

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT YAPILARIN DEPREME KARŞI
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Atila SARIKAYA

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı: YAPI MÜHENDİSLİĞİ / MEKANİK

OCAK 2003

**MEVCUT YAPILARIN DEPREME KARŞI
DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Atila SARIKAYA
(501001142)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2003**

Tez Danışmanı :	Prof. Dr. Hasan BODUROĞLU
Diğer Jüri Üyeleri	Prof. Dr. Zekai CELEP (İ.T.Ü.)
	Prof. Dr. Zekeriya POLAT (Y.T.Ü.)

OCAK 2003

ÖNSÖZ

Türkiye, büyük bir bölümü aktif deprem bölgesi olan, özellikle sanayileşmiş ve sanayileşen bölgelerde ağırlıkla betonarme binaların kullanıldığı bir ülkedir. Geçen yıllarda bir çok deprem oluşmuş, bu depremlerde büyük can ve mal kaybı yaşanmıştır. Bu durum, ülkemizdeki binaların çoğunun mühendislik hizmeti görmediğini, dolayısıyla bu büyük tehlikeye karşı güvenliğin sağlanabilmesi için öncelikle uygun yöntemler kullanılarak binaların sismik performanslarının değerlendirilmesi gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu yöntemler, ülkedeki yapı stoku göz önüne alınırsa, hem hızlı, hem de güvenilir olmalıdırlar.

Bu çalışmada betonarme moment çerçevesi tipindeki binaların sismik performansının değerlendirilmesi için Japonya ve A.B.D.'de geliştirilen iki yöntem incelenmiş, yapı mekaniği açısından yaklaşımları ortaya konmuş, ve örneklerle konunun anlaşılabilirliğinin sağlanması amaçlanmıştır. Biri hızlı, diğeri hesapların güvenilirliğini ön plana alan bu iki yöntem, birbirlerine göre farklı avantajlara sahip oldukları için, ülkemizdeki yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesinde koşullara bağlı olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada hiç bir yardımını esirgemeyen kıymetli hocam Prof. Dr. Hasan BODUROĞLU'ya, tezin yazım ve çizim aşamalarında büyük emekler vererek bana yardımcı olan arkadaşlarım Murat TÜRKMEN ve Murat COŞKUNSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2003

Atila SARIKAYA

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel	1
1.2 Kapsam	2
1.2.1 İncelemeye dahil olan bina tipleri	2
1.2.2 Değerlendirmenin seviyesi	2
1.2.3 Yapısal olmayan elemanlar	2
1.2.4 Çevirilerin kapsamı	3
1.3 Tezin Yapısı	3
1.3.1 İndeks yöntemi	4
1.3.2 FEMA 310 yöntemi	4
1.3.3 Sonuçlar ve öneriler	4
1.3.4 İndeks yöntemi standardının türkçe çevirisi	4
1.3.5 FEMA 310 yayınının türkçe çevirisi	4
1.3.6 İndeks yöntemi uygulama örneği, A binası	4
1.3.7 A binasının FEMA 310 yöntemleri ile analizi	4
2. İNDEKS YÖNTEMİ	5
2.1 Giriş	5
2.2 Genel	5
2.3 Standardın Uygulanamayacağı Durumlar	6
2.4 Sismik Performansın Hesabı ve Yorumlanması	6
2.4.1 Genel akış	6
2.4.2 Sismik performans parametrelerinin hesabı	8
2.4.2.1 E0 ana yapısal performans indeksinin hesabında temel yaklaşım	8
2.4.2.2 Betonarme yapıların karakteristikleri	9
2.4.2.3 Farklı göçme biçimlerine sahip yapıların sismik değerlendirmesi	10
2.4.2.4 Perde-çerçeve tipi binaların sismik davranışları ve değerlendirme teknikleri	12
2.4.2.5 Katlardaki deplasman farklarının parametrelere yansıtılması	15
2.4.3 Eleman dayanım ve sünekliği	16

2.4.3.1 Aşama 1 değerlendirmesindeki dayanım ve süneklik için kabuller ...	16
2.4.3.2 Aşama 2 değerlendirme Prosedüründeki dayanımların hesabı için eşitlikler	16
2.4.3.3 Eleman sünekliğinin elde edilmesi	17
2.5 Sismik Performansın Yorumlanması	19
2.5.1 Karar verme indeksi ISO için ana kavramlar	19
2.5.1.1 Kapsam	19
2.5.1.2 Yapısal güvenlik kavramı	19
2.5.1.3 Ana sismik yargı indeksi ES	20
2.5.1.4 Z bölge indeksi.....	21
2.5.1.5 G zemin indeksi	22
2.5.1.6 U kullanım indeksi.....	23
3. FEMA 310 YÖNTEMİ	24
3.1 Giriş.....	24
3.2 Genel	24
3.2.1 Kapsam.....	25
3.2.1.1 İncelemeye dahil olan bina tipleri.....	25
3.2.1.2 Değerlendirmenin seviyesi	25
3.2.1.3 Kullanılan analiz metotları.....	25
3.2.1.4 Taşıyıcı olmayan elemanlar	25
3.2.2 Önerilen okuma biçimi.....	26
3.2.2.1 FEMA 310'a yapılan atıflar	26
3.3 FEMA 310 Yönteminin Genel Akışı	26
3.3.1 Amaç	26
3.3.2 Genel olarak uygulama prosedürü ve kavramlar	26
3.3.2.1 Aşama 1 değerlendirme prosedürü hakkında genel bilgiler	29
3.3.2.2 Aşama 2 değerlendirme prosedürü hakkında genel bilgiler	29
3.4 FEMA 310 Yönteminin Yapı Mekanik Prensipleri	31
3.4.1 Amaç	31
3.4.2 Giriş.....	31
3.4.3 Yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde temel kavramlar	32
3.4.3.1 Rijitlik	33
3.4.3.2 Süneklik	35
3.4.3.3 Dayanım.....	39
3.4.3.4 Dış kuvvetler	41
3.4.3.5 Kesit tesirleri.....	45
3.4.3.6 Elemanlarda kabul edilebilirlik.....	53
3.5 Kavramlar ve Açıklamalar	64
3.5.1 Amaç, kapsam ve yapı	64
3.5.2 Genel kavramlar	64
3.5.2.1 Bina performans seviyeleri	64
3.5.2.2 Depremsellik bölgesi	68

3.5.2.3 Bina tipi.....	70
3.5.3 Tarama safhası (aşama 1).....	71
3.5.4 Değerlendirme safhası.....	73
3.5.4.1 Binanın matematiksel modelinin oluşturulması	73
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	80
4.1 İndeks Yöntemi	80
4.1.1 Yapısal çözümleme	80
4.1.2 Sünekliklere göre sınıflandırma	80
4.1.3 Burulma etkilerinin hesaba yansıtılması	81
4.2 FEMA 310 Yöntemi.....	81
4.2.1 Hesaplarda zorluk.....	82
4.2.2 Rijitlik	82
4.2.3 Süneklik	82
4.2.4 Dayanım	82
4.2.5 Hareketli yükler.....	83
4.3 Sonuçlar	83
KAYNAKLAR	85
EKLER.....	87
EK-A : İNDEKS YÖNTEMİ STANDARDININ TÜRKÇE ÇEVİRİSİ	88
EK-B : FEMA 310 YAYINININ TÜRKÇE ÇEVİRİSİ:	115
EK-C : İNDEKS YÖNTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ, A BİNASI	225
EK-D : A BİNASININ FEMA 310 İLE ANALİZİ.....	242
ÖZGEÇMİŞ.....	265

KISALTMALAR

- A.Y.** : Acil Yerleşim Performans Seviyesi
D : Doğru/Sağlanıyor
C.G. : Can Güvenliği Performans Seviyesi
LY : Limit Yok
Y : Yanlış/Sağlanmıyor

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Topoğrafik etkiler için G indeksi.....	22
Tablo 3.1 : Efektif Rijitlik Değerleri.....	34
Tablo 3.2 : FEMA273'te efektif sönümün bir fonksiyonu olarak parametreleri....	70
Tablo A.1 : Aşama 1 inceleme Prosedürü İçin Elemanların Sınıflandırılması.....	93
Tablo A.2 : Aşama 2 inceleme Prosedürü için Elemanların Sınıflandırılması	96
Tablo A.3 : Denk.(5) 'deki a_2 değeri	97
Tablo A.4 : Denk.(5)'deki a_3 değeri	97
Tablo A.5 : Aşama 1 Değerlendirmesi için Süneklik İndeksi F.....	104
Tablo A.6 : Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü için Süneklik İndeksi F	104
Tablo A.7 : SD İndeksinin Hesabı için G_I ve R_I Katsayıları	107
Tablo A.8 : T indeksi için araştırma doneleri (Aşama 1 Değerlendirmesi)	111
Tablo A.9 : Araştırma Doneleri ve Değerleri (Aşama 2 Değerlendirmesi)	112
Tablo B-2.1 : Depremsellik Bölgesinin Belirlenmesi	138
Tablo B-3.1 : Kalite Tescilli Binalar	143
Tablo B-3.2 : Aşama 1 Değerlendirmesinde Kullanılacak Kontrol Listeleri.....	146
Tablo B-3.3 : İleri Değerlendirmenin Gerekliliği.....	147
Tablo B-3.3 : İleri Değerlendirmenin Gerekliliği.....	147
Tablo B-3.4 : C modifikasyon çarpanı	147
Tablo B-3.5 : Bir saniyelik periyotta Zemin sınıfına bağlı F_v değerleri.....	152
Tablo B-3.6 : Zemin tipine ve kısa periyot spektral ivmeye bağlı F_a değerleri.....	153
Tablo B-3.7 : Taşıyıcı duvarlar için m çarpanları	156
Tablo B-3.8 : Çaprazlar için m çarpanları	157
Tablo B-4.4 : Betonarme elemanlar için m çarpanları	184

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Elastoplastik dinamik davranış.....	8
Şekil 2.2 : Perdeli modelin temsili.....	10
Şekil 2.3 : Kısa Kolonlu Modelin Davranışı	11
Şekil 2.4 : İki tipik bina için dayanım-süneklik ilişkileri	12
Şekil 2.5 : C indeksi etkileşimleri.....	13
Şekil 2.6 : E0 indeksi etkileşimleri.....	13
Şekil 2.7 : Perdelerle kolonların dinamik analizdeki etkileşimleri.....	13
Şekil 2.8 : Denk.(2.7) ile Denk.(2.9) arasındaki ilişki.....	15
Şekil 2.9 : Kolonlar için eleman sünekliği m ile dayanım oranı QBU/QSU ilişkisi .	18
Şekil 2.10 : Eleman sünekliğinin tanımlanması.....	18
Şekil 2.11 : F ile m veya R parametrelerinin ilişkileri.....	19
Şekil 2.12 : Denk.(2.21) ile Denk.(2.22) 'deki parametreler için şekil	23
Şekil 3.1 : FEMA310 Değerlendirme Prosedürü Genel Akış Diyagramı	28
Şekil 3.2 : m çarpanlarının fiziksel anlamı	38
Şekil 3.3 : Lineer Statik Prosedür ve Pseudo Yanal Kuvveti	45
Şekil 3.4 : Genel Eleman Davranış Eğrileri.....	49
Şekil 3.5 : Kuvvet Denetimli Kesit Tesirlerinin Hesabı	51
Şekil 3.6 : Çerçeve Değerlendirmesi - Kirişe ait bilgiler.....	56
Şekil 3.7 : Çerçeve Değerlendirmesi – Kolona Ait Bilgiler	59
Şekil 3.8 : Çok Açıklıklı bir Çerçevenin Değerlendirilmesi	60
Şekil 3.9 : Kiriş Uzunluğu Boyunca Moment Etkilerinin Değerlendirilmesi	62
Şekil 3.10 : Kiriş Plastik Mafsallarının Konumlarının Doğru Olarak Belirlenmesi	63
Şekil 3.11 : Performans Seviyeleri	66
Şekil 3.12 : Sünek bir Yapıda Deformasyon ve Performans	67
Şekil 3.13 : Sünek Olmayan bir Yapıda Deformasyon ve Performans	68
Şekil 3.14 : FEMA 273'te Genel İvme Spektrumu	70
Şekil 3.15 : Aşama 1 Değerlendirme Sistematığı.....	72
Şekil 3.16 : Diyafram ve Taşıyıcı Sistem Deplasmanı	77
Şekil 3.17 : Esnek bir Diyaframda Kuvvet Yayılımı.....	78

Şekil 3.18 : Dizayn Kuvvetlerinin Hesabında Çok Yönlü Sarsıntı Etkileri	79
Şekil B-1.1 : Değerlendirme Prosesi	123
Şekil B-3.1 : Aşama 1 Değerlendirme Akışı	142
Şekil B-4.2 : Aynı hizada olmayan katlar.....	186
Şekil B-4.3 : Farklı yükseklikteki binalar.....	186
Şekil B-4.4 : Yüksek Kat.....	188
Şekil B-4.5 : Yumuşak Kat.....	188
Şekil B-4.6 : Geometrik Düzensizlikler.....	189
Şekil B-4.7 : Düşeyde Düzlem İçi Süreksizlik	190
Şekil B-4.8 : Düşeyde Düzlem Dışı Süreksizlik.....	190
Şekil B-4.9 : Ağır kat.....	190
Şekil B-4.10 : Burulma; A ve B durumları.....	191
Şekil B-4.11 : Burulma; C ve D durumları.....	191
Şekil B-4.12 : Plastik Mafsal Oluşumları	194
Şekil B-4.13 : Çerçevelerde Bolluk	195
Şekil B-4.14 : Alt Donatının Sürekliliği.....	207
Şekil B-4.15 : Diyafram; kiriş modeli	210
Şekil B-4.16 : Rijit ve esnek diyaframlar	210
Şekil B-4.17 : Döşemelerde kritik yük aktarımı	210
Şekil B-4.18 : Planda düzensizlikler.....	212
Şekil B-4.19 : Köşeler	212
Şekil B-4.20 : Diyafram Boşlukları	213
Şekil B-4.21 : Kolonun temele saplanması.....	214
Şekil C.1 : Plan , A Binası.....	226
Şekil C.2 : Önden Görünüş, A Binası	226
Şekil C.3 : B ve C Akslarından kesitler, A binası	227
Şekil C.4 : C çerçevesindeki kiriş ve yapısal olmayan beton duvarların boyutları .	227
Şekil C.5 : Z yönü çerçeveleri	227
Şekil C.6 : A ve B aksı kolonları, enkesit.....	228
Şekil C.7 : C aksı kolonları, enkesit	228

SEMBOL LİSTESİ

a_p	Eleman büyütme çarpanı,
A_{br}	Çaprazın ortalama enkesit alanı,
A_c	İncelenen kattaki tüm kolonların enkesit alanları toplamı,
A_w	Yükleme yönündeki tüm perdelerin yatay enkesit alanlarının toplamı
A_x	Ek dışmerkezlik burulması etkisini temsil eden büyütme çarpanı,
AY	Acil Yerleşim Performans Seviyesi,
$A1$	Aşama 1 Değerlendirmesi,
$A2$	Aşama 2 Değerlendirmesi,
$A3$	Aşama 3 Değerlendirmesi,
C	Beklenen maksimum elastik-olmayan deplasmanlarla lineer elastik deplasmanları ilişkilendiren düzenleme çarpanı,
CG	Can Güvenliği Performans Seviyesi,
C_p	Yatay kuvvet çarpanı,
C_t	Düzenleme çarpanı, geçmiş deprem kayıtları kullanılarak belirlenmiştir. Bina taşıyıcı sisteminin karakteristiklerini göz önüne alıp bina periyodunu ayarlamak için kullanılır;
C_{vx}	Düşeyde dağıtım çarpanı, üçgensel yük dağılımı kabulü esas alınmıştır. Kat ağırlıkları ve yüksekliklerine bağlı olarak değişir;
D	Doğru/Sağlıyor,
D_p	Rölatif Deplasman,
DR, D_r	Kayma Oranı,
E	Elastisite modülü,
F_a	Bölge Katsayısı, Tablo 3-6'da tanımlanmıştır;
f_{br}	Çapraz elemanlarındaki ortalama eksenel kuvvet,
F_i	i katına uygulanan yanal kuvvet,
F_{px}	x katındaki toplam diyafram kuvveti,
F_v	Bölge Katsayısı, Tablo 3-6'da tanımlanmıştır;
F_x	x katındaki toplam kat kuvveti,
F_y	Akma gerilmesi,
h	Kat yüksekliği,
h_i, h_x	Tabandan i veya x katına olan mesafe (ft),
h_n	Tabandan çatı seviyesine kadar mesafe (ft),
I	Atalet momenti,
j	İncelenen katın numarası,
J	Kuvvet-aktarımı azaltım çarpanı,
k	Bina periyoduyla ilgili üstel katsayı,
k_b	Eşdeğer kirişin rijitliği (I/L),
k_c	Eşdeğer kolonun rijitliği (I/h),
L	Boy,
L_{br}	Çaprazların ortalama boyu,
LY	Limit yok,
m	Eleman düzenleme çarpanı,

M_g	Kirişteki moment (k-ft),
n, N	Zemin üstünde kalan kat sayısı,
N_{br}	Çaprazlar basınca göre tasarlanmışsa çekmedeki çubuk sayısı; çaprazlar basınca göre tasarlanmamışsa çekmedeki çubuk sayısı
n_c	Toplam kolon sayısı,
n_f	Toplam çerçeve sayısı,
Q_{CE}	Beklenen Dayanım,
Q_D	Efektif ölü yükten oluşan iç kuvvet,
Q_E	Deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet,
Q_G	Ağırlık yükünden oluşan iç kuvvet,
Q_L	Efektif hareketli yükten oluşan iç kuvvet,
Q_S	Efektif kar yükünden oluşan iç kuvvet,
Q_{UD}	Deformasyon denetimli dizayn iç kuvveti,
Q_{UF}	Kuvvet denetimli dizayn iç kuvveti,
R_p	Eleman tepki azaltım çarpanı,
s	Çaprazlı açıklıkların ortalama açıklığı (ft)
S_{DS}	Dizayn kısa periyot tepki ivmesi,
S_{D1}	Bir saniyelik periyoda karşı gelen dizayn spektral ivmesi,
S_s	Kısa periyot tepki ivmesi,
S_1	Bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivme,
T	Binanın ana titreşim periyodu,
U	Uygulanamaz,
v_{avg}	Ortalama kayma gerilmesi,
V	Pseudo yanıl kuvveti,
V_c	Kolon kesme kuvveti,
V_d	Diyafram kesme kuvveti (lb),
V_j	Kat kesme kuvveti,
w_i, w_x	i veya x. katın toplam bina ağırlığındaki payı,
W	Toplam sismik ağırlık,
W_d	Diyaframa düşen toplam ağırlık yükü,
W_j	j katının üstündeki katların sismik ağırlıklarının toplamı,
Y	Yanlış/Sağlanmıyor,
Δ_d	Diyafram deplasmanı,
Δ_w	Perde veya duvarın düzlem içi deplasmanı,
δ_{avg}	Diyaframın en fazla deplasman yapan noktalarının deplasmanlarının cebrik ortalaması,
δ_{max}	Diyaframın en büyük deplasmanı,
δ_{xA}, δ_{yA}	A binasının x veya y katındaki deplasmanı,
δ_{xB}	B binasının x katındaki deplasmanı,
ρ''	Bir birleşimdeki yatay sargı donatısının hacimsel oranı.

MEVCUT YAPILARIN DEPREME KARŞI DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ ÖZET

Bu çalışmada, betonarme moment çerçevesi tipindeki binaların sismik performanslarının değerlendirilmesi için geliştirilmiş iki yöntem incelenmiştir: İndeks Yöntemi ve FEMA 310 yöntemi. İndeks Yöntemi, 6 kattan yüksek olmayan betonarme perdeli veya perdesiz moment çerçevesi tipi binaların sismik performanslarının değerlendirilmesi amacıyla Japonya’da geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem, yapının sismik performansını etkileyen ana parametrelerin hesaplanıp uygunluğunun değerlendirildiği, hesapların eleman bazında yapılmasına rağmen performansı yapının bütününde ele alan bir prosedürdür. FEMA 310 yöntemi ise, yalnızca betonarme değil, ahşap, çelik ve kagir gibi diğer yapı türlerini de inceleyen, A.B.D.’de geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu çalışmada, FEMA 310’un yalnızca betonarme moment çerçevesi tipi binalar için sağladığı prosedürler ele alınmıştır.

İndeks Yöntemi, sismik performansın değerlendirilmesinde 3 aşama ortaya koymuştur; aşamanın seviyesi yükseldikçe hesapların güvenilirliği de artar. İndeks Yönteminde, birinci aşamada düşey taşıyıcı elemanlardaki kayma gerilmesinin mertebesinde yola çıkılarak binanın incelenen katının güvenilirliği ortaya konur. İkinci aşamada ise düşey taşıyıcı elemanların süneklik ve dayanımlarından hesaplanan indeksler üzerinden bina hakkında yorum yapılır. İndeks Yönteminin 3. aşaması, dayanım ve süneklik hesabını ikinci aşamaya göre daha detaylı hesaplar; ancak bu bölüm buradaki çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

FEMA 310 yöntemi de, 3 aşamalı bir değerlendirme prosedürüdür. Birinci aşamada belirli bina tiplerinin geçmiş depremlerdeki performansları temel alınarak oluşturulmuş ‘kontrol listeleri’ tamamlanır, ikinci aşamada ise Lineer Statik veya dinamik prosedürler ve dayanım hesapları yapılarak elemanların kabul edilebilirliği belirlenir. FEMA 310 yönteminin 3. aşaması, nonlinear prosedürler ile uygulanır, bu aşama buradaki çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.

Örnekler üzerinden yola çıkıldığında, İndeks Yöntemi’nin elemanların dayanım ve süneklik karakteristiklerini iyi modellemesine ve oldukça hızlı bir yöntem olmasına karşılık, düşey olmayan kiriş gibi taşıyıcıların yapı davranışına etkilerini iyi temsil edemediği söylenebilir. FEMA 310 yöntemi ise, detaylı ve güvenilir prosedürler sağlamasına karşılık, hesapların karmaşıklığı açısından uygulayıcıyı zorlayan bir prosedür olarak karşımıza çıkmaktadır.

EVALUATION OF SEISMIC CAPACITY OF EXISTING BUILDINGS SUMMARY

In this study, evaluation of seismic performance of existing reinforced concrete buildings with moment frames has been examined by two methods: Index Procedure and FEMA 310 Procedure. Index Procedure is a procedure which is constituted in Japan, intending seismic evaluation of reinforced concrete frame buildings with less than 6 stories. This procedure calculates the general parameters of seismic performance by element based calculations, and then deals with whole structure for evaluating acceptance of the building. FEMA 310 is a procedure that is constituted in U.S.A and deals with not only reinforced concrete buildings, but also provides procedures for steel, masonry and wood structures. In this study, only procedures for reinforced concrete moment frames in FEMA 310 are investigated.

Index Procedure provides three-leveled tiers for seismic evaluation; as the level of screening increases, the calculations become more reliable. In the first level, safety for assumed story of the building is evaluated by the shear stress on the vertical elements of the building. In second level of screening, building is evaluated by indexes which are calculated by capacity and ductility of vertical structural elements. The third level is the detailed form of second level; but this section is excepted in this study.

FEMA 310 procedure is a three tiered procedure, too. In the first tier, checklists of certain building types which are based on the performance of the buildings at past earthquakes are completed. In the second tier, Linear Static or dynamic procedures and strength calculations are performed and acceptance of the elements are determined. Third tier is performed by non-linear procedures, this tier is out of scope of this study.

Examples indicate that, Index Procedure is fast and able to determine the strength and ductility of members by a good accuracy, but may overlook the non-vertical elements' effect on the structure behavior. FEMA 310 procedure provides detailed and reliable procedures, but calculations are very complicated.

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesi, yapım ve projelendirme kalitesi düşük ve depremselliği yüksek olan ülkemizde hayati önem taşımaktadır. Ancak, ülkemizde değerlendirilmesi gereken büyük bir yapı stoku olmasına rağmen bu yapıların değerlendirilmesi için kişileri bağlayıcı yönetmeliklerin olmaması, bu konuda çalışanları zor duruma düşürmektedir. Yönetmeliklerde temel alınan ‘sünek davranış’ koşullarına uyulmadan yapılmış binalar, bu yönetmeliklere uyularak tasarlanmış ve yapılmış binalardan oldukça farklı davranabilirler. Dolayısıyla mevcut binaların sismik performansının incelenmesinde yeni binalar için kullanılan yönetmelikler doğrudan kullanılırsa hatalı sonuçlara varılabilir.

Bu çalışmada, betonarme moment çerçevesi sınıfındaki mevcut yapıların sismik performansının incelenmesi için yöntemler ortaya konulmuş, ve bu yöntemlerin sonuçları örnekler üzerinde karşılaştırılmıştır. İncelemeye konu olan yöntemler aşağıdaki yayınlardan alınmıştır:

[1] *Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings*,

[2] *Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings*.

Bu çalışmada bundan sonra [1] referansı “İndeks Yöntemi”, [2] referansı ise “FEMA 310” olarak anılacaktır.

Yukarıda bahsedilen iki yayın, bu çalışmanın temel eksenlerini oluştururlar. İndeks Yöntemi, mevcut binaların sismik performansının hızlı olarak değerlendirmesi için Japonya’da geliştirilen bir yöntemdir. Bu yöntemdeki temel yaklaşım, binanın deprem etkileri altında davranışını etkileyebilecek ana parametrelerin ortaya konulup bina hakkında genel bir fikir elde edilmesidir. 3 aşamadan oluşan İndeks Yönteminde

aşamanın seviyesi arttıkça bina hakkında elde edilen bilgiler de artar. FEMA 310 yöntemi ise, mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesi maksadıyla A.B.D.'de geliştirilmiş bir yöntemdir. FEMA 178 [3] ve FEMA 273 [4] yayınları baz alınıp Lineer hesaplar için standartlaştırılmaya çalışılmıştır. Yine 3 aşamalı olan bu yöntemde de incelemenin aşaması arttıkça yapının davranışı hakkında daha detaylı bilgiye sahip olunur.

1.2 Kapsam

Bu çalışmanın kapsamı aşağıdaki şekildedir:

1.2.1 İncelemeye Dahil Olan Bina Tipleri

Bu çalışmada, İndeks Yönteminde, yöntemin kendi kapsamı gereği 6 kat veya daha az katlı betonarme çerçeve (moment çerçevesi) veya perdeli çerçeve tipi binalar için sismik performansı değerlendirme prosedürleri incelenecektir. FEMA 310 yönteminde ise yalnızca moment çerçevesi sınıfındaki binalar incelenecektir. FEMA 310 yöntemi, ahşap, çelik gibi diğer bina sınıfları için de değerlendirme prosedürleri sağlamaktadır.

1.2.2 Değerlendirmenin Seviyesi

İndeks ve FEMA 310 yöntemlerinde değerlendirme 3 aşamalıdır. Bu çalışmada her iki yöntemin de 2. seviyesine kadar inceleme yapılacaktır. FEMA 310 yönteminde 3. aşama zaten doğrudan FEMA 273 kaynağına (ve FEMA 273'ün açıklaması olan FEMA 274'e [5]) yönlendirilmiştir, bu yayın buradaki çalışma için de bir kaynak sağlasa da incelemenin kapsamına dahil edilmemiştir.

1.2.3 Yapısal Olmayan Elemanlar

Yapısal olmayan elemanlar bu çalışmanın kapsamına dahil değildir. Çevirilerde de yapısal olmayan elemanlar için prosedürler verilmemiştir.

1.2.4 Çevirilerin Kapsamı

İndeks Yöntemi ve FEMA 310 yayınlarının çevirilerinde yukarıda bahsedilen kapsamın dışında kalan kısımlar verilmemiştir, dolayısıyla burada verilen çeviriler esas kaynak olarak alınamazlar. Ayrıca, burada verilen çevirilerle yapılan değerlendirmelerde çıkabilecek hatalardan yazar sorumlu tutulamaz; bu yöntemler kullanılırken kaynakların orijinaleri üzerinden hareket edilmelidir. Yazarın çevirileri vermekteki amacı, ana metinden referanslara yapılacak olan göndermelerin anlaşılabilir olmasını sağlamaktır.

1.3 Tezin Yapısı

Bu tezde, [1] ve [2] yayınlarının çevirileri sırasıyla Ek-A ve Ek-B’de verilmiş olup ana metinde de bu yöntemlerin uygulanışı hakkında yorumlar yapılmıştır. Tez, şu ana bölümlere ayrılacaktır.

- 1) Giriş
- 2) İndeks Yöntemi
- 3) FEMA 310 Yöntemi
- 4) Sonuçlar ve Öneriler
- 5) Ek A: İndeks Yöntemi Standardının Türkçe Çevirisi
- 6) Ek B: FEMA 310 yayınının Türkçe çevirisi
- 7) Ek C: İndeks Yöntemi uygulama örneği, A binası
- 8) Ek F : A binasının FEMA 310 ile analizi

Yukarıda bahsedilen ana bölümlerin genel içerikleri ve bu bölümlerde amaçlanan hedefler, her bir ana bölümün Giriş kısmında açıklansa da, burada da özet halinde verilecektir:

1.3.1 İndeks Yöntemi

Bu bölüm, büyük ölçüde Ref.[1] İndeks Yöntemi'nin *Commentary of the Standard* bölümü temel alınarak oluşturulmuştur. Standartta (Ek-A) verilen prosedürlerin nasıl oluşturulduğunu, fiziksel temellerini açıklar.

1.3.2 FEMA 310 Yöntemi

FEMA 310 yöntemi, bir binanın lineer yöntemlerle incelenmesi için prosedürlerden oluşmuştur. FEMA 310 yönteminin temellerini oluşturan FEMA 273 yayını, tezin bu bölümünde de ana kaynak olmuştur. Tezin bu bölümü, FEMA 310'da oldukça kısa açıklamalarla verilen prosedürlerin temel felsefelerinin anlaşılabilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

1.3.3 Sonuçlar ve Öneriler

Tezin bu bölümünde, EK bölümlerinde verilen çalışmalar üzerinden İndeks ve FEMA 310 yöntemleri hakkında yorumlar yapılmıştır.

1.3.4 İndeks Yöntemi Standardının Türkçe Çevirisi

Bu bölüm, Ref.[1]'in Türkçe çevirisidir. Amaç, bu tezin kullanılmasında okuyucuya kolaylık sağlamaktır.

1.3.5 FEMA 310 Yayınının Türkçe Çevirisi

Bu bölüm, Ref.[2]'nin Türkçe çevirisidir. Çevirinin kapsamı için Bölüm 1.2.4'e bakınız.

1.3.6 İndeks Yöntemi Uygulama Örneği, A Binası

Bu bölümde İndeks Yönteminin anlaşılabilmesi için Ref.[1]'de verilen örnek binanın Aşama 1 ve 2 Değerlendirmeleri verilmiştir.

1.3.7 A binasının FEMA 310 yöntemleri ile analizi

Bu bölümde Bölüm 1.3.6'da verilen A binasının FEMA 310 ile analizi yapılmıştır.

2. İNDEKS YÖNTEMİ

2.1 Giriş

Mevcut yapıların sismik performansının hızlıca değerlendirilebilmesi, özellikle yapım ve projelendirme kalitesinin düşük, depremselliğin ise yüksek ve yaygın olduğu ülkemizde büyük bir ihtiyaçtır. 1999 Kocaeli ve Bolu depremleri, büyük şehirlerimizdeki yapıların büyük bir kısmının depreme dayanıklılığının belirlenip önlemlerin hızlıca alınması gerektiğini çok acı bir şekilde ortaya koymuştur. Japonya’da geliştirilen bu standart, bahsettiğimiz amaçlar için uygun bir yöntem olarak görünmektedir.

