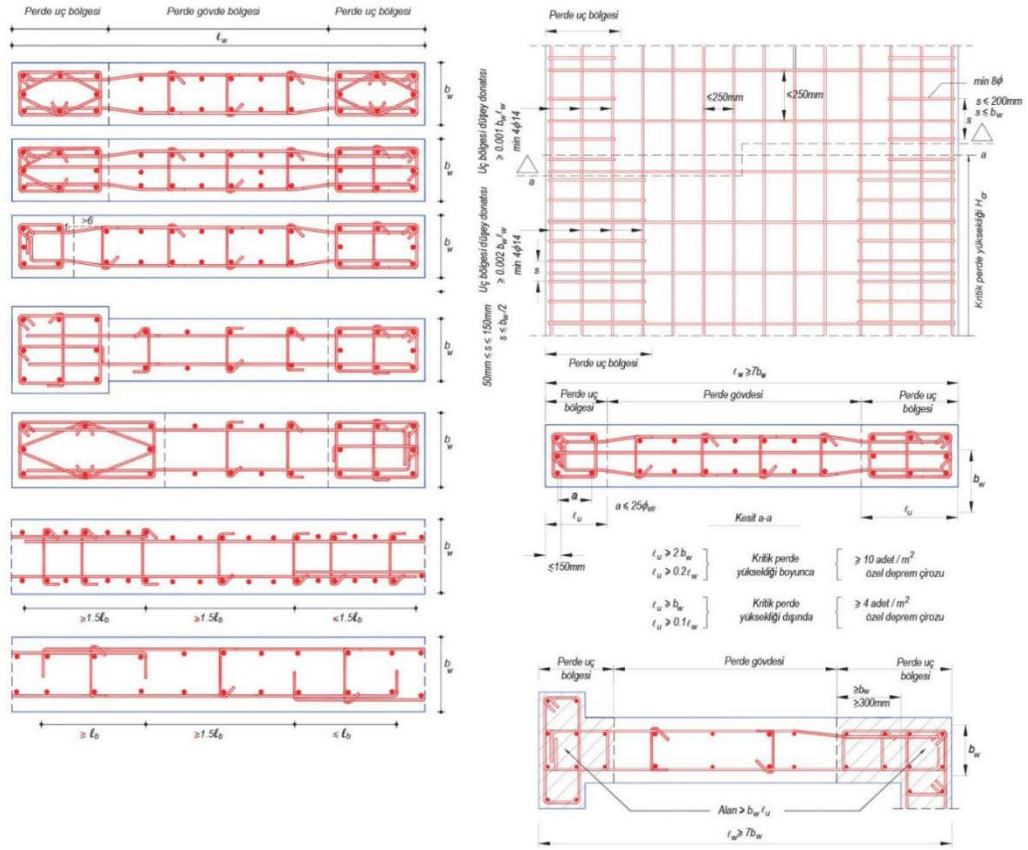
3.6.4.3 TBDY-2018-perde

Perdeler, depremler altında yatay deplasman sınırında orta ve yüksek kotlu yatay yapıların taşıma kapasitesinin belirlenmesinde önemli kabul edilir. Bu nedenle, esnekliği artırmak için, sınırlı da olsa, esnekliği artırmak için G ve Q bir dizi dikey

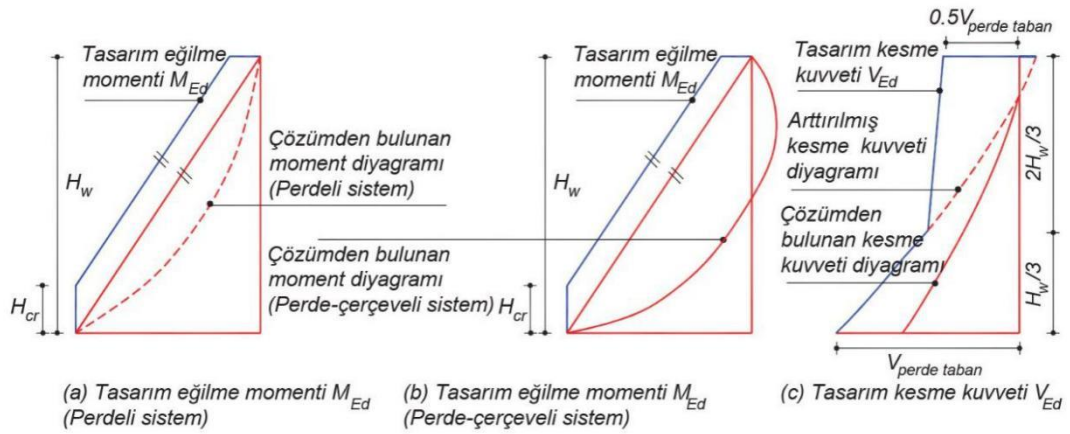
yükün etkisi altında hesaplanan basınç ve eksenel kuvvet, sınırlı da olsa, olduğu gibi. bodrum duvarlarının çevresi, yüksek ve sınırlı bir esnekliğe sahiptir. Duvarlarda $N_{dm} / A_c \leq 0.30 f_{ck}$ ile sınırlıdır. Bu gereksinim, giriş duvarlarındaki (içi boş) içi boş duvar bölümünün tam olarak (perde parçalarının toplamı) dikkate alınmasıyla karşılanacaktır. [25]

Deprem etkisi altında bölme duvardaki basınç değişiminin büyük ölçüde değişmesi, analizde ortalama basıncı düşürmek için dikey yüklerin benimsenmesine yol açmıştır. Perdeler dikdörtgendir, vücut bölgesindeki duvar kalınlığından, yerden yaklaşık 1/16' yükseklikte ve 250 mm'den az olmamalı ve U ve L gibi jaluzilerin kollarının kalınlığından az olmamalı ve yan tarafa sadece bir tarafta ve zeminden yaklaşık 1/16' yüksekliğinde ve 250 mm iken monte edilen T. Yakalama kolunun perdesi her iki ucunda yanlamasına ise, kol ve Kupa kalınlığından zemin yüksekliğinin yaklaşık 1 / 20'sinden, 250 mm ve perde kalınlığından dikdörtgen veya kol perde 1 Düzlemde yanal yönde tutulmayan kanopi veya kanopi kolu uzunluğunun / 30'u. Undan az olmaması bekleniyor. Gövde üzeri perde gövdesi duvarlarında ve perde ucunda donatıların navigatöre teslimini garanti altına almak için donatı üzerinde detaylar verilmiştir.

Şekil 3.8 benzeri TBDY perde tasarım koşulları gibi perde kesitlerinde değerlendirme için esas alınacak eğilme momenti ve kesme kuvvetinin değişimi, sonucunda oluşabilecek değişiklikler dahil olarak tanımlanır. ön koşullardaki plastikler ve bölge kritiktir.



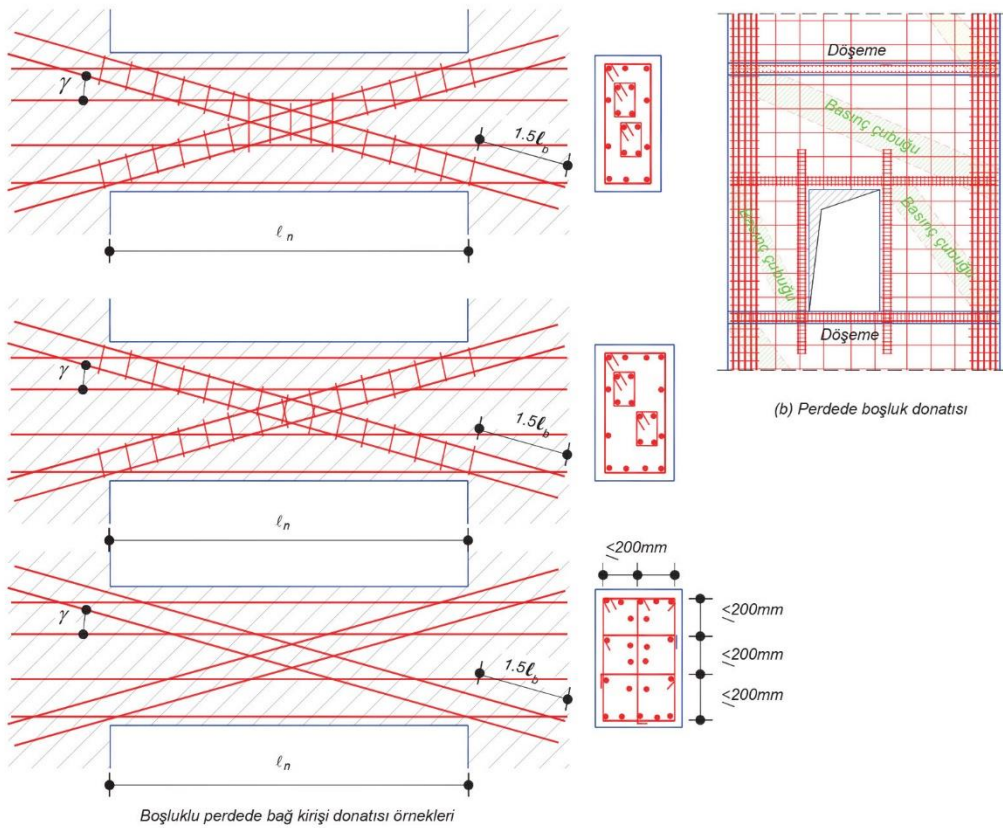
Şekil 3.7: Betonarme Perde Çizim ve Detayları [25]



Şekil 3.8: TBDY Perde Tasarımı Koşulları [25]

Bilindiği gibi $H_w / l_w > 2$ olan duvarlar için hesaplanan kesme dayanımı tasarımı aşağıdaki gibidir: $V_e = \beta_v V_d$ [(Mp) t / (Md) t] Deprem Kodunda (2007). Bu şekilde, yukarı doğru negatif doğrusal olmayan örüntüler hesaba katılır ve kesitteki tork sapmasının kapasitesini artırır. Bununla birlikte, yük taşıyıcı sistemin analizinde mevcut kesme kuvvetinin 1,2 D (açıklıksız duvarlar) veya 1,4 D (GSA kirişinin duvarları) artırılmasıyla elde edilen bir değer olarak kabul edilen kesme dayanımı üst

sınırı. İlgili bölüme iletilen kesme kuvveti dikkate alınarak, TS 500'de belirtilen sürtünme yöntemi ile inşaat yatayı kırdığında düşey duvarların donatılarını kontrol edeceksiniz. Sternumun sürtünmesi hesaplanırken, perdenin tüm yapısının güçlendirilmesinde, f_{ctd} ile tüm nihai alanın ve pürüzlü yüzeyin güçlendirilmesinde betonun katkısı dikkate alınacaktır. $V_e \leq \min [0.2 f_{ck} A_c; \text{ve } (3.3 + 0.08 f_{ck}) A_c]$ zirveye ulaştı. Bu yeni kasa ile bağlantı bölümünde ezilme basıncı bloke edilir. $L_n / h_k \leq 2$ durumunda içi boş duvarların sabitlenmesi belirtileri için özel kurallar gereklidir. Betonarme döşemenin tasarımında bu oranı 3'ten 2'ye düşürmek ve donatıların etkin ile kesiştiği durumu test etmektir.



Şekil 3.9: Bağ Kiriş Detayları [25]

Ayrıca bağlantı faktörlerinde basınç çatlamasını önlemek için katın üst sınırının $V_d \leq 0.85 b_w d \sqrt{f_{ck}}$ 'ye getirilmesini öngörmektedir. Yönetmeliğin bu unsurları (tbdy beton için beton perde tasarım kuralları) büyütme hükümlerinin örneklerini sunmaktadır. Ek olarak, şekil, tarayıcı bağlantısının duvarlar etrafında güçlendirilmesini sağlayacak olan takviye düzenlemesini ve tarayıcının ek takviyesinin ayrıntılarını göstermektedir. Enine artışta kare yapılar ek uzunluk kısaltılabilir. Perdenin kalan kısımlarının perde içindeki sütun veya perde gibi

boşlukların kenarlarında projelendirilmesi beklenir. Bu açıklıkların perde alanına girmemesi ve yatay boyutun perde genişliğinin 0,30 katından az olması beklenmektedir. Perdenin boşluk kenarındaki kısımlarında çalışan kat tasarımının mukavemetini belirleyecek, bu öğeler için hesaplanan kesme kuvvetini 1,4 D artıracak. Perde alanı vurgularının sürekliliği bu bölümde boşluksuz bölümde sağlanacaktır. Duvar boşluğu uzunluğunun üstüne ve altına ilave yatay donatılar yerleştirilir, boşluk bölgesindeki perde gövdesindeki donatı yatay kesitinin toplam alanı için bu alanlardaki ekstra yatay donatının minimum kesit alanı olması beklenir. Sınırlı bir yumuşak seviyeye sahip duvarlar için, artan dayanım katsayısı D ile $V_e = DV_d$ gibi bir tasarım öykü anlatımının mukavemet analizinden elde edilen göğüs kemiği gücünün alınması, sınırlı yumuşak seviyeli duvarlar için de geçerlidir.

Çizelge 3.2: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [32]

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D
Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5
Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dışı döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dışı döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5
Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2
Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2

- Perdeler, şemadaki en az 6 balıktan oluşan uzun bir nervürü olan dikey bir yapı sisteminin elemanlarıdır.
- Bağlantı duvarlarında (boşluklu) A_c ve N_{dm} değerleri hesaplanırken, içi boş duvarın her bir kesiti (perdenin toplam kısmı) dikkate alınacaktır.

$$A_c \geq \frac{N_{dm}}{0.35f_{ck}} \quad (3.1)$$

- Özel durumlar haricinde perde gövde bölgesindeki et kalınlığı taban yüksekliğinin 1 / 16'sından ve 250 mm'den az olmamalıdır.
- Perde kalınlığından az olmamalı veya diyagramda kanopi boyunun yaklaşık 1 / 30'u kadar dikdörtgen kollu perde veya kanopi kolu yan tarafına monte edilmelidir.
- Perde kolu her iki tarafta ve bir perde tutulursa perde kolu yerden en az 1/20 yüksekliğinde ve 250 mm kalınlığında olacaktır.
- Yüksek binalarda (BYS = 1), betonarme perdelerin kalınlığı 300 mm'den az değildir.
- Perde sonu alanları, perdeye bağlanan başka bir perde içinde düzenlenir; her alan perde ucu perde gövdesine en az 300 mm kalınlığında uzatılacaktır. Kesit alanını perdenin sonuna kadar düzenleyecek, böylece perde ve dikdörtgen için belirtilen alandan daha az olmayacaktır.
- Gövde takviyesinin duvar bitimine monte edildiği teyit edilecektir.
- Perde alanının iyileştirilmiş sarımı, kapalı platformlar ve çapraz güçlendirmeden oluşacaktır.
- Ayrıca uçları boylamasına donatıya bağlanan gövdenin yatay donatı duvar bitiminde ambalaj takviyesi olarak kullanılabilir.
- Gövde takviyelerinin duvarın uygun ucuna yatay olarak monte edilmesini sağlamak için yatay veya dikey çalışma kutusu (90 derece kanca) olabilir. Ağın yatay direğinin uçları veya kareleri ile perdenin dış kenarı arasındaki mesafe 150 mm'yi geçmemelidir.
- Perde gövdesi üzerindeki yatay ağı güçlendirmek için üst üste binen derzlerin gerekli olduğu durumlarda, perde gövdesi boyunca geçmeli bindirme bağlantıları yapılacak, rulo uzunluğu 1,5 pounddan az olmayacak ve kancalar Bindirmeli yatay donatı uçlarında 90 derece oluşacaktır.

- Yatay gövde donatılarının uçlarında kancalar kullanmazsanız ve daha sonra bu çubukları boyuna ızgara içinde donatı yapacak şekilde düzenlerseniz, detaylandırılan uzunluk boyunca boylamasına en az altı donatı filesi olacaktır. Çevirin ve 200 mm'lik detaylı dönüşte donatı boyuna ızgara arasındaki yatay mesafe daha büyük olmayacaktır.
- Duvarın sonundaki koşulları güçlendirin:
 - Bariyer yüksekliği boyunca duvarın sonundaki alanların her birinde toplam düşey donatı alanı en az 0,002 olacaktır. Bu süreden bağımsız olarak, bu oran 0.001'den az olmayacaktır.
 - Mühendisliğe geçecek ve son duvar bölgesini kademeli olarak üç kat üzerinde tanıttacak. Ek olarak, boyuna ve son duvarın her bölgesinde 4 u14 donatı miktarını söylemeyeceğim. Boyuna donatı oranı, son duvar bölgelerinde 0,03'ü (dolaşım alanında 0,06) geçmemelidir.

3.7 Sonuç

Binalarda depreme dayanıklı elemanlardan biri de perde duvarlardır. ACI318 Beton Yönetmeliği'ne uygun olan Afganistan Beton Yönetmeliği'ndeki perde duvarlar özel şartlara ve kurallara sahiptir. Öte yandan, Türkiye'deki beton perde duvar tasarımı TS 500 standardı ve TBDY ile tasarlanmalıdır. Bu bölümde, Afganistan ve Türkiye standartlarına göre perde duvarların tasarım kriterleri ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı incelenmiştir. Bir sonraki bölümde, sayısal bir örnek sunularak, sismik yükleme etkisi ve perde duvar üzerindeki etkisi bu iki ülkenin yönetmeliklerine göre incelenecektir.



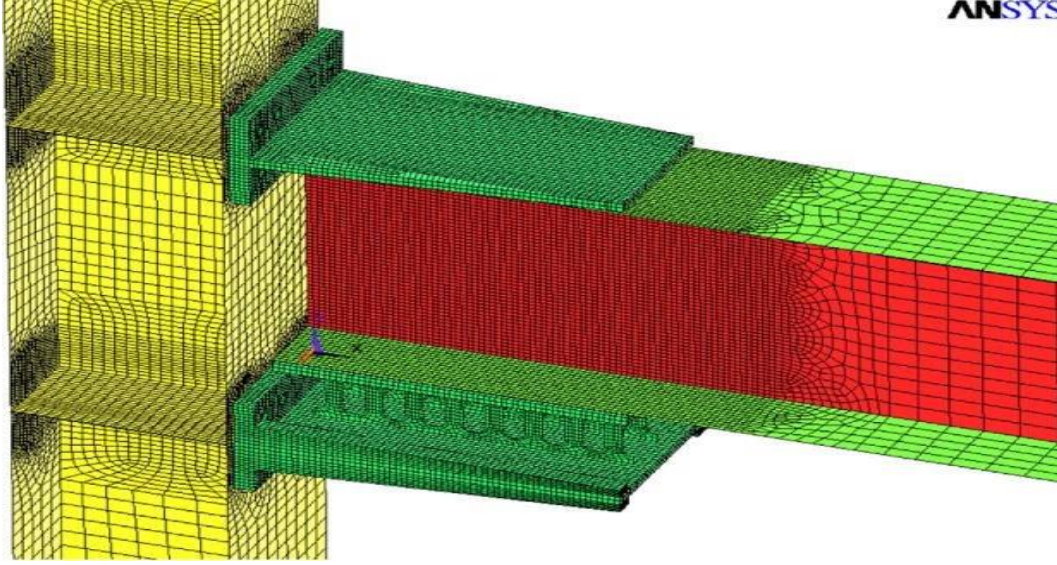
4. SONLU ELEMANLARI YAZILIMINDA MODELLEME MODELLERİ VE GEREKLİ ANALİZLER

4.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi

“Sonlu Elemanlar Analizi (FEA), Sonlu Elemanlar Metodu (FEM) adı verilen sayısal tekniğin kullanıldığı herhangi bir fiziksel olgunun simülasyonudur. Mühendisler, daha iyi ürünler geliştirmek için fiziksel prototip ve deneylerin sayısını azaltmak ve bileşenleri tasarım aşamasında optimize etmek için bu yöntemi kullanırlar.” [35]

“Yapı veya akışkan davranışı, termal taşınım, dalga yayılımı, biyolojik hücrelerin büyümesi, vb. gibi herhangi bir fiziksel olguyu kapsamlı olarak anlamak ve nicelleştirmek için matematiğin kullanılması gereklidir. Bu işlemlerin çoğu Kısmi Diferansiyel Denklemler (PDE’ler) kullanılarak açıklanır. Ancak, bu denklemleri bir bilgisayarın çözmesi için, son birkaç on yıl içinde sayısal teknikler geliştirildi ve günümüzde bunların önde gelenlerinden biri, Sonlu Elemanlar Analizi’dir.” [35]

“Diferansiyel denklemler sadece doğal süreçleri değil, aynı zamanda mühendislik mekaniğinde karşılaşılan fiziksel olayları da tanımlayabilir. Bu kısmi diferansiyel denklemler, bir yapıdaki alakalı nicelikleri (gerilme türü, ısı transferi vb.) hesaplamak ve belirli bir yük altında incelenen bileşenin belirli bir davranışını tahmin etmek için çözülmesi gereken karmaşık denklemlerdir. FEA sadece problemin yaklaşık bir çözümünü verdiğini ve bu kısmi diferansiyel denklemlerin gerçek sonucunu elde etmek için sayısal bir yaklaşım olduğunu bilmek önemlidir. Basitleştirilmiş haliyle, FEA, belirli koşullar altında bir parçanın veya montajın nasıl davrandığını tahmin etmek için kullanılan sayısal bir yöntemdir. Modern simülasyon yazılımları için temel olarak kullanılır ve mühendislerin tasarımlarında zayıf noktaları bulmalarına yardımcı olur. FEA yöntemine dayanan bir simülasyonun sonuçları şekilde gösterildiği gibi, genellikle bir renk skalası ile tasvir edilir.” [35]



Şekil 4.1: Sonlu Elemanlar Analizi

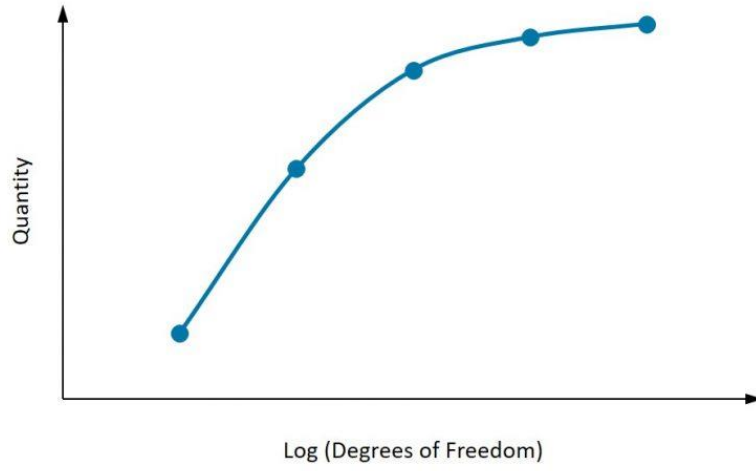
4.1.1 Böl, parçala, fethet

“Simülasyon yapabilmek için, bir araya geldiğinde yapının şeklini oluşturması gereken milyonlarca küçük elementten oluşan bir ağ gerekir. Her bir eleman için hesaplamalar yapılır. Bireysel sonuçları birleştirmek bize yapının nihai sonucunu verir. Bahsettiğimiz yaklaşımlar genellikle polinomdur ve aslında eleman(lar) üzerinden yapılan enterpolasyonlardır. Bu, elemanın içindeki belirli noktadaki değerleri bildiğimiz, ancak her noktayı bilemediğimiz anlamına gelir. Bu “belirli noktalar” düğüm (nodal) noktaları olarak adlandırılır ve genellikle elemanın sınırında bulunur. Değişken ile değişen doğruluk değeri; doğrusal, kuadratik, kübik vb. olabilecek yaklaşım ile ifade edilir.” [36]

4.1.2 Ağ yakınsama

“Doğruluğu etkileyen hesaplamalı mekaniğin en çok gözden kaçan konularından biri, ağ yakınsamadır. Bu, bir analiz sonucunun, ağ boyutunun büyüklüğünü değiştirerek etkilenmemesini sağlamak için elemanların ne kadar küçük olması gerektiğiyle ilgilidir.