2.2 Genel

Altı kattan yüksek olmayan perdeli veya perdesiz ‘moment çerçevesi’ (kiriş-kolon karkas bina) tipi betonarme binaların sismik performansının değerlendirilmesi için geliştirilen bu standart, Aşama 1, Aşama 2 ve Aşama 3 değerlendirmeleri olmak üzere 3 prosedürden oluşmaktadır. Bu aşamalar birbirine bağımlı olmak zorunda değildirler ve binanın analizi için istenilen aşama seçilebilir. Aşamanın seviyesi yükseldikçe daha fazla hesaba karşılık bina hakkında daha fazla bilgi edinilir. Değerlendirme seviyelerinin yaklaşımları şu şekilde özetlenebilir:

- **Aşama 1 Değerlendirmesi:**

Aşama 1 Değerlendirmesinde amaç, binanın kolonlarında deprem esnasında oluşacak kayma gerilmesinin mertebesinden yola çıkarak kolonların dayanımları hakkında fikir sahibi olmaktır.

- **Aşama 2 Değerlendirmesi:**

Değerlendirmenin bu aşamasında kolon ve perdelerin dayanımları hesaplanır, elemanların kırılma mekanizmaları ‘kesme’ veya ‘eğilme’ olarak belirlenir. İnceleme, binada deprem esnasında oluşacak kuvvetlerin hesabı için kullanılan yapısal çözümleme üzerinden değil, düşey taşıyıcıların dayanım ve sünekliklerinden yola çıkılarak binanın potansiyel zaaflarının belirlenmesi şeklinde yapılır. Kirişlerin davranışının ‘rijit’ olarak kabul edilmesi sebebiyle, yalnızca düşey taşıyıcı elemanların davranışı göz önüne alınıp bina hakkında yargıya varılır.

- **Aşama 3 Değerlendirmesi:**

Bu aşamada Aşama 2 Değerlendirmesinde göz önüne alınmayan kiriş ve temellerin dönme etkileri de değerlendirmeye dahil edilir ve dönme davranışının da göz önüne alındığı kırılma durumları hesaplanır. Aşama 3 Değerlendirmesi bu çalışmanın kapsamının dışında tutulmuştur.

2.3 Standartın Uygulanamayacağı Durumlar

Bu standart 6 kattan az katlı, taşıyıcı sistemi perdeli veya perdesiz betonarme moment çerçevesi tipi binalar için uygulanabilir.

Yangın geçirmiş, olağandışı taşıyıcı sistemi olan, çok düşük malzeme dayanımlı, 30 yaşını geçmiş binalar için bu standart uygulanabilir değildir. Bu gibi binalarda uygun teknikler kullanılmalıdır.

2.4 Sismik Performansın Hesabı ve Yorumlanması

2.4.1 Genel Akış

Bu standarttaki temel yaklaşım, binanın deprem etkileri altında davranışını etkileyebilecek parametrelerin ortaya konup bina hakkında genel bir fikir elde edilmesi, sonrasında da elde edilen sonucun kabul edilebilirliğinin kontrol edilmesidir. Bu parametreler kısaca şu ana başlıklarda toplanabilir:

- Dayanım

- Süneklik
- Malzeme özelliklerinde kötüleşme
- Binadaki düzensizlikler

Standartta bu parametrelerin bina sismik performansına etkileri, Denk.(2.1)'de gösterildiği şekilde temsil edilmiştir:

$$I_s = E_0 S_D T \quad (2.1)$$

I_s : Yapının genel sismik indeksi.

E_0 : Ana yapısal performans indeksi, taşıyıcı elemanların kapasiteleri ve sünekliklerini içerir.

S_D : Yapı Özellikleri Sismik İndeksi, binanın rijitlik, kütle, burulma gibi geometrisinden kaynaklanan etkileri yansıtan parametre.

T : Zamana Bağlı Kötüleşme İndeksi, binada çatlaklar, korozyon, yangın etkisi, bina yaşı gibi zamanın etkilerini sismik performansa yansıtan parametre.

Hesaplanan I_s indeksi mevcut yapının depremdeki performansını temsil eder. Bu değer, yalnızca binanın iç yapısından etkilenir. Bir de binada olması arzulanan performansın hesabı gereklidir; binanın bulunduğu bölgenin depremselliğinin, binanın depremde ne ölçüde hasar görmesinin beklendiğinin fonksiyonu olan I_{s0} indeksi de arzulanan performansı temsil eder. I_{s0} indeksi Denk.(2.2) ile verilmiştir:

$$I_{s0} = E_s . Z . G . U \quad (2.2)$$

I_{s0} : Genel Sismik Yargı İndeksi.

E_s : Ana Sismik Yargı İndeksi

Z : Sismik Bölge İndeksi, binanın bulunduğu bölgenin depremselliğini içerir.

G : Zemin indeksi, zemin-yapı etkileşimini, üst zemin katmanlarının deprem dalgalarını büyütme etkisini ve topoğrafyayı dikkate alır.

Hesaplanan I_s indeksi I_{s0} ile karşılaştırılarak binanın depremdeki performansı hakkında yargıya varılır; performansın yeterli görülmesi için $I_{s0} > I_s$ olmalıdır.

2.4.2 Sismik Performans Parametrelerinin Hesabı

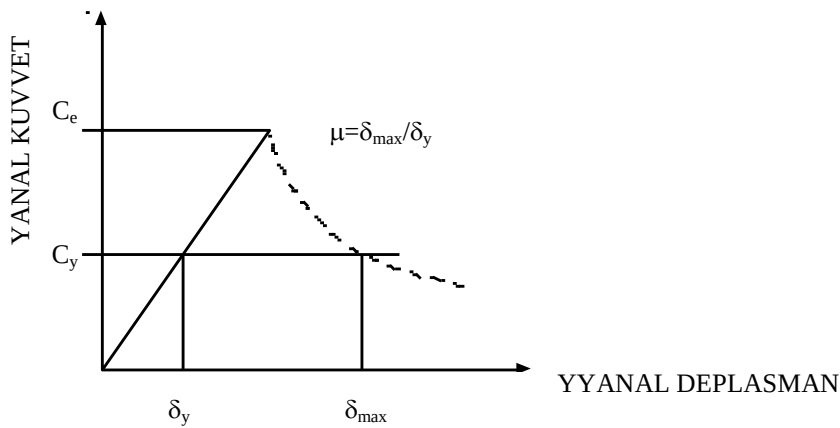
Böl. 2.4.1’de bahsedilen sismik performans parametreleri, her değerlendirme seviyesinde hesaplanır; ancak seçilen seviyeye göre parametrelerin hesaplanış biçimi değişir.

2.4.2.1 E_0 Ana Yapısal Performans İndeksinin Hesabında Temel Yaklaşım

E_0 indeksi, yapısal performansı temsil eden ana parametredir. Yapının sismik performansı, taşıyıcı sistem elemanlarının süneklik ve dayanımlarına bağlıdır; ve bu performansın ana parametresi olan E_0 , dayanım indeksi C ile süneklik indeksi F ’nin uygun bir çarpımı şeklinde elde edilir. Hesap yöntemi değişik inceleme seviyelerine göre farklılık gösterir.

$$E_0 = C \cdot F \quad (2.3)$$

Yukarıdaki eşitliğin anlaşılması için Şekil 2.1’e bakınız:



Şekil 2.1 Elastoplastik dinamik davranış

Sünek davranışla elastik davranışın farklarını temsili olarak gösteren Şekil 2.1’de, tek serbestlikli düşük frekanslı bir sistemin bi-lineer olarak düşünülen geri dönüş karakteristiği, Denk.(2.4) ile modellenmiştir:

$$\frac{C_y}{C_e} = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (2.4)$$

C_e , elastik modelde oluşacak en büyük deplasmandaki kesme kuvveti katsayısıdır. C_y ise elastoplastik modelin δ_y akma deplasmanındaki kesme kuvveti katsayısıdır. Denk.(2.4)’teki μ değişkeni, maksimum elastik deplasman δ_{maks} ’ın akma deplasmanı δ_y ’ye oranıdır ve ‘süneklik oranı’ olarak isimlendirilir. Denk.(2.4) aynı titreşim frekansındaki elastik ve elastoplastik iki modeldeki enerjilerin eşitlenmesiyle elde edilmiştir.

Bu standartta, yapının akma (plastikleşme) durumundaki dayanımı Dayanım İndeksi C ile değerlendirilir; ve benzer şekilde Denk.(2.4)’teki $\sqrt{(2\mu-1)}$ ifadesi de Süneklik İndeksi F ile simgelenir. Sünek davranış, C_y ’nin C ile, $\sqrt{(2\mu-1)}$ ifadesi F ile, dolayısıyla da C_e ’nin E_0 ile simgelenmesi sayesinde yapının elastik davranışı üzerinden yorumlanabilir.

2.4.2.2 Betonarme Yapıların Karakteristikleri

Bir çok araştırma sonucunda gösterilmiştir ki; Denk.(2.4)’te gösterilen elastik davranışla elastoplastik davranışın ilişkisi betonarme yapıların davranışını da iyi modeller. Ancak, betonarme yapıların geri dönüş karakteristikleri Şekil 2.1’de gösterilen bi-lineer davranıştan biraz farklıdır. Betonarme yapılarda kuvvet-yerdeğiştirme eğrisinde eğilme çatlaklarının neden olduğu rijitlik düşümü nedeniyle akma noktasından önce bir dönüm noktası vardır.

Betonarme yapıların çatlaklı kesit gibi kendine has özelliklerinin de modellemeye dahil edilmesiyle Denk.(2.4) şu hale dönüşür:

$$\frac{C_y}{C_e} = \frac{0.75(1 + 0.05\mu)}{\sqrt{2\mu - 1}} \quad (2.5)$$

Denk.(2.5), bu standartta uygulanacak prosedür için şu şekilde düzenlenir:

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1}$$

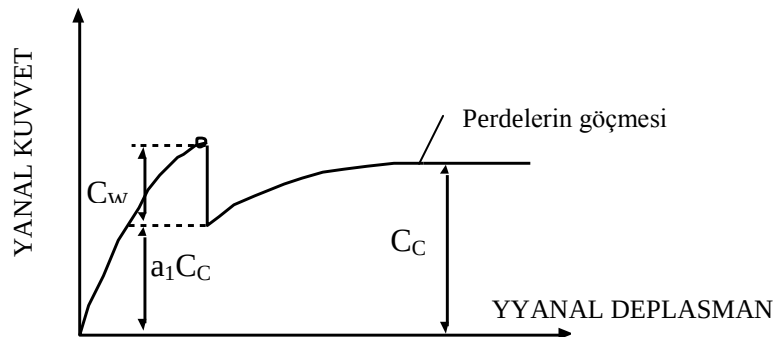
$$\phi = \frac{1}{0.75(1 + 0.05\mu)} \quad (2.6)$$

2.4.2.3 Farklı Göçme Biçimlerine Sahip Yapıların Sismik Değerlendirmesi

Eğer bir yapı eğilme göçmesi davranışına sahip aynı tür elemanlardan oluşuyorsa, ana sismik indeks E_0 Denk.(2.4) kullanılarak kolayca hesaplanabilir. Ancak, farklı göçme karakteristiklerine sahip elemanlar bir aradaysalar değerlendirme o kadar kolay olmayabilir.

- **Perdeli Yapılar**

Perdeli binaların davranışı Şekil 2.2’de temsil edilmiştir:



Şekil 2.2 Perdeli modelin temsili

Bu standartta perdesiz yapılardaki E_0 parametresi Denk.(2.7) ile hesaplanmıştır. Bu denklem Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılır, ve perdelerde kesme kırılması durumunu merkez almıştır. Denklemdeki F_w , perdelerin süneklik indeksidir ve 1.0’a eşittir.

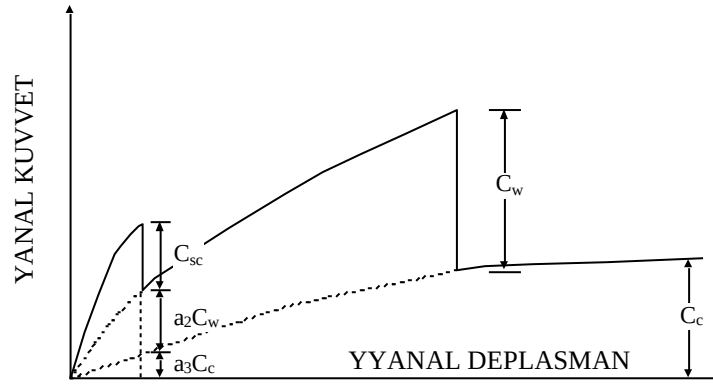
$$E_0 = (C_w + a_1 C_c) F_w \quad (2.7)$$

- **Kısa Kolonlu Yapılar**

Şekil 2.3’ de gösterildiği gibi, kısa kolon (bu standartta, yükseklik/derinlik oranı 2’den az olan elemanlar) içeren binalarda kısa kolonların perdelerden erken göçmeye varması bilinen bir durumdur. Böyle bir yapıda, sismik performansın belirlenmesi için temel olarak iki kriter vardır. Birincisi, kısa kolonların göçmeye vardığı durumdur. Diğeri ise perdelerin göçmeye vardığı durumdaki performanstır. İlk durum için Denk.(2.8) kullanılır. İkinci durum için kısa kolonların göçmesiyle birlikte yanal dayanımın aniden düşmesi sebebiyle, kısa kolonların ihmal edildiği Denk.(2.7) kullanılmalıdır. Ancak, kısa kolon kırıldıktan sonra üzerindeki elemanlardan gelen ağırlık kuvvetlerini karşılayamayacaksa, sismik performans yine Denk.(2.8) kullanılarak değerlendirilmelidir. Böyle bir kolon bu standartta ‘Özel Tehlikeli Kolon’ olarak sınıflandırılacaktır.

$$E_0 = (C_{SC} + a_2 C_W + a_3 C_C) F_{SC} \quad (2.8)$$

C_{SC} için basit olarak 0.8 değeri kabul edilmiştir. Denk(2.8), bu standarttaki Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründe de kullanılmaktadır.



Şekil 2.3 Kısa Kolonlu Modelin Davranışı

2.4.2.4 Perde-Çerçeve Tipi Binaların Sismik Davranışları ve Değerlendirme Teknikleri

Bu bölümde, perdeli-çerçeve tipi binalarda sismik indekslerin hesaplanmaları için bir yaklaşım öne sürülecektir; öncelikle yalnızca perdelerden oluşan bir A binası ve yalnızca çerçevelerden oluşan bir B binası varsayılacak, bu iki binanın bir kompozisyonu olan perdeli çerçeve türü C binasının sismik indeksinin, kendisini oluşturan A ve B tipi binaların karakteristiklerini içerdiği kabulü yapılacaktır.

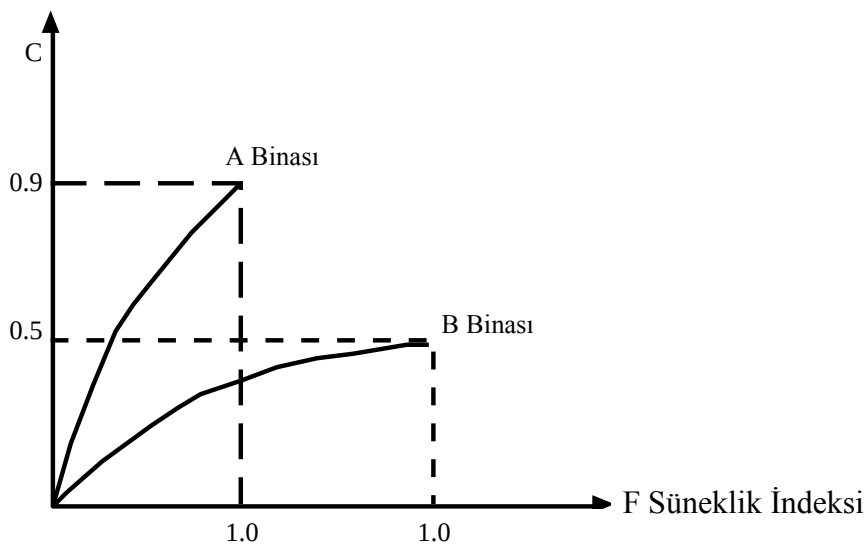
Şekil 2.4’de A ve B binaları için dayanım ve süneklik ilişkileri gösterilmiştir. A binası yalnızca perdelerden oluşur ve dayanım indeksi $C_1=0.9$, süneklik indeksi $F_1=1.0$ kabul edilmiştir. Dolayısıyla, ana sismik indeks E_{01} Denk.(2.3)’e göre şu şekilde bulunur:

$$E_{01}=C_1F_1=0.9*1.0=0.9$$

B binası ise yalnızca sünek kolonlardan oluşmuştur. Dayanım indeksi $C_2=0.45$, süneklik indeksi $F_2=2.0$ kabul edilmiştir. Bu binanın E_{02} ana sismik indeksi A binasıyla aynı çıkar;

$$E_{02}=C_1F_1=0.45*2.0=0.9$$

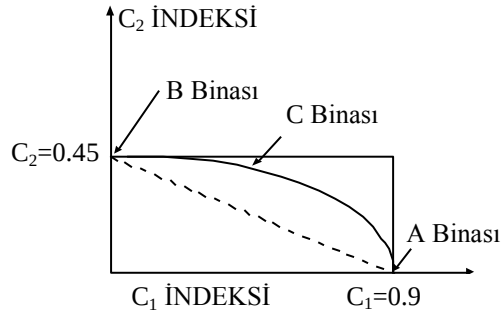
Yanal Kuvvet İndeksi



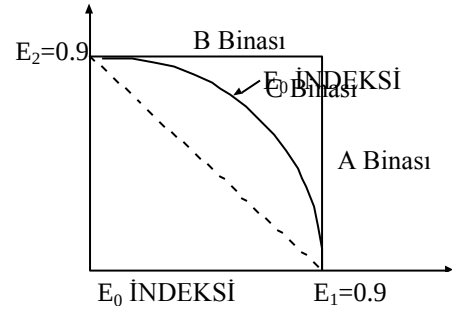
Şekil 2.4 İki tipik bina için dayanım-süneklik ilişkileri

Bu aşamada E_{03} ana yapısal indeksi A ve B binaları ile aynı olan bir C binası düşünülecektir. Ancak C binası bir perde-çerçeve bileşik sistemidir, ve şu kabuller yapılır: (1) C binasında perdelerin dayanım ve süneklik indeksleri sırasıyla C_{31} ve E_{031} 'dir. (2) C binasının kolonlarının dayanım ve süneklik indeksleri sırasıyla C_{32} ve E_{032} 'dir.

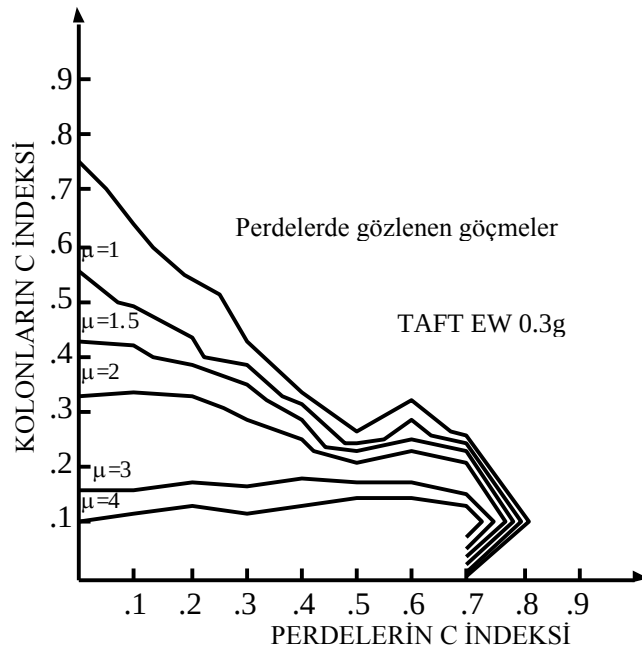
Şekil 2.5'de kolonlarla perdelerin dayanım indekslerinin etkileşimi gösterilmiştir. Aynı şekilde, Şekil 2.6'da E_0 parametresi için ana değişkenlerin etkileşimi gösterilmiştir. Burada amaç, iki sınır durum arasında olacak bir eşdeğer parametre bulabilmektir. İki sınır durum arasında doğrusal, eliptik veya iki sınır durumun da değişmeden korunduğu ilişkiler kurulabilir. Hangi etkileşim eğrisinin gerçeğe en yakın sonuçları temsil edebileceğini görmek için deneysel verilere ihtiyaç vardır.



Şekil 2.5 C indeksi etkileşimleri



Şekil 2.6 E_0 indeksi etkileşimleri



Şekil 2.7 Perdelerle kolonların dinamik analizdeki etkileşimleri

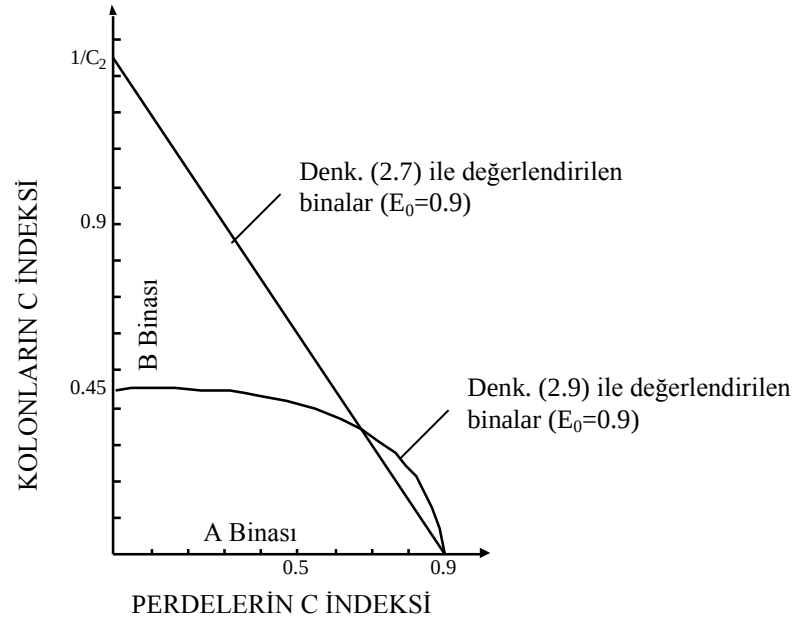
Şekil 2.7 nonlinear dinamik prosedürlerle hesaplanmış dayanım indekslerinin etkileşimini göstermektedir. Düşey eksen kolonların dayanım indeksinin payını, yatay eksen ise perdelerin dayanım indeksinin katılımını göstermektedir. Şekil 2.7'deki davranışa göre, aynı süneklik oranına sahip binaların sismik performansına bir elips ile yaklaşılabileceği sonucuna varılabilir. Bu standartta, Aşama 2 Değerlendirmesi yapılırken Şekil 2.5'deki elips Şekil 2.6'daki daireyle değiştirilmiş, ve perde-çerçeve tipi binaların sismik performansının değerlendirilmesinde taşıyıcı elemanlar –2 değil- 3 ana gruba ayrılarak aşağıdaki Denk.(2.9) oluşturulmuştur:

$$E_0 = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (2.9)$$

Ayrıca, Şekil 2.7'de özetlenen verilere dayanılarak, perdelerin göçmesi durumunda C_1 ve C_2 arasındaki ilişki bir doğruyla temsil edilebileceği gösterilmiştir. Bu durumu Denk.(2.7) temsil eder. Denk. (2.7) ile Denk.(2.9) arasındaki ilişki Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Şekil 2.8'deki iki çizgiden şu sonuçlar çıkarılabilir:

- (1) Binada çok fazla perdenin olmadığı durumlarda Denk. (2.7)'yi temsil eden düz çizgi, Denk. (2.9) 'u temsil eden elipsten daha düşük bir E_0 değerine sahip olacaktır.
- (2) Perdelerin binanın davranışında yüksek etkinlikte olduğu durumlarda, Denk. Denk.(2.7)'yi temsil eden düz çizgi, Denk.(2.9)'u temsil eden elipsten daha düşük bir E_0 değerine sahip olacaktır.

Bu standarttaki Aşama 2 Değerlendirme prosedüründe perde-çerçeve tipi binaların E_0 parametresinin hesabında Denk.(2.9) ve Denk.(2.7)'den elde edilenlerin büyük olanı kullanılabilir.



Şekil 2.8 Denk.(2.7) ile Denk.(2.9) arasındaki ilişki

2.4.2.5 Katlardaki deplasman farklarının parametrelere yansıtılması

Bina yüksekliği boyunca farklı katlarda farklı etkiler oluşacağından her katta bu farkların hesaba yansıtılması gerekir.

Çok katlı binalarda genellikle birinci mod titreşimi etkindir. n katlı bir binanın i. katındaki elastik kesme kuvveti Q_i Denk.(2.10) ile gösterilebilir;

$$Q_i = \left(\sum_1 \beta_1 \cdot \beta_j \cdot w_j \right) S_a \quad (2.10)$$

β_1 : Birinci mod için stimulus fonksiyonu

w_j : j katının ağırlığı

S_a : Tek serbestlikli sistemin eşdeğer kesme katsayısı.

Katların aynı kütleye sahip olduğu, ve lineer deplasman modu kabulleriyle Denk.(2.9)'dan n katlı bir binanın j. katının C_i kesme katsayısı için Denk.(2.11) elde edilebilir:

$$C_i = \frac{3}{(2n+1) \cdot (n-i+1)} \left(\frac{n(n+1)}{2} - \frac{i(i-1)}{2} \right) \cdot S_a$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{(n+1)}{2n+1} \cdot S_a \quad (2.11)$$

Denk. (2.11)'den çok katlı ve katları eş kütleli olan bir yapının i. katındaki kesme katsayısının üst katlarda daha yüksek, alt katlarda daha düşük olduğu görülebilir. Denk (2.11) kullanılarak Denk.(2.12) elde edilebilir;

$$\frac{C_i}{C_1} = \frac{n+i}{n+1} \quad (2.12)$$

Bu standartta, çok katlı yapıların genel titreşim karakteristikleri göz önüne alınarak yapının i. katındaki E_0 indeksi Denk. (2.12)'nin tersi $(n+1)/(n+i)$ değeri ile çarpılarak düzeltilmiştir.

2.4.3 Eleman Dayanım ve Sünekliği

2.4.3.1 Aşama 1 Değerlendirmesindeki dayanım ve süneklik için kabuller

Aşama 1 Değerlendirmesinde kolon ve perdelerin birim kesme dayanımları, betonarme yapı elemanlarıyla ilgili geçmiş deneysel verilerin alt sınırına göreceli olarak yakın olan konservatif değerler alınmışlardır. Birim kesme dayanımları betonun basınç dayanımı $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$ değeri baz alınarak bulunmuş olduğundan, bu değerden önemli ölçüde farklı dayanımdaki betonlar için birim kesme dayanımları düzenlenmelidir.

2.4.3.2 Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründeki dayanımların hesabı için eşitlikler

Bu standarttaki her bir eleman tipi için verilen eğilme taşıma gücü denklemleri genel teorilerden elde edilmiştir. Kesme dayanımları için verilen formüller ise geçmiş deney verilerinden ampirik olarak elde edilmişlerdir. Bu standartta geçmiş deneysel verilerin alt sınırına göreceli olarak yakın olan değerler baz alındığından sonuçların konservatif olması beklenmektedir.

2.4.3.3 Eleman Sünekliğinin Elde Edilmesi

Bu standartta süneklik indeksi F , eleman sünekliği μ kullanılarak temel olarak aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} \quad (2.13)$$

Şekil 2.9’da kolonların deney verilerinden elde edilen Q_{BU}/Q_{su} oranlarıyla eleman süneklikleri arasındaki ilişki görülmektedir. μ değerleri Şekil 2.10’da görülen deneyle tanımlanmıştır.

μ parametresinin bulunması için eğilmedeki dayanım Q_{BU} ile kesmedeki dayanım Q_{su} çakıştığı durum kullanılabilir. Denk.(2.14) ile gösterilen μ_0 parametresi eleman sünekliğinin değerlendirmesi için kullanılır ve μ ile Q_{BU}/Q_{su} ‘nun ilişkisi için bir alt sınır değeridir.

$$\mu_0 = 10 \frac{Q_{su}}{Q_{BU}} - 1 \quad (2.14)$$

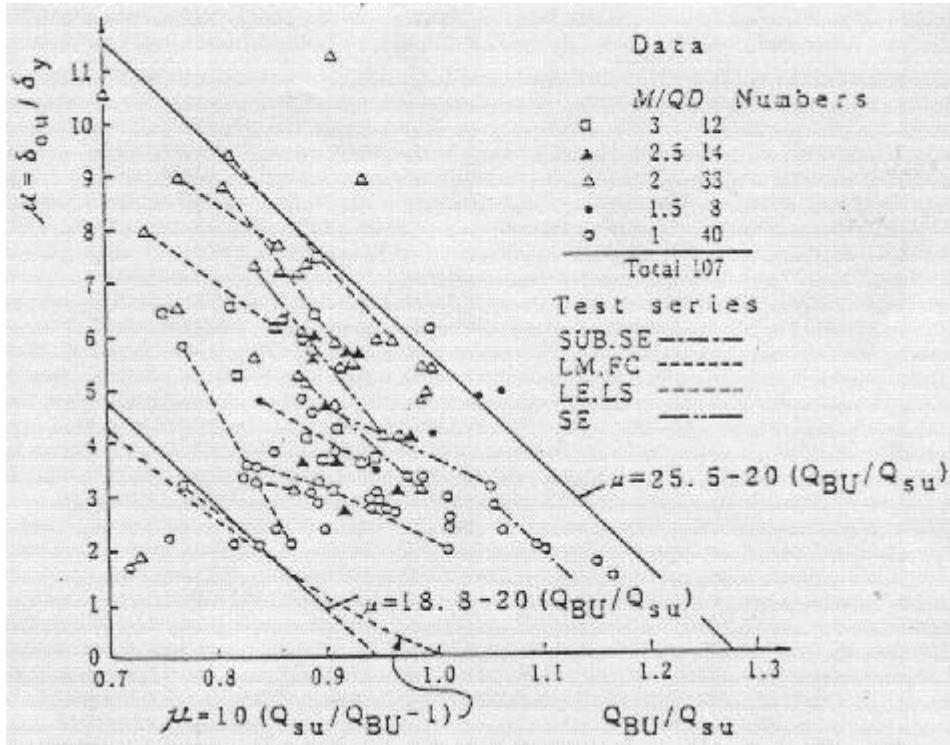
DeneySEL verilere göre bir kolon eğilme kontrollü olsa bile boyuna donatıdaki burkulma veya elemandaki yüksek kayma gerilmeleri kolonda zayıf sünekliğe neden olabilmektedir. Bu bilgiler ışığında eleman sünekliği μ yeniden düzenlenerek, aşağıdaki Denk.(2.15) ile elde edilir:

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \quad (2.15)$$

k1: Donatıdaki burkulmayla ilgili parametre

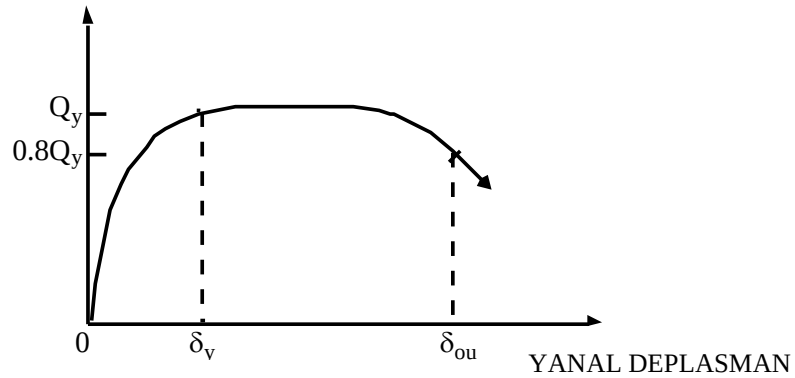
k2: Kayma gerilmesi mertebesini hesaba katan parametre

Ancak Ref.[1]’e göre mevcut deney verileri perdelerin eğilme göçme biçimlerinden elde edilecek süneklik parametrelerinin hesabı için yeterli değildir, dolayısıyla bu standartta perde süneklik indeksi F , eleman sünekliğinden değil doğrudan Q_{BU}/Q_{su} oranından hesaplanmıştır.