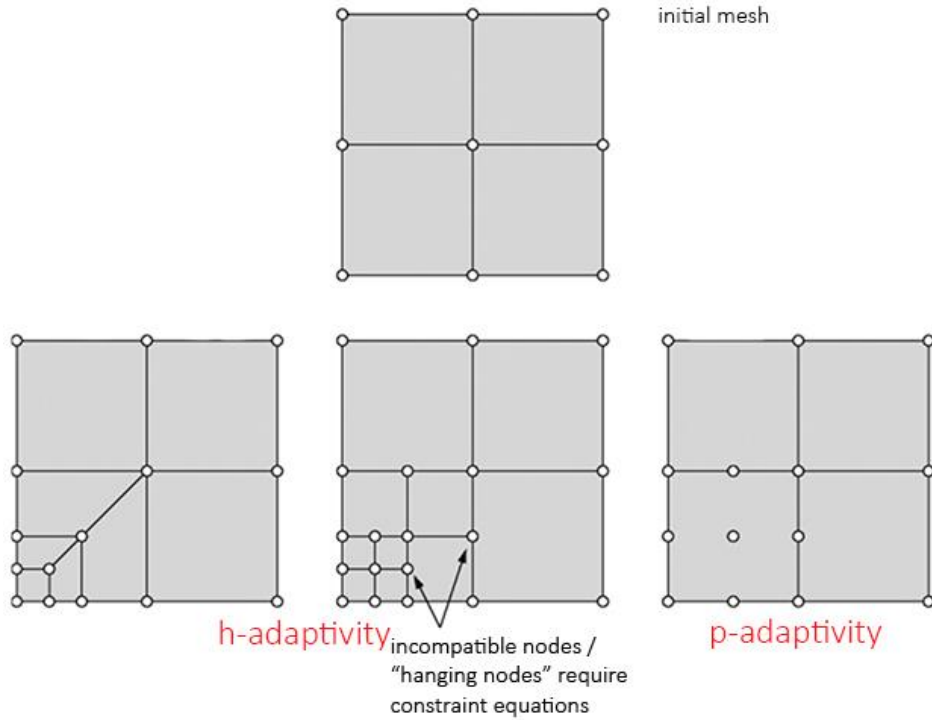
Yandaki şekil, serbestlik derecelerindeki artışla miktarın yakınsamasını göstermektedir. En az üç nokta göz önünde bulundurulmalı ve ağ yoğunluğu arttıkça, yakınsama miktarı belirli bir değere yaklaşmaya başlar. Eğer iki müteakip ağ çözümleme işlemi sonucu önemli ölçüde değiştirmezse, o zaman sonucun yakınsak olduğunu varsayabiliriz.” [36]



Şekil 4.3: Ağ Yakınsama

Aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi iki tür ağ analizi vardır (uyarlanabilir h ve p). Uyarlama h , öğelerin boyutunun küçültülmesi anlamına gelirken, uyarlama p , öğenin daha yüksek bir sıralamasına işaret eder.

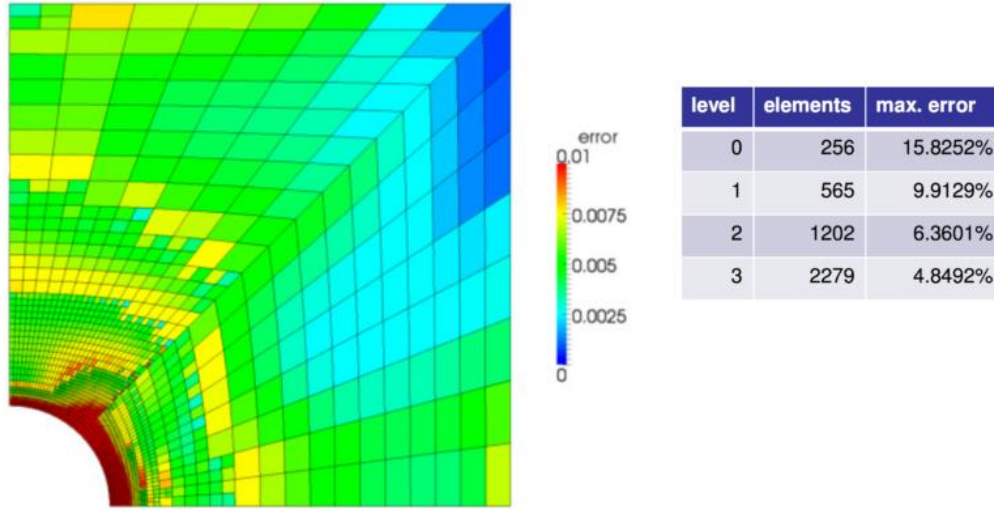
Burada, mühendisliğin etkisi ile ağın yakınsaması arasında, özellikle düz (veya doğrusal) öğeler kullanarak eğimli bir yüzey eklediğinizde, tüm kenarı yakalamak için daha fazla öğe (veya ağ analizi) gerektirmesi önemlidir. [36]



Şekil 4.4: İki Tür Ağ Çözümleme

Ağın analizi, hatalarda önemli bir azalmaya yol açar. Görüldüğü gibi çözülen öğelerin sayısının artmasıyla yani ağ yapısı ne zaman daha ince olursa, daha az hata payı ve Net Sonuç için teklif daha fazla.

Sonuç olarak açıklanan sonlu elemanlar analizi yaklaşımını kullanarak belirlediğimiz makalede belirlediğimiz noktalarda meydana gelecek gerilme türleri, sıcaklık değişimi ve ısı transferi gibi olayların sonuçlarını elde ediyoruz. [24]



Şekil 4.5: Yakınsama Hatası

4.2 Analiz Yöntemleri

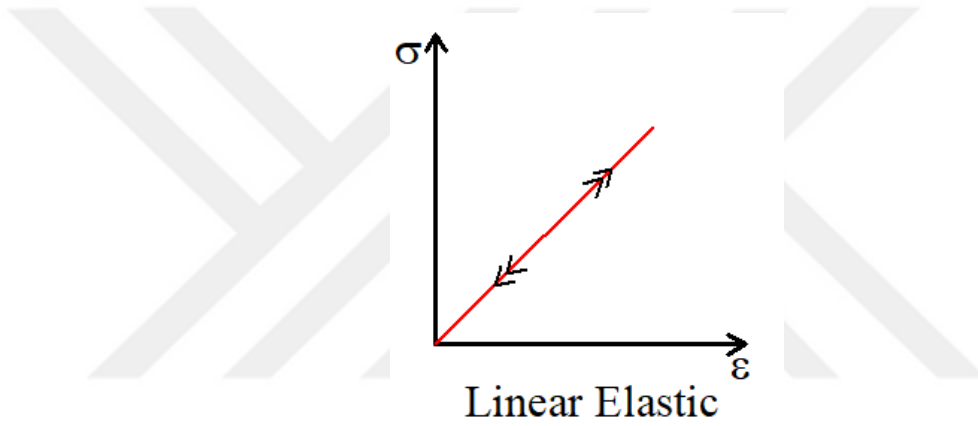
Yapısal analiz, yüklerin fiziksel yapılar ve bileşenleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu tür analizlere tabi yapılar, binalar, köprüler, uçaklar ve gemiler gibi yüklere dayanması gereken her şeyi içerir. Yapısal analiz, bir yapının deformasyonlarını, iç kuvvetlerini, gerilmelerini, destek reaksiyonlarını, ivmelerini ve kararlılığını hesaplamak için uygulamalı mekanik, malzeme bilimi ve uygulamalı matematik alanlarını kullanır. Analizin sonuçları, bir yapının kullanıma uygunluğunu doğrulamak için kullanılır ve genellikle fiziksel testler yapılmaz. Yapısal analiz bu nedenle, yapıların mühendislik tasarımının önemli bir parçasıdır.

Yapısal analiz, yüklerin ve iç kuvvetlerin bir yapı, bina veya nesne üzerindeki etkilerini hesaplama ve belirleme sürecidir. Yapısal Analiz, yapı mühendisleri için yük yollarını ve yüklerin mühendislik tasarımları üzerindeki etkilerini tam olarak anlamalarını sağlamak için özellikle önemlidir. Mühendislerin veya tasarımcıların, dayanması beklenen tahmini yükler altında bir ekipman veya yapının güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamasına olanak tanır. Yapısal Analiz, tasarım, test veya

inşaat sonrası gerçekleştirilebilir ve genellikle kullanılan malzemeleri, yapının geometrisini ve uygulanan yükleri hesaba katar.

4.2.1 Doğrusal statik analiz

Doğrusal statik analiz, uygulanan kuvvetler ve yer değiştirmeler arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu bir analizdir. Bu, gerilmelerin kullanılan malzemenin doğrusal elastik aralığında kaldığı yapısal problemlere uygulanabilir. Doğrusal bir statik analizde, modelin rijitlik matrisi sabittir ve çözme süreci, aynı model üzerindeki doğrusal olmayan bir analize kıyasla nispeten kısadır. Bu nedenle ilk tahmin için, doğrusal statik analiz genellikle tam doğrusal olmayan bir analiz gerçekleştirilmeden önce kullanılır.



Şekil 4.6: Doğrusal Statik Analiz

4.2.2 Doğrusal dinamik analiz

Statik prosedürler, yüksek mod etkileri önemli olmadığında uygundur. Bu genellikle kısa, normal binalar için geçerlidir. Bu nedenle yüksek binalar, burulma düzensizlikleri olan binalar veya ortogonal olmayan sistemler için dinamik bir prosedür gereklidir. Doğrusal dinamik prosedürde bina, doğrusal elastik rijitlik matrisi ve eşdeğer bir viskoz sönümleme rijitliği ile çok serbestlik dereceli (MDOF) bir sistem olarak modellenmiştir.

Sismik veri girişi, modal spektral analiz veya zaman tanım alanında analiz kullanılarak modellenir, ancak her iki durumda da karşılık gelen iç kuvvetler ve yer değiştirmeler doğrusal elastik analiz kullanılarak belirlenir. Doğrusal statik prosedürlere göre bu doğrusal dinamik prosedürlerin avantajı, daha yüksek modların düşünülebilmesidir. Bununla birlikte, doğrusal elastik tepkiye dayalıdır ve bu

nedenle küresel kuvvet azaltma katsayıları ile yaklaşılan doğrusal olmayan davranış artışıyla uygulanabilirlik azalır.

Doğrusal dinamik analizde yapının yer hareketine tepkisi zaman tanım alanında hesaplanır ve bu nedenle tüm aşama bilgileri korunur. Yalnızca doğrusal özellikler varsayılır. Analitik yöntem, analizdeki serbestlik derecelerini azaltmanın bir yolu olarak modal ayrıştırırmayı kullanabilir.

4.2.3 Modal analiz

Yapısal mühendislikte modal analiz, doğal olarak rezonansa gireceği çeşitli dönemleri bulmak için bir yapının toplam kütesini ve sertliğini kullanır. Bir binanın doğal frekansının, binanın inşa edileceği bölgedeki beklenen depremlerin sıklığıyla eşleşmemesi zorunlu olduğundan, bu titreşim periyotlarının deprem mühendisliğinde not edilmesi çok önemlidir. Bir yapının doğal periyodu bir depremin periyoduna uyuyorsa, yapı rezonans üretmeye ve yapısal hasar görmeye devam edebilir. Modal analiz, mühendisin doğal frekansları köprüde yürüyen insanların frekanslarından uzak tutmaya çalışması gereken köprüler gibi yapılarda da önemlidir. Bu mümkün olmayabilir ve bu nedenle, bir grup insan, örneğin bir grup asker bir köprü boyunca yürüyecek olduğunda, tavsiye, muhtemelen önemli uyarı frekanslarından kaçınmak için adımlarını kırmalarıdır. Diğer doğal titreşim periyotları mevcut olabilir ve bir köprünün doğal modlarını harekete geçirebilir. Mühendisler bu tür örneklerden (en azından kısa vadede) öğrenme eğilimindedir ve daha modern asma köprüler, yapının kaldırılmasına izin vermek yerine üst kısmını desteğe karşı aşağı çekmek için aerodinamik terimlerle tasarlanabilen üst kısmın şekli boyunca rüzgarın potansiyel etkisini dikkate alır. Diğer aerodinamik yükleme sorunları, yaklaşan rüzgara yansıtılan yapının alanını en aza indirerek ve örneğin asma köprülerdeki askıların rüzgar kaynaklı salınımlarını azaltarak ele alınır.

Modal analiz genellikle bilgisayarlar tarafından yapılsa da herhangi bir yüksek katlı binanın titreşim periyodunu, toplu kütleli sabit uçlu bir konsol olarak idealleştirme yoluyla elle hesaplamak mümkündür.

4.3 Sayısal Hesaplaması

Bina yapısı, öngörülen deformasyon ve mukavemet talebi sınırları dahilinde tasarım yer hareketlerine dayanmak için yeterli mukavemet, sertlik ve enerji dağıtma kapasitesi sağlayabilen tam yatay ve düşey kuvvete dayanıklı sistemleri içerecektir. Tasarım zemin hareketlerinin, bir bina yapısının herhangi bir yatay yönü boyunca meydana geldiği varsayılacaktır. Yapısal sistemlerin yeterliliği, matematiksel bir modelin oluşturulması ve bu modelin tasarım yer hareketlerinin etkileri açısından değerlendirilmesi ile gösterilecektir. Tasarım sismik kuvvetleri ve bunların bina yapısının yüksekliği üzerindeki dağılımı, uygulanabilir prosedürlerden birine göre belirlenecek ve yapının elemanlarındaki ilgili iç kuvvetler ve deformasyonlar belirlenecektir. Elemanlardaki ilgili iç kuvvetler ve deformasyonlar kabul edilen prosedüre uygun bir model kullanılarak belirlenmedikçe, sismik kuvvetleri ve dağılımlarını oluşturmak için onaylanmış bir alternatif prosedür kullanılmayacaktır.

Önceki bölümlerde verilen açıklamalara göre ve Afganistan ve Türkiye'nin deprem yönetmeliklerinde sayısal farklılıklar olduğu göz önünde bulundurularak bu farklılıklar daha detaylı tartışılmalıdır.

Örneğin, Şekil 4.7- (a) 'da gösterildiği gibi, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde Bina Kullanım Sınıfları üç yapı grubunda ele alınırken, Afganistan Deprem Yönetmeliği'nde bu durum dört grupta ele alınmıştır (Şekil 4.7- (b)).

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Şekil 4.7-(a): TBDY’de Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları [25]

OCCUPANCY CATEGORY	NATURE OF OCCUPANCY
I	Buildings and other structures that represent a low hazard to human life in the event of failure, including but not limited to: • Agricultural facilities. • Certain temporary facilities. • Minor storage facilities.
II	Buildings and other structures except those listed in Occupancy Categories I, III and IV
III	Buildings and other structures that represent a substantial hazard to human life in the event of failure, including but not limited to: • Buildings and other structures whose primary occupancy is public assembly with an occupant load greater than 300. • Buildings and other structures containing elementary school, secondary school or day care facilities with an occupant load greater than 250. • Buildings and other structures containing adult education facilities, such as colleges and universities with an occupant load greater than 500. • Group I-2 occupancies with an occupant load of 50 or more resident patients but not having surgery or emergency treatment facilities. • Group I-3 occupancies. • Any other occupancy with an occupant load greater than 5,000^a. • Power-generating stations, water treatment facilities for potable water, waste water treatment facilities and other public utility facilities not included in Occupancy Category IV. • Buildings and other structures not included in Occupancy Category IV containing sufficient quantities of toxic or explosive substances to be dangerous to the public if released.
IV	Buildings and other structures designated as essential facilities, including but not limited to: • Group I-2 occupancies having surgery or emergency treatment facilities. • Fire, rescue, ambulance and police stations and emergency vehicle garages. • Designated earthquake, hurricane or other emergency shelters. • Designated emergency preparedness, communications and operations centers and other facilities required for emergency response. • Power-generating stations and other public utility facilities required as emergency backup facilities for Occupancy Category IV structures. • Structures containing highly toxic materials as defined by AAC where the quantity of the material exceeds the maximum allowable quantities. • Aviation control towers, air traffic control centers and emergency aircraft hangars. • Buildings and other structures having critical national defense functions. • Water storage facilities and pump structures required to maintain water pressure for fire suppression.

Şekil 4.7-(b): Afganistan Yönetmeliği’nde Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları [30]

Tabii belirtmek gerekir ki Yerel Zemin Sınıfları'nda her iki yönetmelik benzerdir ve çok da farklı değildir.

SITE CLASS	SOIL PROFILE NAME	AVERAGE PROPERTIES IN TOP 30 m., SEE SECTION 311.4.5		
		Soil shear wave velocity, v_s , (m/s)	Standard penetration resistance, N	Soil undrained shear strength, s_u , (kPa)
A	Hard rock	$v_s > 1500$	N/A	N/A
B	Rock	$760 < v_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Very dense soil and soft rock	$365 < v_s \leq 760$	$N > 50$	$s_u \geq 95$
D	Stiff soil profile	$180 \leq v_s \leq 365$	$15 \leq N \leq 50$	$48 \leq s_u \leq 95$
E	Soft soil profile	$v_s < 180$	$N < 15$	$s_u < 48$
E	—	Any profile with more than 10 feet of soil having the following characteristics: 1. Plasticity index $PI > 20$, 2. Moisture content $w \geq 40\%$, and 3. Undrained shear strength $s_u < 24$ kPa		
F	—	Any profile containing soils having one or more of the following characteristics: 1. Soils vulnerable to potential failure or collapse under seismic loading such as liquefiable soils, quick and highly sensitive clays, collapsible weakly cemented soils. 2. Peats and/or highly organic clays ($H > 3$ m. of peat and/or highly organic clay where H = thickness of soil) 3. Very high plasticity clays ($H > 10$ m. with plasticity index $PI > 75$) 4. Very thick soft/medium stiff clays ($H > 40$ m)		

Şekil 4.8-(a): Afganistan Yönetmeliği'nde Yerel Zemin Sınıfları [30]

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$ [m/s]	$(N_{60})_{30}$ [darbe /30 cm]	$(c_u)_{30}$ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	—	—
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	$760 - 1500$	—	—
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	$360 - 760$	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	$180 - 360$	$15 - 50$	$70 - 250$
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killeri, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri.			

Şekil 4.8-(b): TBDY'de Yerel Zemin Sınıfları [25]

4.3.1 Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R , sismik yapı tasarımında ana parametrelerden biridir. Eşdeğer statik analiz, yapıların sismik tepkisini değerlendirme tekniğidir. Bu teknik Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı belirlenerek uygulanabilir. Mevcut yapısal tasarım kodları, depremler sırasında bile tam güvenlik ve sağlamlığa odaklanır. Ancak böyle bir çabayı başarmak imkansızdır. Bununla birlikte, esnek olmayan bir enerji dağıtma sistemi uygulayarak yapısal tasarımda yüksek bir can güvenliği düzeyini ekonomik olarak elde etmek için belirli yapısal ve yapısal olmayan hasarlar incelenebilir. Yapıların tasarlanan yanal dayanımı, sismik kodlara göre elastik aralık içinde tutulmalıdır. Bu nedenle, tasarlanan yanal mukavemet genellikle gerekli yanal mukavemetten daha düşüktür. Bir yapının elastik olmayan menziline korumak, bu yapının yanal harekete maruz kalan tüm yapısal ve yapısal olmayan elemanlarının kalıcı deformasyonlar ve hasarlar olmaksızın ilk durumlarına dönmeleri anlamına gelir. Bu durumu korumak birçok durumda uygulanabilir ve rasyonel olmaktan uzaktır. Aksine, bir deprem olayında elastik sınırın ötesine geçmek, yapısal elemanların esnemesine ve çatlamasına neden olabilir ve bu esnek olmayan eylemler belirli bir dereceye kadar sınırlandırılmadıkça felaket sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, elastik olmayan davranış, eleman boyutlarını azaltarak ve böylece malzemeleri ve inşaat süresini azaltarak genel inşaat maliyetlerini kesinlikle düşürür. Aynı zamanda çalışabilirliği ve yapımı kolaylaştırır.