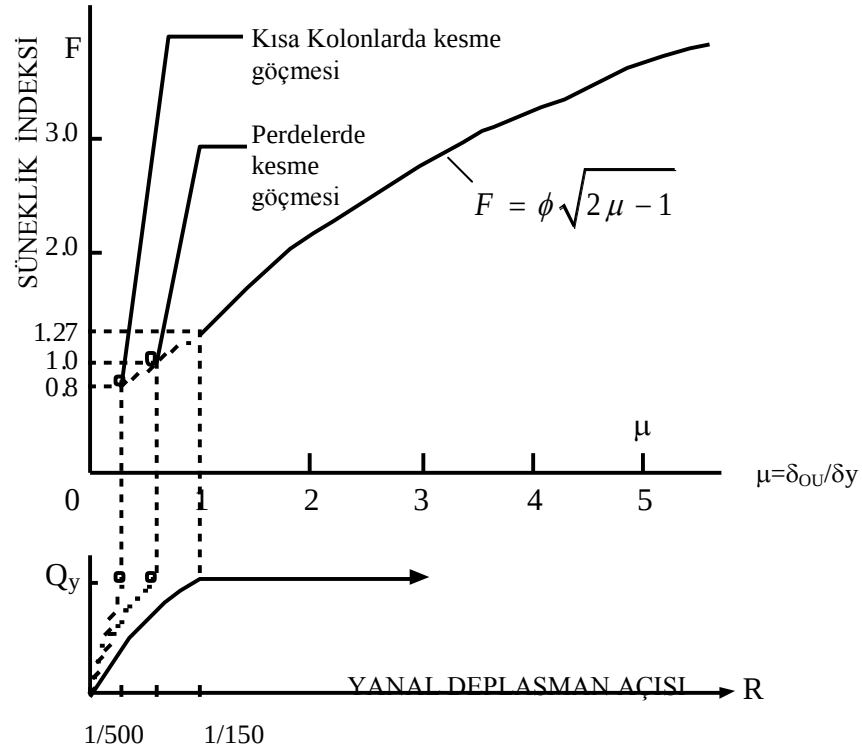
Şekil 2.9 Kolonlar için eleman sünekliği μ ile dayanım oranı Q_{BU}/Q_{SU} ilişkisi

YANAL KUVVET



Şekil 2.10 Eleman sünekliğinin tanımlanması

Eğilme kontrollü elemanlardan oluşan bir yapı için Denk.(2.13) temel olarak kullanılabilir. Ancak, Aşama 1 ve Aşama 2 Değerlendirme prosedürleri, binada kesme kontrollü elemanlar olsa bile sismik performans parametresinin $E_0 = C \cdot F$ şeklinde hesaplanması şeklinde uygulanırlar. Şekil 2.11’de kesme göçmesinin etkin olduğu binalar için süneklik indeksi F ile imajiner süneklik μ veya yanal deplasman açısı R değişkenlerinin ilişkileri görülmektedir;



Şekil 2.11 F ile μ veya R parametrelerinin ilişkileri

2.5 Sismik Performansın Yorumlanması

2.5.1 Karar verme indeksi I_{S0} için ana kavramlar

2.5.1.1 Kapsam

Bir binanın sismik performansının yeterli veya yetersiz olduğuna karar vermek için, binayı taşıyan temeller ve zeminin yeterliliği, bina taşıyıcı sisteminin yeterliliği ve/veya yapısal olmayan elemanların yeterliliği ortaya konmalıdır. Ancak, bahsedilen güvenlik durumlarının birbiriyle kombine edilip oluşturulduğu bir deterministik güvenlik incelemesi henüz ortaya konamamıştır. Dolayısıyla bu güvenlik koşulları bu standartta ayrı ayrı incelenmektedirler. Bu tez çalışmasında yapısal olmayan elemanların yeterliliğinin yorumlanması kapsam dışı bırakılmıştır.

2.5.1.2 Yapısal Güvenlik Kavramı

Yapısal güvenlik aşağıdaki Denk.(2.16) ile temsil edilebilir;

$$I_s > I_{s0} \quad (2.16)$$

I_s bulunan bina performansı, I_{s0} ise gereken sismik performanstır. Yukarıdaki Denk(2.16)'yı sağlayan bir bina deprem hareketine karşı güvenli olarak kabul edilmektedir. Ancak bu, yapısal elemanlarda herhangi bir hasar olmayacağı anlamına gelmez; yapının göçmeye karşı yüksek olasılıkla güvenli olacağı anlamına gelir. Bu anlayış bu standardın yaklaşımını ortaya koymak için önemlidir. Yapı sahibine bu kavram açıkça anlatılmalıdır, çünkü çoğu kişi için güvenlik yapıda hiç bir hasarın olmayacağı anlamına gelmektedir.

Bu standartta gereken sismik performans I_{s0} aşağıdaki Denk.(2.17) ile hesaplanır;

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (2.17)$$

E_s ana sismik yargı indeksi, Z : Sismik bölge indeksi, G : Zemin indeksi, U ise binanın kullanım indeksidir..

2.5.1.3 Ana Sismik Yargı İndeksi E_s

E_s indeksi E_0 indeksi ile aynıdır. Bu standartta E_s için aşağıdaki değerler önerilmektedir;

- 1) Aşama 2 Değerlendirmesi için $E_s = 0.8$
- 2) Aşama 2 ve 3 Değerlendirmeleri için $E_s = 0.6$

1968 Tokachi-oki ve 1978 Miyakigen-oki depremlerini yaşamış olup yukarıdaki değerlerden daha yüksek E_s değerine sahip binalarda ciddi hasarlar gözlenmemiştir. Burada verilen E_s değerleri, bahsedilen binaların analizi sonucunda elde edilmişlerdir.

1978 Miyakigen-oki depreminden sonra 1981'de yayınlanan ""da sismik dizayn yükleri revize edilmiştir. Bu standarttaki C indeksi de *Japanese Uniform Building Code*'da verilen gerekli dayanım koşulundaki değişikliğe göre yeniden düzenlenmiştir;

$$C = C_0 \cdot D_s = \frac{E_0}{F} \quad (2.18)$$

C_0 Ana Kesme Katsayısı olarak isimlendirilmiştir ve temelde 1.0 alınabilir, D_s ise Yapısal Karakteristik Katsayısı olarak isimlendirilir ve sünek olmayan yapılarda 0.6 değeri ile sünek yapılardaki 0.3 değerleri arasında değişmesi beklenir.

Denk.(2.18)'den anlaşılacağı gibi, bu standarttaki C_0 değişkeni Ana Yapısal Performans İndeksi E_0 'a, D_s değişkeni ise Süneklik İndeksi F 'nin tersiyle ilişkilidir. Denk.(2.18)'deki C_0 için 1.0 konulursa Denk.(2.19) elde edilir:

$$1.0 \cdot D_s = \frac{E_s}{F} \quad (2.19)$$

Bu standartta verilmiş olan E_s ve F değerleri Denk.(2.19)'da yerine konursa şu durumlara ulaşılır:

- $E_s = 0.8$ (Aşama 1 Değerlendirmesi)

$$D_s = E_s / F = 0.8 / 0.85 = 0.94 \text{ [kısa kolonların yapı davranışına hükmettiği binalarda]}$$

$$D_s = E_s / F = 0.8 / 1.0 = 0.8 \text{ [perdelerin etkin olduğu binalarda]}$$

- $E_s = 0.6$ (Aşama 2 ve 3 Değerlendirmesi)

$$D_s = E_s / F = 0.6 / 1.0 = 0.6 \text{ [kesme kontrollü kolonların etkin olduğu binalarda]}$$

$$D_s = E_s / F = 0.6 / 3.0 = 0.2 \text{ [sünek kolon ve kirişlerden oluşan binalarda]}$$

Yukarıdaki örneklerden görüldüğü gibi, yüksek süneklik beklenmeyen binalarda, bu standarttaki Sismik Yargı İndeksi E_s 'nin değeri ulusal yönetmelik *Japanese Uniform Building Code*' da verilen gerekli dayanım indeksine göre daha konservatif sonuçlar vermektedir.

2.5.1.4 Z Bölge İndeksi

Japanese Uniform Building Code' da verilen deprem bölgesi parametresi değerleri 0.7'den düşük olmamak kaydıyla kullanılabilir.

2.5.1.5 G Zemin İndeksi

G indeksi, zemin-yapı etkileşimini ve üst katman zeminlerinin deprem etkilerini büyütme etkilerini hesaba katar, aşağıdaki Tablo 2.1’den gibi alınabilir:

Tablo 2.1 : Topoğrafik etkiler için G indeksi

	Genel	Şev	Kısmi Tepe	Düzensiz zemin katmanı
G indeksi	1.0	1.1	1.1	1.1

Tablo 2.1, *Manual For Seismic Inspection And Retrofitting* isimli yayından alınmıştır. Ancak, *Standart on Seismic Screening by Shizuoka Prefecture* yayınında 1.1 değeri yerine 1.25 değeri önerilmektedir. *The Standart on Seismic Screening by Yokohama City* ise *G* değerinin şu şekilde elde edilmesini önermektedir:

$$G = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3 \quad (2.20)$$

G_1 : Zeminin türüyle ilgilidir ve burada 1.0 alınacaktır.

G_2 : Denk.(2.21) ile hesaplanan topoğrafik etki çarpanıdır

G_3 : Zemin-yapı etkileşimiyle ilgilidir ve burada 1.0 alınacaktır.

$$G_2 = A \left(1 - \frac{L}{L_0} \right) + \frac{L}{L_0} \quad [L < L_0 \text{ için}] \quad (2.21)$$
$$= 1.0 \quad [L > L_0 \text{ için}]$$

L : Binanın merkezinden şevin başlangıcına olan mesafe

L_0 : Şev tarafından etkilenen alanın boyutu, $2H$ olarak alınabilir

H : Şevin düşeydeki yüksekliği

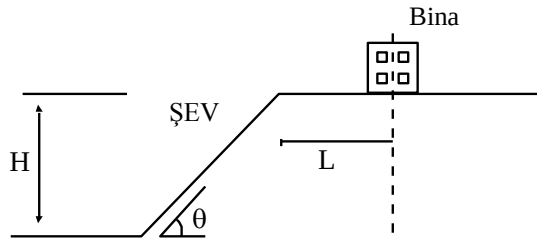
A : Denk.(ile hesaplanan bir çarpan

$$A = 7 \left(\frac{\theta}{45} - 1 \right) \left(\frac{H}{V_s} \right) + 1 \quad [H < 3\text{m. ve } \theta < 45 \text{ için}] \quad (2.22)$$

$$= 1.0 \quad [H > 3\text{m. veya } \theta > 45]$$

θ : Şevin açısı

V_s : Kayma dalgası hızı



Şekil 2.12 Denk.(2.21) ile Denk.(2.22) 'deki parametreler için şekil

2.5.1.6 U Kullanım İndeksi

U indeksinin değeri binanın insanlar tarafından kullanım oranı ve deprem sonrasında ne kadar acilen kullanılması gerektiği dikkate alınarak her bina için ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Tehlikeli maddelerin depolandığı veya deprem sonrasında acil durumlar için kullanılacak binalar için 1.25 değeri kullanılabilir.

Bir çok yönetmelikte Bina Önem Katsayısı olarak verilmiş benzer çarpanlar kullanılabilir.

3. FEMA 310 Yöntemi

3.1 Giriş

Mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş bu yöntem, ASCE (*American Society of Civil Engineers*) tarafından, FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) için hazırlanmıştır. FEMA 310 yayını, bu konudaki son çalışmalardan olsa da, temelleri eski çalışmalara dayanır.

Yapıların sismik performansının değerlendirilmesi konusunda, ABD'deki ilk ulusal yayın Applied Technology Council tarafından hazırlanan *Evaluating the Seismic Resistance of Existing Buildings*, ATC-14 [6] yayını idi. Bu yayında geçmiş depremlerdeki bina verileri kullanılarak yapılardaki 'zayıf nokta'lar ortaya kondu.

FEMA 178, ATC-14'deki kavramlar, yaklaşımlar ve genel yapı temel alınıp geliştirilerek oluşturuldu. Kapsamlı anlayışıyla, ABD'de konusunda en temel doküman olarak kabul edildi.

FEMA 310, çeşitli performans seviyeleri kullanarak ve deprem bölgelerinin etkilerini düzenleyerek ve yeni zayıf noktalar tanımlayarak değerlendirme prosesini geliştirdi. Ayrıca, ilk olarak *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA 273) yayınında kullanılan eleman tabanlı yaklaşımla uyumlu hale getirildi.

FEMA 310, şu haliyle bir ön-standarttır ve yakında standart haline getirilmesi beklenmektedir.

3.2 Genel

Tezin bu ana bölümünde (Bölüm 3) amaç, Ek-B'de Türkçe çevirisi verilen FEMA 310 yayınının binaların sismik performansının değerlendirilmesi felsefesinin belirgin bir şekilde ortaya konmasıdır; bu bölümde yöntemin bütün metodolojisi yoktur.

Bu bölüm, 3 ana bölüme ayrılmıştır: (3.2) “Genel”, (3.3) “FEMA 310 Yönteminin Genel Akışı”, (3.4) “FEMA 310 Yönteminin Yapı Mekanîği Prensipleri” ve (3.5) “Kavramlar ve Açıklamalar”. Bölüm 3.3’de FEMA 310 yönteminin uygulama sistematîği ve prosedürlerin kısaca açıklamaları ve verilmiştir. Bölüm 3.4 ise, FEMA 310 yönteminin oluşturulmasında temel olarak alınan yapı mekanîği prensiplerinin açıklanması amacıyla hazırlanmıştır. Bölüm 3.5’de, Bölüm 3.4’ün kapsamında ele alınmayan bazı kavramlar açıklanmıştır.

3.2.1 Kapsam

3.2.1.1 İncelemeye Dahil Olan Bina Tipleri

Bu yöntemin orijinal yayınında betonarme, çelik, ahşap, kagir gibi çeşitli yapı malzemelerine ve kendi içinde taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırılmış binaların sismik değerlendirmesi için prosedürler verilmiştir. Bu tezde ise yalnızca ‘betonarme moment çerçevesi’ tipi binaların değerlendirilmesi kapsam dahilindedir.

3.2.1.2 Değerlendirmenin Seviyesi

Bu çalışmada, FEMA 310 yönteminin Aşama 1 ve 2 Değerlendirme Prosedürleri incelenecektir. Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü tezin kapsamı dışındadır.

3.2.1.3 Kullanılan Analiz Metotları

FEMA 310 yönteminde yapıların değerlendirilmesinde lineer analizler kullanılır. Lineer Statik ve Lineer Dinamik Prosedür yapıların sismik performansının değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. Aşama 3 Değerlendirme Prosedüründe nonlineer analizler de kullanılabilir, ancak bu prosedür tezin kapsamı dışında tutulmuştur.

3.2.1.4 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar

FEMA 310 yayınında sismik değerlendirme, yapısal ve yapısal olmayan olmak üzere iki eksenle yapılır. Bu tez çalışmasında ise taşıyıcı sisteme dahil olmayan elemanların değerlendirilmesi kapsam dışı tutulmuştur.

3.2.2 Önerilen Okuma Biçimi

Bu bölüm okunmadan önce Ek-B'nin okunması önerilir. Bu bölümde FEMA 310 prosedürlerinden ziyade, bu prosedürlerin oluşturulduğu yapı mekaniği prensipleri ele alınmıştır.

3.2.2.1 FEMA 310'a Yapılan Atıflar

3. Bölüm kapsamında, FEMA 310 yayınına yapılan tüm atıflarda Ek-B'de verilen FEMA 310 yayınının Türkçe çevirisi kastedilmektedir. Ek-B, FEMA 310 yayınının tamamını kapsamaz, ancak bu tezin kapsamı dahilindeki tüm bölümleri içermektedir. Ek-B'deki denklem, şekil ve bölümlerin numaraları, orijinal kaynaktaki numaralarla çakışır, ancak tüm numaralarda "B-" öncülü kullanıldığına dikkat edilmelidir¹.

3.3 FEMA 310 Yönteminin Genel Akışı

3.3.1 Amaç

Bölüm 3.3, FEMA 310 prosedürlerinin uygulanma biçiminin ve temel kavramların anlaşılması amacıyla hazırlanmıştır; yöntem oldukça genel hatlarıyla verilecektir.

3.3.2 Genel Olarak Uygulama Prosedürü ve Kavramlar

Bir yapının sismik performansının değerlendirilmesi konusu, iki temele dayanmalıdır: teori ve deneysel veriler. Teorinin amacı, deneysel verilerle elde edilen yapı davranışı bilgilerinin matematiksel olarak olabildiğince iyi temsil edilebilmesidir.

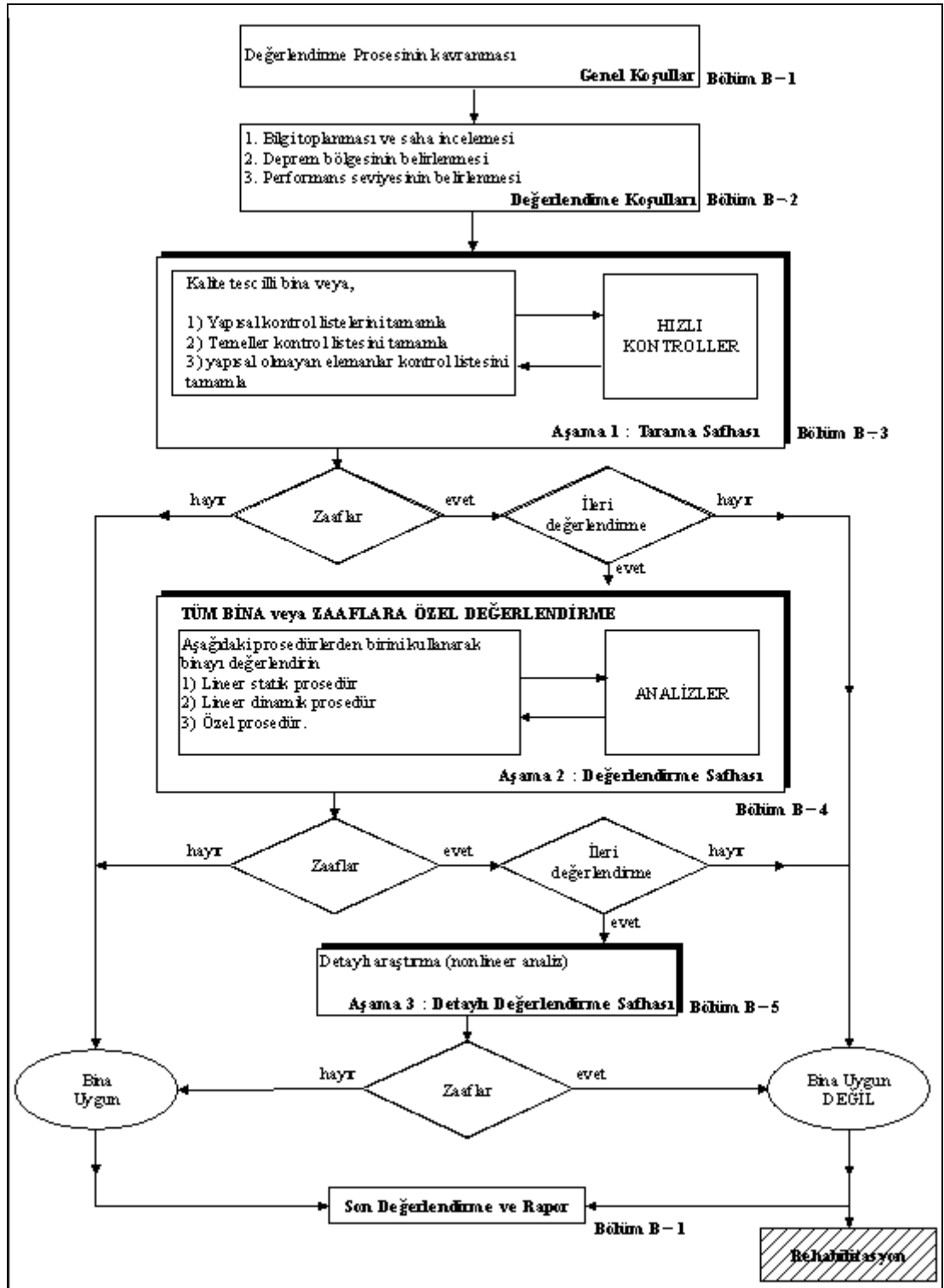
FEMA 310 yöntemi, hem geçmiş depremlerden edinilen bilgileri, hem de modern yapı mekaniği prensiplerini temel alarak hazırlanan prosedürlerden oluşur. Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü, çeşitli sınıflardaki yapıların geçmiş depremlerdeki davranışlarından elde edilen karakteristik zaafı inceleterek değerlendirmenin

¹ Örneğin, orijinal FEMA 310 yayınındaki 3.5.1 bölümü, Ek-B'de B-3.5.1 şeklinde geçer. Bu bölümde yapılan tüm göndermeler Ek-B'ye yapılır; dolayısıyla burada "B-" öncülüyle yapılan göndermelerin orijinal yayındaki yeri aranırken "B-" öncülü dikkate alınmadan hareket edilmelidir.

deneysel ayağını, Aşama 2 ve 3 Prosedürleri de bu zaafların varlığını matematiksel yollarla denetleyerek prosedürün teorik ayağını oluştururlar.

FEMA 310 yönteminde, mevcut binaların sismik performansının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere üç aşamalı bir prosedür önerilmektedir: Aşama 1, 2 ve 3 Değerlendirme Prosedürleri. Aşama 1 Değerlendirmesi inceleme için zorunlu adımdır, bu aşamaya ‘Tarama Safhası’ ismi de verilir. Eğer Tarama Safhasında zaaflar bulunursa, araştırma durdurulup sonuçlar rapor haline getirilebilir veya Aşama 2 Değerlendirmesi yapılır; bu aşamaya ‘Değerlendirme Safhası’ da denir. Eğer Aşama 2 Değerlendirmesi sonucunda da zaaflar bulunursa yine inceleme sonlandırılıp sonuçlar bir rapor haline getirilebilir veya daha detaylı bir değerlendirme prosedürü uygulanır : Aşama 3 Değerlendirmesi.

Bölüm 3.3.2’de genel hatlarıyla bahsedilen üç aşamalı prosedürün uygulanmasında izlenen adımlar Şekil 3.1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1 FEMA310 Değerlendirme Prosedürü Genel Akış Diyagramı

Aşama 3 Değerlendirmesi veya ‘Detaylı Değerlendirme Safhası’ olarak isimlendirilen prosedür için FEMA 310 yayınının kendisinde metotlar verilmez, bu değerlendirmenin ana felsefesinin nasıl olması gerektiği ve bu konuda kullanılabilecek kaynaklar verilmiştir.

3.3.2.1 Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü Hakkında Genel Bilgiler

Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü, az miktarda hesaplamayla binanın ‘potansiyel zaafıları’ hakkında bilgi edinilmesini sağlar. Bu safhanın omurgasını ‘Kontrol Listeleri’ oluşturur. Kontrol listeleri, belirli yapı tiplerinin geçmiş depremlerdeki performanslarının incelenip ‘zayıf nokta’larının ‘değerlendirme ifadeleri’ şeklinde bir araya getirildiği listelerdir. Her bir değerlendirme ifadesi, yapıda belirli bir zayıf noktanın olup olmadığını denetler. Örneğin binada yumuşak kat varsa, kontrol listesindeki YUMUŞAK KAT değerlendirme ifadesi Sağlanmıyor/Yanlış olarak işaretlenir; ve bu ifade yapının belirli bir zaafını ortaya koyar. Kontrol Listeleri Bölüm B-3.7’de verilmiştir.

Kontrol Listelerindeki bazı değerlendirme ifadelerinde hesaplamalar yapmak gerekebilir; bu hesaplara FEMA 310’da ‘Hızlı Kontrol’ ismi verilmiştir. Örneğin kolonlardaki kayma gerilmesini tetkik eden bir değerlendirme ifadesinde, konuyla ilgili hızlı kontroldeki denklemden kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi elde edilebilir. Hızlı Kontroller Bölüm B-3.5.3’de verilmiştir.

3.3.2.2 Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü Hakkında Genel Bilgiler

Eğer Aşama 1 Değerlendirmesi sonucunda yapıda zaafılar bulunduysa ve Aşama 2 Değerlendirmesi yapılmasına karar verildiyse, veya zaaf bulunmasa bile Aşama 2 Değerlendirmesi yapmak gerekiyorsa, binanın bulunduğu deprem bölgesinin, kat sayısının ve Performans Seviyesinin² bir fonksiyonu olarak yalnızca zaafılara yönelik veya tüm bina elemanlarında Aşama 2 Değerlendirmesi yapılması gerekebilir³.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü, kabaca anlatımla binanın matematiksel modelinin oluşturulup deprem kuvvetleri altında elemanların yeterliliğinin/kabul edilebilirliğinin denetlenmesi şeklinde gerçekleştirilir. Bu safha Tarama Safhasından tamamen bağımsız değildir, yalnızca Kontrol Listelerinde bahsedilen zayıf noktaların mevcut olup olmadığını 1. Aşamaya göre daha detaylı ve yakınsak olarak

² Performans Seviyesi hakkında detaylı bilgi Bölüm 3.5.2.1 ve Bölüm B-2.4’ten alınabilir.

³ Zaaflara-yönelik veya Tüm-Bina Aşama 2 değerlendirmesi için kriter, Böl. B-3.4 Tablo B-3.3’de verilmiştir.

değerlendirir; yani değişen ana parametreler değerlendirmedeki hassaslık ve konservatizmdir.

Binanın matematiksel modeli, binanın davranışını gerçeğe olabildiğince yakın temsil edecek şekilde, burulma etkilerini dikkate alarak oluşturulur. Matematik model oluşturulurken elemanlar ‘birincil’ veya ‘ikincil’ olarak sınıflandırılırlar. Sismik kuvvetleri taşıyamayıp ağırlık kuvvetlerini taşıyabilen elemanlar⁴ olan İkincil Elemanlar matematik modele dahil edilmezler veya en fazla bir kattaki birincil elemanların rijitliğinin %25’i oranında temsil edilebilirler.

Matematik modelin oluşturulmasının ardından modelin yapısal çözümlemesi yapılır. Değerlendirme Safhasında iki farklı yapısal çözümleme metodu kullanılabilir, Lineer Statik Prosedür (LSP) ve Lineer Dinamik Prosedür (LDP). LSP, Lineer Dinamik Prosedürün kullanılmasına gerek kalmayan durumlarda kullanılan, deprem kuvvetlerinin katlara dağıtılmış statik kuvvetlerle temsil edildiği bir yapısal analiz metodudur. LDP ise kütlelerle modellenmiş yapıyı tepki spektrumu analizine tabi tutar. Burada önemli olan nokta, geleneksel yeni bina tasarımında yapının bütününde öngörülen bir sünekliğe göre (R, genel süneklik katsayıları) deprem kuvvetlerinin düşürülmesi işleminin burada yapılmamasıdır. FEMA 310’da LSP veya LDP’deki kuvvetlerin, Beklenen Maksimum Deprem⁵ esnasında yapıda oluşacak elastik ötesi deplasmanlara olabildiğince yakınsayacak mertebede olması amaçlanmıştır.⁶

Çözümlemesi yapılan modelin elemanları, Değerlendirme Safhasının kabul etme kriterine göre incelenir. Kabul etme kriteri, eleman dayanımıyla yapısal çözümleme sonucu bulunan iç kuvvetleri karşılaştırır. Burada önemli nokta, eleman iç kuvvetlerinin elastik bir modele yüklenen süneklik katsayısıyla azaltılmamış deprem kuvvetlerinden elde edilmiş olmasıdır; yani yapının yuttuğu enerjinin büyük bir kısmı temsil edilmemiştir. Geleneksel yeni bina tasarımından farklı olarak, FEMA 310 yönteminde süneklikler eleman bazında ‘*m eleman düzenleme çarpanları*’ ile temsil edilirler; yani yapıda plastikleşme olacağından dolayı hiç bir zaman elastik

⁴ Birincil ve İkincil elemanların tanımları için Bölüm 3.5.4.1’e veya Bölüm B-1.3’e bakınız.

⁵ Beklenen Maksimum Deprem tanımı için Bölüm B-1.3’e bakınız.

⁶ Bu husustaki ayrıntılı açıklamalar için Bölüm 3.4.3.5’i inceleyiniz.

modeldeki mertebelere ulaşamayacak olan eleman iç kuvvetleri, elastik modelden bulunan kuvvetlerin m katsayılarına bölünmesiyle elde edilirler⁷.

Kabul etme kriterini sağlamayan elemanlar çıkarsa, değerlendirmeye son verilip raporda zaafılar listelenebilir veya Detaylı Değerlendirme Safhasına geçilebilir. FEMA 310 Bölüm 5-“Detaylı Değerlendirme Safhası” bölümünde, mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesi konusuna özelleşmiş daha detaylı bir inceleme prosedürünün olmadığı, bu hususta yetkili makamlarca onaylanmış, yapıların sismik rehabilitasyonu için geliştirilmiş yöntemlerin kullanılabileceği belirtilmiştir⁸; ayrıca bu yöntemlerin FEMA 310 kriterlerine uygunluğu da gereklidir.

3.4 FEMA 310 Yönteminin Yapı Mekaniği Prensipleri

3.4.1 Amaç

Bu bölümde, mevcut binaların sismik performansının değerlendirilmesi sorununa FEMA 310 yönteminin verdiği cevabın yapı mekaniği açısından temelleri ele alınacaktır.

3.4.2 Giriş

FEMA 310, daha önce yapılan çalışmalar temel alınarak geliştirilmiş bir yayındır. A.B.D.’ de mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesi konusunda ilk olarak ATC-14 yayınlandı. ATC-14’ün yayınlanmasının ardından FEMA 178 yayınlandı. Eleman kökenli yaklaşımıyla FEMA 273 bu konuda oldukça ayrıntılı prosedürler sağladı. Bu tezde incelenen FEMA 310 yayını, FEMA 178 esas alınarak hazırlanmış ve FEMA 273’deki lineer prosedürleri belirli bir şablona dönüştürerek sismik performansın değerlendirilmesine yeni bir biçim vermiştir⁹.

⁷ Bu husustaki ayrıntılı açıklamalar için Bölüm 3.4.3.2 ve Bölüm 3.4.3.6 bölümlerini inceleyiniz.

⁸ Bkz. FEMA 310-Bölüm B-5.1-Açıklamalar ve Bölüm B-5.2.1

⁹ FEMA 310 -Bölüm B-1.2 Açıklamalar.

Buradaki inceleme, FEMA 310 yayınına esas teşkil eden FEMA 273 ve açıklaması olan FEMA 274 yayınlarında verilen bilgiler ışığında yapılacaktır. İncelenen kavramların açıklanmasında anlaşılabilirliğin sağlanması amacıyla, yeni yapı tasarımında kullanılan koşullarla mevcut yapıların değerlendirmesi için verilen koşulların karşılaştırılması şeklinde bir yaklaşım seçilmiştir.

3.4.3 Yapıların Sismik Performansının Değerlendirilmesinde Temel Kavramlar

Bir yapının davranışını belirleyen ana değişkenler rijitlik, dayanım ve sünekliktir. Rijitlik yapının doğal karakteristiklerini belirler. Dayanım, insanlar ve değerli malları can veya mal kaybı tehlikesinden belirli bir mertebe uzakta tutan ana parametredir. Yapıların kuvvetli yer hareketi altında elastik ötesi davranış yaparak enerji harcaması, günümüz yapı felsefesinin temel yaklaşımlarındandır. Dayanım ile dolaylı olarak bağlantılı olan Süneklik parametresi de bu amaca hizmet eder. Depreme dayanıklı yapı tasarımının ana eksenlerini teşkil eden bu parametreler, elbette yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde de en etkin değişkenlerdir.

Yukarıda bahsedilen rijitlik, dayanım ve süneklik parametreleri, yapının doğasını belirlerler. Mevcut bir yapının sismik performansının değerlendirilmesinde, yapının doğası kadar önemli olan diğer parametre de, yapının dayanması gereken kesit tesirleridir.

Bir yapıdan beklenen sismik performans, yukarıda bahsedilen iç ve dış değişkenlerin bir kriterle karşılaştırılması ile yorumlanabilir. Yani, yapıyı oluşturan elemanların her birinde, her bir kesit tesiri ile o kesit tesirine ait dayanım karşılaştırılmalıdır. Bu karşılaştırmada kullanılacak olan kriter, burada ‘kabul etme kriteri’ olarak isimlendirilecektir.

Devam eden alt bölümler, yukarıda bahsedilen (1) Rijitlik, (2) Süneklik, (3) Dayanım, (4) Dış Kuvvetler, (5) Kesit Tesirleri ve (6) Kabul Etme Kriteri kavramlarının hem genel olarak ifadeleri, hem de FEMA 310’daki kullanılış biçimleri temel alınarak oluşturulmuştur.

3.4.3.1 Rijitlik

Yapılarda kullanılabilirlik, rijitliğin bir fonksiyonudur. Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda, yer ve şekil değiştirmelerin ve titreşimlerin belirli sınırlar altında kalması, yapının kullanılabilirliği için ön koşuldur. İzostatik sistemlerde kullanılabilirliğin sağlanması için belirli sınırlarda olması istenen rijitlik, hiperstatik sistemlerde, kullanılabilirliğin yanında iç kuvvetlerin taşıyıcı sistem elemanlarındaki dağılımlarını ve deplasmanlarını etkileyen, dolayısıyla taşıyıcı sisteme doğal karakteristiklerini veren parametredir.

Bir elemanda rijitliği oluşturan ana unsurlar, elastisite modülü, kayma modülü ve eleman boyutlarıdır. FEMA 310’da taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılacak rijitlikler için bir koşul verilmemiştir; yazar, FEMA 310’un oluşturulmasında kullanılan¹⁰ ana kaynaklardan olan FEMA 273 “Bölüm 6.4.1.2-Rijitlik”de betonarme elemanlar¹¹ için verilen rijitliklerin kullanılabileceği fikrindedir.

FEMA 273 “Bölüm 6.4.1.2-Rijitlik”e¹² göre, lineer prosedürlerde Tablo 3.1’deki¹³ rijitlikler kullanılmalıdır. Ayrıca, FEMA 273 Bölüm 6.4.1.1’e göre, analiz ve modelleme yapılırken aksi belirtilmedikçe ACI 318-95 [7] prosedürleri kullanılır. Dolayısıyla elastisite modülleri için ACI 318-95’teki değerler kullanılacaktır. ACI 318-95 Bölüm 8.5.1’de verilen elastisite modülü denklemi aşağıda Denk.(3.1) ile verilmiştir:

$$E_c = w_c^{1.5} \cdot 33\sqrt{f'_c} \quad (3.1)$$

Burada E_c : beton elastisite modülü (psi), w_c ise beton birim ağırlığı, f'_c ise beton silindirik basınç dayanımıdır. Normal beton için ($w_c=2270 \text{ kg/cm}^3=141.7 \text{ lb/ft}^3$);

¹⁰ Bu bilgi, FEMA 310, 1.1 Scope, Commentary kısmında verilmiştir.(bkz. Bölüm B-1.1 Açıklamalar)

¹¹ Bu tezde yalnızca betonarme yapılar incelenmektedir. FEMA 273’de diğer yapı türleri için de bilgiler mevcuttur.

¹² Bu bölüm, Bölüm6-“Betonarme yapıların sismik rehabilitasyonu” ana bölümünde, Bölüm 6.4.1-“Modelleme ve Dizayn” bölümünün alt bölümüdür.

¹³ FEMA 273, Tablo 6-4, syf. 6-12

$$E_c = 57000\sqrt{f'_c} \text{ [psi]} \quad (3.2)$$

veya N/mm^2 olarak;

$$E_c = 4733\sqrt{f'_c} \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (3.3)$$

olarak elde edilir.

Tablo 3.1 : Efektif Rijitlik Değerleri

Eleman	Eğilme Rijitliği	Kesme Rijitliği	Eksenel Rijitlik
Kirişler – Öngerilmesiz	$0.5E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	---
Kirişler – Öngerilmeli	E_cI_g	$0.4E_cA_w$	---
Kolonlar – basınç	$0.7E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
Kolonlar – çekme	$0.5E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_sA_s
Perdeler – çatlaksız (gözlemle)	$0.8E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
Perdeler – çatlaklı	$0.5E_cI_g$	$0.4E_cA_w$	E_cA_g
Kirişsiz döşemeler - öngerilmesiz	Böl. 6.5.4.2	$0.4E_cA_w$	---
Kirişsiz döşemeler - öngerilmesiz	Böl. 6.5.4.2	$0.4E_cA_w$	---

A_g : kolon Tüm kesit alanı

A_s : Öngerilmesiz çekme donatısı alanı

A_w : Gövde alanı, $=b_wd$ (b_w : gövde genişliği, d : faydalı yükseklik)

E_c : Beton Elastisite Modülü

E_s : Donatı Elastisite Modülü

I_g : Tüm kesit atalet momenti

Tablo 3.1’den de görüleceği gibi, Türkiye’de kullanılan standartlardan farklı olarak, elemanlar çatlaklı kesit varsayımıyla modellenirler.

Kirişlerin döşemelerle monolitik olarak birleştiği durumlar, yerinde döküm betonarme yapıların karakteristik özelliklerinden biridir. Kirişler döşemelerle birlikte hareket ettikleri için, yapı modellemesinde T kesit şeklinde modellenirler. T kesitler için yine FEMA 273’te verilen değerler kaynak olarak kullanılabilir. FEMA 273, “6.4.1.3 *Flanged Construction*” bölümünde T kesitlerle ilgili şu koşullar verilmiştir:

“Gövdenin her iki yanından da eşit uzaklığa kadar kabul edilen efektif tabla genişliği şu değerlerden büyük olamaz:

1. Mevcut tabla genişliği
2. Tabla kalınlığının 8 katı
3. Bir sonraki elemanın gövde yüzüne olan mesafenin yarısı
4. Kiriş açıklığının beşte biri”

Yukarıda bahsedilen efektif tabla genişliği, gövdenin her iki yanından simetrik olarak uzanan uzantılar şeklinde düşünülmelidir. Simetrik olmayan kesitler için tabla genişliği hakkında FEMA 273’de verilen ayrı bir koşul yoktur; ACI 318-95’te ise simetrik olmayan kesitlerde yukarıda 2. maddede verilen 8t yerine 6t değeri, 4. maddedeki $l/5$ yerine $l/12$ kullanılması şart koşulmuştur¹⁴. Ayrıca, ACI 318-95’te simetrik kesitlerdeki toplam tabla genişliği $l/4$ ’tür.

3.4.3.2 Süneklik

Süneklik, modern depreme dayanıklı yapı tasarımındaki en önemli parametrelerden biridir. Bir yapının ömrü boyunca karşılaşma ihtimali düşük, ama şiddeti yüksek olan yüklere karşı elastik sınırlarda davranması istenirse, oldukça büyük boyutlu ve gayri ekonomik olan taşıyıcı sistem elemanlarına sahip olması gerekir. Modern yapı tasarımında, yapıların böyle büyük etkilere karşı plastik davranışla cevap vermesi prensibi kullanılır. Plastik davranışla, elastik davranıştakinden daha büyük miktarlarda enerji yutulabilir; ancak taşıyıcı elemanların sünek tasarım ilkelerine uygun olarak tasarlanmış olmaları gerekir.

¹⁴ ACI 318-95, Bölüm 8.10

Geleneksel yeni bina tasarımında, uygun dizayn edilmiş bir yapıda deprem enerjisinin büyük bir bölümünün nonlinear davranışla harcanacağı bilindiğinden, deprem kuvvetleri bir süneklik çarpanıyla (R çarpanı) azaltılıp “yapının taşıması gereken taban kesme kuvveti” bulunur. Bu kuvvetin uygulandığı lineer elastik bir model üzerinde taşıyıcı sistem elemanlarının kesit tesirleri hesaplanır, ki bu kesit tesirleri de elemanların taşıması gereken kuvvetlerdir. Azaltılmış taban kesme kuvvetinin uygulandığı lineer elastik model üzerinden hesaplanan deplasmanlar ise yapının nonlinear davranışla gerçekte yapacağı deplasmanlardan çok daha az olacaktır; çünkü gerçekte elemanlarda plastik mafsallar oluşup yapıda büyük deplasmanlara sebep olacaklardır. Kısacası, yeni bina tasarımı için hazırlanan yönetmelikler, yapının gerçek davranışını temsil etmekten çok yapı elemanlarının taşıması gereken kuvvetleri ararlar.

Yeni bina tasarımı yapılırken, seçilen bir bina tipi için –yönetmeliğin gerektirdiği tüm sünek tasarım koşullarına uyulmuşsa- genel bir süneklik çarpanından bahsedilebilir. Bu çarpan yapının plastikleşme ile absorbe ettiği enerjiyi kabaca temsil etmeye çalışır. Süneklik faktörüyle azaltılmış deprem kuvveti, tasarımda binanın dayanması gereken ‘taban kesme kuvveti’ olarak kullanılır. Tasarımın ilk adımından itibaren, bir çok deneysel çalışmayla elde edilmiş yönetmeliklerin süneklik koşullarına uyulduğundan, yapının geneli için tek bir süneklik katsayısının kullanılması sonuçların güvenilirliğini zayıflatmaz.

Mevcut bir yapının sismik performansının incelenmesinde ise yukarıdaki paragrafta bahsedilen prensipler kolayca uygulanamaz. Yapı yönetmelik koşullarına uygun yapılmadıysa, veya sünek tasarım ilkelerini şart koşmayan eski bir yönetmeliğe uyularak tasarlandıysa, bütün yapının sünekliğini tek bir süneklik çarpanıyla ifade etmek hatalı olacaktır. Ayrıca, elemanların sünekliklerinin eleman türüne göre değiştiği bilinen bir kavramdır; elemandaki eksenel kuvvetin seviyesi sünekliği önemli ölçüde etkiler¹⁵. Bahsedilen sebeplerden ötürü, mevcut yapıların sismik performansı değerlendirilirken ‘eleman bazlı süneklik’ kavramı temel alınmalıdır.

¹⁵ Betonarme elemanlarda eksenel kuvvetle sünekliğin ilişkisi için Ref. [8] : 1985 Betonarme,Uğur Ersoy Bölüm 2.2.2 incelenebilir.

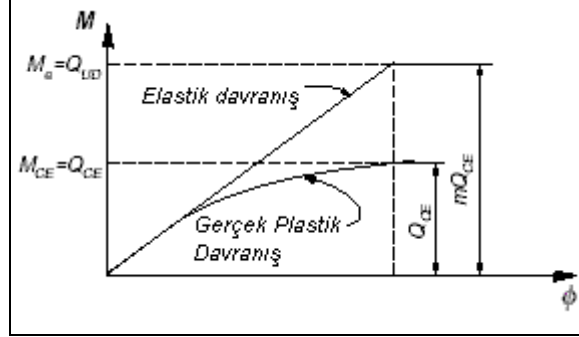
Binanın genelinde sünek davranışın öngörülüp analizinin en başında azaltılan taban kesme kuvvetinin kullanıldığı yeni bina tasarımından farklı olarak, FEMA 310’da binanın lineer elastik modeline uygulandığında depremdeki gerçek nonlinear deplasmanlarının elde edilmesi maksadıyla kurgulanan Pseudo Yanal Kuvveti kullanılır. Bu konu hakkında daha detaylı açıklamalar için Bölüm 3.4.3.5’e bakınız¹⁶. Pseudo yanal kuvveti, binanın nonlinear davranışıyla ulaştığı deplasmanları lineer elastik bir modelde yakalamaya çalıştığı için, yeni bina tasarımında kullanılan ‘taban kesme Kuvveti’nden hayli yüksek olacaktır; çünkü gerçek nonlinear davranışta deplasmanlar büyürken taban kesme kuvveti çok az artar (bkz. Şekil 3.3, syf.45). Doğal olarak, yüksek kuvvetlerle yüklenen elastik bir modelde, kesit tesirleri de yüksek olacaktır. Bu yüksek kesit tesirleri, elemanların kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde doğrudan kullanılamaz, çünkü süneklik parametresi henüz hesaba katılmamıştır. Bu noktada, *eleman bazlı süneklik* kavramı devreye girer. Bu kavram, *m çarpanları* ile temsil edilir.

FEMA 310 ve FEMA 273’te, eleman bazlı süneklik kavramı kullanılır. Taşıyıcı elemanların süneklikleri, elemanların yapımlarında uygulanan detaylar, üzerlerindeki kuvvetlerin mertebesi ve göçme biçimlerine (sünek/gevrek) bağlı olarak değişir. FEMA 310’da, burada verilen eleman bazlı süneklikle ilgili tüm bilgileri temsil etmek üzere, “*m çarpanları*” kullanılır. Yapısal çözümlemeyle elde edilen “fiktif” kesit tesirlerinin *m çarpanları* ile bölünmesiyle, elemanlardaki gerçek kesit tesirlerine ulaşılmaya çalışılır. Ancak, bu işlem yalnızca *deformasyon denetimli iç kuvvetlerde* uygulanır, *kuvvet denetimli iç kuvvetler* ise deformasyon denetimli iç kuvvetlerden elde edilir. Kesit tesirlerinin bu şekilde sınıflandırılması ve hesaplanması konularındaki açıklamalar için Bölüm 3.4.3.5’i inceleyiniz.

Şekil 3.2’de, *m çarpanlarının* eleman sünekliğini nasıl temsil ettikleri görülmektedir. Yapının elastik olarak modellenmesi ve deprem kuvvetlerinin binanın nonlinear gerçek davranışındaki deplasmanlarına varacak mertebede seçilmesi nedeniyle elemanlarda gerçekte olduğundan daha yüksek kesit tesirleri elde edilir. Yapısal çözümlemeden elde edilen bu kesit tesiri, Q_{UD} ile temsil edilir. Bu ‘fiktif’ kesit tesirinin *m* ile bölünmesiyle elemanın nonlinear davranışında oluşacak kesit tesirleri

¹⁶ Bölüm 3.4.3.5’de verilen bilgiler LSP’de özel değildir. LDP’de de bina davranışı LSP’ye benzer şekilde, yani süneklik çarpanıyla azaltılmamış spektrum üzerinden incelenir.

elde edilmeye çalışılır; ki bu kesit tesiri de elemanın taşıma gücü Q_{CE} 'ye eşit veya daha az olacaktır. Çünkü akma halindeki bir elemanda, eleman kapasitesini aşan kuvvetler barınmaz.



Şekil 3.2 m çarpanlarının fiziksel anlamı

Bu durumda, bir elemanın dayanımının (deformasyon denetimli iç kuvvetler için) yeterliliği için kriter Denk.(3.4) ile verilebilir:

$$Q_{CE} \geq \frac{Q_{UD}}{m} \quad (3.4)$$

m : Eleman kesit tesiri düzenleyicisi; seçilen bir performans seviyesi için, kesit tesiriyle ilgili deformasyonda beklenen süneklikle ile kesit tesirini ilişkilendirir.

Q_{CE} : Elemanın beklenen dayanımı (deformasyon denetimli iç kuvvetler için)

Q_{UD} : Deprem ve ağırlık kuvvetlerinden elde edilen kesit tesiri.

Yukarıda verilen ‘elemanın kabul edilebilirliği’ kavramı yalnızca deformasyon denetimli iç kuvvetler içindir; kuvvet denetimli kesit tesirleri için kabul edilebilirlik kriterleri farklıdır. Burada genel anlayışın anlaşılabilmesi için kısaca bahsedilen “Kabul Etme Kriteri”, ayrıntılı olarak Bölüm 3.4.3.6’de incelenecektir.

3.4.3.3 Dayanım

Yapılarda güvenlik kavramının ana ayaklarından biri de dayanımdır. Dayanım, elemanların boyutları, malzeme karakteristikleri, ve kesit tesirlerinin mertebesine

bağlı olarak değişen bir parametredir. Mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde, eleman dayanımlarının malzeme karakteristiklerini ve yük mertebelerini en iyi biçimde temsil eden yöntemlerle hesaplanması gerekir. Eleman boyutlarının mevcut bir yapıda değişmeyen parametreler olmasından ve kesit tesirlerinin ayrı bir bölümde, Bölüm 3.4.3.5’de inceleneceğinden dolayı bu bölümde dayanımı etkileyen parametrelerden yalnızca ‘malzeme özellikleri’ parametresi incelenecektir. Ayrıca, dayanım hesabında devreye giren güvenlik çarpanları da bu bölümün konusudur.

Betonarme elemanlarda zamana bağlı sünme ve büzülme gibi etkiler nedeniyle gerilmelerin hesabı imkansızlaşsa¹⁷ da tasarımda bu gerilmelerin –ilginçtir ki– önemi yoktur; çünkü betonarme bir elemanın taşıma gücü, bu parametrelerden bağımsız olarak hesaplanabilir; çünkü elemanların taşıma gücü hesaplanırken betonarmeyi oluşturan beton ve çeliğin sınır deformasyon durumları göz önüne alınır.

Yeni bina tasarımında eğilme taşıma gücü hesabı yapılırken, şu kabuller yapılır:

- a). Düzlem kesitler şekil değiştirmeden sonra düzlem kalır,
- b). Beton ile çelik tam kenetlenme halindedirler,
- c). Betonun çekme dayanımı ihmal edilir,
- d). Beton için belirli bir birim kısalma değeri kullanılır, bu değer elemandaki kuvvetlerin türüne ve betonun sarılma durumuna bağlı olarak değişir. Elemandaki kuvvetlerin türünün birim kısalma değerini değiştirmesine örnek olarak, incelenen elemanın salt basınca veya bileşik eğilmeye maruz kalmasına göre beton için kabul edilen birim kısalma değeri değişmesi verilebilir. Betonun sarılma durumuna örnek olarak da, fretli kolonlarla etriyeli kolonların dayanımlarının farklı beton birim kısalma değerleriyle hesaplanması gösterilebilir,
- e). Donatı çeliğinde ise elastoplastik davranış öngörülür; yani akma deformasyonuna kadar lineer elastik, bu sınırdan sonra ise sabit gerilme ile çelik malzemesinin karakteristiği temsil edilir.

Yeni bina tasarımı yapılırken, binanın yapımında malzeme dayanımlarının tasarımda öngörülenden düşük olması, kötü işçilik gibi risklerin hesaba katılması amacıyla eleman dayanımları belirli güvenlik çarpanları kullanılıp ‘*dizayn dayanımı*’ olarak hesaplanırlar. Örneğin TS-500’de [9] malzeme karakteristik dayanımları, 1’den büyük malzeme katsayılarına¹⁸ bölünerek azaltılırken ($\gamma_{mc}=1.5$ $\gamma_{ms}=1.15$) , ACI 318’de ise malzeme karakteristik değerleriyle hesaplanan dayanım (*nominal dayanım*), 1’den küçük ‘ ϕ dayanım azaltma çarpanlarıyla’ düşürülür¹⁹.

Mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde ise, yukarıda yeni binalar için verilen prosedürlerden farklı olarak, elemanlarda ‘*beklenen dayanım*’, Q_{CE} hesaplanır. *Beklenen dayanım* hesabı, dizayn dayanımından şu farklarla ayrılır:

- Güvenlik çarpanları kullanılmaz (γ_{mc} veya ϕ gibi)
- Çelikte elastoplastik değil, pekleşmeli gerilme-şekil değiştirme dağılımı kullanılır.

FEMA 310 Bölüm B-4.2.4.4’te *beklenen dayanımın*, nominal dayanımın 1.25 katıyla çarpılması ile elde edilmesi şart koşulmuştur. Bu bölümdeki Açıklamayı incelersek:

“Açıklama:

1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations of New Buildings and Other Structures’da [10] dayanım dizaynı veya yük ve direnç faktörü dizaynında eleman kapasiteleri verilmiştir. Bunlar ahşap, beton, kagir ve çelik için nominal dayanımları içerir. Unutmayınız ki, elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında LSP veya LDP kullanılırken direnç faktörleri (ϕ) kullanılmamaktadır.”

Provisions [10], hem depreme dayanıklı yapı tasarımı koşullarını (*ABYYHY* [11] gibi), hem de çelik, betonarme (TS 500 gibi), ahşap gibi yapı sınıflarının kendilerine özel koşullarını verir. Betonarme yapılarla ilgili koşullar, ACI 318 betonarme yönetmeliğini referans alıp, bazı bölümlerinde değişiklikler, ACI 318’de bulunmayan

¹⁷Ref. [8] : 1985 Betonarme,Uğur Ersoy , Bölüm 2.2.4 syf.104

¹⁸ TS 500/Şubat 2000, Böl.6.2.5, syf.17

¹⁹ ϕ dayanım azaltma çarpanları ACI318-95, Bölüm 9.3.2’de verilmiştir.

özel durumlar için de eklentiler yapar. Yukarıdaki alıntıda bahsedilen nominal dayanım, daha önce de bahsedildiği gibi malzeme güvenlik katsayıları kullanılmadan hesaplanan dayanımdır (karakteristik dayanım).

Ek-F’de, bu bölümde anlatılan dayanım hesabıyla ilgili koşulların sağlandığı bir taşıma gücü hesap programı amacıyla verilmiştir.

3.4.3.4 Dış Kuvvetler

Ağırlık Kuvvetleri:

Yeni bina tasarımında, belirli *yük çarpanları* ile arttırılmış yüklerden elde edilen kesit tesirlerine göre tasarım yapılır. Ağırlık yükleri, hareketli yükler ve deprem kuvvetleri gibi birbirinden bağımsız kuvvetler²⁰, bir araya geliş biçimlerine göre farklı yük çarpanlarına tabi tutulurlar. Örneğin düşey yüklerin hakim olduğu bir yüklemde (1.4G+1.6Q) zati yükler (G) 1.4 çarpanını alırken, deprem yüklemesinde (1.0G+1.0Q+1.0E) ‘1.0’ çarpanını alır. Yük çarpanları, dizayn yüklerinin aşılma ihtimaline göre hesaplanan, yapısal güvenlik kavramının dış etkilerle ilgili kısmını temsil eden değişkenlerdir.

FEMA 310’da ağırlık yüklerinin hesabının anlatıldığı Bölüm B-4.2.4.2’de Denk. (B-4.6) ile verilen ağırlık yükleri incelenirse:

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L + Q_S) \quad (3.5)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (3.6)$$

$Q_D =$ Ölü yük,

$Q_L =$ Efektif hareketli yük, ölçülen hareketli yükten az olmamak üzere düşürülmemiş dizayn hareketli yükünün %25’ine eşit.

²⁰ Aslında deprem kuvvetlerinin kütleyle bağlı olmasından dolayı deprem kuvvetleri ağırlık kuvvetleriyle dolaylı olarak bağlantılıdır.

$Q_s =$ Efektif kar yükü, tam dizayn kar yükünün %70'inden, veya ilgili makamın garanti ve onay verdiği koşullarda dizayn kar yükünün %20'sinden az olamaz. Dizayn kar yükünün ft kareye 30 pound olduğu ($=1.44 \text{ kN/m}^2$) yerlerde $Q_s = 0.0$.”

Yukarıda görüldüğü gibi, mevcut yapıların sismik performansının değerlendirildiği FEMA 310'daki yük çarpanları yeni bina tasarımından farklılıklar gösterir. Bu farklar şu sebeplere dayanırlar²¹:

1. Ölü, kalıcı ve hareketli yükler yerinde incelendiği için yük çarpanları düşer²²,
2. Yapının mevcut yükleri taşımakta yeterli olduğu bilinmektedir,
3. Bu yöntemlerde tanımlanan performans seviyeleri, yeni bina tasarımında hedeflenen performansla tam olarak aynı değildir; ve
4. Bu yöntemlerde verilen malzeme ve dayanım hesapları geleneksel hesaptan farklıdır.

Denk.(3.5) ve (3.6)'nın yalnızca sismik değerlendirme için verilip, yapının düşey yükler veya rüzgar yükleri için yapılacak analizlerinde kullanılmaması gerektiğine dikkat edilmelidir.

Ayrıca, hareketli yüklere uygulanan 0.25 çarpanı, beklenen hareketli yükün dizayn yüküne oranını temsil eder. Mevcut hareketli yükün değeri, 0.25 çarpanıyla azaltılmış hareketli yükten yüksekse, mevcut değer kullanılmalıdır.

Deprem Kuvvetleri:

FEMA 310'da sismik analizin yapılması için iki prosedür verilmiştir: Lineer Statik Prosedür (LSP) ve Lineer Dinamik Prosedür (LDP). İsimlerinden de anlaşılacağı

²¹ Bahsedilen bilgiler FEMA 274, Böl.C3.2.8, syf. 3-9'dan edinilmiştir.

²² Türk yönetmelikleri açısından bakılırsa, yeni bina tasarımında depremi içeren yük kombinasyonlarında 1.0'a eşit olan zati ve hareketli yük çarpanı ($1.0G+1.0Q$) azalmamış, aksine artmıştır. Çelişkili gibi görünen bu ifade, FEMA'nın da dahil olduğu bir çok Amerikan prosedürünün yükler için ASCE-7' de [12] verilen değerleri kullandığı dikkate alındığında çelişkili görünümünden kurtulur. ASCE-7, Böl.2.4.2'de verilen depremlili yük kombinasyonu ($1.2D+1.0E+0.5L+0.2S$) şeklindedir. ACI318-95, Böl. 9.2'de ise ($1.05D+1.28L+1.4E$) yük kombinasyonu önerilir.

gibi, depremin etkileri LSP’de eşdeğer statik kuvvetlerle, LDP’de ise tepki spektrumu analizinden elde edilen deplasmanlarla temsil edilir. Ancak, FEMA 310’da geleneksel yeni yapı tasarımından farklı olarak, süneklik çarpanı (R) ile azaltılmamış deprem kuvvetleri kullanılır. Bu kuvvetin Lineer Statik Prosedürdeki ismi “*pseudo yanal kuvveti*”dir.

Bu bölümde, FEMA 310’da kabul edilen deprem kuvveti anlayışı, konunun daha anlaşılabilir olması amacıyla Lineer Statik Prosedürdeki pseudo yanal kuvveti üzerinden anlatılacaktır; Lineer Dinamik Prosedürde kabul edilen yapı davranışı LSP’den farklı değildir. Fark yalnızca, deprem kuvvetlerin eşdeğer statik yöntemle veya tepki spektrumuyla elde edilmesidir. Bu noktadan sonra kabul edilen bina davranışı, süneklik, iç kuvvetler gibi kavramlar prosedürün statik veya dinamik olmasından bağımsızdır.

Pseudo yanal kuvvetinin nasıl bir anlayışla elde edildiğinin anlaşılabilmesi için öncelikle FEMA 310 yayının Türkçe çevirisinde, Bölüm B-3.5.2.1-“Pseudo yanal kuvveti” bölümünde verilen Açıklama incelenebilir:

“Açıklama:

Bu yayındaki sismik değerlendirme prosedürü, tıpkı “*NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings*” ve “*Uniform Building Code*” ‘da olduğu gibi, dizayn depremi yükleri altında binanın nonlinear davranışına izin veren anlayış üzerine kurulmuştur. *NEHRP Recommended Provisions*, “*Uniform Building Code*” ve FEMA 178 yönetmelikleri, nonlinear sismik davranışı süneklik katsayısı R faktörlerini kullanarak lineer olarak modellerler ve dizayn depremindeki taban kesme kuvveti ve elemanların iç kuvvetleri gibi değerlere kabaca yakınsama sağlarlar. Diğer bir deyişle, taban kesme kuvveti binanın beklenen dayanımına eşittir, ancak bu taban kesme kuvveti kullanılarak hesaplanan deplasmanlar binanın dizayn depremindeki mevcut deplasmanlarından önemli ölçüde azdır. Dolayısıyla, bu yaklaşımda süneklik ve kat deplasmanı hesaplarında taban kesme kuvveti C_d , $0.7R$ gibi çarpanlarla artırılır.

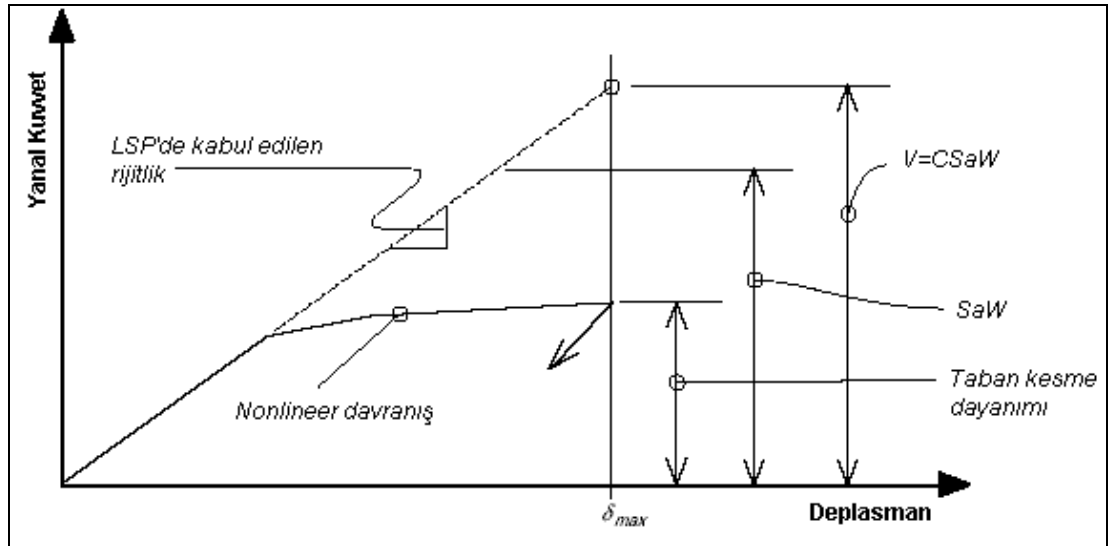
Bu yayındaki Lineer Statik Prosedür, tıpkı FEMA 273’deki gibi nonlinear davranışın hesabında farklı bir yaklaşım sergiler. Pseudo yanal kuvvetleri, dizayn depremindeki “gerçek” deplasmanların hesaplanması amacıyla yapıya uygulanır. Denk.(B-3-1)’deki pseudo kuvveti, yapının dizayn depremi yükleri altında vardığı akma halindeki beklenen gerçek deplasmanlarını lineer statik bir analizle temsil etmeye çalışan kuvvettir.

Pseudo kuvveti, geleneksel dizayn yönetmeliklerindeki ve FEMA 178'deki binanın dayanması gereken gerçek yanal kuvveti temsil etmez. Özetle, bu prosedür eşdeğer deplasmanlar ve pseudo yanala kuvvetleri üzerine kurulmuştur. Bu lineer statik analiz yaklaşımıyla ilgili ek açıklamalara ihtiyaç duyulursa, lütfen Bölüm B-4.2.2.1'deki açıklama ve FEMA 273 ve 274'e bakınız.