Uluslararası Yapı Yönetmeliğine göre, elastik olmayan deformasyonların etkisini içeren bir Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), indirgenmiş yapıların sismik kuvvetlerinin tasarımını değerlendirmek ve elastiki dönüştürmek için sapma yükseltme faktörü değerlendirmek yanal yer değiştirmelerin toplam yanal yer değiştirmelere oranı için uygulanmalıdır. IBC'deki R katsayısı ve C_d değerleri, önceki güçlü depremlerdeki farklı yapısal sistemlerin performans gözlemlerine, teknik gerekçeye ve geleneğe dayanmaktadır. R katsayısı, toprak temel sistemi aracılığıyla sünekliği, aşırı mukavemeti ve enerji dağılımını açıklamak için önerilmiştir.

R katsayıları, yapısal binaların sismik kuvvetlerinin tahmin edilmesinin önemli bir bileşeni olarak hareket eder. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları süneklik (μ), aşırı mukavemet (Ω) ve fazlalık (ρ) temelinde değerlendirilir çünkü dinamik yapısal

tepkiler, elastik kuvvetleri elastik aralığın ötesinde elastik olmayan yüklere indirgemek için bu faktörleri etkinleştirir.

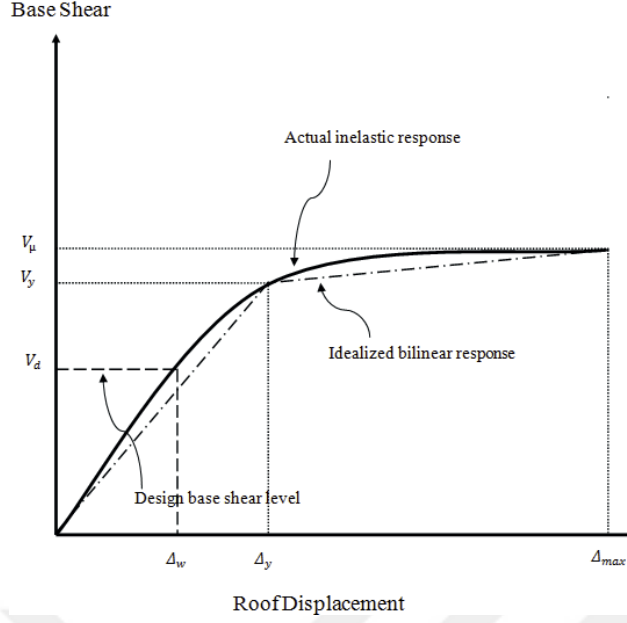
Belirli bir tek yönlü yanal yüke maruz kaldığında herhangi bir yapısal binanın aşırı davranışını analiz etmek için tek yönlü yanal yük - yer değiştirme eğrisi kullanıldı. Yükleme prosedürleri sırasında süneklik (R_μ), aşırı mukavemet (R_S) ve artıklık (R_R) gibi parametreler değerlendirilebilirse, R faktörleri geliştirilebilir ve tahmin edilebilir. Bu çalışmada Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları aşağıdaki şekilde tahmin edilmiştir.:

$$R = R_S \times R_\mu \times R_R \quad (4.1)$$

Şekil 4.9, itme eğrisine dayalı aşırı mukavemet ve süneklik faktörlerini gösterir. Bu iki faktör, R formülasyonunun temel bileşenleri olarak kabul edilir. Bu parametreler şu şekildedir: tasarım taban kesmesi (V_d), tasarım taban kesmesinin neden olduğu yer değiştirme (Δ_w), akma noktasında taban kesme ve çatı yer değiştirme ilişkisi (v_y), akma noktasında tepe yer değiştirme ilişkisi (Δ_y), maksimum taban kesme (V_μ) ve maksimum yer değiştirme (Δ_{max}). [34]

Dayanım katsayıları tasarım seviyesinde ve akma noktasında taban kesme kuvvetinin alan ölçüsü iken, süneklik faktörleri akma noktasında ve kodlarla belirlenmiş bir sınırdaki tepe yer değiştirmesinin kriterleri olarak hizmet eder. Bu arada, artıklık faktörü, sismik dirençteki dikey çerçeve sayısına bağlıdır.

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi Türkiye Deprem Yönetmeliği'nde betonarme çerçeveli veya çerçevesiz beton perde duvar Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı gösterilmekte ve Afganistan Deprem Yönetmeliği'nde bu karakter Çizelge 4.2'de gösterilmektedir.



Şekil 4.9: Bir Yapının Esnek Olmayan Tepkisinin İdealleştirilmesi [34]

Yürürlükte TBDY2018 süneklik düzeyi yüksek, süneklik düzeyi normal ve karma sistemlerden bahsetmekte. Seçilen süneklik düzeyine göre, deprem bölgelerine göre TBDY2018’de deprem yükü azaltma katsayıları belirtilmiştir. Önce taşıyıcı sistem davranış katsayısını seçiyorsunuz, buradan da deprem yükü azaltma katsayısına ulaşıyorsunuz (R_a ve R). Süneklik düzeyinin yüksek olması demek deprem enerjisinin çok büyük bir kısmının dayanımla değil de şekil değiştirmelerle tüketilmesi anlamına gelmekte. Çünkü süneklik düzeyi yüksek sistemler büyük şekil değiştirme özelliğine sahiptirler. Tabii dayanım kaybına uğramadan şekil değiştirme, dayanım kaybına sebep oluyorsa, bunun adı süneklik falan değildir. Süneklilikten bahsetmeniz için şekil değiştirmenin dayanım kaybı olmadan gerçekleşmesi gerekir.

Tabanda oluşan toplam kesme kuvveti 100 ton olan (toplam deprem kuvveti 100 ton), $R=8$ süneklik düzeyi yüksek bir sistem dizayn ederseniz, deprem kuvvetinin $100/8=12.5$ tonluk kısmının dayanımla karşılanacağını, geri kalan $100-12.5=87.5$ tonluk kısmında şekil değiştirme ile karşılanacağını düşünmüşsünüzdür demektir. Bu bağlamda yönetmeliklerde R katsayıları mevcuttur. Sadece R katsayısına bakarak süneklik düzeyini anlayamayabilirsiniz. Mesela çerçeveli betonarme bir sistemde, yüksek sünek için $R=8$ katsayısı verilmektedir. Mühendis de genelde bunu kullanır.

Çizelge 4.1: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [25]

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R	Dayanım Fazlalığı Katsayısı D
A. Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemleri		
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler		
A12. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5
A13. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	8	2.5
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	7	2.5
A2. Süneklik Düzeyi Karma Taşıyıcı Sistemler		
A21. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5
A22. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5
A23. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	6	2.5
A24. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı dolgulu (asmolen) veya dolgusuz tek doğrultulu dişli döşemeli betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	5	2.5
A3. Süneklik Düzeyi Sınırlı Taşıyıcı Sistemler		
A32. Deprem etkilerinin tamamının süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	4	2
A33. Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi sınırlı boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar	4	2

Çizelge 4.2: Bina Taşıyıcı Sistemleri için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Dayanım Fazlalığı Katsayısı [30]

Seismic Force-Resisting System	Response Modification Coefficient, R	Overstrength Factor, Ω
A. Bearing Wall Systems		
1. Special reinforced concrete shear walls	5	2½
2. Ordinary reinforced concrete shear walls	4	2½
3. Detailed plain concrete shear walls	2	2½
4. Ordinary plain concrete shear walls	1½	2½
5. Intermediate precast shear walls	4	2½
6. Ordinary precast shear walls	3	2½
B. Building Frame Systems		
4. Special reinforced concrete shear walls	6	2½
5. Ordinary reinforced concrete shear walls	5	2½
6. Detailed plain concrete shear walls	2	2½
7. Ordinary plain concrete shear walls	1½	2½
8. Intermediate precast shear walls	5	2½
9. Ordinary precast shear walls	4	2½
D. Dual Systems With Special Moment Frames Capable Of Resisting At Least 25% Of Prescribed Seismic Forces		
3. Special reinforced concrete shear walls	7	2½
4. Ordinary reinforced concrete shear walls	6	2½
E. Dual Systems With Intermediate Moment Frames Capable Of Resisting At Least 25% Of Prescribed Seismic Forces		
2. Special reinforced concrete shear walls	6½	2½
8. Ordinary reinforced concrete shear walls	5½	2½
F. Shear Wall-Frame Interactive System With Ordinary Reinforced Concrete Moment Frames And Ordinary Reinforced Concrete Shear Walls		
	4½	2½

4.4 Sonlu Elemanlar Metodu ile Modelleme

Önceki bölümlerde bahsedilen iki deprem kodunu karşılaştırmak için birkaç örnek dikkate alınmalıdır. Bu örnekler, iki koda göre Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı karşılaştırmak içindir ve modeller sonlu elemanlar olarak incelenecektir.

“Örneklerin daha iyi karşılaştırılması ve incelenmesi için ETABS yazılımı kullanılacaktır. ETABS çok kapsamlı bir mühendislik yazılımıdır. Daha çok inşaat

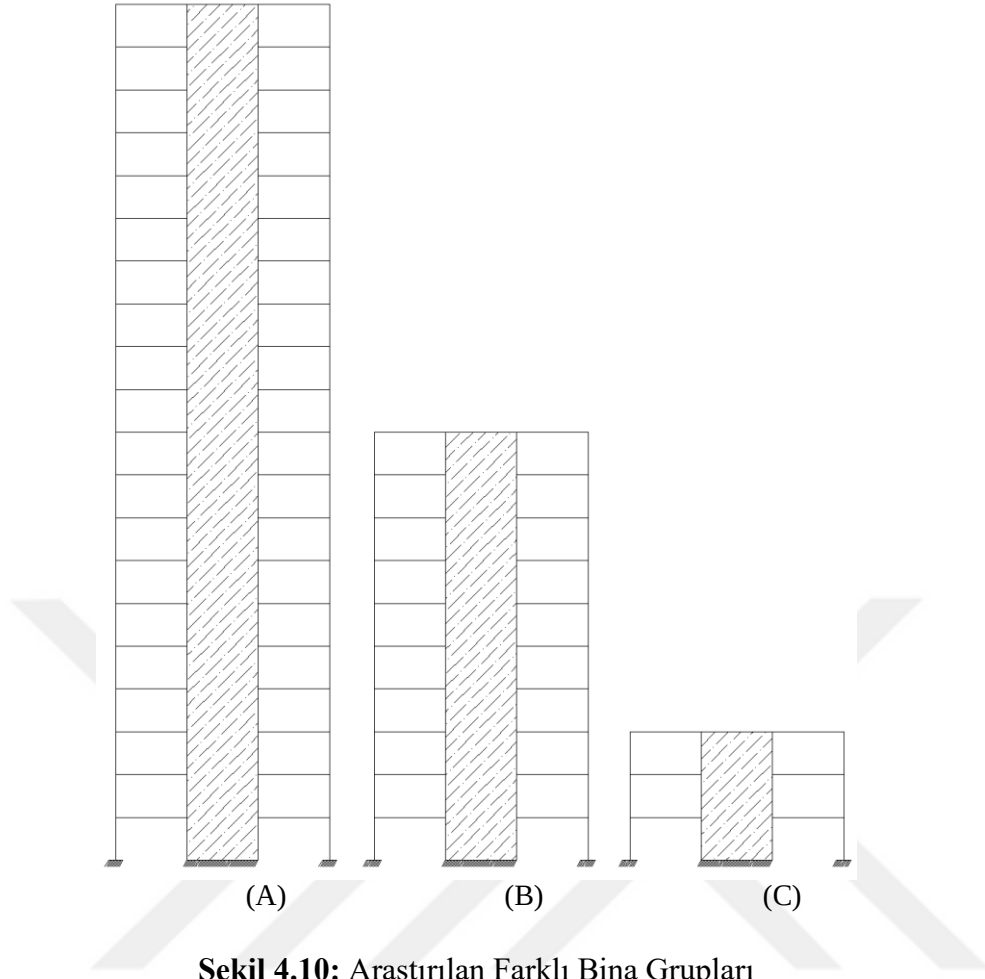
mühendisliği alanında kullanılan bu yazılım, yapı tasarımına ihtiyaç duyulan her sektörde kullanılabilir. Modelleme, yük seçimi, analiz, tasarım ve çıktı gibi sıralı adımlarla bir yapının tasarlanmasına katkı sağlar. Modellemede kullanılan şablonlar, kullanıcı dostu ve nesne tabanlı arayüzü ile modelleme sürecini hızlandırır. ETABS, zemin yapı etkileşiminin de belirlenmesini sağlayan detaylı bir modelleme seçeneğine sahiptir.” [37]

“ETABS'de tasarım tamamen analiz süreci ile entegre edilmiştir. Çelik veya betonarme yapıların tasarımında uluslararası standartlar ile tam uyumlu tasarım hazırlanmasını sağlar. ETABS ile, tasarım sonucunda görsel olarak sunum için özel bir rapor üretilir. Raporlarda tasarımın son halinin maruz kaldığı moment, kesme kuvveti, eksenel kuvvetler ile diğer kuvvetler bir diyagram halinde verilerek net bir şekilde görülmesi sağlanır.” [37]

4.4.1 Modeller bilgi girişi

Örnekleri daha iyi karşılaştırmak için binalar üç kategoriye ayrılmıştır: yüksek katlı, orta katlı ve düşük katlı, böylece her bölümde perde duvar kullanmanın etkisi daha iyi araştırılabilir. Bu kategoriyi daha doğru ve detaylı görmek istersek aşağıda belirtilmiştir:

- A) Yüksek katlı yapı: Her katı 3 metre yüksekliğinde ve bu yapının toplam yüksekliği 60 metre olan 20 katlı bina, yüksek katlı binalar kategorisindedir.
- B) Orta katlı inşaat: Her katı 3 metre yüksekliğinde ve bu yapının toplam yüksekliği 30 metre olan 10 katlı bina, orta katlı binalar kategorisindedir.
- C) Az katlı yapı: Her katı 3 metre yüksekliğinde ve bu yapının toplam yüksekliği 9 metre olan 3 katlı bina, alçak yapılar kategorisindedir.



Şekil 4.10: Araştırılan Farklı Bina Grupları

Tüm numunelerde her katın yüksekliği 3 metre, her çerçeve açıklığının Yüksekluğu 5 metredir.

Çizelge 4-1 ve 4-2'ye göre yapının taşıyıcı sistemi aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.3: Malzeme Bilgileri

Kategori	Türkiye			Afganistan		
	Taşıyıcı Sistemi	R	D	Taşıyıcı Sistemi	R	D
A	A.15	7	2.5	D-3	7	2.5
B	A.22	5	2.5	E-2	6.5	2.5
C	A.33	4	2	E-8	5.5	2.5

Çizelge 4.4: Malzeme Bilgileri

Kolonlar	C30 S420
Perdeler	C30 S420
Kirişler	C30 S420
Beton Güvenlik Katsayısı	1.50
Donatı Güvenlik Katsayısı	1.15
Beton Birim Hacim Ağırlığı	2.50

Çizelge 4.5: Yapı Konum Bilgileri

Yapı Ülkesi	TÜRKİYE
Yapı İli	İSTANBUL
Yapı İlçesi	KÜÇÜKÇEKMECE

Çizelge 4.6: Yapı Geometrik Bilgileri

	Bina Kategorisi		
	(A)	(B)	(C)
Kat Sayısı	20	10	3
Yapı Yüksekliği	60 (m)	30 (m)	9 (m)
Rijit Bodrum Katı Sayısı	0	0	0
Maksimum Kat Yüksekliği	3 (m)	3 (m)	3 (m)
Maksimum Kiriş Açıklığı	5 (m)	5 (m)	5 (m)
Planlanan Kullanım	Konut	Konut	Konut

Çizelge 4.7: Zemin Parametreleri

Yönetmelik	Türkiye	Afganistan
Zemin Tipi	ZC	C
Spektrum Karakteristik Periyotları	Ta: 0.07, Tb: 0.33	Ta: 0.07, Tb: 0.33
Kısa Periyot Harita Spektral İvme Katsayısı (S_s)	1.198	1.198
1.0 Saniye Periyot İçin Harita Spektral İvme Katsayısı (S_1)	0.312	0.312
Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	1.438	1.198
1.0 Saniye Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{D1})	0.468	0.468

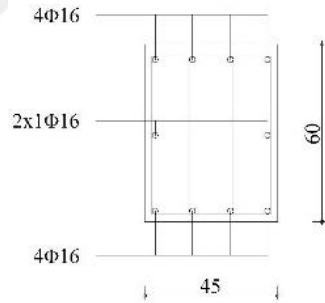
Çizelge 4.8: Deprem Parametreleri

	Bina Kategorisi					
	(A)		(B)		(C)	
	Türkiye	Afganistan	Türkiye	Afganistan	Türkiye	Afganistan
Bina Önem Katsayısı (I)	1	1	1	1	1	1
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)	7	7	5	6.5	4	5.5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D)	2.5	2.5	2.5	2.5	2	2.5
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	DD-2	DD-2	DD-2	DD-2	DD-2
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1	1	1	1	1	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	2	-	4	-	7	-
Normal Performans Hedefi	KH	KH	KH	KH	KH	KH
Değerlendirme / Tasarım Yaklaşımı	DGT	DGT	DGT	DGT	DGT	DGT

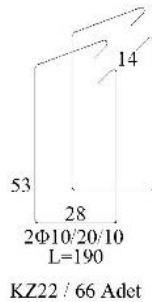
Yapı sınıflandırmasının her bir bölümünde kullanılan kısımlar aşağıdaki gibidir:

A) Yüksek Yapı

Kiriş:

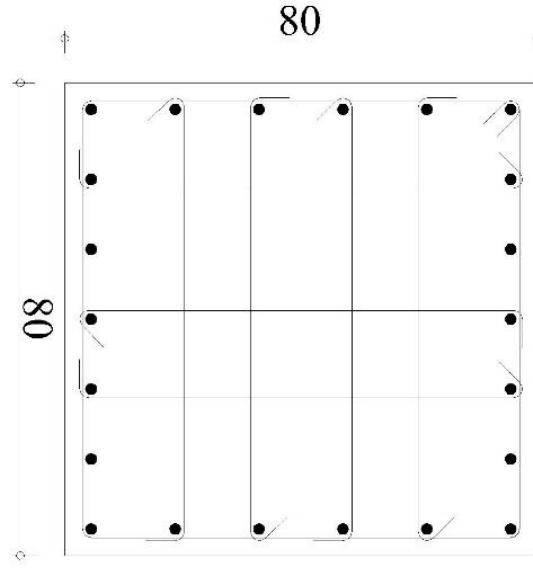


KESİT A-A
KZ22



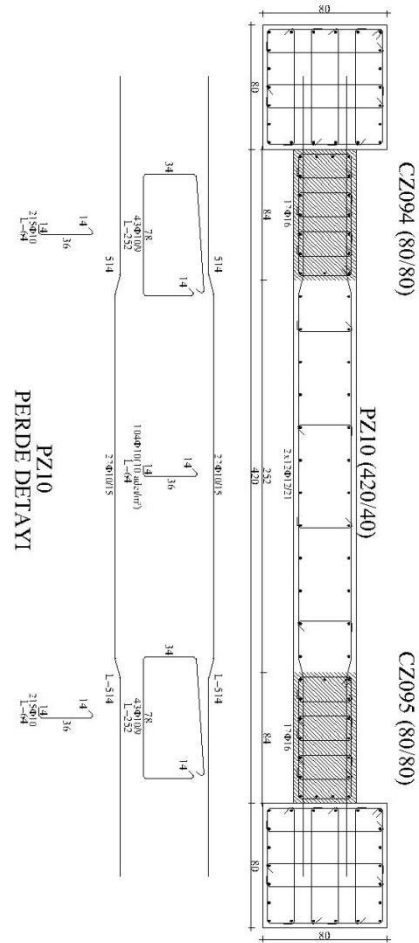
Şekil 4.11: Yüksek Yapı (Kiriş)

Kolon:



Şekil 4.12: Yüksek Yapı (Kolon)

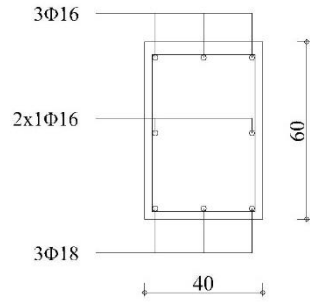
Perde:



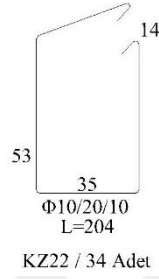
Şekil 4.13: Yüksek Yapı (Perde)

B) Orta Yapı:

Kiriş:

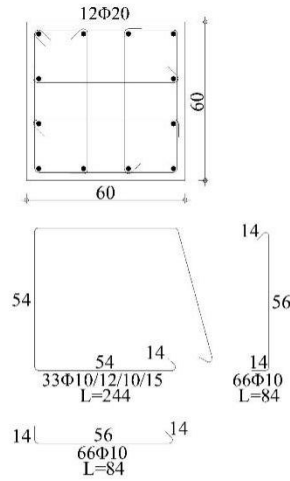


KESİT A-A
KZ22



Şekil 4.14: Orta Yapı (Kiriş)

Kolon:



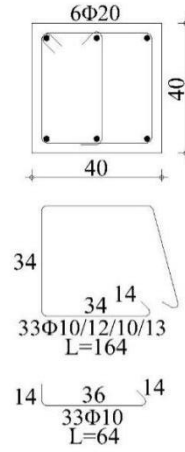
CZ093-CZ096 (60/60)
KOLON DETAYI

Şekil 4.15: Orta Yapı (Kolon)

C) K₁sa Yapı:

99

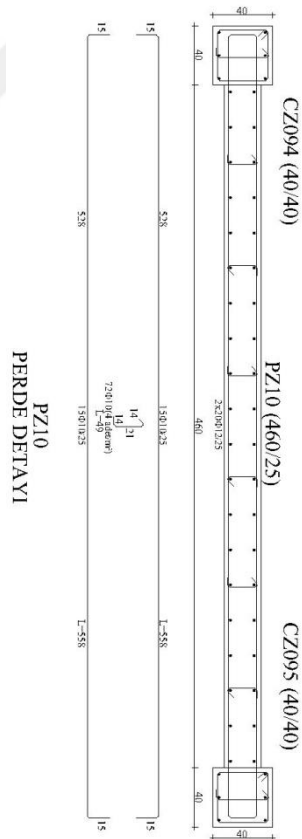
Kolon:



CZ093-CZ094-CZ095-CZ096 (40/40) KOLON DETAYI

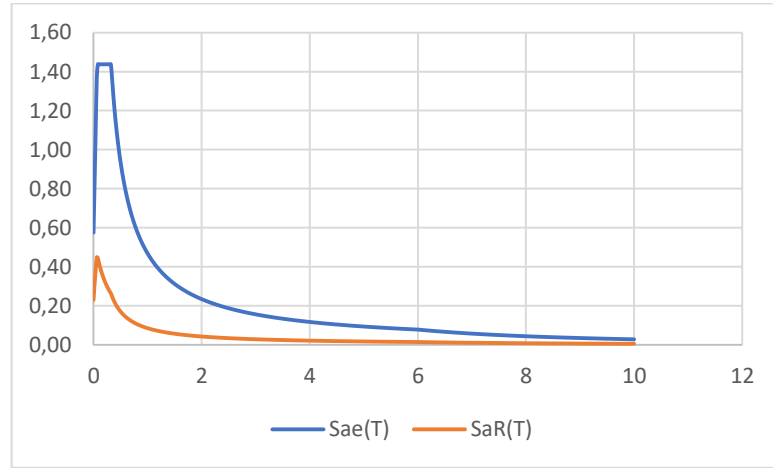
Şekil 4.18: Kısa Yapı (Kolon)

Perde:

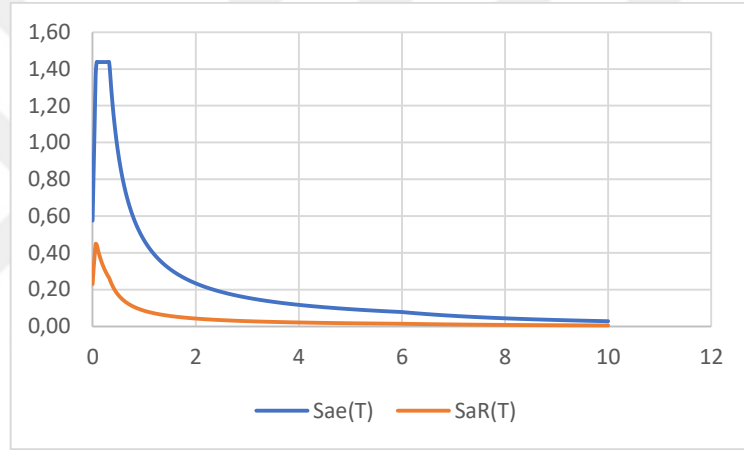


Şekil 4.19: Kısa Yapı (Perde)

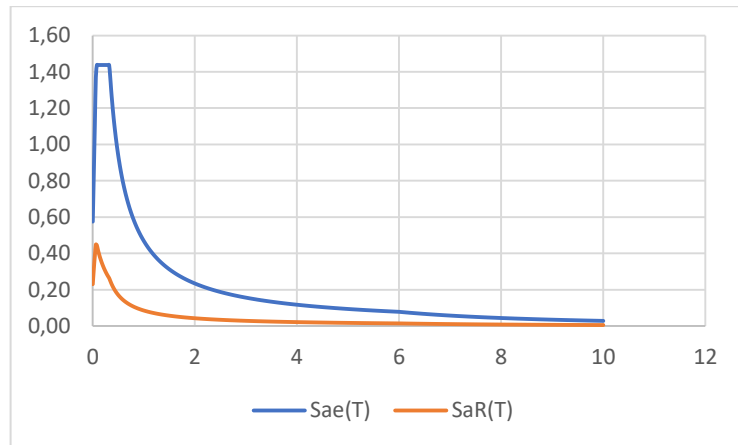
Yapı sınıflandırmasının her bir bölümünde kullanılan spektrum aşağıdaki gibidir:



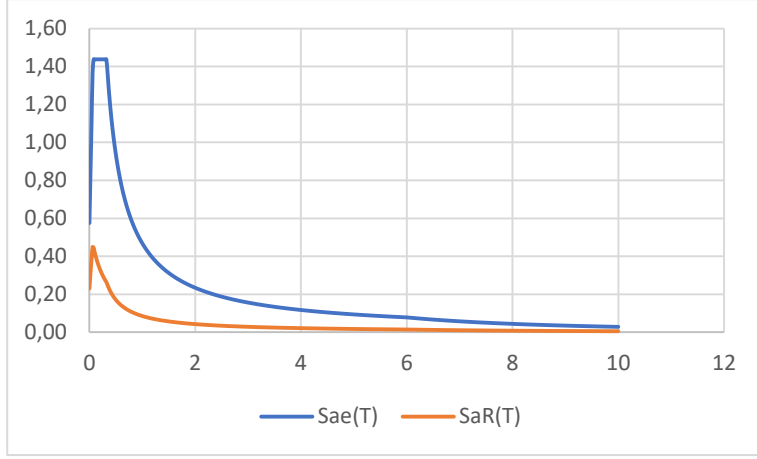
Şekil 4.20: TBDY’de Elastik Tasarım Spektrumu (Yüksek Yapı)



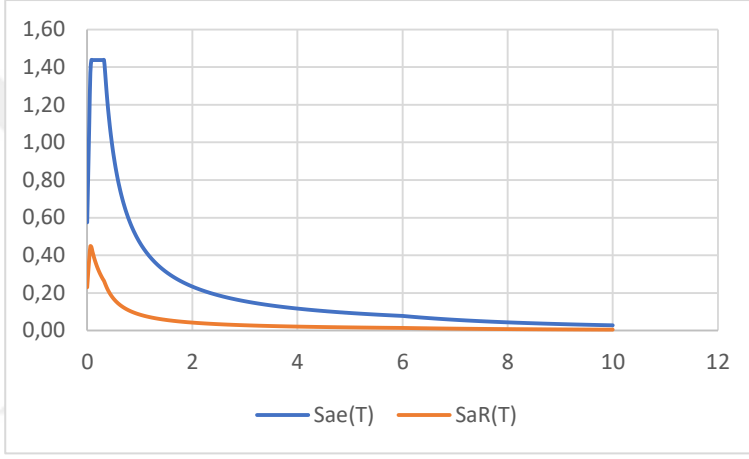
Şekil 4.21: Afganistan Yönetmeliği’nde Elastik Tasarım Spektrumu (Yüksek Yapı)



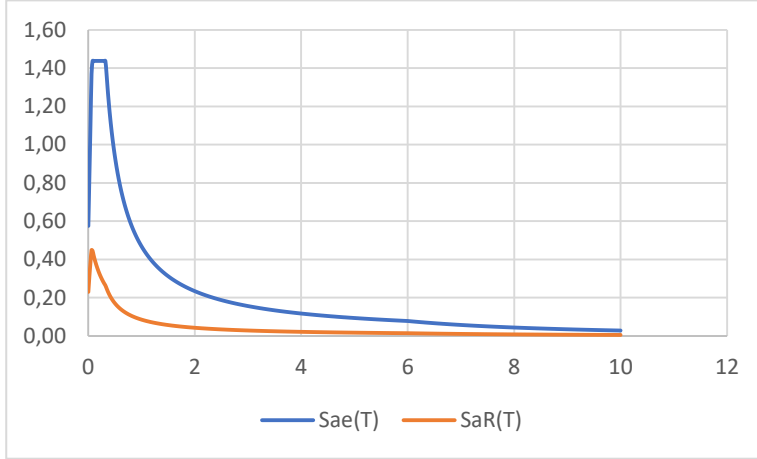
Şekil 4.22: TBDY’de Elastik Tasarım Spektrumu (Orta Yapı)



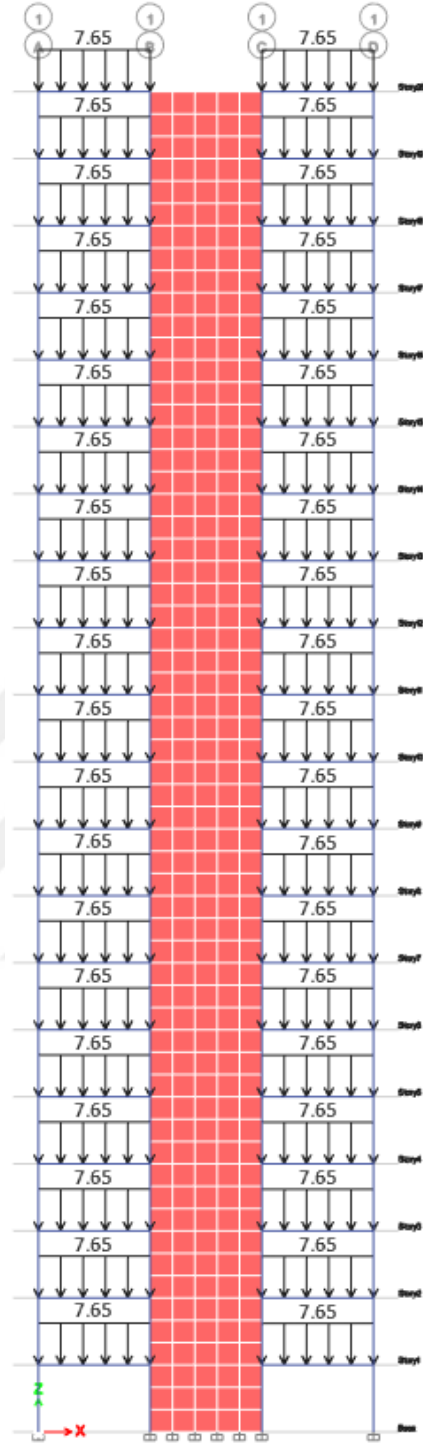
Şekil 4.23: Afganistan Yönetmeliği'nde Elastik Tasarım Spektrumu (Orta Yapı)



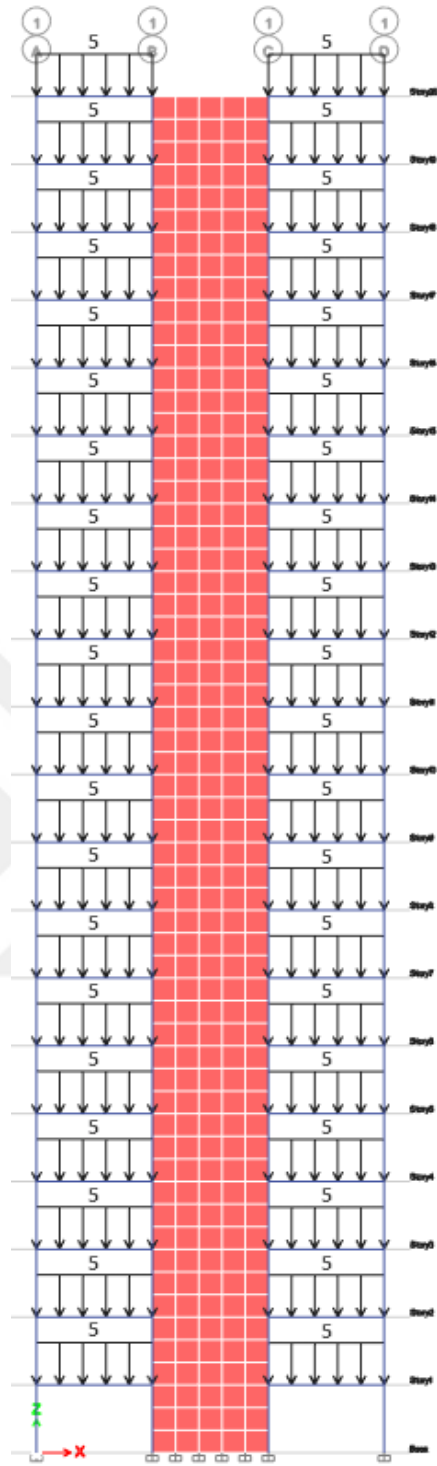
Şekil 4.24: TBDY'de Elastik Tasarım Spektrumu (Kısa Yapı)



Şekil 4.25: Afganistan Yönetmeliği'nde Elastik Tasarım Spektrumu (Kısa Yapı)

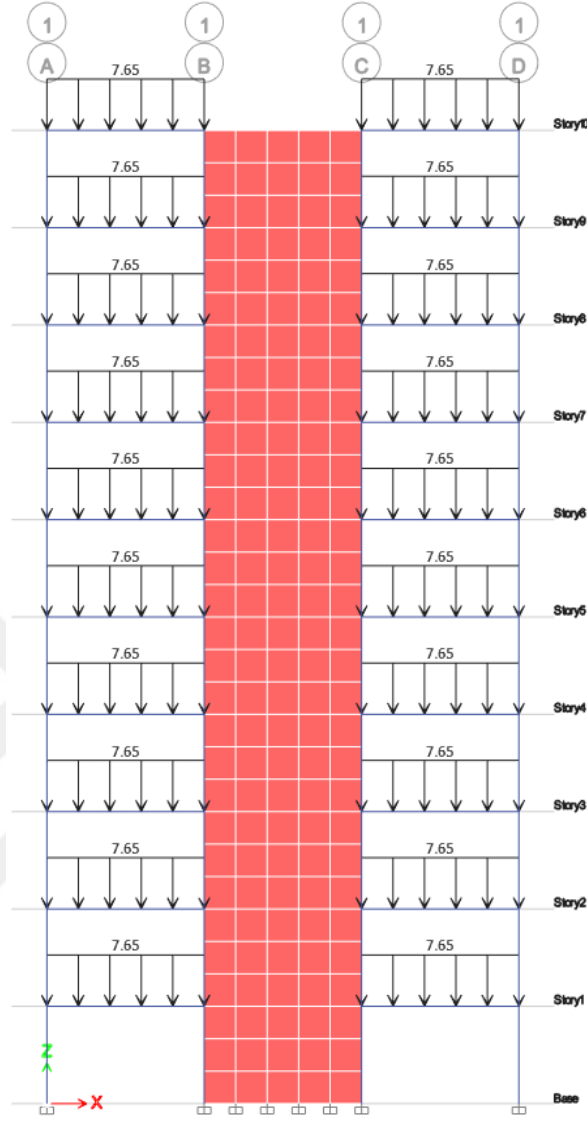


Şekil 4.26: Çerçeve Aralığı Zati Yüğü

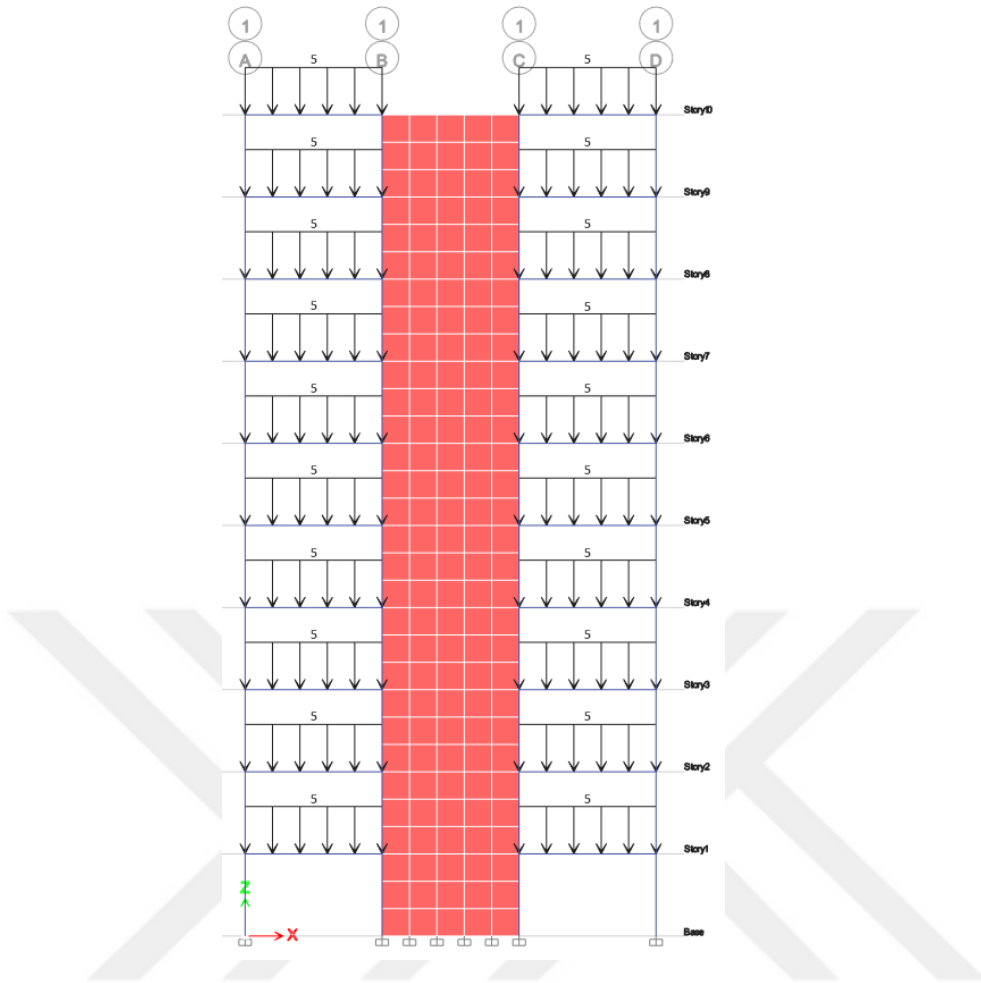


Şekil 4.27: Çerçeve Aralığı Hareketli Yüğü

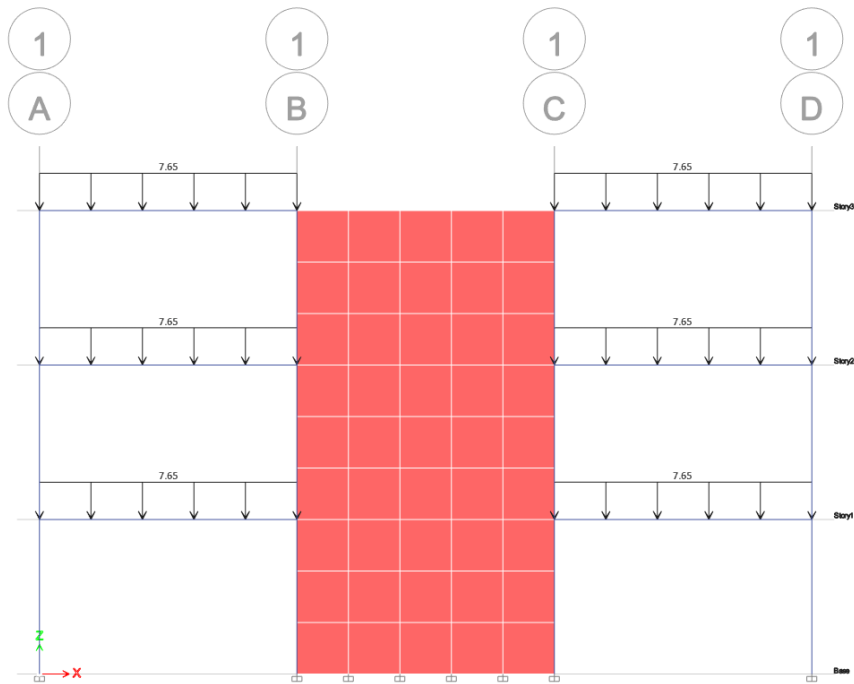
Yapı sınıflandırmasının her bir sınıflandırmasında kullanılan yükler aşağıdaki gibidir:



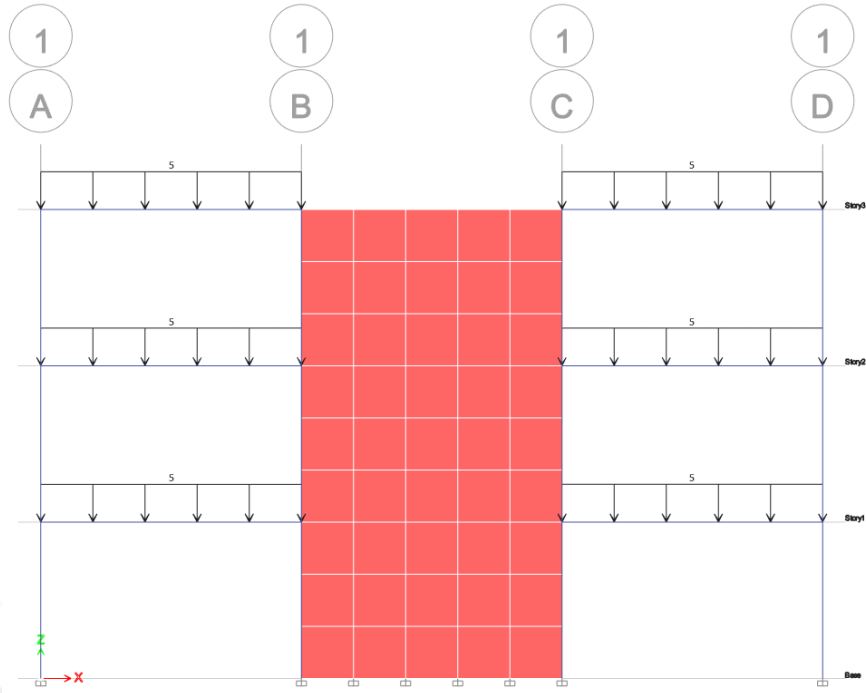
Şekil 4.28: Çerçeve Aralığı Zati Yüğü



Şekil 4.29: Çerçeve Aralığı Hareketli Yükü



Şekil 4.30: Çerçeve Aralığı Zati Yükü



Şekil 4.31: Çerçeve Aralığı Hareketli Yüğü

4.4.2 Analiz bölümü

Yapısal analiz, yüklerin fiziksel yapılar ve bileşenleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesidir. Bu tür analizlere tabi yapılar, binalar, köprüler, uçaklar ve gemiler gibi yüklere dayanması gereken her şeyi içerir. Yapısal analiz, bir yapının deformasyonlarını, iç kuvvetlerini, gerilmelerini, mesnet reaksiyonlarını, ivmelerini ve kararlılığını hesaplamak için uygulamalı mekanik, malzeme bilimi ve uygulamalı matematik alanlarını kullanır. Analizin sonuçları, bir yapının kullanıma uygunluğunu doğrulamak için kullanılır ve genellikle fiziksel testler yapılmaz. Yapısal analiz bu nedenle, yapıların mühendislik tasarımının önemli bir parçasıdır.