Yapısal elemanlarda kabul etme kriteri hesapları yapılırken, uygulanan kuvvetlere süneklik kökenli azaltım katsayısı R 'nin uygulanması yerine, bu yayında süneklikle ilişkili m çarpanları kullanılmıştır. Dolayısıyla, tüm yapı için tek bir R değeri kullanmak yerine, elemanın sünekliğine bağlı olarak elemandan elemana değişebilen m çarpanları kullanılır. Belli bir Aşama Değerlendirmesi seviyesi için kullanılan m çarpanı, değerlendirmenin diğer aşamalarında kullanılmayacaktır. (Örneğin, Aşama 3'deki m değerleri, Aşama 1 veya 2 Değerlendirmesi yapılırken kullanılamaz.)

Yüksek depremsellik bölgesinde yapılmış kısa ve rijit binalarda, Denk. (B-3-1) ile ilişkili gerekli dayanım, temellerin zeminden kaymasına neden olabilecek kuvveti aşabilir. Ancak, yapının dayanımı zeminin dayanımını aşamaz. Dolayısıyla, bu tip binalarda Denk. (B-3-1) uygulanır; yapısal elemanların dayanımı $0.75W$ değerini aşmak zorunda değildir.”

Yukarıdaki alıntıda bahsedilen prensipler Şekil 3.3 ile temsil edilebilir²³:



²³ Burada, FEMA 274 Bölüm C3.3.1 üzerinden hareket edilmiştir. FEMA 273 ve 274'deki pseudo yanal kuvvetinin ifadesi FEMA 310'dakinden biraz farklıdır. FEMA 310'da yapı sınıfına göre değişen tek bir C çarpanı varken, FEMA 273'te yapının farklı özelliklerini temsil eden C_1, C_2 ve C_3 çarpanları ile daha ayrıntılı bir yaklaşım gözlenmektedir. Ayrıntılar için FEMA 274 Bölüm C3.3.1.3'e bakınız.

Şekil 3.3 : Lineer Statik Prosedür ve Pseudo Yanal Kuvveti

LSP’de, yukarıdaki alıntıda ve şekilde görülen ifade ile, yapıda hiç bir zaman erişilemeyecek bir taban kesme kuvveti üzerinden hareket edilmektedir. Elastik olarak modellenen yapı, gerçekte bir sınırdan sonra plastik davranış gösterecek, taşıyıcı elemanların taşıma güçlerini aşan bir kuvveti üzerinde barındırmayacaktır. Pseudo yanal kuvvetinin, binanın akma haline geçtiği gerçek halinden çok daha büyük mertebelerde olmasının sebebi, elastik bir modele yüklendiğinde, akma halindeki binanın gerçek deplasmanlarına yakınsayacak mertebedeki kuvvetlerin bulunmaya çalışılmasıdır. Yukarıdaki şekil bu amacı temsil etmektedir. Yapının gerçek davranışında eriştiği δ_{max} deplasmanı, yapının lineer elastik bir modeline yüklenen V pseudo yanal kuvveti kullanılarak bulunmaya çalışılır.

3.4.3.5 Kesit Tesirleri

Rijitlik, dayanım ve süneklik parametreleri, ancak karşılımları gereken etkilerin bilinmesiyle anlam kazanabilirler. Bu etkiler, elemanlardaki kesit tesirleridir.

Mevcut yapıların sismik değerlendirmesinde, *süneklik* parametresinin hesaba katılma biçiminin, yeni bina tasarımındaki uygulamalardan oldukça farklı olduğu Bölüm 3.4.3.2-“Süneklik” bölümünde açıklanmıştı. Süneklik ile eleman kesit tesirleri birbiriyle yakından ilişkili olduğundan, mevcut yapıların sismik performansının değerlendirilmesinde kullanılacak kesit tesirlerinin eleman bazlı süneklik kavramı temel alınarak sınıflandırılması ve hesaplanması gerekir.

Devam eden alt bölümlerde, burada kısaca bahsedilen konuların nasıl bir anlayışla elde edildiği anlatılacaktır.

İç Kuvvetlerin Sınıflandırılması:

FEMA 310 ve FEMA 273’te kesit tesirleri için bir sınıflandırma yapılmıştır: (1) Deformasyon denetimli iç kuvvetler, (2) Kuvvet denetimli iç kuvvetler. Bu kavramlar, eleman bazlı süneklik kavramıyla yapılan incelemelerde birincil öneme

sahiptirler. Bu sınıflandırmanın anlaşılması için öncelikle Bölüm B-1.3'te verilen tanımlarını inceleyelim:

“DEFORMASYON DENETİMLİ İÇ KUVVET: Değerlendirilen elemanın akma değerini izin verilen ölçüde aşan deformasyonla ilişkili iç kuvvet. Akma durumunun aşılma mertebesi, eleman düzenleme çarpanlarıyla (m çarpanları) belirlenir.

KUVVET DENETİMLİ İÇ KUVVET: Değerlendirilen elemanın akma değerini aşmasına izin verilmediği deformasyonla ilişkili iç kuvvet. İç kuvvet, değerlendirmede kullanılan pseudo kuvvetleriyle doğrudan ilişkili değildir; daha ziyade yapısal sistem elemanlarının akma durumunda aktarabilecekleri maksimum kuvvetlerle ilişkilidir.”

Ayrıca, Bölüm “B-4.2.4.3 – Elemanlarda İç Kuvvetler” bölümünde verilen açıklamaları irdelemek yararlı olacaktır:

“İç kuvvetler, deformasyon denetimli veya kuvvet denetimli şeklinde sınıflandırılacaktır. Deformasyon denetimli iç kuvvet, akma değerinin aşılmasına izin verilerek oluşan deformasyondan oluşan iç kuvvettir; maksimum deformasyon elemanın sünekliği ile sınırlandırılmıştır. Kuvvet denetimli iç kuvvet ise akmasına izin verilmeyen bir deformasyondan oluşan iç kuvvettir; sınırlandırılmış süneklikle ilgili iç kuvvetler, kuvvet denetimli olarak sınıflandırılacaktır.

Açıklama:

Bir yapının genel şekil değiştirme davranışı, deformasyon denetimli iç kuvvetlere bağlı elastik ve plastik deformasyonlara bağlıdır. Kuvvet denetimli elemanlardaki maksimum kuvvetler, deformasyon kontrollü elemanların kapasitesine bağlı olarak oluşur.

Betonarme bir moment çerçevesinin kolon ve kirişlerini göz önüne alın. Eğilme momentleri tipik olarak deformasyon kontrollü iç kuvvetlerdir. Kirişlerdeki kesme kuvvetleri ve kolonlardaki normal kuvvetler de kuvvet denetimlidir. Deformasyon kontrollü iç kuvvetlerde akma durumu (bu örnekte kiriş momenti), kuvvet denetimli iç kuvvetleri (bu örnekte kiriş kesme ve kolon normal kuvvetleri) denetler.

Çapraz çerçeveli bir yapı düşünün. Çaprazlardaki normal kuvvetler, deformasyon denetimli iç kuvvetlerdir. Çapraz bağlantı yerlerindeki kuvvetler ve kolonlardaki normal kuvvetler kuvvet denetimlidir. Çaprazların akması ve burkulması, kolonlardaki ve birleşimlerdeki oluşacak kuvvetleri kontrolü altında tutar.

Tipik deformasyon ve kuvvet denetimli iç kuvvetler aşağıda listelenmiştir. ‘M’ momenti, ‘V’ kesme kuvvetini, ‘P’ ise normal kuvveti temsil eder.

	Deformasyon- Denetimli	Kuvvet- Denetimli	
Moment çerçeveleri			
Kirişler	M	V	
Kolonlar	M	P,V	
Birleşimler	--	V	
Perdeler	M,V	P	
Çaprazlı Çerçeveler			
Çaprazlar	P	--	
Kirişler	--	P	
Kolonlar	--	P,M	
Kesme Bağlantısı	V	P,M	
Bağlantılar	--	P,V,M	”

Yapıların davranışını büyük ölçüde etkileyen ‘*süneklik*’ parametresi, elemanların göçme tipine bağlıdır. Betonarme yapılarda, sünek göçmenin olduğu durum ‘*eğilme göçmesi*’ dir. Kesme ve aksenal basınç göçmeleri ise gevrek kırılmaya neden olurlar. Dolayısıyla, bir elemandaki kesit tesirleri de, neden oldukları göçme tipine göre sınıflandırılabilirler: Moment kesit tesiri elemanda sünek göçmeye, aksenal basınç kuvvetleri ise gevrek kırılmaya neden olurlar. Kesme kuvvetinin etkileri yapı sınıfına göre değişir.

Sünek göçmeye neden olan kesit tesirleri, “*deformasyon denetimli iç kuvvet*” olarak sınıflandırılırlar. Böyle bir isim verilmesinin nedeni, kesit tesiri için üst limitin kuvvetlere değil, deformasyonlara bağlı olmasıdır. Gevrek göçmeye neden olan kesit tesirleri ise “*kuvvet denetimli iç kuvvet*” olarak sınıflandırılırlar; çünkü bu kuvvetler deformasyonlarla değil kuvvetlerle sınırlandırılır. Bu kavramları, FEMA 273’te verilen açıklamalardan ve Şekil 3.4’den yararlanarak açıklamaya çalışalım²⁴:

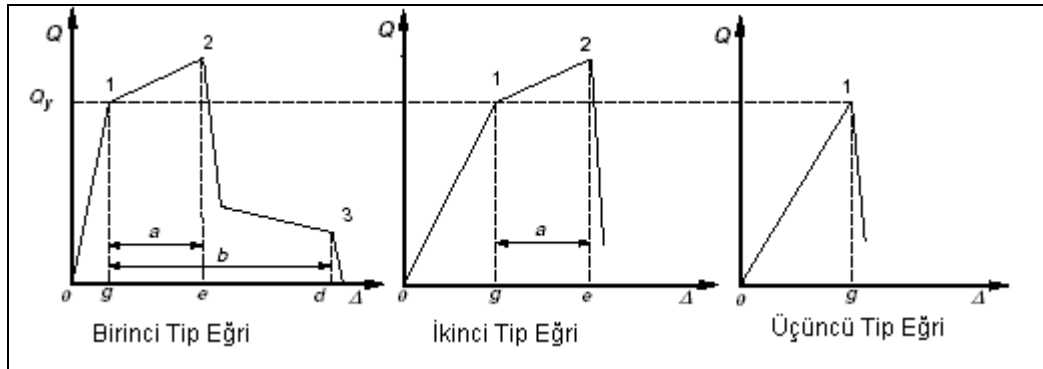
Birinci tip eğride, tipik sünek davranış görülmektedir. Bu davranış, elastik bölge (0 ve 1 noktaları ile sınırlanan bölge), ardından gelen pekleşme (1 ve 2 noktaları arası) veya gevşemeyi (2 ve 3 noktaları arası) içerebilen plastik bölge (1 ve 3 noktalarıyla sınırlanan bölge), ve son olarak da dayanım düşmesi bölgesi (2 ve 3 noktalarıyla sınırlanan bölge) ile temsil edilebilir. Bu davranışa sahip elemanlar için “Kabul Etme

²⁴ FEMA 273, Böl. 2.9.4 – “Acceptance Criteria”, syf. 2-32

Kriteri²⁵, Performans Seviyesine²⁶ bağı olarak, elastik veya plastik bölgede kalınmasını gerektirir. Eğer pekleşme veya gevşeme bölgesi yeterince büyükse ($e > 2g$), bu tip davranışa sahip bir kesit tesiri deformasyon denetimli, aksi halde kuvvet denetimli olarak sınıflandırılır.

İkinci tip eğride, sünek davranışın başka bir şekli görülmektedir. Bu davranış, elastik ve plastik bölgeler, ardından gelen hızlı dayanım kaybı ile temsil edilebilir. Eğer plastik bölge yeterince büyükse ($e \geq 2g$), bu tip davranışa sahip bir kesit tesiri deformasyon denetimli, aksi halde kuvvet denetimli olarak sınıflandırılır. Bu davranışa sahip elemanlar için kabul etme kriteri, Performans Seviyesine bağı olarak, elastik veya plastik bölgede kalınmasını gerektirir.

Üçüncü tip eğride ise gevrek veya sünek olmayan davranış temsil edilmektedir. Elastik davranışın ardından hızlı bir düşüşle tüm dayanım kaybedilir. Bu davranışa sahip tüm kesit tesirleri *kuvvet denetimli iç kuvvet olarak* sınıflandırılır. Bu davranışa sahip elemanlar için kabul etme kriteri, her zaman elastik bölgede kalınmasını gerektirir.



Şekil 3.4 Genel Eleman Davranış Eğrileri

‘Betonarme moment çerçevesi’²⁷ tipi bir yapının elemanlarında oluşan kesit tesirleri, yukarıda verilen davranışlar ve bu davranışlar temel alınarak kesit tesirlerinin sınıflandırılması prensiplerine göre sınıflandırılırsa, eğilme kesit tesirlerinin

²⁵ Bu kavram Bölüm 3.4.3.6-“Elemanlarda Kabul Edilebilirlik” bölümünde açıklanmıştır.

²⁶ Bölüm 3.5.2.1’de Performans Seviyesi kavramı ayrıntılı olarak incelenmiştir.

²⁷ Betonarme moment çerçevelerinin özellikleri Bölüm 3.5.2.3’de verilmiştir.

deformasyon denetimli, eksenel basınç ve kesme kuvvetlerinin ise kuvvet denetimli olarak sınıflandırılması açıklık kazanmış olur.

Takip eden bölümde, bu bölümde açıklanan prensiplere göre sınıflandırılan kesit tesirlerinin (iç kuvvetlerin) nasıl hesaplanması gerektiği açıklanacaktır.

Deformasyon ve Kuvvet Denetimli İç Kuvvetlerin Hesaplanma Biçimleri:

a) Deformasyon Denetimli İç Kuvvetler:

Deformasyon denetimli iç kuvvetler, ağırlık ve deprem kuvvetlerinin kombine edildiği yapısal çözümlemelerden elde edilirler. FEMA 310, Bölüm B-4.2.4.3.1’de verilen ifadeyle,

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad (3.7)$$

Q_{UD} = Ağırlık ve deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet,

Q_G = Bölüm 3.4.3.5’de tariflenen ağırlık kuvvetlerinden oluşan iç kuvvet,

Q_E = Lineer Statik veya Lineer Dinamik Prosedür kullanılarak hesaplanan deprem kuvvetlerinin oluşturduğu iç kuvvet.

Denk.(3.7) ile hesaplanan deformasyon denetimli iç kuvvetler, elemanların kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde doğrudan kullanılmazlar²⁸, *m çarpanları* ile düşürülürler.

b) Kuvvet Denetimli İç Kuvvetler:

Kuvvet denetimli iç kuvvetler, yeni bina tasarımında kullanılan yönetmeliklerdeki depreme dayanıklı yapı tasarımı koşullarıyla bazı noktalarda çakışan bir anlayışla hesaplanırlar. Q_{UF} ile simgelenen kuvvet denetimli iç kuvvetler, idealde, deformasyon denetimli iç kuvvetlerden gelen en büyük kuvvetle ağırlık kuvvetlerinin

²⁸ Bu konuyla ilgili ayrıntılı açıklamalar için Bölüm 3.4.3.6- “Elemanlarda Kabul Edilebilirlik” bölümünü inceleyiniz

toplandığı limit analizle hesaplanmalıdırlar. Şekil 3.5, bu tanımı açıklamak için verilmiştir.²⁹

Şekil 3.5(a)'da, tepesinde konsantre bir kütle taşıyan konsol bir kolon görülmektedir. Kolondaki deformasyon denetimli kesit tesiri, alt ucundaki eğilme momentidir. Kuvvet denetimli kesit tesirleri ise kesme ve eksenel kuvvetlerdir. Kolonun eğilmede plastikleşmeye vardığı kabul edilir ve plastik mafsaldaki eğilme momentinin *beklenen dayanım* Q_{CE} 'ye eşit olması kullanılırsa, dizayn kesme kuvveti Q_{CE}/l olarak elde edilebilir. l , kolonun boyudur. Görüldüğü gibi, kuvvet denetimli bir kesit tesiri (kesme kuvveti), deformasyon denetimli bir kesit tesirinin (eğilme momenti) limit durumundan elde edilmiştir. Deprem hareketi, bu kolondaki eksenel kuvveti değiştirmeyeceğinden ağırlık kuvveti taşınmaya devam edecektir.

Şekil 3.5(b)'de, çok katlı bir çerçeve görülmektedir. Tipik bir kirişte, kiriş uç noktalarındaki eğilme momentleri deformasyon denetimli, kesme kuvvetleri ise kuvvet denetimlidir. Kiriş uçlarında eğilme plastik mafsallarının olduğu bir nonlineer mekanizma kabul edilir, ve bu noktalardaki eğilme momentinin beklenen dayanım Q_{CE} 'ye eşit olduğu kullanılırsa, beklenen dayanım ve ağırlık kuvvetlerine göre oluşturulmuş kiriş serbest cisim diyagramı üzerinden kiriş uzunluğu boyunca herhangi bir noktadaki kesme kuvveti bulunabilir. Aynı yaklaşım çerçeve kolonlarındaki kesme kuvvetlerinin hesabında da kullanılabilir.³⁰

²⁹ Verilen şekil ve bilgilerde FEMA-274'ten yararlanılmıştır.

³⁰ Aynı yaklaşım, Ref.[11]- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik gibi deprem yönetmeliklerinde de vardır. ABYYHY.- Bölüm 7.4.5. Kirişlerin Kesme Güvenliği bölümünde, kirişlerde donatı hesabına esas alınacak kesme kuvvetinin eleman uçlarında pekleşmeli taşıma gücü momentleri ve ağırlık kuvvetleri altında elde edilen serbest cisim diyagramı üzerinden hesaplanması şart koşulmuştur.

kesme ve eksenel kuvvetler ise eğilme kontrollüdür. Bu örnekte, kolonların eksenel kuvvetleri aranmaktadır. Kolonlardaki eksenel kuvvetlerin hesabı için, şekilde görülen serbest cisim diyagramları çıkarılır. Bu serbest cisim diyagramları, kolonlara birleşen kirişlerin kesilip, yerinde -bir önceki örnekte anlatılan- eğilme ve kesme kuvvetlerinin yerleştirilmesiyle elde edilir. Dikkat ediniz ki, kolonlara birleşen kirişler her iki ana aks yönünde de uzanmaktadır, ve her iki yön de dikkate alınmalıdır. Bu durum, özellikle köşe kolonlarda önem kazanır³².

Eğer kuvvet denetimli kesit tesirlerinin hesabında yukarıda örneklerle bahsedilen limit analiz çeşitli sebeplerle uygulanamıyor ise (çok uzun zaman alıyor veya hesaplar çok karmaşık hale geliyorsa), veya dizayn yüklemesinde önemli mertebelerde nonlineer davranış beklenmiyorsa, kuvvet denetimli iç kuvvetlerin hesabında başka yöntemler kullanılabilir. FEMA 310 Bölüm B-4.2.4.3'te, yukarıda bahsedilen limit analiz, Metot-1 olarak, aşağıdaki yaklaşımlar ise Metot 2 ve 3 olarak isimlendirilmiştir.

Metot-2'de kuvvet denetimli kesit tesirleri, yapısal çözümlemeden elde edilen kesit tesirleri kullanılarak hesaplanabilir. Eğer aranan kuvvet denetimli kesit tesiri, kendisini oluşturan tüm elemanların akma halinde olduğu gösterilebilirse, Denk.(3.8) kullanılabilir, aksi halde Denk.(3.9) kullanılır.

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{CJ} \quad (3.8)$$

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C} \quad (3.9)$$

Q_{UF} = Ağırlık ve deprem kuvvetlerinden oluşan iç kuvvetler,

C = FEMA 310, Tablo B-3.4'de tanımlanan değiştirme faktörü

J = Bir kuvvet kökenli azaltma faktörü, Denk.(3.10)'da tanımlıdır ve Can Güvenliği Performans Seviyesi için 2.5'i, Acil Yerleşim Performans Seviyesi için 2.0'yi aşamaz.

³² Bölüm 3.5.4.1'de - "Çok Yönlü Sarsıntı Etkileri" alt bölümünde detaylı olarak açıklanmıştır.

$$J = 1.5 + S_{DS} \quad (3.10)$$

S_{DS} = Dizayn kısa-periyot spektral ivme parametresi.

Metot-3 ise, ayrı bir metot olmaktan ziyade, bir istisna gibidir; deprem kuvvetlerinin, bina dayanımından önce zemin dayanımının aşıldığı, temellerin zeminden kaydığı durumu temsil eden Denk.(B-3.2) ile temsil edildiği durumda Denk.(3.8)'daki C katsayısının 1.0'a eşit alınması gerektiğini belirtir.

FEMA 310 ve FEMA 273'e göre³³, Denk.(3.8) ile bulunan sonuçlar, gerçek kuvvetlere kabaca yakınsar ve çoğu durumda konservatif sonuçlar verir.

3.4.3.6 Elemanlarda Kabul Edilebilirlik

FEMA 310'da kesit tesirlerinin hesaplanması için verilen koşullar, yeni bina tasarımı yönetmeliklerinde verilen koşullardan oldukça farklıdır. Bu farklardan biri, binanın matematiksel modeline yüklenen deprem kuvvetlerinin büyüklüğünden kaynaklanır. Lineer Statik Prosedürde kullanılan pseudo yanal kuvveti, veya Lineer Dinamik Prosedürde kullanılan tepki spektrumu ordinatları, yeni bina tasarımıdaki değerlerinden oldukça yüksek mertebelerdedir. "Bölüm 3.4.3.2-Süneklik" ve Bölüm 3.4.3.5 bölümlerinde, sismik kuvvetlerin bu kadar büyük tutulmasının sebebinin, öncelikle binanın gerçekteki nonlinear deplasmanlarının aranması, ardından da *süneklik* parametresinin binanın genelinde değil de her bir elemanda ayrı ayrı temsil edilmesi olduğu açıklanmıştır. Yapısal çözümlemeden elde edilen, gerçek durumdan oldukça yüksek kesit tesirlerinin süneklik parametresi ile düşürülmesi, bu bölümün konusudur.

Lineer Statik Prosedür veya Lineer Dinamik Prosedür kullanılarak yapılan bir yapısal çözümleme sonucunda elde edilen kesit tesirleri, elemanların kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde doğrudan kullanılamazlar. Bölüm "3.4.3.2-Süneklik" de verilen açıklamayı hatırlayalım:

".... Pseudo yanal kuvveti, binanın nonlinear davranışıyla ulaştığı deplasmanları lineer elastik bir modelde yakalamaya çalıştığı için, yeni bina tasarımıda kullanılan 'taban kesme

³³ FEMA 310, Böl. B-4.2.4.3.2-Açıklama ve FEMA 274, Böl.C3.4.2.1.B, syf. 3-34.

Kuvveti'nden hayli yüksek olacaktır; çünkü gerçek nonlinear davranışta deplasmanlar büyürken taban kesme kuvveti çok az artar (bkz. Şekil 3.3, syf.45). Doğal olarak, yüksek kuvvetlerle yüklenen elastik bir modelde, kesit tesirleri de yüksek olacaktır. Bu yüksek kesit tesirleri, elemanların kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde doğrudan kullanılamaz, çünkü süneklik parametresi henüz hesaba katılmamıştır. Bu noktada, *eleman bazlı süneklik* kavramı devreye girer.

.....

Yapısal çözümlemeyle elde edilen “fiktif” kesit tesirlerinin *m* çarpanları ile bölünmesiyle, elemanlardaki gerçek kesit tesirlerine ulaşılmaya çalışılır. Ancak, bu işlem yalnızca *deformasyon denetimli iç kuvvetler*de uygulanır, *kuvvet denetimli iç kuvvetler* ise deformasyon denetimli iç kuvvetlerden elde edilir.”

FEMA 310 ve FEMA 273’e göre, bir elemanın LSP veya LDP’den elde edilen “*deformasyon denetimli iç kuvvetler*”e göre kabul edilebilirliği denetlenirken, bu kuvvetler *m* çarpanları ile düşürülürler. “*Kuvvet denetimli iç kuvvetler*” ise, “*deformasyon denetimli iç kuvvetler*”den elde edilip kapasiteyle karşılaştırılırlar. Yani *m* çarpanları, kuvvet denetimli iç kuvvetlerin hesabında kullanılmaz. Bu bakımdan, elemanlarda kabul edilebilirlik konusu buradan itibaren iki ayrı başlıkta incelenecektir:

Deformasyon Denetimli İç Kuvvetlerde Kabul Etme Kriteri

Deformasyon denetimli kesit tesirleri, elemanın kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde doğrudan kullanılmazlar. Bu hususta Bölüm 3.4.3.2’de verilen bilgiler hatırlanırsa:

Şekil 3.2’de, *m* çarpanlarının eleman sünekliğini nasıl temsil ettikleri görülmektedir. Yapının elastik olarak modellenmesi ve deprem kuvvetlerinin binanın nonlinear gerçek davranışındaki deplasmanlarına varacak mertebede seçilmesi nedeniyle elemanlarda gerçekte olduğundan daha yüksek kesit tesirleri elde edilir. Yapısal çözümlemeden elde edilen bu kesit tesiri, Q_{UD} ile temsil edilir. Bu ‘fiktif’ kesit tesirinin *m* ile bölünmesiyle elemanın nonlinear davranışında oluşacak kesit tesirleri elde edilmeye çalışılır; ki bu kesit tesiri de elemanın taşıma gücü Q_{CE} ’ye eşit veya daha azdır. Çünkü akma halindeki bir elemanda, eleman kapasitesini aşan kuvvetler barınamaz.

Bu durumu temsil eden, daha önce Denk.(3.4) ile verilen kabul etme kriteri şöyle yazılabilir:

$$Q_{CE} \geq \frac{Q_{UD}}{m} \quad (3.11)$$

m : Eleman kesit tesiri düzenleyicisi; seçilen bir performans seviyesi için, kesit tesiriyle ilgili deformasyonda beklenen süneklikle ile kesit tesirini ilişkilendirir.

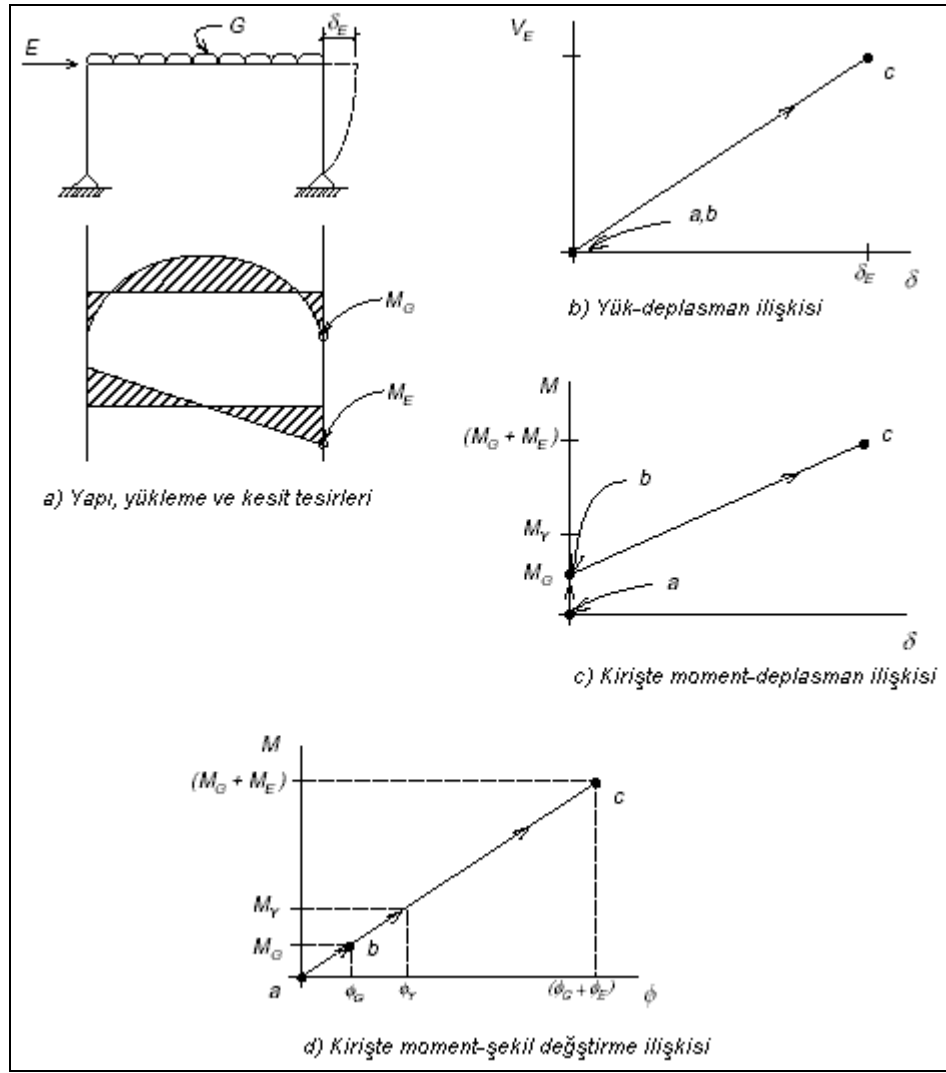
Q_{CE} : Elemanın beklenen dayanımı (deformasyon denetimli iç kuvvetler için)

Q_{UD} : Deprem ve ağırlık kuvvetlerinden elde edilen kesit tesiri.

Yukarıdaki paragrafta bahsedilen kavramları örneklerle açıklayalım³⁴. Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de görülen tek açıklıklı bir çerçevede, ağırlık yüklerinin (G) yalnızca kirişte etkin olduğu, ve sismik eylemsizlik kuvvetlerinin kiriş hizasında olduğu kabul edilmiştir.

Öncelikle kiriş incelenecektir. Şekil 3.6’de yükler, iç kuvvetler ve deplasmanlar görülmektedir. Kirişteki eğilme etkileri (moment), deformasyon denetimli olarak kabul edilmiş, kesme ve eksenel kuvvetin davranışa etkileri ihmal edilmiştir. Kirişin (ve çerçevenin) hareketi “a” noktasında başlar. Ağırlık yükleri (b noktasına kadar) altında kirişteki yanal deplasman sıfırdır, kiriş momenti ise sıfırdan M_G ’ye yükselir.

³⁴ Bahsedilen örnekler FEMA 274, Böl.3.4.2.2’den alınmıştır.



Şekil 3.6 Çerçeve Değerlendirmesi - Kirişe ait bilgiler

Kirişteki ϕ ile gösterilen eğilme şekil değişimi, sıfırdan ϕ_G 'ye kadar yükselir. Yanal deprem yüklemesinde ("c" noktasına kadar) kiriş ucundaki moment M_G 'den $(M_G + M_E)$ 'ye kadar, şekil değişimi ise ϕ_G 'den $(\phi_G + \phi_E)$ 'ye kadar artar. Kirişteki şekil değişiminin sıfırdan $(\phi_G + \phi_E)$ 'ye lineer olarak arttığı kabul edilirse, –ağırlık ile deprem yüklemelerindeki eğrilik dağılımlarının farklı olmasından dolayı bu durum gerçekte oluşmaz– Denk.(3.12) ile ifade edilebilir:

$$\mu_\phi = \frac{\phi_G + \phi_E}{\phi_Y} = \frac{M_G + M_E}{M_Y} \quad (3.12)$$

Burada μ_ϕ , eğrilik şekil değiştirmesi (ϕ) cinsinden ifade edilen eleman sünekliğidir. ϕ_Y ve M_Y , elemanın akma halindeki eğrilik ve moment değerleridir. Denk. (3.12) yeniden düzenlenirse,

$$M_G + M_E = \mu_\phi M_Y \quad (3.13)$$

Denk.(3.13), ile Denk. (3.4) özdeşdir; (M_G+M_E) toplamı Q_{UD} ’yi, μ_ϕ ise m ’yi temsil eder.

İkinci olarak, aynı çerçevedeki kolonlar incelenecektir. Şekil 3.7’da, çerçevedeki yükleme ve kolona ait kesit tesirlerinin deplasman ve deformasyonlarla ilişkileri görülmektedir.

Kolondaki eğilme etkileri (moment), deformasyon denetimli olarak kabul edilmiştir. Kolonun hareketi “a” noktasında başlar. Ağırlık yükleri (b noktasına kadar) altında yanal deplasman sıfırdır, kolon momenti ise sıfırdan M_G ’ye yükselir. Kolondaki ϕ ile gösterilen eğilme şekil değiştirmesi, sıfırdan ϕ_G ’ye kadar yükselir. Yanal deprem yüklemesinde (“c” noktasına kadar) kolon ucundaki moment M_G ’den (M_G+M_E) ’ye kadar, şekil değiştirme ise ϕ_G ’den $(\phi_G+\phi_E)$ ’ye kadar artar. Kolondaki moment ve eğrilik parametrelerinin değişiminin yukarıda anlatılan kirişteki benzer olacağı aşıkardır. Bu durumda, kolon momenti için Denk.(3.11) uygulanabilir. Ancak bu denklem, kolondaki akma durumundaki eğilme momenti M_Y ’nin bulunması için gerekli olan eksenel kuvvette uygulanamaz. Eksenel kuvvet, kuvvet denetimli bir kesit tesiridir, dolayısıyla farklı bir prosedürle hesaplanır. Görüldüğü gibi, kuvvet denetimli bir kesit tesiri (eksenel kuvvet), deformasyon denetimli bir kesit tesirine ait taşıma gücünü de etkilemektedir.

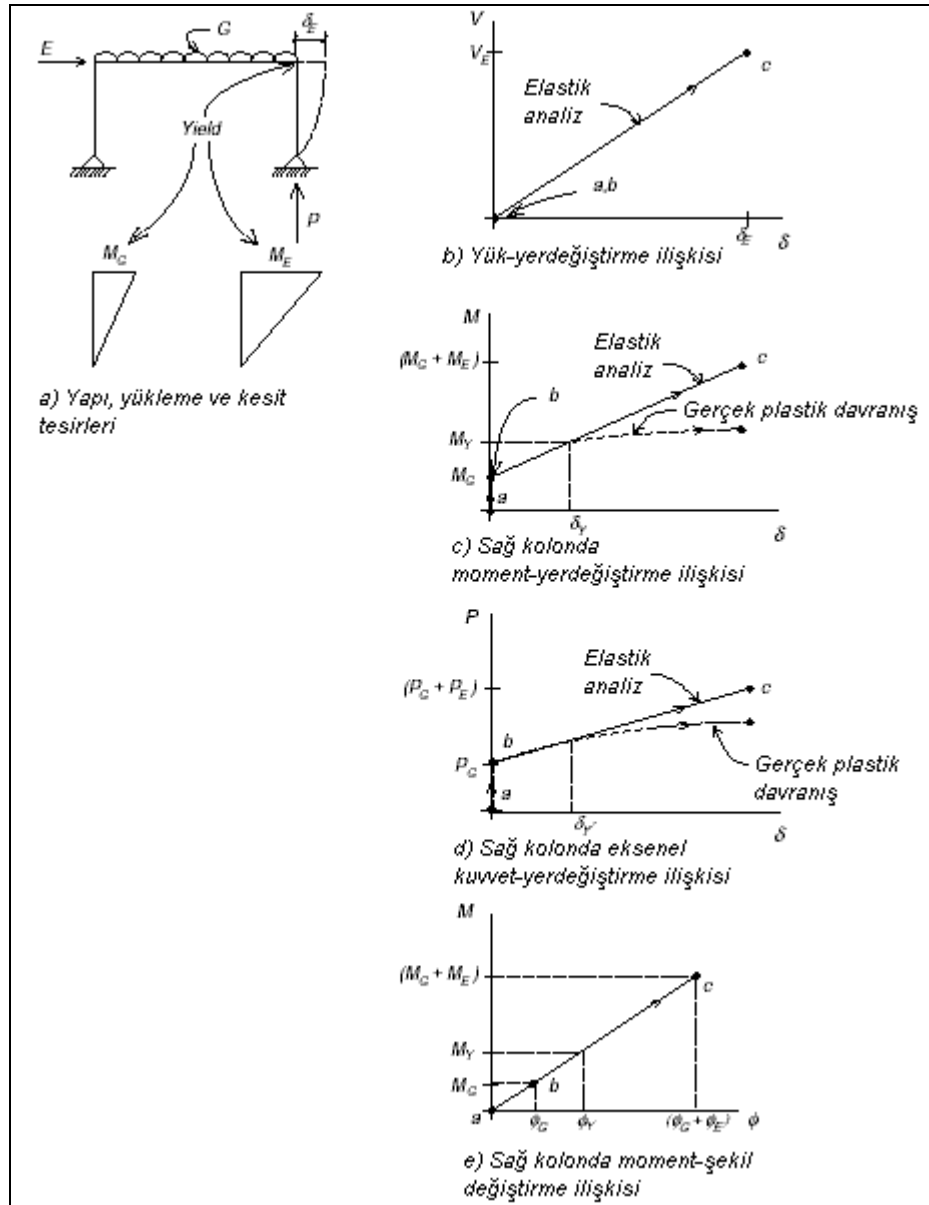
Kuvvet denetimli kesit tesiri olan eksenel kuvvetin hesaplanmasında, alternatif metot olarak verilen Denk.(3.8) ve Denk.(3.9) kullanılabilirler. Ancak bu denklemler, eksenel kuvvetin, çerçevedeki elemanların akma haline vardığı durumu inceleyen bir limit analiz yapılmadığı zaman kullanılabilirler, tercih edilen metot limit analizdir.

Şekil 3.8’de, bir çerçevenin hem iç kolonları, hem de dış kolonları değerlendirilmektedir. Kolondaki yükleme “a” noktasında başlar. Ağırlık yükleri altında, (“b” noktasına kadar olan yükleme) yanal deplasman sıfırdır ve eksenel

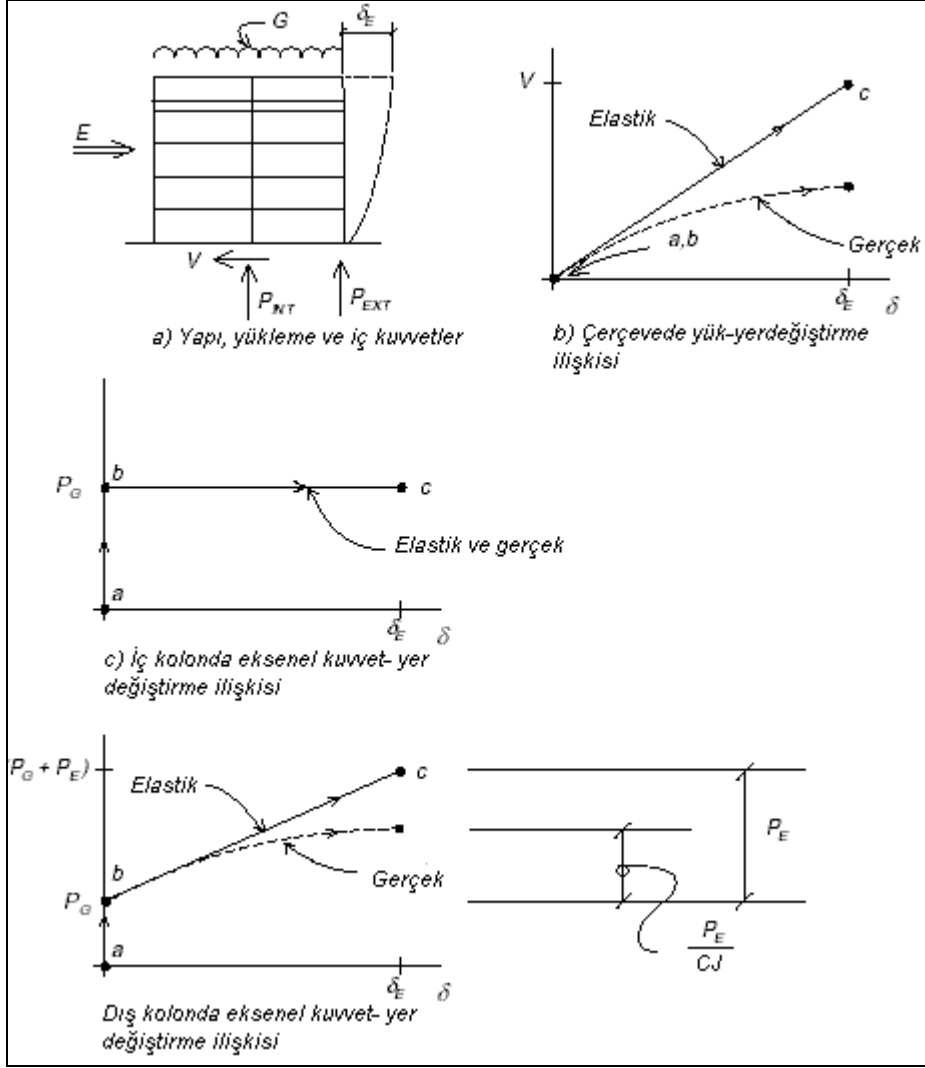
kuvvet sıfırdan P_G 'ye kadar yükselir. Eşdeğer taban kesme kuvveti V 'nin uygulanmasıyla (LSP'deki V 'ye eşit), yanal deplasman δ_e 'ye yükselir ("c" noktasına kadar olan yükleme). İç kolondaki eksenel kuvvet değişmezken, lineer elastik modelden hesaplanan dış kolondaki eksenel kuvvet (P_G+P_E)'ye yükselir. Ancak, çerçevedeki plastikleşmeden dolayı maksimum taban kesme kuvvetiyle, eşdeğer taban kesme kuvvetine ulaşamaz. Çerçeve akmaya başladıktan sonra dış kolondaki eksenel kuvvet azalan bir değişimle artacaktır. Detaylı bir analiz yapılmadan, dış kolondaki eksenel kuvvetin tam olarak ne olacağını belirlemek imkansızdır³⁵. Bununla birlikte, iç kolonda muhtemelen ağırlık eksenel yükü P_G hakimdir.

Elastik modelde gerçek davranışındaki mertebesine yakın sonuçlar elde edilse de, iç kolondaki eksenel kuvvetle ilgili kabul edilebilirlik kriteri olarak Denk.(3.11) kullanılmamalıdır. Kolonların eğilme kapasitesinin kabul edilebilirliği incelenirken, limit analiz verilerinin elde olmadığı durumlarda, kapasitenin belirlenmesinde kullanılacak eksenel kuvvetin belirlenmesi için Denk.(3.8) ve Denk.(3.9) kullanılabilir.

³⁵ FEMA 274, syf. 3-37



Şekil 3.7 Çerçeve Değerlendirmesi – Kolona Ait Bilgiler



Şekil 3.8 Çok Açıklıklı bir Çerçevenin Değerlendirilmesi

Kuvvet Denetimli İç Kuvvetlerde Kabul Etme Kriteri

Kuvvet denetimli kesit tesirleri için kabul etme kriteri Denk.(3.14) ile verilmiştir.

$$Q_{CE} \geq Q_{UF} \quad (3.14)$$

Q_{UF} = Ağırlık ve deprem yüklemesinde oluşan iç kuvvet

Q_{CE} = Kabul edilen deformasyon mertebesinde beklenen dayanım³⁶.

³⁶ Bu konuda FEMA 310 ile FEMA 273'deki yaklaşımlar birbirleriyle farklıdır. FEMA 310, Böl. B-4.2.4.5.2'de Q_{CE} dayanımının Böl.B-4.2.4.4'te verilen, pekleşmenin hesaba katıldığı dayanım olarak

Q_{UF} parametresinin hesaplanma biçimi için Bölüm 3.4.3.5'i, Q_{CE} parametresi ile ilgili bilgiler için Bölüm 3.4.3.3-“Dayanım” bölümünü inceleyiniz.

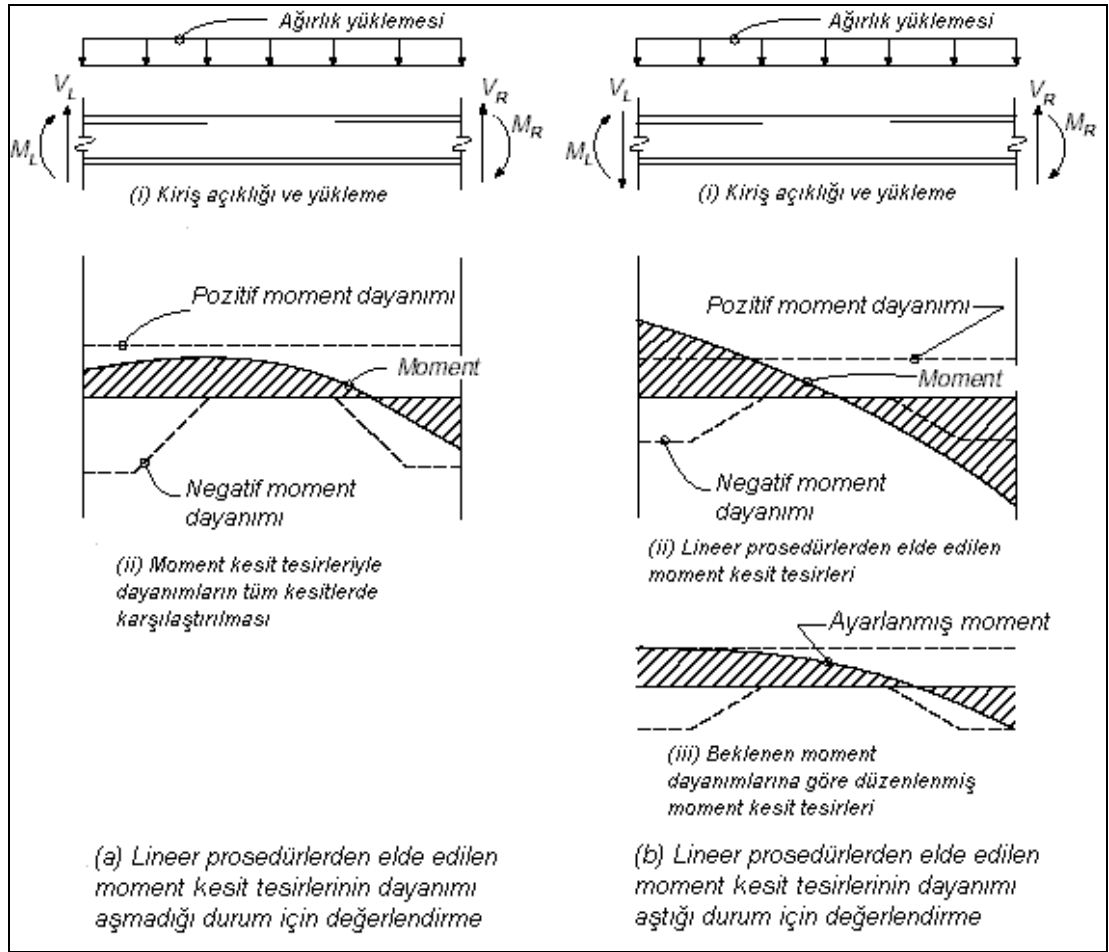
Dizayn Kabullerinin Doğruluğunun Denetlenmesi

Lineer prosedürler, plastik mafsalların yalnızca eleman uç bölgelerinde oluşacağı kabulüne göre düzenlenirler. Eleman açıklığı içinde bir noktada plastik mafsall oluşması, lineer prosedürleri konservatif olmaktan ve davranışı temsil etme yeteneğinden çıkarır. Dolayısıyla, yalnızca eleman uçları değil, elemanın uzunluğu boyunca bütün noktalarda kabul etme kriterinin sağlandığı gösterilmelidir.

Bir yapının sismik performansı değerlendirilirken, yalnızca maksimum deprem kuvvetlerinin taşınabildiğini göstermek yeterli değildir, depremden sonra mevcut ağırlık yüklerinin taşınması gerekir. Bu yüzden, elemanların plastik mafsall oluşumundan sonra ağırlık yüklerini taşıyabilip taşıyamadığı gösterilmelidir.

Kirişlerin uzunlukları boyunca, uç noktaları haricinde *beklenen dayanım* Q_{CE} değerinin aşılp aşılmadığı, dış yükler için çizilen bir serbest cisim diyagramında kesit tesirleri ile dayanımın karşılaştırılması ile görülebilir. Şekil 3.9’da böyle bir karşılaştırmanın nasıl yapılacağı ve plastik mafsalların oluşma yerinin belirlenmesi gösterilmiştir.

hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. FEMA 274’te ise, kuvvet denetimli iç kuvvetlerin kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde “*beklenen dayanım*” Q_{CE} değil, “*alt sınır dayanımı*” Q_{CL} kullanılır. FEMA 274, Böl.C6.4.2.3, syf. 6-23’de, örneğin kesme dayanımı hesabında, donatı dayanımının pekleşmesiz olan nominal dayanım olarak alınması gerektiği belirtilmiştir; halbuki aynı hal için FEMA 310’da pekleşmeli dayanım kullanılır.

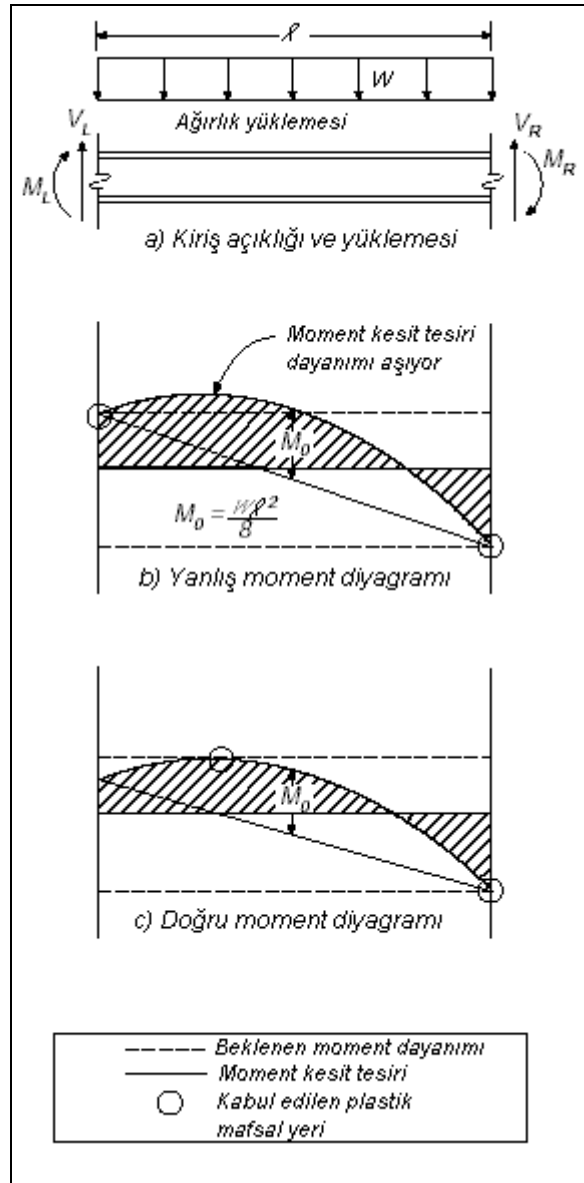


Şekil 3.9 Kiriş Uzunluğu Boyunca Moment Etkilerinin Değerlendirilmesi

Plastik mafsalların bulunduğu yere göre moment diyagramı değişir. Moment diyagramları, öncelikle dayanımın aşıldığı yerlerin belirlenip, sonra ekstrem noktalara göre yeniden düzenlenmesi şeklinde elde edilmelidir. Unutulmamalıdır ki, dayanımın aşıldığı görünen her noktada plastik mafsal oluşmaz. İlk plastik mafsal oluştuğundan sonra kuvvetler bu duruma göre yeniden dağılım³⁷ gösterirler. Şekil 3.10'da bu kavramlar açıkça görülmektedir; lineer prosedürden elde edilen kesit tesiri diyagramındaki momentlerin dayanım zarfını çoğu yerde aşıyor gibi görüldüğü halde, ilk plastik mafsalın maksimum moment noktasında oluşmasından sonra, diğer kesitlerdeki momentler plastik mafsal momentine erişmeyeceklerdir. Elemanda ilk plastik mafsalın oluştuğu yerden kesilip bu noktaya beklenen dayanımın etkiltilmesi

³⁷ Bu konu ile ilgili olarak Ref.[8], Uğur Ersoy, Betonarme, Böl. 2.2.4. "Betonarmede Uyum" bölümünde verilen bilgilerin incelenmesi yararlı olacaktır.

şeklinde oluşturulan serbest cisim diyagramları çizilirse, yeni moment diyagramının nasıl olacağı görülebilir.



Şekil 3.10 Kiriş Plastik Mafsallarının Konumlarının Doğru Olarak Belirlenmesi

FEMA 274'e göre³⁸, böyle bir karşılaştırma sonucunda, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, kiriş uçlarından itibaren bir kiriş derinliği mesafeden daha ileride plastik mafsal oluşumu öngörülüyorsa, ya kirişteki inelastik oluşumların engellenmesi amacıyla kiriş rehabilite edilmeli ya da dizayn nonlineer prosedürler kullanılarak yapılmalıdır.

³⁸ FEMA 274, syf. 3-40

Bölüm 3.4.3-“Yapıların Sismik Performansının Değerlendirilmesinde Temel Kavramlar” bölümü burada bitmiştir. Devam eden bölümlerde, FEMA 310’da bahsedilip Bölüm 3.4.3 kapsamında anlatılmayan kavramlar ve bu kavramların prosedürün uygulama sistematığındeki yerleri açıklanacaktır.

3.5 Kavramlar ve Açıklamalar

3.5.1 Amaç, Kapsam ve Yapı

Bu ana bölümde (Bölüm 3.5), Ek-B’de Türkçe çevirisi verilen FEMA 310 yöntemindeki prosedürlerde adı geçen bazı kavramlar açıklanacaktır. Bu bölümde bahsedilen kavram ve yaklaşımlar, Bölüm 3.4’te verilen yapı mekaniği prensipleri ve kavramların üstüne bina edilmiştir.

3.5.2 Genel Kavramlar

Bu bölümde, Bölüm B-2’de adı geçen kavramlar irdelenecektir. Bu kavramlar, Performans Seviyesi, Bölgenin Depremselliği ve 'Bina Tipi'dir.

3.5.2.1 Bina Performans Seviyeleri

FEMA 310’da verilen koşul: (Bölüm B-2.4)

Bu yayına uyularak yapılan sismik değerlendirmelerde arzulanan performans seviyesinin belirlenmesi gerekir. Performans Seviyesi yetkili mühendis ve konuyla ilgili diğer yetkililer tarafından belirlenir. Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar için Bölüm B-1.3’de aşağıdaki iki performans seviyesi tanımlanmıştır.: Can Güvenliği (CG) ve Acil Yerleşim (AY) Performans Seviyeleri. Her iki performans seviyesinde de sismik etkiler Beklenen Maksimum Deprem spektrumu kullanılarak hesaplanırlar. Bu yayının kriterlerini sağlayan yayının belirlenen performans seviyesine ulaşabileceği kabul edilir.

Açıklama:

Bir binada belirli bir yer hareketi için hasar durumunun ve tehlikenin sınırlanması performans seviyeleri ile belirlenir. Performans seviyesi arttıkça binada oluşabilecek hasar ve can kaybı tehlikesi azalırken, yapının bu performans seviyesini

karşılayabilmesi için gereken taşıyıcı sistem dayanım, rijitlik ve süneklik değerleri de yükselmektedir.

Binalarda performans seviyesinin iki bileşeni vardır: “yapısal performans seviyesi” ve “yapısal olmayan elemanlar performans seviyesi”. Bu iki bileşenin farklı kombinasyonlarına göre farklı ‘bina performans seviyeleri’ elde edilir. Yapısal performans seviyesi, adından da anlaşılacağı gibi taşıyıcı sistem elemanlarında, diğeri ise yapısal olmayan elemanlarda istenen dayanım ve kullanılabilirlik durumlarını kontrol eder. Yapısal performans seviyeleri “S” ile yapısal olmayan elemanlar için performans seviyeleri de N ile simgelendiği FEMA 273’deki³⁹ performans seviyeleri şöyledir:

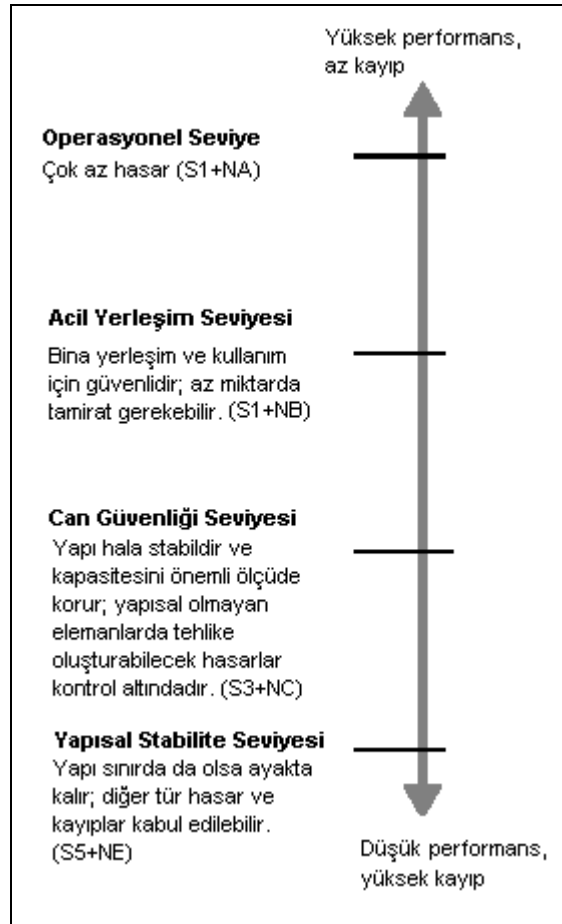
Yapısal Performans Seviyeleri:

- S-1: Acil Yerleşim/Kullanım Performans Seviyesi
- S-3: Can Güvenliği Performans Seviyesi
- S-5: Yapısal Stabilitate Performans Seviyesi

Yapısal Olmayan Elemanlar Performans Seviyeleri:

- N-A: İşlevsel Performans Seviyesi
- N-B: Acil Yerleşim/ Kullanım Performans Seviyesi
- N-C: Can Güvenliği Performans Seviyesi
- N-D: Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi
- N-E: Yapısal olmayan elemanların hasarının göz önüne alınmadığı performans seviyesi

³⁹ FEMA 273, Böl. 2.5, syf. 2-7



Şekil 3.11 : Performans Seviyeleri

Yukarıda bahsedilen performans seviyeleri sınır durumları tanımlar, bu sınır durumlar arasında oluşan bölgelere ise ‘performans aralığı’ ismi verilebilir:

Yapısal Performans Aralıkları:

- S-2: Kontrollü Hasar Aralığı
- S-4: Sınırlı Güvenlik Aralığı

FEMA 273’de verilen 5 performans seviyesinin ikisi FEMA 310 kapsamına dahil edilmiştir: Can Güvenliği Performans Seviyesi ve Acil Yerleşim Performans Seviyesi. Bölüm B-1.3’de verilen tanımlar burada açıklayıcı olması açısından tekrar verilirse:

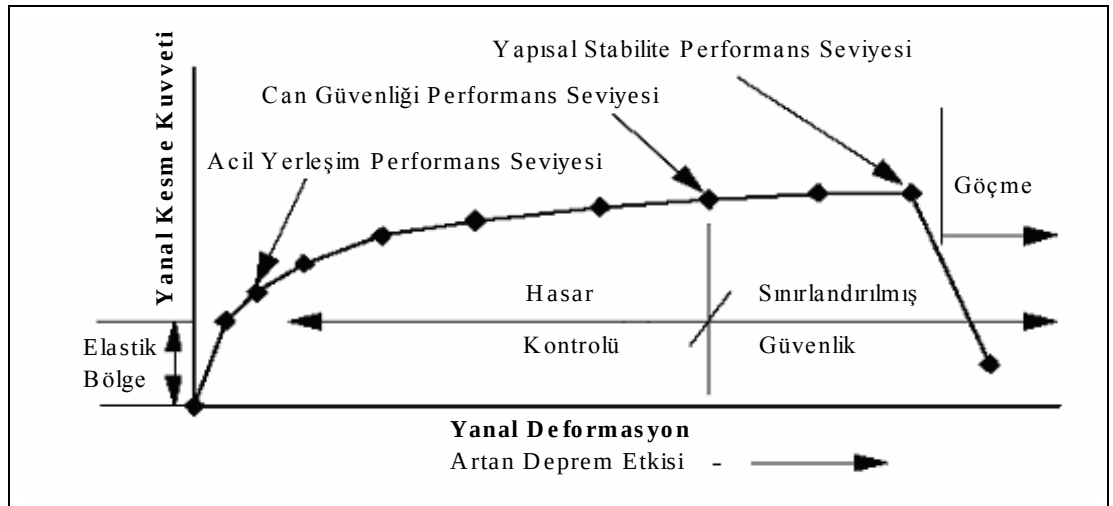
ACİL YERLEŞİM PERFORMANS SEVİYESİ: Dizayn depreminde binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında oldukça sınırlı hasara izin verilen bina performans seviyesi. Ana düşey ve yanal yük taşıyıcı sistemlerin her ikisi de deprem öncesi dayanım ve rijitliklerine

yakın değerlerini korurlar. Hasardan kaynaklanabilecek hayat kaybı riski oldukça düşüktür. Dizayn depreminden sonra oldukça küçük çaplı onarımlar gerekebilir ancak bina kullanıma açık kalacaktır ve onarımlar kullanım esnasında da yapılabilecek mertebede olacaktır.

CAN GÜVENLİĞİ PERFORMANS SEVİYESİ: Dizayn depreminde binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında önemli miktarda hasara, ancak yapıda kısmi veya toptan göçmeden belirli bir sınırla uzak kaldığı bina performans seviyesi. Yaralanmalar oluşabilir ancak can kaybı riski düşüktür.

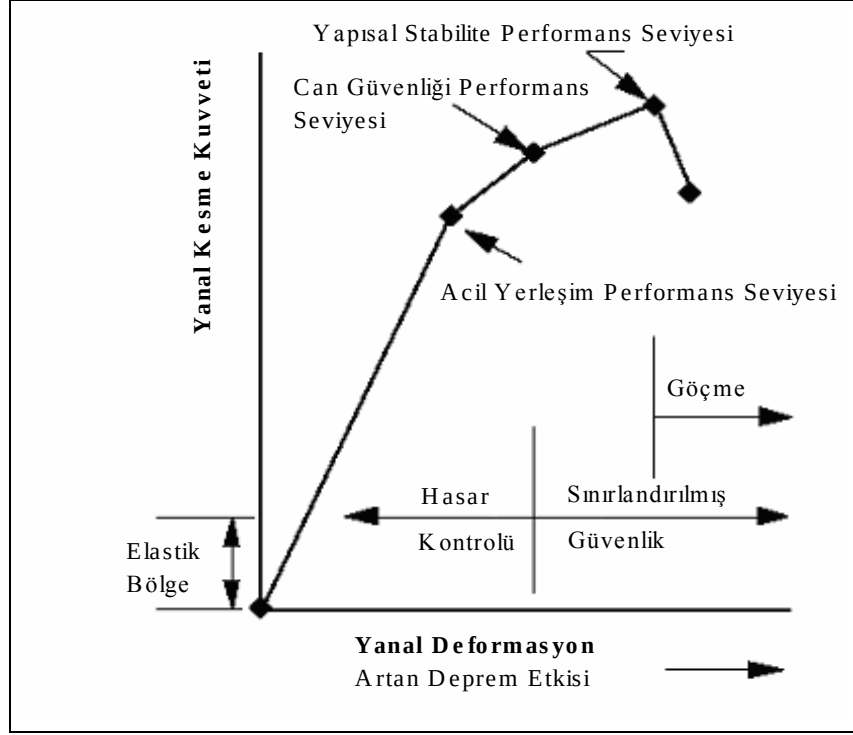
Şekil 3.11’de görüldüğü gibi, Acil Yerleşim Performans Seviyesi, S-1 ile N-B durumlarının, Can Güvenliği Performans Seviyesi ise S-3 ile N-C durumlarının kesişimidir. Diğer performans seviyeleri FEMA 310’un kapsamı dışında olduğu için burada açıklamaları verilmeyecektir.