Doğru bir analiz gerçekleştirmek için bir yapısal mühendis, yapısal yükler, geometri, destek koşulları ve malzeme özellikleri gibi bilgileri belirlemelidir. Böyle bir analizin sonuçları tipik olarak mesnet reaksiyonlarını, gerilmeleri ve yer değiştirmeleri içerir. Bu bilgi daha sonra başarısızlık koşullarını gösteren kriterlerle karşılaştırılır. Gelişmiş yapısal analiz, dinamik tepkiyi, kararlılığı ve doğrusal olmayan davranışı inceleyebilir. Analize yönelik üç yaklaşım vardır: malzeme mekaniği yaklaşımı (malzemelerin mukavemeti olarak da bilinir), esneklik teorisi yaklaşımı (aslında daha genel bir süreklilik mekaniği alanının özel bir durumudur) ve sonlu eleman yaklaşımı. İlk ikisi, çoğunlukla basit doğrusal elastik modelleri uygulayan, kapalı

form çözümlerine yol açan ve çoğu zaman elle çözülebilen analitik formülasyonlardan yararlanır. Sonlu eleman yaklaşımı, elastisite teorisi ve malzemelerin mukavemeti gibi mekanik teorilerin ürettiği diferansiyel denklemleri çözmek için aslında sayısal bir yöntemdir. Bununla birlikte, sonlu eleman yöntemi büyük ölçüde bilgisayarların işlem gücüne bağlıdır ve keyfi boyut ve karmaşıklıkta yapılar için daha uygundur.

Yaklaşımdan bağımsız olarak, formülasyon aynı üç temel ilişkiye dayanmaktadır: denge, yapıcı ve uyumluluk. Çözümler, bu ilişkilerden herhangi biri yalnızca yaklaşık olarak karşılandığında veya yalnızca bir gerçeklik yaklaşımı olduğunda yaklaşıktır.

Yüksek, orta ve kısa binaların davranışını daha iyi incelemek ve anlamak için kullanılan analizler aşağıdaki gibidir:

- *Doğrusal Statik Analiz:* Yapılar veya sistemler, kullanım sırasında farklı kuvvetlere veya etkilere maruz kalır. Bu kuvvet ve etkilerin bir sonucu olarak yapıda bir miktar bozulma görülebilir. Bu bozulmayı önceden tespit etmek ve önlemek için sürekli analizler yapılır. Statik indirme, kısa süre içinde analiz edilecek yapılar veya sistemlerdeki sabit yük kısıtlamaları için anında indirir. Statik analiz zamana bağlı değildir.
- *Modal Analiz:* Titreşim sisteminin dinamik davranışını gösteren matematiksel bir model oluşturmak için gerekli olan parametreleri (doğal frekans, titreşim modeli ve iç bastırma gibi) belirleme işlemidir.
- *Doğrusal Dinamik Analiz:* Sürekli çalışmalar, yüklerin sabit olduğunu veya tam değerlerine ulaşana kadar kademeli olarak uygulandığını varsayar. Bu varsayım nedeniyle, modeldeki her parçacığın sıfır hız ve ivme olduğu varsayılır. Sonuç olarak, kalıcı çalışmalar atalet ve eylemsizlik kuvvetlerini göz ardı eder.

Birçok günlük uygulamada, yükler kademeli olarak uygulanmaz veya zaman veya sıklıkta değiştirilmez. Bu durumlarda dinamik bir çalışma kullanılmıştır. Genel olarak, gebelik sıklığı en düşük (temel) frekansın $1 / 3$ 'ünden daha fazlaysa dinamik bir çalışma kullanılmalıdır.

Dinamik doğrusal etütler, frekans etütlerine dayanır. Program, her bir ayarlamamanın yük ortamına katkısını toplayarak modelin tepkisini hesaplar. Çoğu durumda, yalnızca düşük standartlar müdahaleye önemli ölçüde katkıda bulunur. Savunma Bakanlığının katkısı, yerin sıklığı ve genişliği, iletişim ve korunmasına bağlıdır. Dinamik analizin hedefleri arasında: Sistemler, Yapısal ve Mekanik tasarımı, hasara maruz kalmadan dinamik ortamlarda çalışabilir. Titreşimlerin etkilerini azaltmak için Sistemin özelliklerini (Mühendislik, azaltma mekanizmaları, malzeme özellikleri vb.) Değiştirin.





5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Statik Analiz Sonuçları

Yapılar veya sistemler, kullanım sırasında çeşitli kuvvetlere veya etkilere maruz kalır. Bu kuvvet ve etkilerin bir sonucu olarak yapıda bir miktar bozulma görülebilir. Bu bozulmaları önceden tespit etmek ve önlemek için statik analizler yapılır. Statik indirme, kısa süre içinde analiz edilecek yapılar veya sistemlerdeki sabit yük kısıtlamaları için anında indirir. Statik analiz zamana bağlı değildir.

Çizelge 5.1: Yükleme Kombinasyonları

Ad	Kombinasyon
UDCon1	
UDCon2	1.4G+1.6Q
UDCon3	G+Q+EX
UDCon4	G+Q-EX
UDCon5	0.9G+EX
UDCon6	0.9G-EX
UDCon7	G+Q+SPX
UDCon8	0.9G+SPX
UDWal1	
UDWal2	1.4G+1.6Q
UDWal3	G+Q+EX
UDWal4	G+Q-EX
UDWal5	0.9G+EX
UDWal6	0.9G-EX
UDWal7	G+Q+SPX
UDWal8	0.9G+SPX

5.1.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)

Çizelge 5.2: Yapı Tepkileri

Komb.	Hareket Tipi	TBDY Afganistan FX (kN)	TBDY Afganistan FZ (kN)	TBDY Afganistan MY (kN-m)
UDCon2		0	0	14264
UDCon3		-511	-511	10046
UDCon4		511	511	10046
UDCon5		-511	-511	8141
UDCon6		511	511	8141
UDCon7	Max	637	637	10046
UDCon7	Min	-637	-637	10046
UDCon8	Max	637	637	8141
UDCon8	Min	-637	-637	8141
UDWal2		0	0	14264
UDWal3		-511	-511	10046
UDWal4		511	511	10046
UDWal5		-511	-511	8141
UDWal6		511	511	8141
UDWal7	Max	637	637	10046
UDWal7	Min	-637	-637	10046
UDWal8	Max	637	637	8141
UDWal8	Min	-637	-637	8141

Çizelge 5.3: Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi

Kat	Kombinasyon	TBDY	Afganistan U _x (m)
Kat20	UDCon3	0.030307	0.030307
Kat19	UDCon3	0.028575	0.028575
Kat18	UDCon3	0.026813	0.026813
Kat17	UDCon3	0.025025	0.025025
Kat16	UDCon3	0.023212	0.023212
Kat15	UDCon3	0.021374	0.021374
Kat14	UDCon3	0.019517	0.019517
Kat13	UDCon3	0.017648	0.017648
Kat12	UDCon3	0.015778	0.015778
Kat11	UDCon3	0.013918	0.013918
Kat10	UDCon3	0.012084	0.012084
Kat9	UDCon3	0.010291	0.010291
Kat8	UDCon3	0.008559	0.008559
Kat7	UDCon3	0.006908	0.006908
Kat6	UDCon3	0.005364	0.005364
Kat5	UDCon3	0.003951	0.003951
Kat4	UDCon3	0.002699	0.002699
Kat3	UDCon3	0.00164	0.00164
Kat2	UDCon3	0.00081	0.00081
Kat1	UDCon3	0.000246	0.000246

Çizelge 5.4: Kütle Merkezinin Görelî Kat Ötelemesi

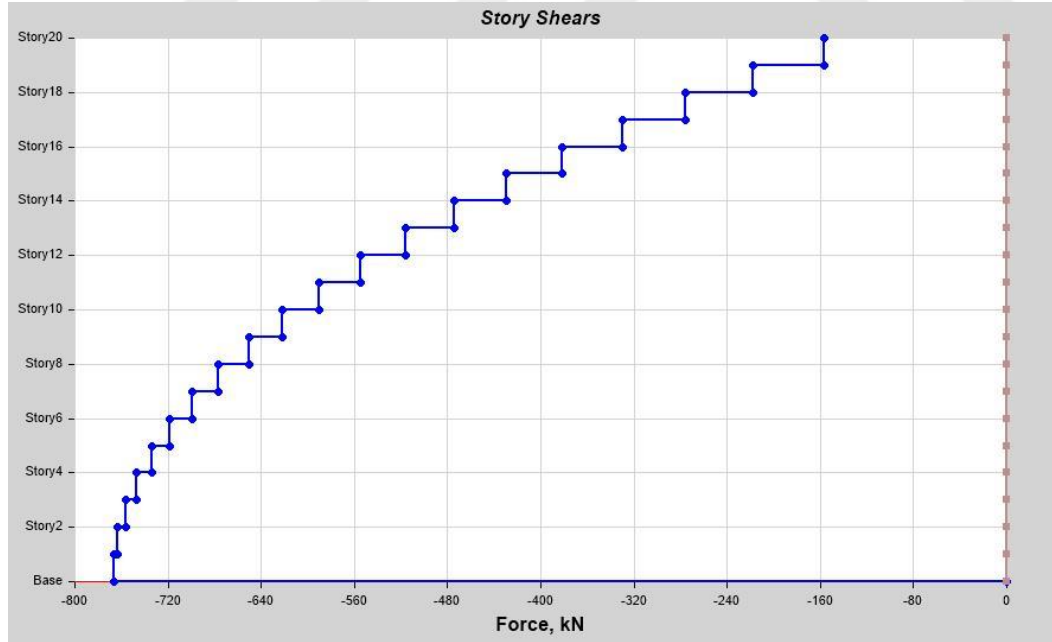
Kat	Kombinasyon	Hareket Tipi	Max Öteleme	
			Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği	Afganistan Deprem Yönetmeliği
Kat20	UDCon7	Max	0.00038	0.00038
Kat20	UDCon7	Min	0.00038	0.00038
Kat19	UDCon7	Max	0.000389	0.000389
Kat19	UDCon7	Min	0.000389	0.000389
Kat18	UDCon7	Max	0.000396	0.000396
Kat18	UDCon7	Min	0.000396	0.000396
Kat17	UDCon7	Max	0.000405	0.000405
Kat17	UDCon7	Min	0.000405	0.000405
Kat16	UDCon7	Max	0.000412	0.000412
Kat16	UDCon7	Min	0.000412	0.000412
Kat15	UDCon7	Max	0.000417	0.000417
Kat15	UDCon7	Min	0.000417	0.000417
Kat14	UDCon7	Max	0.000421	0.000421
Kat14	UDCon7	Min	0.000421	0.000421
Kat13	UDCon7	Max	0.000422	0.000422
Kat13	UDCon7	Min	0.000422	0.000422
Kat12	UDCon7	Max	0.00042	0.00042
Kat12	UDCon7	Min	0.00042	0.00042
Kat11	UDCon7	Max	0.000416	0.000416
Kat11	UDCon7	Min	0.000416	0.000416
Kat10	UDCon7	Max	0.000407	0.000407
Kat10	UDCon7	Min	0.000407	0.000407
Kat9	UDCon7	Max	0.000395	0.000395
Kat9	UDCon7	Min	0.000395	0.000395
Kat8	UDCon7	Max	0.000378	0.000378
Kat8	UDCon7	Min	0.000378	0.000378
Kat7	UDCon7	Max	0.000356	0.000356
Kat7	UDCon7	Min	0.000356	0.000356
Kat6	UDCon7	Max	0.000328	0.000328
Kat6	UDCon7	Min	0.000328	0.000328
Kat5	UDCon7	Max	0.000293	0.000293
Kat5	UDCon7	Min	0.000293	0.000293
Kat4	UDCon7	Max	0.00025	0.00025
Kat4	UDCon7	Min	0.00025	0.00025
Kat3	UDCon7	Max	0.000198	0.000198
Kat3	UDCon7	Min	0.000198	0.000198
Kat2	UDCon7	Max	0.000136	0.000136
Kat2	UDCon7	Min	0.000136	0.000136
Kat1	UDCon7	Max	0.000061	0.000061
Kat1	UDCon7	Min	0.000061	0.000061

Çizelge 5.5: Kat Kuvvetleri

Kat	Komb.	Hareket Tipi	Konum	TBDY P (kN)	Afganistan P (kN)	TBDY VX (kN)	Afganistan VX (kN)
Kat20	UDCon7	Max	Üst	179.9412	179.9412	70.8756	70.8756
Kat20	UDCon7	Max	Alt	502.2847	502.2847	70.8756	70.8756
Kat20	UDCon7	Min	Üst	179.9412	179.9412	-70.8756	-70.8756
Kat20	UDCon7	Min	Alt	502.2847	502.2847	-70.8756	-70.8756
Kat19	UDCon7	Max	Üst	682.2258	682.2258	156.2795	156.2795
Kat19	UDCon7	Max	Alt	1004.5693	1004.5693	156.2795	156.2795
Kat19	UDCon7	Min	Üst	682.2258	682.2258	-156.2795	-156.28
Kat19	UDCon7	Min	Alt	1004.5693	1004.5693	-156.2795	-156.28
Kat18	UDCon7	Max	Üst	1184.5105	1184.5105	221.6508	221.6508
Kat18	UDCon7	Max	Alt	1506.854	1506.854	221.6508	221.6508
Kat18	UDCon7	Min	Üst	1184.5105	1184.5105	-221.6508	-221.651
Kat18	UDCon7	Min	Alt	1506.854	1506.854	-221.6508	-221.651
Kat17	UDCon7	Max	Üst	1686.7952	1686.7952	271.115	271.115
Kat17	UDCon7	Max	Alt	2009.1387	2009.1387	271.115	271.115
Kat17	UDCon7	Min	Üst	1686.7952	1686.7952	-271.115	-271.115
Kat17	UDCon7	Min	Alt	2009.1387	2009.1387	-271.115	-271.115
Kat16	UDCon7	Max	Üst	2189.0798	2189.0798	308.8262	308.8262
Kat16	UDCon7	Max	Alt	2511.4233	2511.4233	308.8262	308.8262
Kat16	UDCon7	Min	Üst	2189.0798	2189.0798	-308.8262	-308.826
Kat16	UDCon7	Min	Alt	2511.4233	2511.4233	-308.8262	-308.826
Kat15	UDCon7	Max	Üst	2691.3645	2691.3645	338.5294	338.5294
Kat15	UDCon7	Max	Alt	3013.708	3013.708	338.5294	338.5294
Kat15	UDCon7	Min	Üst	2691.3645	2691.3645	-338.5294	-338.529
Kat15	UDCon7	Min	Alt	3013.708	3013.708	-338.5294	-338.529
Kat14	UDCon7	Max	Üst	3193.6491	3193.6491	363.3455	363.3455
Kat14	UDCon7	Max	Alt	3515.9926	3515.9926	363.3455	363.3455
Kat14	UDCon7	Min	Üst	3193.6491	3193.6491	-363.3455	-363.346
Kat14	UDCon7	Min	Alt	3515.9926	3515.9926	-363.3455	-363.346
Kat13	UDCon7	Max	Üst	3695.9338	3695.9338	385.7255	385.7255
Kat13	UDCon7	Max	Alt	4018.2773	4018.2773	385.7255	385.7255
Kat13	UDCon7	Min	Üst	3695.9338	3695.9338	-385.7255	-385.726
Kat13	UDCon7	Min	Alt	4018.2773	4018.2773	-385.7255	-385.726
Kat12	UDCon7	Max	Üst	4198.2185	4198.2185	407.466	407.466
Kat12	UDCon7	Max	Alt	4520.562	4520.562	407.466	407.466
Kat12	UDCon7	Min	Üst	4198.2185	4198.2185	-407.466	-407.466
Kat12	UDCon7	Min	Alt	4520.562	4520.562	-407.466	-407.466
Kat11	UDCon7	Max	Üst	4700.5031	4700.5031	429.784	429.784
Kat11	UDCon7	Max	Alt	5022.8466	5022.8466	429.784	429.784
Kat11	UDCon7	Min	Üst	4700.5031	4700.5031	-429.784	-429.784
Kat11	UDCon7	Min	Alt	5022.8466	5022.8466	-429.784	-429.784
Kat10	UDCon7	Max	Üst	5202.7878	5202.7878	453.3669	453.3669
Kat10	UDCon7	Max	Alt	5525.1313	5525.1313	453.3669	453.3669
Kat10	UDCon7	Min	Üst	5202.7878	5202.7878	-453.3669	-453.367
Kat10	UDCon7	Min	Alt	5525.1313	5525.1313	-453.3669	-453.367
Kat9	UDCon7	Max	Üst	5705.0725	5705.0725	478.4109	478.4109
Kat9	UDCon7	Max	Alt	6027.416	6027.416	478.4109	478.4109
Kat9	UDCon7	Min	Üst	5705.0725	5705.0725	-478.4109	-478.411
Kat9	UDCon7	Min	Alt	6027.416	6027.416	-478.4109	-478.411
Kat8	UDCon7	Max	Üst	6207.3571	6207.3571	504.6809	504.6809
Kat8	UDCon7	Max	Alt	6529.7006	6529.7006	504.6809	504.6809
Kat8	UDCon7	Min	Üst	6207.3571	6207.3571	-504.6809	-504.681
Kat8	UDCon7	Min	Alt	6529.7006	6529.7006	-504.6809	-504.681
Kat7	UDCon7	Max	Üst	6709.6418	6709.6418	531.5346	531.5346
Kat7	UDCon7	Max	Alt	7031.9853	7031.9853	531.5346	531.5346
Kat7	UDCon7	Min	Üst	6709.6418	6709.6418	-531.5346	-531.535
Kat7	UDCon7	Min	Alt	7031.9853	7031.9853	-531.5346	-531.535

Çizelge 5.5 (devam): Kat Kuvvetleri

Kat	Komb.	Hareket Tipi	Konum	TBDY P (kN)	Afganistan P (kN)	TBDY VX (kN)	Afganistan VX (kN)
Kat6	UDCon7	Max	Üst	7211.9264	7211.9264	557.9894	557.9894
Kat6	UDCon7	Max	Alt	7534.27	7534.27	557.9894	557.9894
Kat6	UDCon7	Min	Üst	7211.9264	7211.9264	-557.9894	-557.989
Kat6	UDCon7	Min	Alt	7534.27	7534.27	-557.9894	-557.989
Kat5	UDCon7	Max	Üst	7714.2111	7714.2111	582.7486	582.7486
Kat5	UDCon7	Max	Alt	8036.5546	8036.5546	582.7486	582.7486
Kat5	UDCon7	Min	Üst	7714.2111	7714.2111	-582.7486	-582.749
Kat5	UDCon7	Min	Alt	8036.5546	8036.5546	-582.7486	-582.749
Kat4	UDCon7	Max	Üst	8216.4958	8216.4958	604.2963	604.2963
Kat4	UDCon7	Max	Alt	8538.8393	8538.8393	604.2963	604.2963
Kat4	UDCon7	Min	Üst	8216.4958	8216.4958	-604.2963	-604.296
Kat4	UDCon7	Min	Alt	8538.8393	8538.8393	-604.2963	-604.296
Kat3	UDCon7	Max	Üst	8718.7804	8718.7804	621.1159	621.1159
Kat3	UDCon7	Max	Alt	9041.1239	9041.1239	621.1159	621.1159
Kat3	UDCon7	Min	Üst	8718.7804	8718.7804	-621.1159	-621.116
Kat3	UDCon7	Min	Alt	9041.1239	9041.1239	-621.1159	-621.116
Kat2	UDCon7	Max	Üst	9221.0651	9221.0651	632.0158	632.0158
Kat2	UDCon7	Max	Alt	9543.4086	9543.4086	632.0158	632.0158
Kat2	UDCon7	Min	Üst	9221.0651	9221.0651	-632.0158	-632.016
Kat2	UDCon7	Min	Alt	9543.4086	9543.4086	-632.0158	-632.016
Kat1	UDCon7	Max	Üst	9723.3498	9723.3498	636.7315	636.7315
Kat1	UDCon7	Max	Alt	10045.6933	10045.6933	636.7315	636.7315
Kat1	UDCon7	Min	Üst	9723.3498	9723.3498	-636.7315	-636.732
Kat1	UDCon7	Min	Alt	10045.6933	10045.6933	-636.7315	-636.732