Performans Seviyelerinin binanın davranışına getirdiği sınırlamalar, sünek yapılar için Şekil 3.12’den, sünek olmayan yapılar için Şekil 3.13’den izlenebilir⁴⁰:



Şekil 3.12 : Sünek bir Yapıda Deformasyon ve Performans

⁴⁰ Şekil 3.12 ve Şekil 3.13 FEMA 274, Bölüm C2.5.1’den alınmıştır.



Şekil 3.13 : Sünek Olmayan bir Yapıda Deformasyon ve Performans

3.5.2.2 Depremsellik Bölgesi

FEMA 310’da verilen koşul: (Bölüm B-2.5)

Binanın Depremsellik Bölgesi, Tablo B-3.2’ye göre düşük, orta ve yüksek depremsellik bölgelerinden biri olarak sınıflandırılırlar. Depremsellik bölgeleri, haritalanmış tepki ivme değerleri ve bölge yükseltim çarpanlarına göre belirlenirler.

Tablo B-3.2: Depremsellik Bölgesinin Belirlenmesi

Depremsellik Bölgesi	S_{DS}	S_{D1}
Düşük	$<0.167g$	$0.067g$
Orta	$<0.500g$ $>0.167g$	$<0.200g$ $>0.067g$
Yüksek	$>0.500g$	$>0.200g$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s \quad : \text{Dizayn kısa periyot spektral ivme parametresi}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} F_v S_1 \quad : \text{Bir saniyelik periyoda karşı gelen dizayn spektral ivmesi}$$

F_v, F_a	: Tablo B-3.5 ve B-3.6'da verilen bölge çarpanları
S_s	: kısa periyot spektral ivme parametresi (Böl. B-3.5.2.3.1)
S_1	: bir saniye periyottaki spektral tepki ivme parametresi (Böl. B-3.5.2.3.1)

Açıklama:

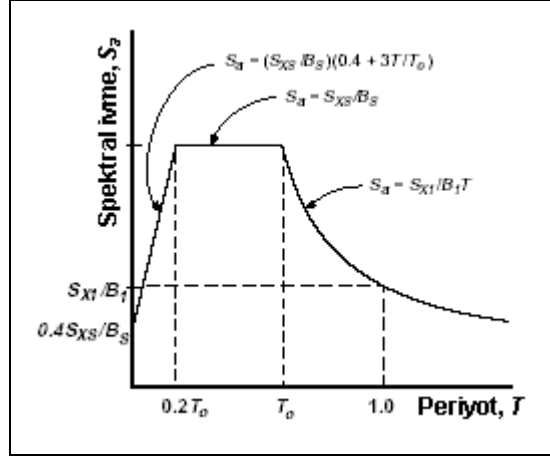
Bir binanın bulunduğu bölgenin depremselliği, binada sağlanması gereken sismik performansı etkileyen ana parametrelerden biridir. Bütün deprem yönetmeliklerinde, bölgedeki aktif faylar dikkate alınarak depremin büyüklüğü ve oluşma ihtimaline göre hazırlanan belirli katsayılarla deprem etkileri temsil edilmeye çalışılır.

FEMA 310'da deprem bölgeleri, yukarıdaki alıntıda verilen Tablo B-3.2'ye göre sınıflandırılmıştır: Düşük, orta ve yüksek depremsellik bölgeleri. depremselliğin düşük olduğu bölgelerdeki binalarda sismik performansı etkileyen ana parametrenin 'süneklik' değil, 'dayanım' olmasıdır. Böyle bir binada, elemanlar gevrek davranışa sahip olsalar bile yeterli dayanımı sağlıyorsa elastik sınırlar içinde yüksek performans sergileyebilirler. Deprem bölgelerinde 'yüksek', 'düşük' gibi böyle bir sınıflandırmaya gidilmesinin sebebi, farklı depremsellik bölgelerinde bulunan binaların taşıyıcı sistem elemanlarından talep edilen performansın farklı olmasını sağlamak, bu farkları Aşama 1 Değerlendirme Prosedüründe temsil etmektir⁴¹.

Ayrıca, FEMA 273'te verilen deprem spektrumunu da incelemek faydalı olacaktır. *Seismic Map Package*'da [13] verilen S_1 ve S_s parametreleri, Şekil 3.14'de görülen FEMA 273'deki deprem spektrumunun oluşturulmasında da kullanılır⁴². S_{X1} ve S_{XS} parametreleri FEMA 310'daki S_{D1} ve S_{DS} parametreleriyle aynıdır (Aynı F_v ve F_a çarpanlarıyla elde edilirler). Ancak, FEMA 273'deki spektrum biraz daha farklı bir şekilde elde edilir; birinci ve önemli fark, Şekil 3.14'deki sıfırdan $0.2T_0$ 'a kadar lineer olarak değişen spektral ivmenin FEMA 310'da S_{DS} 'ye eşit ve sabit olmasıdır. İkinci fark ise, FEMA 273'te sönüm oranına göre değişen bir spektrum kullanılırken, FEMA 310'da spektrum sönümden etkilenmez.

⁴¹ FEMA 310, 2.5-"Region of Seismicity- Commentary", syf. 2-5

⁴² FEMA 273, 2.6.1.5-"General Response Spectrum"



Şekil 3.14 FEMA 273'te Genel İvme Spektrumu

FEMA 273'te genel ivme spektrumunu etkileyen sönüm parametreleri B_S ve B_1 , Tablo 3.2'den⁴³ alınır.

Tablo 3.2 FEMA273'te efektif sönümün bir fonksiyonu olarak parametreleri

Table 2-15 Damping Coefficients B_S and B_1 as a Function of Effective Damping β		
Effective Damping β (percentage of critical) ¹	B_S	B_1
< 2	0.8	0.8
5	1.0	1.0
10	1.3	1.2
20	1.8	1.5
30	2.3	1.7
40	2.7	1.9
> 50	3.0	2.0

3.5.2.3 Bina Tipi

FEMA 310'da verilen koşul: (Bölüm B-2.6)

B-2.6 Bina Tipi

Değerlendirilen bina, yanıl yük taşıyıcı sistem(ler)i ve döşeme tipine bağılı olarak Tablo B-2.2'ye göre sınıflandırılacaktır. Birbirine dik yönlerde farklı yanıl yük taşıyıcı sistemlere sahip binalarda iki farklı bina tipi kullanılacaktır.

⁴³ FEMA 273, Böl.2.6.1.5, syf.2-23, Tablo 2-15

Tablo B-2.2 : Genel Bina Tipleri

Bina Tipi 8: Betonarme Moment Çerçeveleri	
C1	Bu binalar yerinde dökme betonarme kiriş ve kolonların birleşiminden oluşurlar. Katlar yerinde dökme döşemeler, betonarme kirişler, dişli ve kaset döşemeler veya kirişsiz döşemeler içerirler. Yanal kuvvetler, rijitliklerini monolitik kiriş-kolon birleşimlerinden alan betonarme moment çerçeveleriyle karşılanırlar. Eski yapılarda, veya düşük deprem bölgelerinde moment çerçeveleri iki yönlü kirişsiz döşeme kolon şeritlerinden oluşur. Yüksek depremsellikteki bölgelerde yapılan modern çerçeveler, sünek performansın sağlanabilmesi için sıklaştırılmış etriyeler, birleşim bölgesi donatıları ve özel detaylandırmaya sahiptirler. Bu detaylar eski yapılarda yoktur. Temeller tekil temel veya derin kazıklardan oluşur.

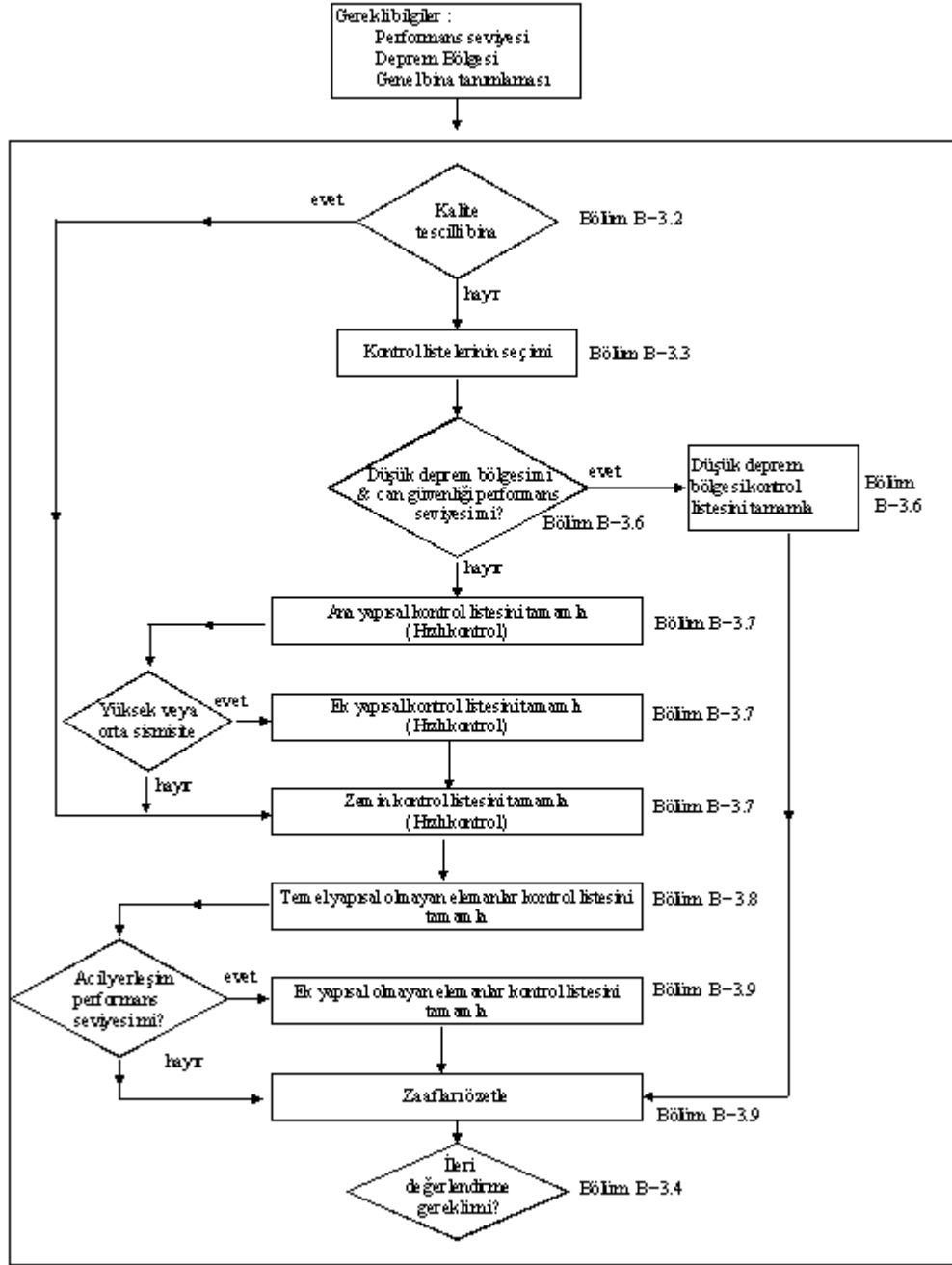
Açıklama:

Bu çalışmanın kapsamında incelenen bina tipi olan moment çerçeveleri ile ilgili bilgiler yukarıdaki alıntıda Tablo B-2.2’de verilmiştir. FEMA 310 yayınının orijinal metninde bu tablo çok daha kapsamlıdır; ahşap, çelik gibi yapı türleri, taşıyıcı sistemlerine göre alt sınıflara ayrılır. Bir binanın sismik değerlendirmesi yapılırken, Tablo B-2.2’de verilen tablonun FEMA 310 yayınının orijinal metnindeki hali üzerinden binanın ait olduğu sınıf seçilmelidir.

Bina tipi, Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılacak olan kontrol listelerinin seçimi için temel parametredir. Farklı türdeki yapıların kendine has ‘zayıf nokta’larının listelendiği kontrol listeleri, elbette ki yapı sınıfına göre hazırlanmıştır.

3.5.3 Tarama Safhası (Aşama 1)

Bölüm 3.5.2 kapsamında verilen genel parametrelerin tamamlanmasından sonra, sismik performansın değerlendirilmesinde ilk adım Tarama Safhasıdır. Bu prosedürün sistematığı Şekil 3.15’de verilmiştir. Bölüm 3.3.2.1’de bahsedildiği gibi, FEMA 310 değerlendirmesinin bu aşamasında yapıların geçmiş depremlerdeki performansları dikkate alınarak oluşturulmuş kontrol listeleri tamamlanır.



Şekil 3.15 Aşama 1 Değerlendirme Sistematığı

Bu bölümde, Şekil 3.15’de görülen tüm adımların açıklamaları verilmeyecektir. Bu prosedürler Ek-B’den yeterince ayrıntılı olarak incelenebilirler.

3.5.4 Değerlendirme Safhası

Bölüm 3.3.2.2’de ana hatları verilen Değerlendirme Safhası, Lineer Statik Prosedür veya Lineer Dinamik Prosedür olmak üzere iki ana kola ayrılabilir. Her iki prosedürde de ortak olan yönler şunlardır:

- Binanın matematiksel modelinin oluşturulması
- Statik veya dinamik kuvvetlerin modele yüklenmesi
- İç kuvvetlerin elde edilmesi
- Bulunan iç kuvvetlerin kabul etme kriterine uygunluğunun kontrol edilmesi

Takip eden bölümde, statik veya dinamik prosedürlerden bağımsız olarak, yukarıda maddeler halinde sayılan işlem adımlarından yalnızca ‘matematiksel model’ hakkında ayrıntılar verilecektir. Diğer bölümlerin açıklamaları Bölüm 3.4’de etraflıca anlatılmıştır.

3.5.4.1 Binaın Matematiksel Modelinin Oluşturulması

Seçilen yapısal çözümleme prosedürünün statik veya dinamik olmasından bağımsız olarak, öncelikle binanın davranışını temsil edecek bir modelin kurulması gerekir. Matematik modelin kurulmasında izlenen ana aşamalar şunlardır:

- a). Burulma etkilerinin modele yansıtılması
- b). Elemanların birincil veya ikincil olarak sınıflandırılması
- c). Binaın döşeme sisteminin davranışına bağlı olarak iki veya üç boyutlu modele karar verilmesi
- d). Burulma düzensizliğine bağlı olarak, bir veya iki ana yönde deprem hareketi olacağının belirlenmesi
- e). Düşey ivmenin etkin olduğu konsollara bu etkinin yansıtılması.

Matematik model oluşturulurken gözden kaçmaması gereken nokta, genelde tek yönde uygulanan deprem kuvvetleriyle ve iki boyutta incelenen modellerde burulma etkileridir. Burulma etkilerinin baskın olduğu bir bina, burulma öngörülmeden kurulmuş bir modelde elde edilenden çok daha farklı davranış gösterir.

Döşemelerin düzlemleri içinde rijitliği yapı davranışında burulmanın etkilerini belirginleştirebileceğinden, matematik model kurulmadan önce döşemelerin sınıflandırılmaları önem kazanır.

Ayrıca düşey ivme, büyük açıklıklı yapılarda ve konsollarda önem kazanabilir, matematik modelde bu etkinin de dikkate alınması gerekir.

Yukarıda sayılan maddeler genelde bu tehlikelerin önlenmesi amacını gütmektedirler. Bu parametreler ayrıca incelenirse:

Burulma Etkilerinin Davranışa Etkileri:

Yapılarda burulma iki bileşenden oluşur: (a) Yapının rijitlik merkeziyle ağırlık merkezinin çakışmamasından doğan burulma, (b) Yapıdaki hareketli kütlelerin üniform dağılmayıp belirli bölgelerde yoğunlaşmış olmasından kaynaklanan ek dışmerkezliğin oluşturduğu burulma. Bir yapının davranışının doğru olarak modellenmesi için bu iki etkinin de binanın matematiksel modeline yansıtılmış olması gerekir.

Burulma etkilerinin baskın olmadığı binalar iki boyutlu modellenerek incelenebilirler⁴⁴. Böyle bir amaç güdülyorsa, binanın rijitlik merkezi ayrı bir hesapla bulunmalı veya yapı üç boyutlu modellenip kat deplasmanları üzerinden burulma düzensizliğinin olup olmadığına karar verilmelidir. Burulma düzensizliğinin olup olmadığına karar verilirken yanal kuvvetlerin ağırlık merkezine ek dışmerkezlik kadar mesafeyle etkilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

Burulma düzensizliğin mevcut olup olmadığının belirlenmesi için kriter, incelenen kattaki maksimum deplasman $\delta_{\max}$ 'ın, katın ortalama yer değiştirmesi δ_{ort} 'a oranının 1.20'yi aşması ($\eta > 1.20$) durumudur.

⁴⁴ FEMA 310, Bölüm B-4.2.3.1

Binada burulma düzensizliği varsa ek dışmerkezlik Denk.(3.15)⁴⁵,den elde edilen A_x çarpanıyla büyütülür:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{maks}}{1.2 \delta_{ort}} \right)^2 \quad (3.15)$$

Eğer diyaframdaki maksimum yer değiştirmenin (ek dışmerkezlik büyütmesini de içeren), ortalama yer değiştirmeye oranı η 1.50'yi aşarsa Aşama 2 analizi için 3 boyutlu model oluşturulmalıdır. $\eta < 1.5$ iken 2 boyutlu modelden hesaplanan kuvvet ve deplasmanlar, binada hesaplanan η 'nın maksimum değeriyle çarpılarak büyütülür.

Elemanların Birincil veya İkincil Olarak Sınıflandırılması:

FEMA 310'da taşıyıcı sistem elemanları taşıdıkları yükün sınıfına göre ikiye ayrılırlar; Birincil ve İkincil elemanlar. Bölüm B-1.3'te verilen açıklamalar incelenirse:

BİRİNCİL ELEMAN: Sismik kuvvetlere karşı dayanım sağlayabilecek, yanal yük taşıyıcı sistemin bir parçası olan eleman.

İKİNCİL ELEMAN: Belirtilen performans seviyesine ulaşması gerekmede, ağırlık yüklerini taşıyabilip sismik kuvvetleri taşıyamayan eleman.

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere, elemanlar sismik kuvvetleri taşıyabilme yeteneklerine göre sınıflandırılırlar. Matematik model oluşturulurken ikincil elemanlar ya hiç modellenmez, ya da birincil elemanların toplam rijitliğinin en fazla %25'i rijitlikle temsil edilebilirler.

Döşemelerin Davranışa Etkisi:

Döşemeler, ağırlık ve deprem yüklerini taşıyıcı sisteme aktarırlar ve düzlemleri içindeki rijitlikleriyle yapının davranışını önemli ölçüde etkilerler. Betonarme döşemeler genellikle düzlemi içinde rijit kabul edilebilecek davranışa sahiptirler,

⁴⁵ FEMA 310 – Denk.(4-5); ayrıca, burulma etkileri ABYYHY.'te de aynı şekilde temsil edilmektedir.

ancak dişli veya büyük boşluklar içeren döşeme sistemleri düzlemleri içinde rijit kabul edilemeyebilirler.

Döşemelerdeki esneklik şu sonuçlara neden olabilir: (1) bina periyodunda artım, (2) düşey ve yatay çerçeve elemanlarının titreşim modlarında çakışma, (3) döşeme eylemsizlik kuvvetlerinin düzlem içi dağılımında değişim⁴⁶.

Döşemelerin düzlemleri içindeki rijitlikleri yapı davranışında önemli bir parametre olduğundan döşemelerin bu bağlamda sınıflandırılmaları gerekir. FEMA 310-Bölüm B-1.3'de verilen açıklamalar incelenirse:

ESNEK DİYAFRAM: Kat ortalama kaymasının iki katından fazla deformasyon yapan diyafram.

RİJİT DİYAFRAM: Kat ortalama kaymasının yarısından az deformasyon yapan diyafram.

SERT DİYAFRAM: Rijit veya esnek olarak sınıflandırılmayan diyafram.

Diyaframların (döşemelerin) yukarıdaki biçimde sınıflandırılması için bu konuya özel bir yapısal çözümleme uygulanabilir. FEMA 274 Bölüm C3.2.4'te verilen bilgiler bu hususta yararlı olacaktır:

Döşemelerin düzlemi içindeki rijitliğine göre sınıflandırılmasında, diyaframa uygulanan kuvvetlerin kendi içindeki dağılımı, sonuçları etkilemesi bakımından birincil öneme sahip parametredir. FEMA 274 – Bölüm C3.2.4'te verilen bilgilere göre, diyaframlar yataydaki eylemsizlik kuvvetleri altında değerlendirilmelidir⁴⁷. Bu kuvvetler Denk.(3.16) de verilen dağılımla temsil edilebilirler:

$$f_d = \frac{1.5F_d}{L} \left[1 - \left(\frac{2x}{L} \right)^2 \right] \quad (3.16)$$

f_d = birim uzunluğa düşen eylemsizlik kuvveti

F_d = esnek diyaframa düşen toplam eylemsizlik kuvveti

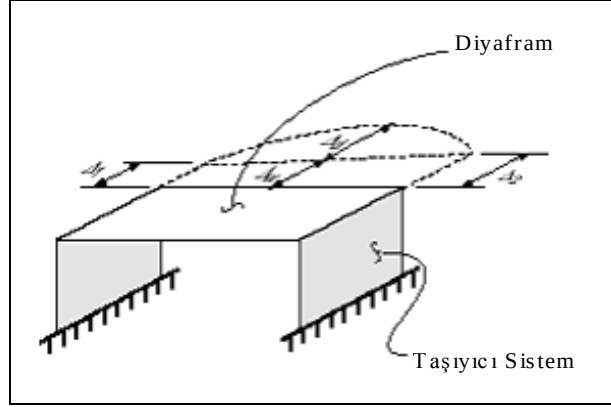
⁴⁶ FEMA 274 – C3.2.4 syf. 3-5

⁴⁷ FEMA 274 – C3.2.4 syf. 3-5

x = esnek diyaframın merkezinden ölçülen mesafe

L = diyaframın yanıl mesnetleri arasındaki mesafe

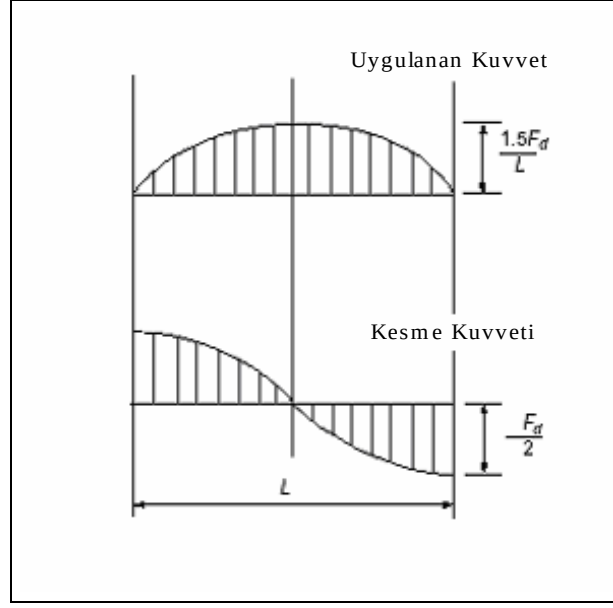
Diyaframın sınıflandırılması için yukarıda verilen bilgiler Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'den izlenebilir:



Şekil 3.16 : Diyafram ve Taşıyıcı Sistem Deplasmanı

Eğer diyaframlar ‘esnek’ sınıfında iseler, yapı iki boyutta incelenebilir. Sert veya rijit diyaframlı bir binada ise burulma etkileri yeterince küçükse veya dolaylı olarak hesaba katılabiliyorsa iki boyutlu modellemeye izin verilebilir. Diğer durumlarda, yapı üç boyutlu olarak modellenmelidir⁴⁸.

⁴⁸ FEMA 310 Bölüm 4.2.3.1



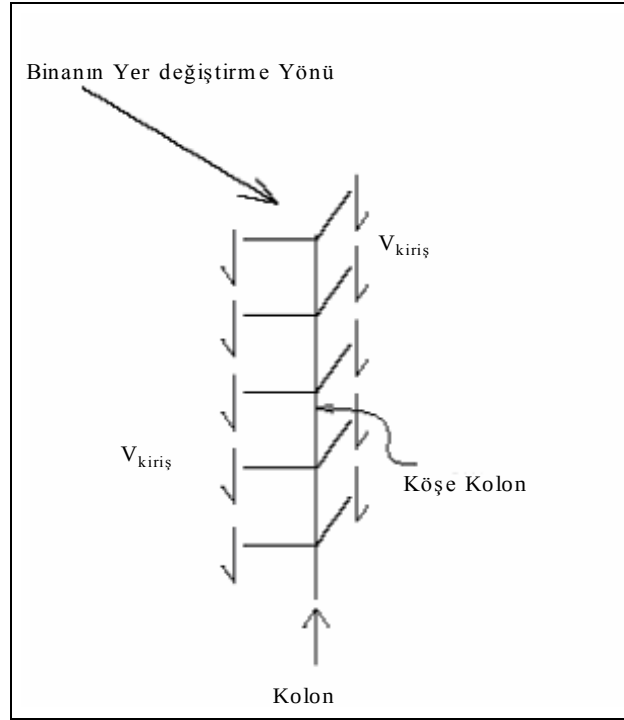
Şekil 3.17 : Esnek bir Diyaframda Kuvvet Yayılımı

Çok Yönlü Sarsıntı Etkileri

Binada burulma düzensizliğinin etkin olduğu durumlarda yapının iki ana ekseninde ayrı ayrı incelenmesi yeterli olmayabilir. Deprem doğrultusunun binanın ana akslarının arasında olduğu bir durumda, gevrek kırılma karakteristiğine sahip elemanlarda ani göçme tehlikesi oluşabilir. Bu tehlikenin göz önüne alınması için, FEMA 310’da ana yükleme yönüne dik yönde, deprem kuvvetlerinin %30’u etkitilir. Lineer Statik Prosedürde yüklemelerin kombinasyonu yapılabilir, Lineer Dinamik Prosedürde ise ana deprem spektrumu ile bu spektrumun %30’u mertebesindeki diğer yön deprem spektrumunun aynı zamanda etkin olduğu bir yüklemeyle iki eksenli yükleme etkileri dikkate alınabilir.

Şekil 3.18’de görülebileceği gibi, köşe kolonlarda çok yönlü sarsıntı etkileri özellikle önem kazanır. Burulma düzensizliğine sahip bir bina, ana akslarından biri yönünde depreme maruz kalsa bile diğer ekseninde önemli ölçüde deplasmanlar yapabilir. Yer hareketi ana aksların arasında olursa bu deplasmanlar daha da büyük olacaktır. Bu deplasmanlar da taşıyıcı sistem elemanlarında kesit tesirleri oluştururlar. Bir yönde deplasman yapan bir sistemde yükleme yönünde olmayan kirişlerde hiç bir eğilme tesiri beklenmezken, burulmalı bir sistemde yukarıda bahsedilen sebeplerden ötürü yükleme yönünde olmayan kirişleri plastikleşmeye götürecek mertebede kesit

tesirleri oluşabilir. Bu durumda da kolonda beklenin iki katı mertebesinde eksenel kuvvetler oluşur.



Şekil 3.18 : Dizayn Kuvvetlerinin Hesabında Çok Yönlü Sarsıntı Etkileri

Düşey ivme

Geçmiş depremlerde büyük açıklıklı yapılarda ve yatay konsollarda oluşan hasarlar, şüpheleri depremin düşey ivme bileşenine çekmiştir⁴⁹. FEMA 310'da bu amaçla yatay deprem spektrumunun %67'si mertebesindeki bir spektrumla temsil edilen düşey deprem öngörülmüştür⁵⁰.

⁴⁹ FEMA 274, syf. 3-8

⁵⁰ FEMA 310, Böl.B-4.2.3.6

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, öncelikle bu çalışmanın iki ana eksenini oluşturan İndeks Yöntemi ve FEMA 310 yöntemi ile bulunan sonuçlar ayrı ayrı bölümlerde ele alınacak, son bölümde ise sonuçlar özetlenecektir.

4.1 İndeks Yöntemi

İndeks Yöntemi, sistematik yapısı sayesinde, mevcut yapıların değerlendirilmesinde hızlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöntem, bina hakkında kolayca fikir edinilmesini sağlayabildiği için, oldukça kullanışlıdır. Ayrıca, sismik performansın değerlendirilmesinde elemanların sünekliklerinin temel alınması şeklindeki eleman tabanlı yaklaşım, mevcut yapıların değerlendirilmesinde uygulanması gereken doğru yöntemdir.

Aşağıdaki alt bölümlerde, yukarıda avantajları sayılan bu yöntemin uygulanmasında çıkabilecek problemler özetlenmiştir:

4.1.1 Yapısal Çözümleme

Bu yöntemde bir yapısal çözümleme yapılmadığı, taşıyıcı sistem elemanlarının dayanım ve süneklik parametrelerini temel alarak elemanların yalnızca kırılma mekanizmaları (kesme/eğilme kontrollü) belirlendiği için örneğin köşe kolonlarda iki eksenli eğilme gibi durumlar öngörülemez. Ayrıca, yapının davranışının izlenememesi, uygulayıcı için binayı daha soyut bir nesneye dönüştürmektedir.

4.1.2 Sünekliklere Göre Sınıflandırma

Elemanlar sünekliklerine göre 3 gruba ayrılırken, sınıflandırmada yalnızca süneklik indeksinin değeri değil elemanın sınıfı da (kısa kolon/normal kolon gibi) etkin olduğu için, karar uygulayıcıya kalmaktadır. Elemanların hesaplanan süneklik

indeksine göre değil de eleman sınıfına göre süneklilik gruplarına ayrılması, yöntemin kendi felsefesine aykırı gibi görünmektedir¹.

4.1.3 Burulma Etkilerinin Hesaba Yansıtılması

Hesaplarda yapının burulma merkezinin belirlenmesi gerekmektedir. Ancak perdeli çerçeve tipi yapılarda, perdelerin eğilme ve kayma karakteristiklerinin çerçevelerden oldukça farklı olması nedeniyle, burulma merkezi ‘kayma çerçevesi’ kabulüyle hesaplanamaz. Burulma merkezi doğru olarak hesaplanmak istenirse, yapının İndeks Yöntemi analizinden daha uzun ve zor hesaplar yapılmak zorunda kalınabilir. Bu durumda yöntemin kullanılabilirliği zayıflamaktadır. Yazarın önerisi, yapısal çözümleme ile hesaplanan kat deplasmanları üzerinden burulma düzensizliğinin teşhis edilmesi, ardından İndeks Yöntemi’nin burulma ile ilgili koşullarının uygulanmasına karar verilmesidir.