Şekil 5.1: Alt Kesme Kuvvetleri

5.1.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)

Çizelge 5.6: Yapı Tepkileri

Komb.	Hareket Tipi	TBDY Afganistan		TBDY Afganistan		TBDY Afganistan	
		FX (kN)		FZ (kN)		MY (kN-m)	
UDCon2		0	0	5477	5477	-41080	-41080
UDCon3		-1037	-499	3841	3841	-50794	-39037
UDCon4		1037	499	3841	3841	-6820	-18577
UDCon5		-1037	-499	3007	3007	-44538	-32781
UDCon6		1037	499	3007	3007	-564	-12321
UDCon7	Max	707	544	3841	3841	-13990	-17413
UDCon7	Min	-707	-544	3841	3841	-43624	-40201
UDCon8	Max	707	544	3007	3007	-7734	-11157
UDCon8	Min	-707	-544	3007	3007	-37368	-33945
UDWal2		0	0	5477	5477	-41080	-41080
UDWal3		-1037	-499	3841	3841	-50794	-39037
UDWal4		1037	499	3841	3841	-6820	-18577
UDWal5		-1037	-499	3007	3007	-44538	-32781
UDWal6		1037	499	3007	3007	-564	-12321
UDWal7	Max	707	544	3841	3841	-13990	-17413
UDWal7	Min	-707	-544	3841	3841	-43624	-40201
UDWal8	Max	707	544	3007	3007	-7734	-11157
UDWal8	Min	-707	-544	3007	3007	-37368	-33945

Çizelge 5.7: Kütle Merkezinin Yerdeğiştirmesi

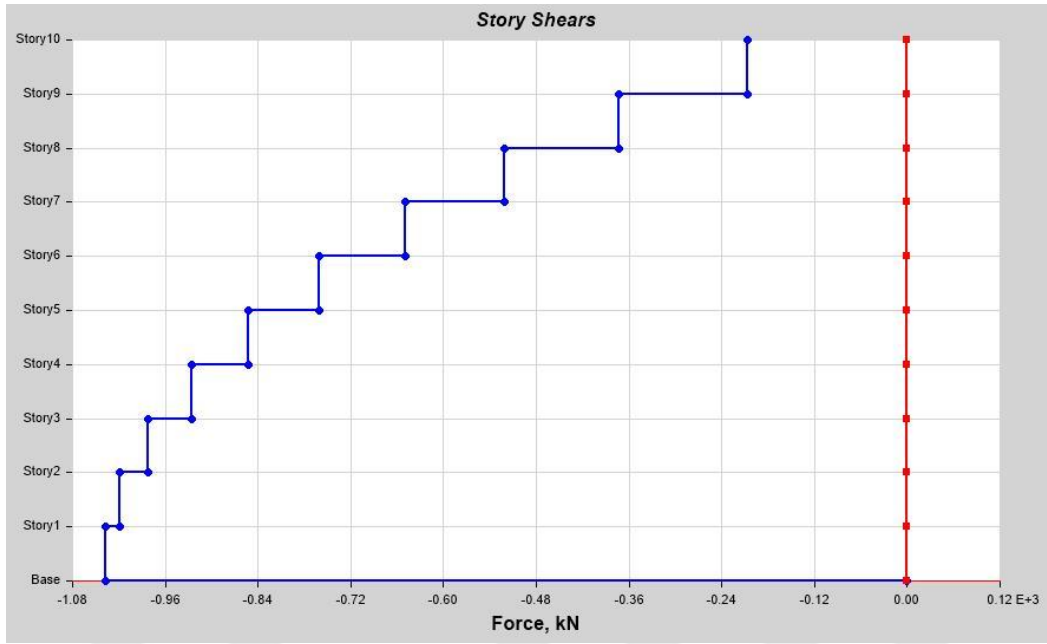
Kat	Kombinasyon	TBDY	Afganistan
		U _x (m)	
Kat10	UDCon3	0.013084	0.005986
Kat9	UDCon3	0.011541	0.005298
Kat8	UDCon3	0.009949	0.004584
Kat7	UDCon3	0.00833	0.003852
Kat6	UDCon3	0.006709	0.003114
Kat5	UDCon3	0.005125	0.002388
Kat4	UDCon3	0.003632	0.001698
Kat3	UDCon3	0.002292	0.001075
Kat2	UDCon3	0.001181	0.000556
Kat1	UDCon3	0.000382	0.000181
Base	UDCon3	0	0

Çizelge 5.8: Kütle Merkezinin Görelî Kat Ötelemesi

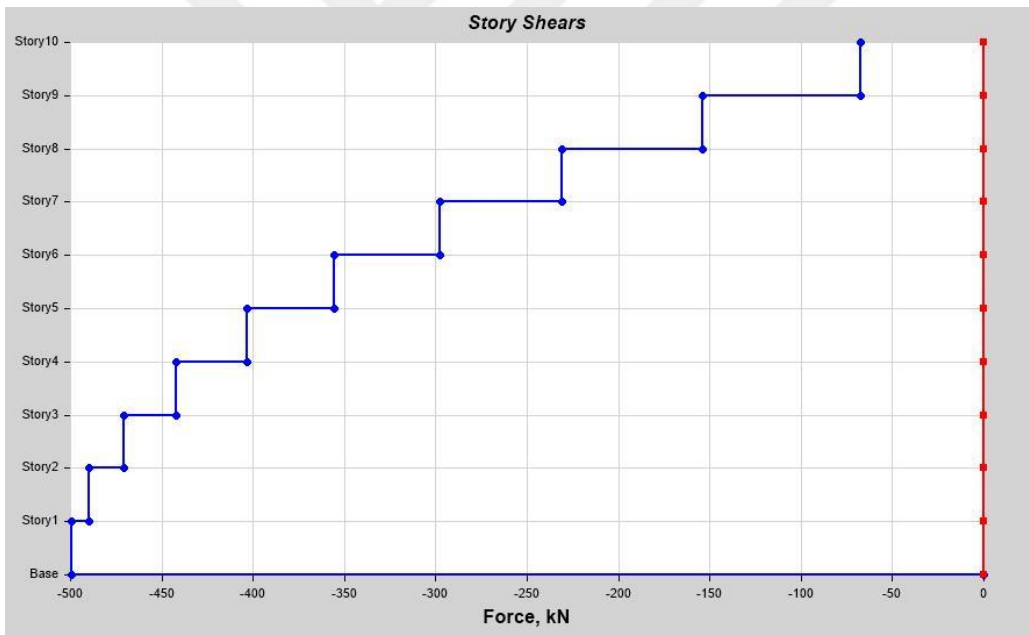
Kat	Kombinasyon	Hareket Tipi	Max Öteleme	
			TBDY	Afganistan
Kat10	UDCon7	Max	0.000344	0.000265
Kat10	UDCon7	Min	0.000344	0.000265
Kat9	UDCon7	Max	0.000357	0.000275
Kat9	UDCon7	Min	0.000357	0.000275
Kat8	UDCon7	Max	0.000365	0.000281
Kat8	UDCon7	Min	0.000365	0.000281
Kat7	UDCon7	Max	0.000367	0.000282
Kat7	UDCon7	Min	0.000367	0.000282
Kat6	UDCon7	Max	0.000359	0.000276
Kat6	UDCon7	Min	0.000359	0.000276
Kat5	UDCon7	Max	0.000338	0.00026
Kat5	UDCon7	Min	0.000338	0.00026
Kat4	UDCon7	Max	0.000303	0.000233
Kat4	UDCon7	Min	0.000303	0.000233
Kat3	UDCon7	Max	0.000251	0.000193
Kat3	UDCon7	Min	0.000251	0.000193
Kat2	UDCon7	Max	0.00018	0.000138
Kat2	UDCon7	Min	0.00018	0.000138
Kat1	UDCon7	Max	0.000086	0.000066
Kat1	UDCon7	Min	0.000086	0.000066

Çizelge 5.9: Kat Kuvvetleri

Kat	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY Afganistan P (kN)		TBDY Afganistan VX (kN)	
Kat10	UDCon7	Max	Üst	176	176	120	92
Kat10	UDCon7	Max	Alt	384	384	120	92
Kat10	UDCon7	Min	Üst	176	176	-120	-92
Kat10	UDCon7	Min	Alt	384	384	-120	-92
Kat9	UDCon7	Max	Üst	560	560	259	199
Kat9	UDCon7	Max	Alt	768	768	259	199
Kat9	UDCon7	Min	Üst	560	560	-259	-199
Kat9	UDCon7	Min	Alt	768	768	-259	-199
Kat8	UDCon7	Max	Üst	944	944	370	285
Kat8	UDCon7	Max	Alt	1152	1152	370	285
Kat8	UDCon7	Min	Üst	944	944	-370	-285
Kat8	UDCon7	Min	Alt	1152	1152	-370	-285
Kat7	UDCon7	Max	Üst	1329	1329	460	354
Kat7	UDCon7	Max	Alt	1536	1536	460	354
Kat7	UDCon7	Min	Üst	1329	1329	-460	-354
Kat7	UDCon7	Min	Alt	1536	1536	-460	-354
Kat6	UDCon7	Max	Üst	1713	1713	533	410
Kat6	UDCon7	Max	Alt	1920	1920	533	410
Kat6	UDCon7	Min	Üst	1713	1713	-533	-410
Kat6	UDCon7	Min	Alt	1920	1920	-533	-410
Kat5	UDCon7	Max	Üst	2097	2097	594	456
Kat5	UDCon7	Max	Alt	2305	2305	594	456
Kat5	UDCon7	Min	Üst	2097	2097	-594	-456
Kat5	UDCon7	Min	Alt	2305	2305	-594	-456
Kat4	UDCon7	Max	Üst	2481	2481	641	493
Kat4	UDCon7	Max	Alt	2689	2689	641	493
Kat4	UDCon7	Min	Üst	2481	2481	-641	-493
Kat4	UDCon7	Min	Alt	2689	2689	-641	-493
Kat3	UDCon7	Max	Üst	2865	2865	677	520
Kat3	UDCon7	Max	Alt	3073	3073	677	520
Kat3	UDCon7	Min	Üst	2865	2865	-677	-520
Kat3	UDCon7	Min	Alt	3073	3073	-677	-520
Kat2	UDCon7	Max	Üst	3249	3249	698	537
Kat2	UDCon7	Max	Alt	3457	3457	698	537
Kat2	UDCon7	Min	Üst	3249	3249	-698	-537
Kat2	UDCon7	Min	Alt	3457	3457	-698	-537
Kat1	UDCon7	Max	Üst	3633	3633	707	544
Kat1	UDCon7	Max	Alt	3841	3841	707	544
Kat1	UDCon7	Min	Üst	3633	3633	-707	-544
Kat1	UDCon7	Min	Alt	3841	3841	-707	-544



Şekil 5.2: Alt Kesme Kuvvetleri (TBDY)



Şekil 5.3: Alt Kesme Kuvvetleri (Afganistan)

5.1.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)

Çizelge 5.10: Yapı Tepkileri

Komb.	Hareket Tipi	TBDY Afganistan		TBDY Afganistan		TBDY Afganistan	
		FX (kN)		FZ (kN)		MY (kN-m)	
UDCon2		0	0	1286	1286	-9647	-9647
UDCon3		-268	-126	897	897	-8546	-7579
UDCon4		268	126	897	897	-4915	-5882
UDCon5		-268	-126	673	673	-6860	-5893
UDCon6		268	126	673	673	-3229	-4196
UDCon7	Max	181	132	897	897	-5487	-5826
UDCon7	Min	-181	-132	897	897	-7974	-7635
UDCon8	Max	181	132	673	673	-3801	-4140
UDCon8	Min	-181	-132	673	673	-6288	-5949
UDWal2		0	0	1286	1286	-9647	-9647
UDWal3		-268	-126	897	897	-8546	-7579
UDWal4		268	126	897	897	-4915	-5882
UDWal5		-268	-126	673	673	-6860	-5893
UDWal6		268	126	673	673	-3229	-4196
UDWal7	Max	181	132	897	897	-5487	-5826
UDWal7	Min	-181	-132	897	897	-7974	-7635
UDWal8	Max	181	132	673	673	-3801	-4140
UDWal8	Min	-181	-132	673	673	-6288	-5949

Çizelge 5.11: Kütle Merkezinin Yerdeğiştirilmesi

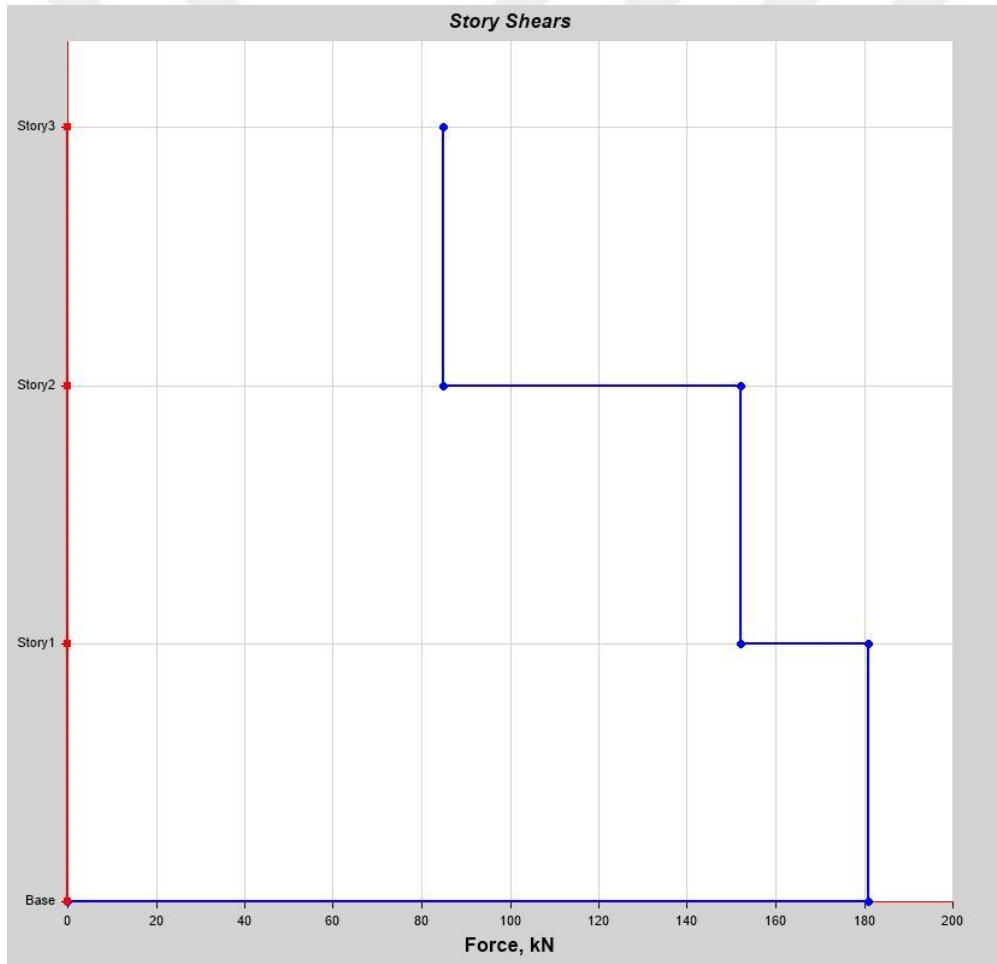
Kat	Kombinasyon	TBDY Afganistan	
		Ux (m)	
Kat3	UDCon3	0.000365	0.00017
Kat2	UDCon3	0.000226	0.000106
Kat1	UDCon3	0.000089	0.000042
Base	UDCon3	0	0

Çizelge 5.12: Kütle Merkezinin Yerdeğiştirilmesi

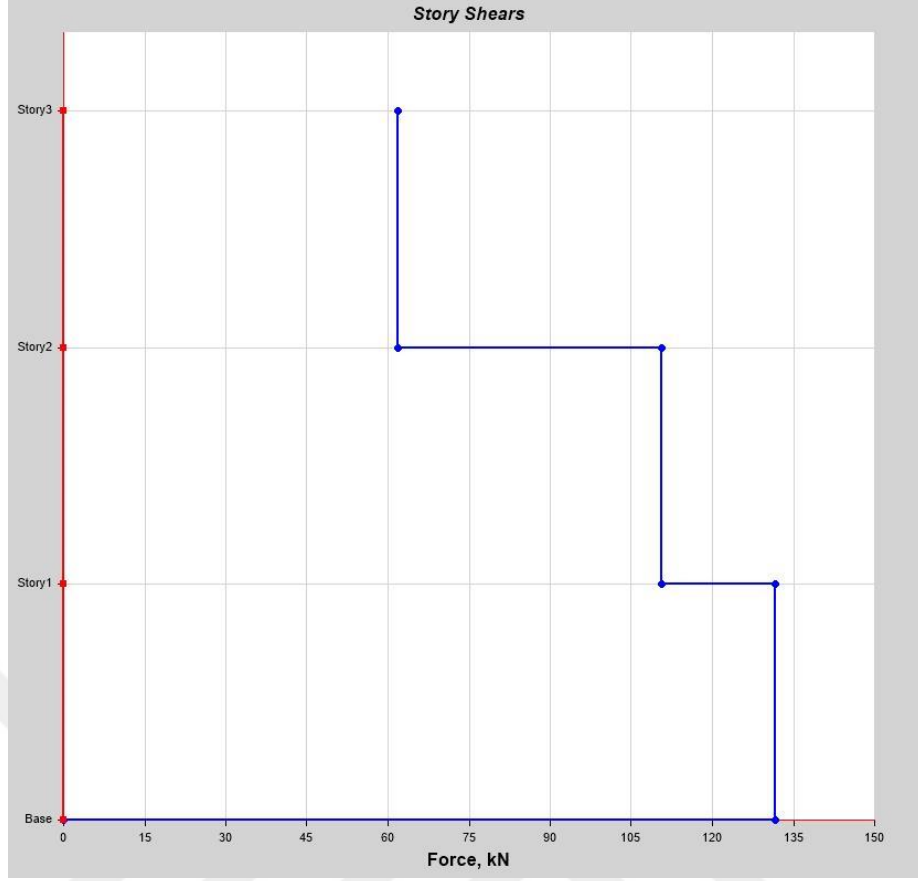
Kat	Kombinasyon	Hareket Tipi	Max Öteleme	
			TBDY	Afganistan
Kat3	UDCon7	Max	0.000032	0.000023
Kat3	UDCon7	Min	0.000032	0.000023
Kat2	UDCon7	Max	0.000032	0.000023
Kat2	UDCon7	Min	0.000032	0.000023
Kat1	UDCon7	Max	0.00002	0.000015
Kat1	UDCon7	Min	0.00002	0.000015

Çizelge 5.13: Kat Kuvvetleri

Kat	Kombinasyon Hareket Tipi	Konum	TBDY P (kN)	Afganistan P (kN)	TBDY VX (kN)	Afganistan VX (kN)
Kat3	UDCon7	Max Üst	166	166	85	62
Kat3	UDCon7	Max Alt	299	299	85	62
Kat3	UDCon7	Min Üst	166	166	-85	-62
Kat3	UDCon7	Min Alt	299	299	-85	-62
Kat2	UDCon7	Max Üst	465	465	152	111
Kat2	UDCon7	Max Alt	598	598	152	111
Kat2	UDCon7	Min Üst	465	465	-152	-111
Kat2	UDCon7	Min Alt	598	598	-152	-111
Kat1	UDCon7	Max Üst	764	764	181	132
Kat1	UDCon7	Max Alt	897	897	181	132
Kat1	UDCon7	Min Üst	764	764	-181	-132
Kat1	UDCon7	Min Alt	897	897	-181	-132



Şekil 5.4: Alt Kesme Kuvvetleri (TBDY)



Şekil 5.5: Alt Kesme Kuvvetleri (Afganistan)

5.2 Modal Analiz Sonuçları

Sistemin titreşiminin dinamik davranışını açıklamak için matematiksel bir model oluşturmak için gereken parametreleri (iç titreşim sönümlemesinin doğal frekans modeli gibi) belirleme işlemidir.

Titreşimli yapılar tek ve çok serbestlik dereceli sistemler olarak tasarlanabilir. Ek olarak, doğrusal titreşim teorisinde, çok dereceli bir Özgürlük Sistemi, birkaç tek dereceli serbestlik sisteminin toplamı olarak ifade edilebilir.

5.2.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)

“Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, YM, (X) deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan Alt kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.” [25]

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad (5.1)$$

Çizelge 5.14: Modal Katılan Kütle Oranları

Durum	Mod	Periyot saniye	UX	SumUX
Modal	1	0.801	0.6721	0.6721
Modal	2	0.186	0.1703	0.8423
Modal	3	0.079	0.0644	0.9067
Modal	4	0.046	0.0341	0.9408
Modal	5	0.031	0.02	0.9608 > 0.95

TBDY 2018'de yukarıdaki paragrafa göre çizelgede belirtilen 0.9608 katsayısına göre efektif mod sayısı 5 moddur ve bu yapının ana modu 0.801 saniye periyotlu birinci moddur.

5.2.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)

“Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, YM, (X) deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan Alt kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.” [25]

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad (5.1)$$

Çizelge 5.15: Modal Katılan Kütle Oranları

Durum	Mod	Periyot saniye	UX	SumUX
Modal	1	0.286	0.6832	0.6832
Modal	2	0.065	0.1931	0.8763
Modal	3	0.029	0.0661	0.9424
Modal	4	0.018	0.0293	0.9718 > 0.95

TBDY 2018'de yukarıdaki paragrafa göre çizelgede belirtilen 0.9718 katsayısına göre efektif mod sayısı 4 moddur ve bu yapının ana modu 0.286 saniye periyotlu birinci moddur.

5.2.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)

“Modal hesap yöntemlerinde, hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, YM, (X) deprem doğrultusunda her bir mod için hesaplanan Alt kesme kuvveti modal etkin kütlelerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması kuralına göre belirlenecektir.” [25]

$$\sum_{n=1}^{YM} m_{txn}^{(X)} \geq 0.95m_t \quad (5.1)$$

Çizelge 5.16: Modal Katılan Kütle Oranları

Durum	Mod	Periyot saniye	UX	SumUX
Modal	1	0.049	0.7899	0.7899
Modal	2	0.014	0.1895	0.9794 > 0.95

TBDY 2018'de yukarıdaki paragrafa göre çizelgede belirtilen 0.7899 katsayısına göre efektif mod sayısı 2 moddur ve bu yapının ana modu 0.049 saniye periyotlu birinci moddur.

5.3 Dinamik Analiz Sonuçları

Tepki spektrumu analizi (Response-spectrum analysis), esasen elastik bir yapının olası maksimum sismik tepkisini göstermek için her doğal titreşim modunun katkısını ölçen doğrusal-dinamik bir istatistiksel analiz yöntemidir. Tepki spektrumu analizi, belirli bir süre ve sönümleme seviyesi için yapısal dönemin bir fonksiyonu olarak sözde spektral ivmeyi, hızı veya yer değiştirmeyi ölçerek dinamik davranışa ilişkin bilgi sağlar. Tepki spektrumlarını, düzgün bir eğrinin yapısal periyodun her gerçekleşmesi için en yüksek tepkiyi temsil edecek şekilde sarması pratiktir.

Tepki spektrumu analizi, yapısal tip seçimini dinamik performansla ilişkilendirdiği için tasarıma karar vermede faydalıdır. Daha kısa periyotlu yapılar daha fazla hızlanma yaşarken, daha uzun periyotlu yapılar daha fazla yer değiştirme yaşar. Ön tasarım ve tepki-spektrum analizi sırasında yapısal performans hedefleri dikkate alınmalıdır.

Azaltılmış İç Kuvvetlerin ve Yerdeğiştirmelerin Eşdeğer Alt Kesme Kuvvetine Göre Büyütülmesi:

“Herhangi bir (X) deprem doğrultusu için (X) $V_{tx} < \gamma_E V_{tE}$ olması durumunda, Aşağıdaki şartlarına göre uygulanan modal hesap yöntemi ile elde edilen tüm azaltılmış iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri, Denk.(5.2) ile verilen eşdeğer Alt kesme kuvveti büyütme katsayısı (X) β_{tE} ile çarpılarak büyütülecektir.” [25]

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{\gamma_E V_{tE}^{(X)}}{V_{tx}^{(X)}} \geq 1 \quad (5.2)$$

(a) “A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda $\gamma_E = 0.90$ alınacaktır.” [25]

(b) “düzensizliklerden hiçbirinin binada bulunmaması durumunda $\gamma_E = 0.80$ alınacaktır.” [25]

Yüksek katlı, orta ve kısa yapılar karşılaştırıldığında TBDY ve Afganistan'a göre A1, B2 ve B3 düzensizliği görülmediğinden, $\gamma_E = 0.8$.

5.3.1 20 katlı bina (yüksek yapı – a gurubu)

- TBDY 2018:

$$V_{tE} = -766.3153 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 636.7315 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 766.3153}{636.7315} = 0.962811$$

- Afganistan Yönetmeliği:

$$V_{tE} = -766.3153 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 636.7315 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 766.3153}{636.7315} = 0.962811$$

Çizelge 5.17: Göreli Kat Ötelemesi

Kat	Kombinasyon	Max Öteleme		Hangi Yönetmelikte R Katsayısı Daha Küçük
		TBDY	Afganistan	
Kat20	SPX	0.001098	0.001098	TBDY
Kat19	SPX	0.001123	0.001123	TBDY
Kat18	SPX	0.001145	0.001145	TBDY
Kat17	SPX	0.001169	0.001169	TBDY
Kat16	SPX	0.001189	0.001189	TBDY
Kat15	SPX	0.001206	0.001206	TBDY
Kat14	SPX	0.001216	0.001216	TBDY
Kat13	SPX	0.001219	0.001219	TBDY
Kat12	SPX	0.001214	0.001214	TBDY
Kat11	SPX	0.0012	0.0012	TBDY
Kat10	SPX	0.001176	0.001176	TBDY
Kat9	SPX	0.00114	0.00114	TBDY
Kat8	SPX	0.001092	0.001092	TBDY
Kat7	SPX	0.001028	0.001028	TBDY
Kat6	SPX	0.000946	0.000946	TBDY
Kat5	SPX	0.000845	0.000845	TBDY
Kat4	SPX	0.000721	0.000721	TBDY
Kat3	SPX	0.000572	0.000572	TBDY
Kat2	SPX	0.000393	0.000393	TBDY
Kat1	SPX	0.000176	0.000176	TBDY

Yukarıdaki çizelgenin karşılaştırmasına ve her katın Ötelemesi ve Yönetmeliklerin birbiriyle karşılaştırılmasına göre bu örnekte, Afganistan Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği tarafından incelenen yapının öteleme miktarı dikkate alınarak aynı deprem spektrumunda eşit yer almaktadır.

Çizelge 5.18: Perde Pier Kuvvetleri

Kat	Pier	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan
					P (kN)		V2 (kN)		M3 (kN-m)	
Kat20	P1	SPX	Max	Üst	0	0	135.1372	135.1372	48.1656	48.1656
Kat20	P1	SPX	Max	Alt	0	0	88.5994	88.5994	230.4487	230.4487
Kat19	P1	SPX	Max	Üst	0	0	79.8635	79.8635	198.6278	198.6278
Kat19	P1	SPX	Max	Alt	0	0	81.1467	81.1467	296.4206	296.4206
Kat18	P1	SPX	Max	Üst	0	0	115.2281	115.2281	287.5324	287.5324
Kat18	P1	SPX	Max	Alt	0	0	116.7423	116.7423	361.8231	361.8231
Kat17	P1	SPX	Max	Üst	0	0	147.0888	147.0888	354.5523	354.5523
Kat17	P1	SPX	Max	Alt	0	0	147.8175	147.8175	424.7873	424.7873
Kat16	P1	SPX	Max	Üst	0	0	171.2047	171.2047	412.1396	412.1396
Kat16	P1	SPX	Max	Alt	0	0	170.3725	170.3725	491.1794	491.1794
Kat15	P1	SPX	Max	Üst	0	0	190.0597	190.0597	470.0391	470.0391
Kat15	P1	SPX	Max	Alt	0	0	187.7162	187.7162	559.7651	559.7651
Kat14	P1	SPX	Max	Üst	0	0	206.0044	206.0044	530.3167	530.3167
Kat14	P1	SPX	Max	Alt	0	0	202.2831	202.2831	629.0216	629.0216
Kat13	P1	SPX	Max	Üst	0	0	221.292	221.292	592.0191	592.0191
Kat13	P1	SPX	Max	Alt	0	0	216.3206	216.3206	699.0366	699.0366
Kat12	P1	SPX	Max	Üst	0	0	237.6696	237.6696	654.2801	654.2801
Kat12	P1	SPX	Max	Alt	0	0	231.4275	231.4275	772.5928	772.5928
Kat11	P1	SPX	Max	Üst	0	0	256.4192	256.4192	718.2592	718.2592
Kat11	P1	SPX	Max	Alt	0	0	248.6613	248.6613	855.4727	855.4727
Kat10	P1	SPX	Max	Üst	0	0	278.3589	278.3589	788.0553	788.0553
Kat10	P1	SPX	Max	Alt	0	0	268.5833	268.5833	956.1115	956.1115
Kat9	P1	SPX	Max	Üst	0	0	303.8716	303.8716	870.8829	870.8829
Kat9	P1	SPX	Max	Alt	0	0	291.3254	291.3254	1084.527	1084.527
Kat8	P1	SPX	Max	Üst	0	0	332.9745	332.9745	976.456	976.456
Kat8	P1	SPX	Max	Alt	0	0	316.6882	316.6882	1250.7102	1250.7102
Kat7	P1	SPX	Max	Üst	0	0	365.3581	365.3581	1115.508	1115.508
Kat7	P1	SPX	Max	Alt	0	0	344.1867	344.1867	1463.1191	1463.1191
Kat6	P1	SPX	Max	Üst	0	0	400.4763	400.4763	1297.935	1297.935
Kat6	P1	SPX	Max	Alt	0	0	373.1328	373.1328	1727.9236	1727.9236
Kat5	P1	SPX	Max	Üst	0	0	437.5389	437.5389	1531.4469	1531.4469
Kat5	P1	SPX	Max	Alt	0	0	402.6344	402.6344	2049.054	2049.054
Kat4	P1	SPX	Max	Üst	0	0	475.8308	475.8308	1821.1564	1821.1564
Kat4	P1	SPX	Max	Alt	0	0	431.8385	431.8385	2428.8539	2428.8539
Kat3	P1	SPX	Max	Üst	0	0	513.7976	513.7976	2170.3878	2170.3878
Kat3	P1	SPX	Max	Alt	0	0	459.3737	459.3737	2868.2924	2868.2924
Kat2	P1	SPX	Max	Üst	0	0	555.2854	555.2854	2579.38	2579.38
Kat2	P1	SPX	Max	Alt	0	0	488.4286	488.4286	3371.9131	3371.9131
Kat1	P1	SPX	Max	Üst	0	0	575.9559	575.9559	3053.5858	3053.5858
Kat1	P1	SPX	Max	Alt	0	0	454.7461	454.7461	3811.9783	3811.9783

Çizelge 5.19: Perde Spandrel Kuvvetleri

Kat	Spandrel	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan
					P (kN)		V2 (kN)		M3 (kN-m)	
Kat19	S1	SPX	Max	Sol	13.6716	13.6716	35.6032	35.6032	23.9499	23.9499
Kat19	S1	SPX	Max	Sağ	13.6716	13.6716	35.6032	35.6032	23.9499	23.9499
Kat18	S1	SPX	Max	Sol	14.4298	14.4298	56.3644	56.3644	24.8276	24.8276
Kat18	S1	SPX	Max	Sağ	14.4298	14.4298	56.3644	56.3644	24.8276	24.8276
Kat17	S1	SPX	Max	Sol	17.109	17.109	74.9969	74.9969	29.5462	29.5462
Kat17	S1	SPX	Max	Sağ	17.109	17.109	74.9969	74.9969	29.5462	29.5462
Kat16	S1	SPX	Max	Sol	19.6748	19.6748	89.4931	89.4931	33.8199	33.8199
Kat16	S1	SPX	Max	Sağ	19.6748	19.6748	89.4931	89.4931	33.8199	33.8199
Kat15	S1	SPX	Max	Sol	22.5019	22.5019	100.3921	100.3921	36.9587	36.9587
Kat15	S1	SPX	Max	Sağ	22.5019	22.5019	100.3921	100.3921	36.9587	36.9587
Kat14	S1	SPX	Max	Sol	25.4898	25.4898	109.2629	109.2629	39.6272	39.6272
Kat14	S1	SPX	Max	Sağ	25.4898	25.4898	109.2629	109.2629	39.6272	39.6272
Kat13	S1	SPX	Max	Sol	28.5192	28.5192	117.3412	117.3412	42.4226	42.4226
Kat13	S1	SPX	Max	Sağ	28.5192	28.5192	117.3412	117.3412	42.4226	42.4226
Kat12	S1	SPX	Max	Sol	31.5369	31.5369	125.6161	125.6161	45.7481	45.7481
Kat12	S1	SPX	Max	Sağ	31.5369	31.5369	125.6161	125.6161	45.748	45.748
Kat11	S1	SPX	Max	Sol	34.611	34.611	134.789	134.789	49.7657	49.7657
Kat11	S1	SPX	Max	Sağ	34.611	34.611	134.789	134.789	49.7657	49.7657
Kat10	S1	SPX	Max	Sol	37.9496	37.9496	145.2988	145.2988	54.4588	54.4588
Kat10	S1	SPX	Max	Sağ	37.9496	37.9496	145.2987	145.2987	54.4588	54.4588
Kat9	S1	SPX	Max	Sol	41.897	41.897	157.3504	157.3504	59.705	59.705
Kat9	S1	SPX	Max	Sağ	41.897	41.897	157.3504	157.3504	59.705	59.705
Kat8	S1	SPX	Max	Sol	46.8998	46.8998	170.9475	170.9475	65.3279	65.3279
Kat8	S1	SPX	Max	Sağ	46.8998	46.8998	170.9475	170.9475	65.3279	65.3279
Kat7	S1	SPX	Max	Sol	53.4391	53.4391	185.9235	185.9235	71.1205	71.1205
Kat7	S1	SPX	Max	Sağ	53.4391	53.4391	185.9235	185.9235	71.1205	71.1205
Kat6	S1	SPX	Max	Sol	61.9512	61.9512	201.9817	201.9817	76.8604	76.8604
Kat6	S1	SPX	Max	Sağ	61.9512	61.9512	201.9817	201.9817	76.8604	76.8604
Kat5	S1	SPX	Max	Sol	72.7691	72.7691	218.6954	218.6954	82.285	82.285
Kat5	S1	SPX	Max	Sağ	72.7691	72.7691	218.6954	218.6954	82.285	82.285
Kat4	S1	SPX	Max	Sol	86.1214	86.1214	235.6424	235.6424	87.1798	87.1798
Kat4	S1	SPX	Max	Sağ	86.1214	86.1214	235.6424	235.6424	87.1798	87.1798
Kat3	S1	SPX	Max	Sol	102.0734	102.0734	252.0305	252.0305	91.0302	91.0302
Kat3	S1	SPX	Max	Sağ	102.0734	102.0734	252.0305	252.0305	91.0302	91.0302
Kat2	S1	SPX	Max	Sol	120.7799	120.7799	269.1622	269.1622	94.8516	94.8516
Kat2	S1	SPX	Max	Sağ	120.7799	120.7799	269.1622	269.1622	94.8516	94.8516
Kat1	S1	SPX	Max	Sol	157.5688	157.5688	287.5239	287.5239	112.9009	112.9009
Kat1	S1	SPX	Max	Sağ	157.5688	157.5688	287.5239	287.5239	112.9009	112.9009
Base	S1	SPX	Max	Sol	87.4693	87.4693	96.421	96.421	59.4831	59.4831
Base	S1	SPX	Max	Sağ	87.4693	87.4693	96.421	96.421	59.4831	59.4831

Bu bölümün öteleme kontrol bölümü gibi perde duvarlardaki kuvvetin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmalara ve çizelgelere göre, deprem spektrumunun Afganistan Deprem Yönetmeliği ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği için taşıyıcı sistem katsayısı eşit olduğundan kuvvet miktarı da eşittir.

5.3.2 10 katlı bina (orta yapı – b gurubu)

- TBDY 2018:

$$V_{tE} = -1038.98 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 707.3405 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 1038.98}{707.3405} = 1.175$$

- Afganistan Code:

$$V_{tE} = -499.4012 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 543.9449 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 499.4012}{543.9449} = 0.7345$$

Çizelge 5.20: Göreli Kat Ötelemesi

Kat	Kombinasyon	Max Öteleme		Hangi Yönetmelikte R Katsayısı Daha Küçük
		TBDY	Afganistan	
Kat10	SPX	0.001214	0.000583	TBDY
Kat9	SPX	0.00126	0.000606	TBDY
Kat8	SPX	0.001288	0.000619	TBDY
Kat7	SPX	0.001293	0.000622	TBDY
Kat6	SPX	0.001265	0.000608	TBDY
Kat5	SPX	0.001193	0.000573	TBDY
Kat4	SPX	0.001069	0.000514	TBDY
Kat3	SPX	0.000885	0.000425	TBDY
Kat2	SPX	0.000635	0.000305	TBDY
Kat1	SPX	0.000303	0.000146	TBDY

Yukarıdaki çizelgenin karşılaştırmasına ve her katın ötelemesine ve yönetmeliklerin birbiriyle karşılaştırılmasına göre bu örnekte, Afganistan Yönetmeliği ile incelenen yapının öteleme miktarı göz önüne alındığında aynı deprem spektrumundayız, böylece diğer binalara göre azaltma katsayıları daha yüksektir.

Çizelge 5.21: Perde Pier Kuvvetleri

Kat	Pier	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY Afganistan		TBDY Afganistan		TBDY Afganistan	
					P (kN)		V2 (kN)		M3 (kN-m)	
Kat10	P1	SPX	Max	Üst	0	0	97.9801	47.0997	49.129	23.6166
Kat10	P1	SPX	Max	Alt	0	0	59.1179	28.4184	232.547	111.7869
Kat9	P1	SPX	Max	Üst	0	0	160.9482	77.3689	230.0312	110.5776
Kat9	P1	SPX	Max	Alt	0	0	167.8493	80.6863	207.7558	99.8696
Kat8	P1	SPX	Max	Üst	0	0	272.687	131.0825	232.1973	111.6188
Kat8	P1	SPX	Max	Alt	0	0	275.113	132.2487	325.896	156.6604
Kat7	P1	SPX	Max	Üst	0	0	371.5835	178.6227	245.7082	118.1136
Kat7	P1	SPX	Max	Alt	0	0	369.7877	177.7594	647.073	311.0524
Kat6	P1	SPX	Max	Üst	0	0	457.3062	219.8302	472.6667	227.2141
Kat6	P1	SPX	Max	Alt	0	0	449.6338	216.142	1098.5122	528.0623
Kat5	P1	SPX	Max	Üst	0	0	535.0562	257.2052	867.3047	416.9193
Kat5	P1	SPX	Max	Alt	0	0	520.4039	250.1617	1655.7762	795.9429
Kat4	P1	SPX	Max	Üst	0	0	606.5054	291.5513	1378.6006	662.7027
Kat4	P1	SPX	Max	Alt	0	0	583.6019	280.5414	2311.6558	1111.2287
Kat3	P1	SPX	Max	Üst	0	0	671.3211	322.7086	1992.8672	957.9848
Kat3	P1	SPX	Max	Alt	0	0	639.0003	307.1718	3063.4497	1472.6211
Kat2	P1	SPX	Max	Üst	0	0	732.2625	352.0036	2704.7894	1300.2107
Kat2	P1	SPX	Max	Alt	0	0	688.7908	331.1064	3912.9174	1880.966
Kat1	P1	SPX	Max	Üst	0	0	775.8611	372.9617	3512.2944	1688.3838
Kat1	P1	SPX	Max	Alt	0	0	689.8885	331.6341	4714.8846	2266.4771

Çizelge 5.22: Perde Spandrel Kuvvetleri

Kat	Spandrel	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY Afganistan		TBDY Afganistan		TBDY Afganistan	
					P (kN)		V2 (kN)		M3 (kN-m)	
Kat9	S1	SPX	Max	Sol	13.1018	6.2981	60.6248	29.1428	18.063	8.683
Kat9	S1	SPX	Max	Sağ	13.1018	6.2981	60.6248	29.1428	18.063	8.683
Kat8	S1	SPX	Max	Sol	11.0859	5.3291	124.435	59.8168	36.4586	17.5259
Kat8	S1	SPX	Max	Sağ	11.0859	5.3291	124.435	59.8168	36.4586	17.5259
Kat7	S1	SPX	Max	Sol	11.6545	5.6024	174.8041	84.0295	56.6828	27.2478
Kat7	S1	SPX	Max	Sağ	11.6545	5.6024	174.8041	84.0295	56.6828	27.2478
Kat6	S1	SPX	Max	Sol	21.5564	10.3623	218.1371	104.86	73.1394	35.1586
Kat6	S1	SPX	Max	Sağ	21.5564	10.3623	218.1371	104.86	73.1394	35.1586
Kat5	S1	SPX	Max	Sol	38.123	18.326	255.9116	123.0184	86.1545	41.4151
Kat5	S1	SPX	Max	Sağ	38.123	18.326	255.9116	123.0184	86.1545	41.415
Kat4	S1	SPX	Max	Sol	59.2643	28.4888	289.6432	139.2335	96.6194	46.4456
Kat4	S1	SPX	Max	Sağ	59.2643	28.4888	289.6432	139.2335	96.6194	46.4456
Kat3	S1	SPX	Max	Sol	84.3849	40.5644	319.3599	153.5185	104.3733	50.173
Kat3	S1	SPX	Max	Sağ	84.3849	40.5644	319.3599	153.5185	104.3733	50.173
Kat2	S1	SPX	Max	Sol	113.4534	54.5378	346.0957	166.3705	110.22	52.9835
Kat2	S1	SPX	Max	Sağ	113.4534	54.5378	346.0957	166.3705	110.22	52.9835
Kat1	S1	SPX	Max	Sol	160.5158	77.161	379.3027	182.3334	132.5521	63.7187
Kat1	S1	SPX	Max	Sağ	160.5158	77.161	379.3027	182.3334	132.5521	63.7187
Base	S1	SPX	Max	Sol	102.0979	49.0792	141.9869	68.2541	86.4304	41.5477
Base	S1	SPX	Max	Sağ	102.0979	49.0792	141.9869	68.2541	86.4304	41.5477

Deprem spektrumunun azaltma katsayısının artması nedeniyle, bu bölümün öteleme kontrol bölümü gibi perde duvarlarda kuvvetin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmalar ve çizelgelere göre, perde duvarlarındaki kuvvet miktarının Afganistan düzenlemeleri Türk düzenlemelerinden çok daha az.

5.3.3 3 katlı bina (kısa yapı – c gurubu)

- TBDY 2018:

$$V_{tE} = -268.5 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 180.9793 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 268.5}{180.9793} = 1.186$$

- Afganistan Code:

$$V_{tE} = -126.4337 \text{ KN}$$

$$V_{tx} = 131.6082 \text{ KN}$$

$$\beta_{tE}^{(X)} = \frac{0.8 \times 126.4337}{131.6082} = 0.7685$$

Çizelge 5.23: Göreli Kat Ötelemesi

Kat	Kombinasyon	Max Öteleme		Hangi Yönetmelikte R Katsayısı Daha Küçük
		TBDY	Afganistan	
Kat3	SPX	0.000115	5.40E-05	TBDY
Kat2	SPX	0.000113	5.30E-05	TBDY
Kat1	SPX	7.20E-05	3.40E-05	TBDY

Yukarıdaki çizelgenin karşılaştırmasına ve her katın ötelemesine ve yönetmeliklerin birbiriyle karşılaştırılmasına göre bu örnekte, Afganistan Yönetmeliği ile incelenen yapının öteleme miktarı göz önüne alındığında aynı deprem spektrumundayız, diğer binalara göre azaltma katsayıları daha yüksektir.

Çizelge 5.24: Perde Pier Kuvvetleri

Kat	Pier	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan	TBDY	Afganistan
					P (kN)		V2 (kN)		M3 (kN-m)	
Kat3	P1	SPX	Max	Üst	0	0	88.5902	41.7444	17.2274	8.1177
Kat3	P1	SPX	Max	Alt	0	0	90.4365	42.6145	164.458	77.494
Kat2	P1	SPX	Max	Üst	0	0	169.6114	79.9223	112.1217	52.8327
Kat2	P1	SPX	Max	Alt	0	0	168.9875	79.6283	459.1993	216.3786
Kat1	P1	SPX	Max	Üst	0	0	206.0435	97.0894	381.3737	179.7065
Kat1	P1	SPX	Max	Alt	0	0	201.2173	94.8153	780.9079	367.9704

Çizelge 5.25: Perde Spandrel Kuvvetleri

Kat	Spandrel	Kombinasyon	Hareket Tipi	Konum	TBDY P (kN)	Afganistan	TBDY V2 (kN)	Afganistan	TBDY M3 (kN-m)	Afganistan
Kat2	S1	SPX	Max	Sol	3.7385	1.7616	62.9605	29.6675	25.9075	12.2078
Kat2	S1	SPX	Max	Sağ	3.7385	1.7616	62.9605	29.6675	25.9075	12.2078
Kat1	S1	SPX	Max	Sol	16.4614	7.7567	88.6033	41.7506	36.8989	17.3871
Kat1	S1	SPX	Max	Sağ	16.4614	7.7567	88.6033	41.7506	36.8989	17.3871
Base	S1	SPX	Max	Sol	16.01	7.5441	36.4963	17.1974	20.7883	9.7956
Base	S1	SPX	Max	Sağ	16.01	7.5441	36.4963	17.1974	20.7883	9.7956

Deprem spektrumunun azaltma katsayısının artması nedeniyle, bu bölümün öteleme kontrol bölümü gibi perde duvarlarda kuvvetin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmalar ve çizelgelere göre, perde duvarlarındaki kuvvet miktarının Afganistan düzenlemeleri Türk düzenlemelerinden çok daha az.

5.4 Sonuç

Sismoloji; depremlerin kökeni, zamansal ve uzaysal dağılımı, ölçümü ve sonuçları üzerine yapılan bilimsel bir çalışmadır. Depremler, çok çeşitli nedenlerle tetiklenebilen Dünyanın kabuğundaki sarsıntılardır. Ancak başlangıç noktası biliniyorsa riskleri en aza indirmek için önlemler alınabilir. Deprem (sarsıntı, titreme veya temblor olarak da bilinir) Dünyanın yüzeyindeki sarsıntıdır, sismik dalgalar yaratan Dünyanın litosferindeki ani bir enerji salınımından kaynaklanır. Depremlerin boyutları, nesneleri (ve insanları) havaya fırlatacak ve tüm şehirlerde yıkıma yol açacak şiddette olanlardan hissedilemeyecek kadar zayıf olanlara kadar farklı farklı olabilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarlarken, yapısal bütünlüklerini etkileyen şu özellikleri göz önünde bulundurulur: rijitlik ve mukavemet, düzenlilik, ihtiyaca göre fazlalık, temeller ve yük yönleri. Yapısal mühendislikte, bir perde duvar, tipik olarak rüzgar ve sismik yükler gibi düzlem içi yanal kuvvetlere dayanacak şekilde tasarlanmış bir sismik kuvvet direnç sisteminin dikey bir elemanıdır. Hükümetlerin birçoğunda perde duvarların tasarımını Uluslararası Bina Yönetmeliği ve Uluslararası Konut Yönetmeliği yönlendirmektedir.

Deprem yüklerine karşı en önemli sistemlerden biri perde duvarlardır. Bu tür sistemler, iyi bir sismik deprem etkisi altında sünek ve rijit davranışa sahiptir. Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların davranışları

üzerine çalışmak, depreme dayanıklı yapıların inşasının geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Sismik yönetmelikler veya deprem yönetmelikleri, deprem durumunda binalarda mülk ve yaşamı korumak için tasarlanmış bina yönetmelikleridir. Bu tür kodlara duyulan ihtiyaç, “Depremler insanları öldürmez, binalar yapar.” veya genişletilmiş versiyonda, “Depremler insanları incitmez veya öldürmez. Kötü inşa edilmiş insan yapımı yapılar insanları yaralar ve öldürür.” Sismik yönetmelikler, yoğun nüfuslu bölgelerde yıkıma neden olan büyük depremlere yanıt olarak oluşturuldu ve geliştirildi. Bunlar genellikle son depremlerden ve araştırma bulgularından elde edilen bilgilere dayanarak gözden geçirilir ve sürekli gelişmektedir. Dünya çapında kullanılan birçok sismik yönetmelik vardır. Yönetmeliklerin çoğu, binaların deprem etkileri için nasıl tasarlanacağına ilişkin ortak temel yaklaşımları paylaşır, ancak teknik gereksinimlerinde farklılık gösterir ve yerel jeolojik koşulları, ortak inşaat türlerini, tarihi sorunları vb.

2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren resmi olarak uygulanmaktadır. Ancak yönetmeliğin önceki 2007 sürümünde bulunmayan yeni parçalar için zaten etkilidir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nin yayınlanmasından ve revize edilmesinden AFAD (Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), uygulanmasından ve denetiminden ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sorumludur. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, afet hukukunun ana eki olan bir yönetmeliğin resmi yetkilerine sahiptir. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ndeki yeni iyileştirmeler yönetmelikteki sıralarına uygun olarak sunulmuştur. Bu tez Türkiye Deprem Tehlike Haritaları, binalar için genel tasarım kuralları, kuvvet merkezli tasarım ve deformasyona dayalı değerlendirmenin temel yönleri, mevcut binaların sismik değerlendirmesi ve yüksek ve ayırık nizam binaların tasarımını kapsamaktadır.

Afganistan; Hint, Avrasya ve Arap levhaları arasındaki etkileşimlere yanıt olarak oluşan aktif Alp-Himalaya orojenik kuşağında yer almaktadır. Sonuç olarak, yüksek düzeyde sismik aktiviteye maruz kalmış ve geçmişte birçok zararlı deprem yaşamıştır. Hint, Avrasya ve Arap levhalarının çarpışma sınırı, Afganistan’ın doğusunda ve güneyinde sırasıyla bitişik Pakistan ve İran’da bulunuyor. Bu nedenle, doğu, güney ve güneybatı Afganistan’ı aktif bir levha sınırı kuşatmaktadır. Makran dalma kuşağı olarak bilinen aktif bir dalma kuşağı, Arap plakasının Pakistan’ın

güneybatısında ve İran'ın güneydoğusundaki Avrasya plakası ile etkileşimi nedeniyle oluşur.

Afganistan'da kullanılan betonarme yapılar yönetmeliği ACI 318'dir. Yapısal Beton için Bina Yönetmeliği Gereklilikleri; (Building Code Requirements for Structural Concrete), yapısal beton binaların ve uygulanabildiği durumlarda, yapısal olmayan binaların malzemeleri, tasarımı ve detaylandırılması için minimum gereksinimleri sağlar. Bu yönetmelik, yerinde dökme, prekast, düz, öngerilmemiş, öngerilmeli ve kompozit yapı dahil olmak üzere yapısal sistemleri, elemanları ve bağlantıları ele alır.

Eski adıyla Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları yeni adıyla Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları isimli TS 500 standardı son olarak Şubat 2000 tarihinde yeniden düzenlenerek yürürlüğe konulmuştur. Aralık 1972 tarihinde hazırlanıp uygulamaya konulan bu standart ilk kez Mart 1982, ikinci kez Nisan 1984 ve son olarak da Şubat 2000 tarihinde olmak üzere üç kez düzeltilerek yeniden basılmıştır. Özellikle Mart 1982 tarihindeki düzeltilmesinde standart neredeyse yeni baştan yazılarak çok önemli ilavelerle yeniden basılmıştır. Nisan 1984 düzenlemesinde ise ilk düzeltimde eksik kalan ufak tefek düzenlemeler yapılmıştır. En son yapılan Şubat 2000 düzenlemesinde ise özellikle beton ile ilgili bölümlerde önemli sayılabilecek değişiklikler yapılmıştır.

Binalarda depreme dayanıklı elemanlardan biri de perde duvarlardır. ACI-318 Beton Yönetmeliği'ne uygun olan Afganistan Beton Yönetmeliği'ndeki perde duvarlar özel şartlara ve kurallara sahiptir. Öte yandan, Türkiye'deki beton perde duvar tasarımı TS-500 standardı ve TBDY ile tasarlanmalıdır. Bu bölümde, Afganistan ve Türkiye standartlarına göre perde duvarların tasarım kriterleri ve Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı incelenmiştir. Bir sonraki bölümde, sayısal bir örnek sunularak, sismik yükleme etkisi ve perde duvar üzerindeki etkisi bu iki ülkenin yönetmeliklerine göre incelenecektir.

Afganistan ve Türkiye'deki sismik haritalara, geçmiş depremlere ve sismik faaliyetlere göre, bu ülkeler çok yüksek bir sismik bölgeye dahildir. Bu nedenle, bu alanlardaki tüm yapılar sismik bir koda dayanarak analiz edilmelidir. Bu ülkelerin her ikisi de sismik analiz ve tasarım için deprem standartlarını kullanmaktadırlar, Bu nedenle her bir yapının bulunduğu yere dayanarak, bu kodları tasarım için kullanabiliriz.

Deprem yüklerine karşı en önemli sistemlerden biri perde duvarlardır. Bu tür sistemler, iyi bir sismik deprem etkisi altında sünek ve rijit davranışa sahiptir. Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların davranışları üzerine çalışmak, depreme dayanıklı yapıların inşasının geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Türkiye ve Afganistan Deprem Yönetmelikleri'ne göre perde duvarların sismik davranış değerlendirmelerinden sonra en önemli hedef, sismik analizin sonuçlarının bu iki standartta göre ne kadar farklı olduğu ve sismik bir standardın dünyada ne kadar kullanılabileceğidir.

Bu konunun değerlendirilmesi için en önemli araçlardan biri sonlu elemanlar programlarıdır. Diğer adım, Türkiye ve Afganistan Deprem Standartları'nın son versiyonlarına ve bu konudaki çalışmalara sahip olmaktır.

Betonarme perde duvarların elastik davranışında, perde duvarların sismik davranış değerlendirmesi sonlu elemanlar yöntemi (FEM) ile analiz edilmelidir. Başka bir deyişle, tüm analiz yöntemi doğrusal analiz yöntemi ile olacak ve her bir kuvvet / yer değiştirme elastik davranışta dikkate alınacaktır.

Türkiye ve Afganistan Deprem Standartları üzerinde çalışmak için, bu çalışmada perde duvarların sismik davranışı bir araç olarak seçildi. Modeller arasındaki sonuçları karşılaştırmak için, değiştirilebilir karakter R dir. Her modeldeki R (Deprem Azaltma Katsayısı) değeri değiştirilerek farklı modellerin, sismik davranışının nasıl değişebileceği araştırılacaktır.

Bu çalışmayı yapmanın ilk adımı sismik haritalar, yapı standartları, makaleler, kitaplar vb. sismik bilgileri derlemektir. Daha sonra betonarme binaların tasarım standartları karşılaştırılacaktır. İki betonarme yapı Türkiye ve Afganistan'daki deprem standartları ve kodları kullanılarak tasarlanacak ve incelenecektir. Örnekleri daha iyi karşılaştırmak için binalar üç kategoriye ayrılmıştır: yüksek katlı, orta katlı ve düşük katlı, böylece her bölümde perde duvar kullanmanın etkisi daha iyi araştırılabilir. Her tür yapıda, iki ülkenin sismik özelliklerine göre Sonlu Elemanlar programında modellenecek ve yapısal bir davranış katsayısı karşılaştırması kullanılarak tasarlanacaktır. Daha sonra analiz ve tasarımın sonuçları incelendi ve son olarak belirli bir ülkenin belirli bir deprem standardının diğer ülkelere ne kadar uygulanabileceği belirlendi.

Çizelge 5.26: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları, Dayanım Fazlalığı Katsayıları

Kategori	Türkiye			Afganistan		
	Taşıyıcı Sistemi	R	D	Taşıyıcı Sistemi	R	D
A	A.15	7	2.5	D-3	7	2.5
B	A.22	5	2.5	E-2	6.5	2.5
C	A.33	4	2	E-8	5.5	2.5

Her grupta incelenen iki binanın her bakımdan benzer olduğu göz önüne alındığında (örneğin incelenen malzemeler, boyutlar, kesitler, sınır koşulları, yükler ve spektrum açısından), bu nedenle yalnızca Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayıları (D) bu tezde etkili ve karşılaştırılabilir olabilir.

A grubunda, tüm vakalarda aynı koşulların varlığından ve çizelge 5-24'e göre görülebileceği gibi Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) ve Dayanım Fazlalığı Katsayıları (D), beklendiği gibi her iki standarda göre eşittir. İki yapının analiz ve tasarım sonuçları aynıdır ve bir fark yaratmayacaktır.

B grubunda, Afganistan Yönetmeliğinin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) TBDY'den yüksek olduğundan yapıya giren sismik kuvvet miktarının daha az olması ve yapıda daha az deformasyon ve daha az kuvvet olması beklenmektedir. Doğrusal statik analizde, TBDY tarafından incelenen iç kuvvetlerin ve katların yer değiştirmesinin oranı ile Görelî Kat Ötelemesi, iç kuvvetlerin ve katların yer değiştirmesinin ve Afganistan Yasası ile incelenen Görelî Kat Ötelemesi 1,3 katıdır. Ancak spektral dinamik analizde, doğrusal statik analizden gelen taban kesme kuvveti ile tepki spektrumundan taban kesme kuvvetinin saklanması nedeniyle, statik analiz gibi iç kuvvetlerin oranı Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) ile orantılı olmayacaktır.

C grubunda, Afganistan Yönetmeliği'nin Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) TBDY'den yüksek olduğundan yapıya giren sismik kuvvet miktarının daha az olması ve yapıda daha az deformasyon ve daha az kuvvet olması beklenmektedir. Doğrusal statik analizde, TBDY tarafından incelenen iç kuvvetlerin ve katların yer değiştirmesinin oranı ile Görelî Kat Ötelemesi, iç kuvvetlerin ve katların yer değiştirmesinin ve Görelî Kat Ötelemesi, Afganistan Yasası ile incelenmiştir 1.375 katıdır. Ancak spektral dinamik analizde, doğrusal statik analizden gelen taban kesme kuvveti ile tepki spektrumundan taban kesme kuvvetinin saklanması

nedeniyle, statik analiz gibi iç kuvvetlerin oranı Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) ile orantılı olmayacaktır.

Bu tezde yapılan çalışmalara göre ve perde duvarlı yüksek katlı betonarme binaların tasarımında statik ve dinamik doğrusal analizlerden elde edilen sonuçlara göre Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ile Afganistan Deprem Yönetmeliği arasında Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayıları (R) açısından bir fark bulunmamaktadır. İki doğrusal analizde, birbirinin deprem yönetmeliği kullanılabilir ancak orta ve kısa binalarda analiz sonuçlarında önemli bir fark vardır, aynı ülkenin yerel yönetmeliklerini kullanmak mümkündür.

Sonuç olarak orta ve kısa betonarme yapıların analiz ve tasarımında aynı bölgenin deprem standardının kullanılması gerektiği önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Conrad, V.** (1909). Beschreibung des seismischen Observatoriums der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien. In: Mitteilungen der
- [2] **Ohnaka, M.** (2013). The Physics of Rock Failure and Earthquakes. Cambridge University Press. p. 148. ISBN 978-1-107-35533-0.
- [3] **Vassiliou, Marius and Hiroo Kanamori** (1982). "The Energy Release in Earthquakes," Bull. Seismol. Soc. Am. 72, 371-387.
- [4] **Spence, William; S.A. Sipkin; G.L. Choy** (1989). "Measuring the Size of an Earthquake". United States Geological Survey. Archived from the original on 2009-09-01. Retrieved 2006-11-03.
- [5] "20 Largest Earthquakes in the World", United States Geological Survey, <https://www.usgs.gov/>
- [6] **Madrigal, Alexis** (4 June 2008). "Top 5 Ways to Cause a Man-Made Earthquake". Wired News. CondéNet. Retrieved 2008-06-05.
- [7] "How Humans Can Trigger Earthquakes". National Geographic. February 10, 2009. Retrieved April 24, 2009.
- [8] "On Shaky Ground, Association of Bay Area Governments, San Francisco, reports 1995,1998 (updated 2003)". Abag.ca.gov. Archived from the original on 2009-09-21. Retrieved 2010-08-23.
- [9] "Natural Hazards – Landslides". United States Geological Survey. Retrieved 2008-09-15.
- [10] "The Great 1906 San Francisco earthquake of 1906". United States Geological Survey. Retrieved 2008-09-15.
- [11] "Mitigation works: Earthquake" (PDF). Earthquake Engineering Research Institute. Retrieved 26 June 2014.
- [12] **Otani, Shunsuke** (October 2008). "The Dawn of Structural Engineering in Japan" (PDF). 14th World Conference on Earthquake Engineering.
- [13] **AIJ/JSCE/BU** (1993). Damage report on 1992 Erzincan earthquake, Turkey. Technical Report by Joint Reconnaissance Team of Architectural Institute of Japan, Japan Society of Civil Engineers, Bogazici University, Istanbul.
- [14] **MWH Engineering and Consultancy.** (2004). Country strategy paper for natural disasters in Turkey. Draft Final Report submitted to Japan International Cooperation Agency.
- [15] **Gulkan, P.** (2000). Building code enforcement at municipal level in Turkey: failure of public policy for effective building hazards mitigation. Disaster Management Implementation and Research Center, Middle East Technical University.
- [16] **AIJ/JSCE/JGS** (2001). Report on the damage investigation of the 1999 Kocaeli earthquake in Turkey. Technical Report by Joint Reconnaissance Team of Architectural Institute of Japan, Japan Society of Civil Engineers, The Japanese Geotechnical Society.
- [17] **Ministry of Public Works.** (1940). Zelzele Mıntıkları Muvakkat Yapı Talimatnamesi. (Temporary building regulation in earthquake zones.) Devlet Matbaası, Ankara (in Turkish)

- [18] **Ministry of Public Works.** (1944). Zelzele Mıntı kaları Muvakkat Yapı Talimatnamesi. (Temporary building regulation in earthquake zones.) Yeni Cezaevi Matbaası, Ankara (in Turkish)
- [19] **Ministry of Public Works and Housing.** (1961). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. (Regulation for structures in disaster areas.) Devrim Basım ve Cilt Evi, Ankara (in Turkish)
- [20] **Ministry of Public Works and Housing.** (1968). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. (Regulation for structures in disaster areas.) Başbakanlık Devlet Matbaası, Ankara (in Turkish)
- [21] **Ministry of Public Works and Housing.** (1975). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. (Regulation for structures in disaster areas.) Official Gazette (in Turkish)
- [22] **Ministry of Public Works and Housing.** (1998). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. (Regulation for structures in disaster areas.) Official Gazette (in Turkish)
- [23] **Ministry of Public Works and Housing.** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. (Regulation for buildings in seismic areas.) Official Gazette (in Turkish)
- [24] T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, 22.01.2020. (<https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>)
- [25] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, T.C. İçişleri Bakanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
- [26] Nicholas Ambraseys, Roger Bilham; Earthquakes in Afghanistan. Seismological Research Letters; 74 (2): 107–123. doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.74.2.107>
- [27] **ANSA.** (2012). “Afghanistan Building Code (ABC).” Afghanistan National Standard Agency (ANSA), Islamic Republic of Afghanistan.
- [28] **USAID.** (2012). “Manual of Construction Methods for Building in Afghanistan.” United States Agency for International Development (USAID), March 10, 2012 Afghanistan.
- [29] **Haziq, N., Kiyotaka, M.** (2017). Afghanistan Building Codes (ABC): Focused on Comparative Analysis and the Viability of Enforcement, AEI 2017: Resilience of the Integrated Building.
- [30] **Afghan Structural Code (ASC),** (2012). ABC/079, Afghan Building Code, ANSA.
- [31] **Topçu, İ.** (2002). “TS 500/ 2000 Standardının Beton Açısından İncelenmesi”. ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, 14 Ekim 2002, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- [32] Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları (TS 500), Türk Standartları Enstitüsü, Şubat 2000.
- [33] **Fahjan, Y. M., Vatansever, S., Özdemir, Z.** (2011). Ölçeklenmiş gerçek deprem kayıtları ile yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizleri. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – Ankara Fajfar, P. 2000. A nonlinear analysis method for performance-based seismic design. Earthquake Spectra, 16(3), 573-592.
- [34] **Abdi, H., Hejazi, F., Jaafar, M.S., Binti Abd. Karim, I.** (2018). “Response Modification Factors for Reinforced Concrete Structures Equipped with Viscous Damper Devices”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 62(1), pp. 11-25.

- [35] <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/fea/whatisfea.html>
- [36] https://www.engr.uvic.ca/~mech410/lectures/FEA_Theory
- [37] <https://cadsay.com/sap2000-nedir>