Yapısal burulma etkileri yüksek olduğu zaman yöntemin uygulanabilirliği ve netliği azalmaktadır. Böyle bir durumda, “eksantrisiteye neden olan elemanların hesapta devre dışı bırakılması” şeklinde tarif edilen yaklaşımı² uygulamak pratikte zordur. Uygulayıcının yaptığı seçime göre sonuçlar değişebilir.

4.2 FEMA 310 Yöntemi

FEMA 310 yöntemi, mevcut bir binanın sismik performansının değerlendirilmesinde detaylı ve güvenli felsefesiyle, bu problemde kullanılabilecek iyi bir yöntem olarak görünmektedir. Lineer metotlarla bir yapının sismik performansı değerlendirilmek istenirse, deneysel ve teorik çalışmaları güzel bir biçimde entegre etmiş bu yöntemin kullanılması yerinde olacaktır.

Aşağıdaki alt bölümlerde, yukarıda avantajları sayılan bu yöntemin uygulanmasında çıkabilecek problemler özetlenmiştir:

¹ Ek-C’de verilen örneği inceleyiniz.

² Ek-A, Bölüm A-3.2.1 bölümünün alt bölümü A-(2.3)’ü inceleyiniz.

4.2.1 Hesaplarda Zorluk

FEMA 310 yöntemi, ayrıntılı ama karmaşık bir metoda sahiptir. Bu yöntemde nonlinear davranış lineer hesaplarla modellenmeye çalışıldığı için kesit tesirlerini elde etmek kolay değildir. Ayrıca, FEMA 273'e göre, bir yapıda değerlendirme yapılırken, lineer yöntemlerin uygulanabilirliğinin araştırılması yerine doğrudan nonlinear yöntemlerin uygulanması zaman ve emek bakımından avantajlı olabilir. Ancak, mühendislerin daha anlaşılabilir olan lineer metotlara yatkın olmaları nedeniyle, FEMA 310 gibi bir yöntem bu konudaki büyük bir boşluğu kapatabilir.

Bu yöntemde en büyük problem, kesit tesirlerinin elde edilmesidir. Yapısal çözümlemeden elde edilen iç kuvvetler, gerçek kesit tesirlerinin belirlenmesinde yalnızca yardımcıdırlar, gerçek kuvvetleri temsil etmezler. Elemanlarda kuvvet denetimli kesit tesirlerinin, deformasyon denetimli kesit tesirleriyle ilişkili dayanımlar üzerinden hesaplanması gerektiği için, kesit tesirlerinin hesabı büyük bir hesap hacmini doğurur.

4.2.2 Rijitlik

Amerikan yönetmeliklerinde, betonarme binalar yapısal çözümlemede çatlamış kesitlerle modellenirler; ancak FEMA 310'da yapının hangi rijitliklerle modelleneceği açık olarak belirtilmemiştir. Yazar, FEMA 273'te verilen rijitliklerin kullanılabileceği fikrindedir.

4.2.3 Süneklik

Sünekliği temsil eden m çarpanları, kolonlarda eksenel kuvvetin mertebesine bağlı olarak değişirler. Ancak yapısal çözümlemede birden çok yük kombinasyonu olduğu için her bir yükleme için farklı bir m çarpanı karşılık gelebilir. Elemanın kabul edilebilirliğinin denetlenmesinde bu durum dikkate alınmalıdır.

4.2.4 Dayanım

Eleman dayanımları hesaplanırken ACI 318-95 prosedürleri kullanılır, ancak dayanımlar pekleşmeli olarak ve güvenlik çarpanları kullanılmadan hesaplanır. ACI 318 ile TS-500'ün temel kabulleri birbirine yakın olduğundan, sonuçları da birbirine

yakındır.³ Dolayısıyla eleman dayanımları hesaplanırken alışılmış TS-500 yöntemleri kullanılabilir. Ancak, iki yönetmelikteki ‘moment büyütme yöntemi’ hesabının birbirinden farklı olduğu gözden kaçmamalıdır. İkinci mertebe etkilerin yapısal çözümlemede göz önüne alınması, bu problemi ortadan kaldıracaktır.

4.2.5 Hareketli Yükler

FEMA 310’da yükler için bir referans verilmemiştir, ancak Amerikan yönetmeliklerinde geleneksel olarak ASCE-7 yönetmeliği kullanılır. Bu yönetmelikte, TS-500’den farklı olarak bazı hareketli yük değerlerinin TS-500’den farklı olduğu görülmüştür.

4.3 Sonuçlar

Mevcut yapıların sismik performansları değerlendirilirken ‘süneklik’ parametresi özellikle önem kazanmaktadır. Yeni bina tasarımında, elemanların tümünde sünek tasarım ilkelerine uyulduğu için sünekliğin tek bir çarpanla temsil edilmesi güvenli sonuçlar doğurmaz, ancak sünek tasarım ilkelerine uyulmadan yapılmış bir mevcut yapıda bu yaklaşım güvenilirliğini yitirir. Dolayısıyla, mevcut yapılar incelenirken, süneklik parametresi eleman bazında ele alınmalıdır. Bu çalışmada incelenen iki yöntemde de eleman bazlı değerlendirme temel alındığından, bu yöntemler mevcut yapılar probleminde doğru çözümler sunmaktadırlar. Mevcut bir yapı, yeni bina tasarımı yönetmelikleriyle değerlendirilirse, sünek olmayan elemanlardaki tehlikelerin gözden kaçması ve bina hakkında yanlış fikir edinilmesi yüksek ihtimaldir.

Bu çalışmada ele alınan her iki yöntemin de birbirine göre farklı avantajlarının olduğu, yukarıdaki bölümlerde verilen bilgiler ışığında görülebilir. Mevcut bir binanın sismik performansının değerlendirilmesinde izlenmesi gereken yol şöyle özetlenebilir:

Bir binanın sismik performansının değerlendirilmesinde, öncelikle İndeks Yönteminin, ardından da FEMA 310 yönteminin uygulanması şeklinde bir yaklaşım,

³ Bkz. Ref.[14]

hem deęerlendirmede sűrati hem de gűvenlięi saęlayabilir. Dűzensizliklerin aşıırı olmadığı bir binada İndeks Yűntemi sonuęları oldukça gűvenilir gűzűkmektedir; dolayısıyla bűyle bir yapı İndeks Yűntemi deęerlendirmesinde yeterli bulunduysa FEMA 310 yűnteminin uygulanmasına gerek kalmayabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Masamichi Ohkubo**, 1991. Current Japanese System On Seismic Capacity And Retrofit Techniques For Existing Buildings And Post Earthquake Damage Inspection And Restoration Techniques, *Part 1: Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings*, Department Of Applied Mechanics And Engineering Sciences – University Of California, **Report No: SSRP-91/2**, San Diego La Jolla, California.
- [2] **ASCE**,1998. Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A Prestandard (FEMA 310), *American Society Of Civil Engineers*, New York.
- [3] **BSSC**, 1992a, NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings, *developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency*, **Report No. FEMA 178**, Washington, D.C.
- [4] **BSSC**, 1997, NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency*, **Report No. FEMA 273**, Washington, D.C.
- [5] **BSSC**, 1997, NEHRP Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, *developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency*, **Report No. FEMA 274**, Washington, D.C.
- [6] **ATC**, 1987, Evaluating the Seismic Resistance of Existing Buildings, **ATC – 14**, Applied Technology Council
- [7] **ACI**,1995, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, **ACI 318-95**, American Concrete Institute, Detroit, Michigan.

- [8] **Ersoy, U.**,1985, Betonarme-Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı, Evrim Yayınevi, İstanbul
- [9] **TS-500**, 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [10] **BSSC**, 1997, NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, 1994 Edition, Part1: Provisions and Part 2: Commentary, *developed by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency*, **Report No. FEMA 274**, Washington, D.C.
- [11] **İMO**, 1997, **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, *İnşaat Mühendisleri Odası*, İzmir.
- [12] **ASCE**, 1995, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, *American Society of Civil Engineers*, New York, New York.
- [13] **FEMA**, 1998, Seismic Map Package, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
- [14] **KANATLI, A.**1991. Türk Betonarme Şartnamesi (TS-500-82) ve Amerikan Betonarme Şartnamesi (ACI-318-83)'nin karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

EKLER

Aşağıdaki bölümler Ek olarak verilmiştir:

- a) Ek-A: İndeks Yöntemi Standardının Türkçe Çevirisi
- b) Ek-B: FEMA 310 Yayınının Türkçe Çevirisi
- c) Ek-C: İndeks Yöntemi Uygulama Örneği, A Binası
- d) Ek-D: A Binasının FEMA 310 Yöntemleri ile Analizi

A. İndeks Yöntemi Standardının Türkçe Çevirisi

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN SİSMİK
KAPASİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN STANDART**

-1990 REVİZYONU-

İÇİNDEKİLER

A-1 GENEL	90
A-1.1 Standardın Temel Sahası ve Yaklaşımı :	90
A-1.2 Ön Denetim ve Standardın Kullanılabilirliği	90
A-2 SİSMİK PERFORMANS İNDEKSLERİNİN TANIMI	90
A-3 YAPININ GENEL SİSMİK PERFORMANS İNDEKSİNİN HESAPLANMASI	92
A-3.1 Genel	92
A-3.2 Ana Yapısal Performans İndeksi, E_0	93
A-3.2.1 E_0 'ın Hesabı İçin Yaklaşım :	93
A-3.2.2 Dayanım İndeksi C :	97
A-3.2.3 Süneklik İndeksi F 'nin Elde Edilmesi :	103
A-3.3 Yapı Özellikleri Sismik İndeksi S_D :	105
A-3.3.1 S_D 'nin hesabında yaklaşım :	105
A-3.3.2 Denetim ve Hesap İçin Doneler	105
A-3.3.3 Hesaplama Tekniği	106
A-3.4 Zamana Bağlı Kötüleşme İndeksi T :	109
A-3.4.1 T 'nin Hesaplanmasında Yaklaşım :	109
A-3.4.2 Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi:	109
A-3.4.3 Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi :	109
A-3.4.4 Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi :	110
A-3.4.5 Bir Binanın İncelenmesinde Anahatlar :	110
A-4 YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR İÇİN SİSMİK İNDEKSİN HESAPLANMASI	112
A-5 SİSMİK PERFORMANSLA İLGİLİ HÜKÜM VERMEK	112
A-5.1 Genel	112
A-5.2 Karar İçin Yapısal I_{S0} Sismik Parametresi	113

A-1 Genel

A-1.1 Standartın Temel Sahası ve Yaklaşımı :

Standart, yüksek binalar haricindeki mevcut betonarme binaların sismik performansının değerlendirilmesi için kullanılabilir. Binaların sismik performansının değerlendirilmesinde farklı aşamalarla 3 inceleme prosedürü kullanılabilir: Aşama 1, 2 ve 3 Değerlendirme Prosedürleri.

Bir binada hesaplanan sonuç, sismik performansın mertebesini veya kalitesini vermez, seri sismik indeksini verir. Bununla birlikte, bir binanın kabul edilen deprem tehlikesine karşı potansiyel sismik performansı, bu standartta nitelikli olarak tanımlanacaktır.

A-1.2 Ön Denetim ve Standartın Kullanılabilirliği

Ön inceleme, bina ölçülerini, yapısal sistemi ve bina yaşını içerir ve standartın uygulanmasından önce gereğince halledilmiş olmalıdır.

Bu standart temel olarak 6 kattan az katlı binalar ve taşıyıcı sistemi perde duvarlı veya perdesiz moment çerçeveleri için uygulanabilir.

Yangın geçirmiş, olağandışı taşıyıcı sistemi olan, çok düşük malzeme dayanımlı, 30 yaşını geçmiş binalar için bu standart uygulanabilir değildir. Bu gibi binalarda uygun teknikler kullanılmalıdır.

A-2 Sismik Performans İndekslerinin Tanımı

Bir binanın sismik performansı aşağıdaki iki parametreyle gösterilir:

- (1) Yapının genel sismik indeksi, I_S ve,
- (2) Yapısal olmayan elemanların sismik indeksi, I_N .

Değerlendirilen indeksler için yüksek değerler sismik performansın daha iyi olduğuna işaret eder. İki gösterge genelde ayrı ayrı değerlendirilir; ancak yapısal

performans hesabında özel olarak çerçevenin sünekliği, yapısal olmayan elemanların indeksi I_N ile ilgili olmalıdır.

Aşağıdaki parametreler bu standarttaki sismik performans hesabı ve değerlendirilmesinde kullanılacaktır :

E_0 : Ana yapısal performans indeksi, *bkz.* A-3.1 ve A-3.2

S_D : Yapı Özellikleri Sismik İndeksi, yapının özelliklerini değerlendirmekte kullanılan indeks, *bkz.* A-3.1 ve A-3.3

T : Zamana bağlı kötüleşme indeksi, *bkz.* A-3.1 ve A-3.4

C : Yapının dayanım indeksi, *bkz.* A-3.2.1 ve A-3.2.2

F : Yapının süneklik indeksi, *bkz.* A-3.2.1 ve A-3.2.3

B : Yapısal olmayan elemanların sismik performansının değerlendirilmesinde kullanılan, binanın yapım tekniğiyle ilgili parametre

H : Yapısal olmayan elemanların oluşturduğu zararın etki derecesini gösteren parametre

W : Yapısal olmayan duvarların alanını simgeleyen parametre

I_{S0} : Yapının sismik davranışı hakkında karar verme indeksi, *bkz.* A-5.1 ve A-5.2

E_S : Karar verme için ana sismik indeks, *bkz.* A-5.2

Z : Depremsellik ile ilgili bölge indeksi, *bkz.* A-5.2

G : Zemin-yapı etkileşimiyle ilgili zemin indeksi, *bkz.* A-5.2

C_T : Kümülatif dayanım indeksi, *bkz.* A-5.2

A-3 Yapının Genel Sismik Performans İndeksinin Hesaplanması

A-3.1 Genel

- (1) Binadaki her kat ve çerçeve yönü için Denk.(A-1)'e göre bir I_s indeksi hesaplanmalıdır.

$$I_s = E_0 S_D T \quad (A-1)$$

- (2) I_s 'in hesaplanması için Aşama 1, 2 ve 3 Değerlendirme Prosedürleri kullanılabilir. Bununla birlikte, basit olarak, yüksek mertebe prosedür kullanıldığında daha güvenilir sonuçlar elde edilir. Her bir inceleme prosedürü aşağıdaki gibidir :

- **Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü :**

Çerçevelerin dayanımı, kolon ve taşıyıcı duvarların enkesit alanına göre hesaplanmış beton kayma gerilmesi kullanılarak kısaca hesaplanabilir. Çerçevenin sünekliği, taşıyıcının kayma kırılması kabulüne göre hesaplanır. S_D ve T indekslerinin hesabı da kısaca yapılabilir. Bu prosedürün çok sayıda taşıyıcının dizili olduğu binalarda uygulanması daha makuldür. Perdesiz çerçeveli binaların sismik performansı, gerçekte olduğundan daha az tahmin edilebilir.

- **Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü :**

Kolon ve perdelerin kapasite ve sünekliklerinin mukavemet teorileri temel alınarak hesaplanmasıyla, E_0 indeksinin hesabında yapısal elemanın kırılma mekanizması kullanılmış olur. Bununla birlikte, çerçeveyi birleştiren kirişler rijit kabul edilmelidir. S_D ve T 'nin hesabında, Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü'ne göre daha komplike bir prosedür uygulanır. Bu prosedürün, belirgin niteliği “zayıf kolon – kuvvetli kiriş” olan yapılara uygulanması daha makuldür. Elde edilen sonuç, genelde Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü'ne göre daha güvenilirirdir.

- **Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü :**

E_0 indeksinin hesabında yapı elemanlarının kiriş davranışı ve taşıyıcı temellerinin deformasyonuna bağlı olarak dönme davranışını da içeren tüm olası kırılma mekanizmaları dikkate alınmış olmalıdır. S_D ve T 'nin hesabı, Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründekiyle aynı olacaktır.

A-3.2 Ana Yapısal Performans İndeksi, E_0

A-3.2.1 E_0 'ın Hesabı İçin Yaklaşım :

E_0 indeksi, 'dayanım indeksi' C ve 'süneklik indeksi' F kullanılarak hesaplanır. Yüksek dayanım ve süneklik, bunlardan hesaplanan E_0 'ı da yüksek kılar.

E_0 'ın hesaplanması için kullanılan eşitlikler, kullanılan inceleme mertebesine göre değişir:

A-(1) Aşama 1 İnceleme Prosedürü :

Yapının her bir düşey elemanı Tablo A.1'deki üç sınıftan biri olarak sınıflandırılmalıdır. E_0 indeksinin hesabı için gerekli eşitlik, yapıyı oluşturan düşey elemanların kombinasyonuna göre değişecektir.

Tablo A.1 : Aşama 1 inceleme Prosedürü İçin Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon	Temiz yüksekliğinin derinliğine oranı 2'den büyük olan betonarme kolonlar. ($h_0/D > 2$)
Kısa Kolon	h_0/D oranı 2'den küçük olan, 'kısa kolon' olarak adlandırılan betonarme kolonlar.
Perde	Uçlarında kolon olan veya olmayan betonarme perdeler

A-(1.1) Kısa kolonsuz yapı durumu:

Kısa kolonsuz yapıda E_0 indeksi Denk.(A-2) ile hesaplanır :

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_w + a_1 C_c) F_w \quad (A-2)$$

n : Binanın kat sayısı (bodrum katları katılmadan)

i : incelenen katın altındaki kat sayısı (kendisi dahil)

C_w : Perdelerin dayanımı, Denk. (A-7)'ye göre hesaplanır.

C_c : Kolonların dayanımı, Denk. (A-8)'e göre hesaplanır.

a_1 : Yerdeğiştirme uygunluk faktörü (genelde 0.7 , ancak $C_w=0$ ise 1.0)

F_w : Süneklik katsayısı (genelde 1.0)

A-(1.2) Kısa kolonlu yapı durumu:

Kısa kolonlu yapılarda E_0 indeksi, kısa kolonların dayanımını hesaba katan Denk.(A-3)'den, veya kısa kolonları ihmal eden Denk.(A-2)'den hesaplanan değerlerden büyük olanı olarak alınabilir. Ancak eğer kısa kolon 'özel tehlikeli kolon' (çökmesinin katın çökmesine neden olup ölümcül bir duruma sebep olacak kolon) olarak tanımlanırsa E_0 indeksi her zaman Denk.(A-3)'e göre hesaplanmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc} \quad (A-3)$$

C_{sc} : Kısa kolonların dayanımı. (Denk. (A-9)'dan hesaplanabilir.)

a_2, a_3 : Yerdeğiştirme uygunluk faktörleri. (genelde sırasıyla 0.7 ve 0.8)

F_{sc} : kısa kolonların sünekliği (genelde 0.8)

A-(2) Aşama 2 İnceleme Prosedürü :

Yapının her bir düşey elemanı, Tablo A.2’deki beş türden biri olarak sınıflandırılır. Her bir düşey eleman için dayanım indeksi C ve süneklik indeksi F , sırasıyla Bölüm A-3.2.2 ve A-3.2.3 göre hesaplanır. Hesaplanan sonuçlar, E_0 indeksinin hesabında kullanılan süneklik indeksi F ’e göre maksimum üç gruba gruplanabilir. Bununla birlikte, düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme şablonları, her bir grup için bütünleştirilecektir. E_0 indeksinin hesabı için gerekli eşitlik, yapıyı oluşturan düşey elemanların kombinasyonuna göre değişecektir.

A-(2.1) Aşırı kırılğan kolon içermeyen yapı durumu:

Tablo A.1’deki kısa kolon tanımının uygulanabildiği kolonlar ve göçme mekanizması kayma kırılması olan kolonlar içermeyen yapıların E_0 indeksi, Denk.(A-4) ve Denk.(A-5)’den hesaplanan değerlerin en büyüğü olarak alınabilir. Bununla birlikte, eğer yapı ‘Özel Tehlikeli Kolon’ içeriyorsa E_0 indeksi Denk.(A-5) kullanılarak hesaplanacaktır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (A-4)$$

$$E_i = C_i \cdot F_i$$

C_1 : 1. grup (F indeksi küçük) için dayanım indeksi.

C_2 : 2. grup (F indeksi görece orta) için C .

C_3 : 3. grup (F indeksi görece yüksek) için C .

F_1, F_2, F_3 : Sırasıyla her bir grup için süneklik indeksi

$$\frac{n+1}{n+i} \cdot (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) F_1 \quad (A-5)$$

a_2, a_3 : yerdeğiştirme uygunluk faktörü, Tablo A.3 veya Tablo A.4’ten alınabilir.

A-(2.2) Aşırı kırılğan kolonlu yapı durumu:

Aşırı kırılğan kolonlu bir yapının E_0 indeksi, Denk.(A-4) veya kırılğan kolonlar ihmal edilerek hesap yapılan Denk.(A-5), veya kırılğan kolonlar katılarak hesap yapılan Denk.(A-5), şeklinde 3 çeşit değerden en büyüğü olarak alınabilir. Bununla birlikte, eğer kırılğan kolonlar ‘Özel Tehlikeli Kolon’ olarak tanımlanabiliyorsa E_0 indeksi, kırılğan kolonlar katılarak Denk.(A-5)’ten hesaplanmalıdır. Eğer kırılğan kolonlar haricindeki herhangi bir kolon ‘Özel Tehlikeli Kolon’ olarak tanımlı ve kırılma biçimi kayma kırılması ise E_0 indeksi, kırılğan kolonların katıldığı Denk.(A-5) ile kırılğan kolonların katılmadığı Denk.(A-5), sonuçlarından en büyüğü olarak alınacaktır.

A-(2.3) Özel haller için:

Bölüm 3.3’e göre eksantrisite oranı 0.15’i aşan yapılar, bu inceleme prosedürüne basitçe uyarlanamaz. Bununla birlikte aşağıdaki (a) ve (b)’den hesaplananların en küçüğü yapının E_0 indeksini gösterebilir :

- 1 : Yapıda eksantrisiteye neden olan elemanların ihmal edilmesiyle Bölüm A-(2.1) veya A-(2.2)’ye göre hesaplanan değer, veya
- 2 : Eksantrisiteye neden olan elemanların birinci grupta toplandığı ve süreklilik indeksi birinci grubun değerinden küçük olan elemanların ihmal edildiği şekilde hesaplanan Denk.(A-5)’in sonucu.

Tablo A.2 :Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü için Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon.m	Kırılma mekanizması eğilme kırılması olan betonarme kolonlar
Kolon.s	Kırılma mekanizması kayma kırılması olan betonarme kolonlar
Kolon.ss	Kırılma mekanizması kayma kırılması olan ve $h_0/D \leq 2$ olan, ‘Kısa Kolon’ olarak adlandırılan betonarme kolonlar
Perde.m	Kırılma mekanizması eğilme kırılması olan betonarme perdeler
Perde.s	Kırılma mekanizması kayma kırılması olan betonarme perdeler

Tablo A.3 : Denk.(A-5) 'deki a_2 değeri

3. GRUBUN ELEMANI	1. GRUBUN ELEMANI	
	Kolon.ss	Kolon.s veya Perde.s
Kolon.m	0.5	0.7
Perde.m	0.7	1.0
Kolon.s veya Perde.s	0.7	--

Tablo A.4 : Denk.(A-5)'deki a_3 değeri

3. GRUBUN ELEMANI	1. GRUBUN ELEMANI	
	Kolon.ss	Kolon.s veya Perde.s
Kolon.m	0.5	0.7
Perde.m	0.7	1.0
Kolon.s veya Perde.s	0.7	--

A-3.2.2 Dayanım İndeksi C:

A-(1) Aşama 1 İnceleme Prosedürü İçin C İndeksi :

Aşama 1 Değerlendirme Prosedüründe her bir eleman için C indeksi Denk(A-7), (A-8), ve (A-9)'dan hesaplanabilir. C'nin hesabı her bir kat ve her bir çerçeve yönü için yapılacaktır.

$$C_w = (30 A_{w1} + 20 A_{w2} + 10 A_{w3}) \cdot \frac{fc}{200} \cdot \frac{1}{W} \quad (A-7)$$

$$C_c = (10 A_{c1} + 7 A_{c2}) \cdot \frac{fc}{200} \cdot \frac{1}{W} \quad (A-8)$$

$$C_{sc} = 15 A_{sc} \cdot \frac{fc}{200} \cdot \frac{1}{W} \quad (A-9)$$

C_W : perdeler için C.

C_C : kolonlar için C.

C_{SC} : Kısa kolonlar için C.

A_{W1} : İki ucunda da kolon olan perdelerin enkesit alanlarının toplamı [cm^2]

A_{W2} : Bir ucunda kolon olan perdelerin enkesit alanlarının toplamı [cm^2]

A_{W3} : Uçlarında kolon olmayan perdelerin enkesit alanlarının toplamı [cm^2]

A_{C1} : $h_0/D < 6$ olan kolonların enkesit alanları toplamı [cm^2]

A_{C2} : $h_0/D \geq 6$ olan kolonların enkesit alanları toplamı [cm^2]

A_{SC} : Kısa kolonların enkesit alanları toplamı [cm^2], (Tablo A.1’de tanımlı)

f_c : Beton dizayn basınç dayanımı [kg/cm^2]

W : İncelenen katın üstündeki katların ağırlığı [kg_f] , genelde $1200 \text{ kg}/\text{m}^2$ birim ağırlıktan hesaplanır.

A-(2) Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü İçin C :

A-(2.1) C’nin hesap prosedürü için ana hatlar :

C’nin hesabı için prosedür temel olarak şöyledir;

- (i) Her bir düşey eleman için eğilme ve kayma için dayanım indeksinin hesaplanması, ve bunlara göre kırılma mekanizmasının sınıflandırılması.
- (ii) Bölüm A-3.2.3’e göre her bir eleman için süneklik indeksi F ’nin hesaplanması, ve F değerine göre maksimum 3 gruba ayrılması.
- (iii) Her bir grubun dayanımlarının toplanıp bina ağırlığına bölünerek her bir grup için C indeksinin hesaplanması.

Bir elemanın son dayanımının hesabı Denk. (A-10)-(A-19) kullanılarak yapılacaktır. Eğer beton dayanımı için özel testler mümkün değilse, dizayn dayanımı aşağıdaki

eşitliklerde kullanılabilir. Donatılar için dayanım testleri mümkün değilse, düz donatılar için 3000 kgf/cm^2 , ve nervürlü donatılar için nominal akma gerilmesine 500 kgf/cm^2 eklenmiş değer akma gerilmesi olarak kabul edilip aşağıdaki eşitlikler için kullanılabilir. Çatlakların ve betonun kötüleşmesinin etkileri, makroskopik olarak Bölüm A-3.4'deki 'zamana bağlı kötüleşme indeksi' T 'nin hesabına yansıtacağından bu etkiler elemanlar için yapısal performansının hesabında dikkate alınmayacaktır.

A-(2.2) Eşitlikler :

a) < Kare Kolon İçin Eğilme Dayanımı >

$N_{\max} > N > 0.4bDf_c$ için :

$${}_cM_u = (0.8a_t\sigma_y D + 0.12bD^2 f_c) \frac{(N_{\max} - N)}{(N_{\max} - 0.4bDf_c)} \quad (\text{A-10})$$

$0.4bDf_c > N > 0$ için :

$${}_cM_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.5ND \left(1 - \frac{N}{bDf_c} \right) \quad (\text{A-11})$$

$0 > N > N_{\min}$ için :

$${}_cM_u = 0.8a_t\sigma_y D + 0.4ND \quad (\text{A-12})$$

$N_{\max} = (bDf_c + a_g\sigma_y, [\text{kgf}])$ kolonun eksenel basınç dayanımı

$N_{\min} = (-\sigma_y, [\text{kgf}])$ kolonun eksenel çekme dayanımı

N : kolon eksenel kuvveti $[\text{kgf}]$,

a_t : Çekmeye çalışan boyuna donatı alanı $[\text{cm}^2]$

a_g : Toplam boyuna donatı alanı $[\text{cm}^2]$

b : kolonun basınç tarafındaki genişliği [cm]

D: Kolonun enkesit derinliği [cm]

σ_y : Boyuna Donatı akma gerilmesi [kg/cm²]

f_c : Beton basınç dayanımı [kg/cm²]

b) < Kenarına perde bağlı kolonun eğilme dayanımı:>

$${}_c M_u = (0.9 + \beta) a_t \sigma_y D + 0.5 N \left\{ 1 + 2\beta - \left(\frac{N}{b_e D f_c} \right) \left(1 + \frac{a_t \sigma_y}{N} \right)^2 \right\} \quad (A-13)$$

$\rho_t = a_t / (bD)$, $b_e = A / L_w$, [cm], A: perdeleri içeren toplam enkesit alanı [cm²].

β : kenar perdenin basınç tarafındaki boyunun kolon derinliğine oranı

L_w : perdeleri içeren enkesitin toplam derinliği [cm]

c) < Başlıklı Perdelerin Eğilme Dayanımı>

$${}_c M_u = a_g \sigma_y I_w + 0.5 a_w \sigma_{wy} I_w + 0.5 N I_w \quad (A-14)$$

a_g : çekme tarafında kalan uç kolonundaki toplam boyuna donatı alanı

I_w : İki kolonun merkezleri arasında kalan mesafe [cm]

a_w : Perdedeki düşey donatının toplam alanı [cm²]

σ_{wy} : Perde düşey donatısının akma gerilmesi [kg/cm²]

N : Uç kolonlarındaki toplam ağırlık yükü

d) < Kare Kolonların Kesme Dayanımı >

$${}_c Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j \quad (A-15)$$

d: En dış basınç lifinin çekme donatısının merkezine mesafesi [cm] , ancak M/Q/d değeri 1.0'dan az olmamalı

Bu eşitlikteki ρ_t değeri desimalli değil, %'lik değerin kendisi olarak alınacaktır.

ρ_w : kolondaki kesme donatısı oranı

σ_{wy} : kolon kesme donatısının akma gerilmesi [kg/cm²]

$\sigma_0 = N/b/D$ [kg/cm²]

M/Q : elemandaki maksimum momentin kesmeye oranı [cm]

e) < Kenarından Perdeye Bağlı Kolonun Kesme Dayanımı >

$${}_c Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_{te}^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d_e + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_{we} \sigma_{we}} + 0.1 \sigma_{0e} \right\} b_e j_e \quad (A-16)$$

$\rho_{te} = a_t/(b_e d_e)$, a_t : kolondaki çekme donatısı alanı

b_e : Denk.(A-13)'de tanımlandı

d_e : kolondaki çekme donatısının merkezinden betondaki maksimum basınç donatısına mesafe

$\rho_{we} \sigma_{we} = \rho_w \sigma_{wy} (b/b_e) + \rho_{sh} \sigma_{sy} (t/b_e)$

ρ_{sh} : perde yatay donatı oranı

σ_{sy} : perde yatay donatısının akma gerilmesi [kg/cm²]

$\sigma_{0e} = N/b_e/j_e$, [kg/cm²]

$j_e = (7/8) d_e$

f) < Başlıklı Perdelerin Kesme Dayanımı >

Başlıklı perdelerin kesme dayanımı wQ_{su} , şu değişiklikler yapılarak Denk.(A-15)'e göre hesaplanacaktır:

$$\rho_t = 100a_t b_e / L$$

a_t : çekme tarafındaki kolonun boyuna donatı alanı [cm^2]

$b_e = A/L$, A: uç kolonlarını da içeren toplam enkesit alanı [cm^2]

L : En büyük çekme ve basınç lifleri arası mesafe [cm]

$$\rho_w = a_w / b_e / s$$

a_w : perdedeki yatay donatı alanı [cm^2]

s: perde yatay donatısı aralığı [cm]

$$\sigma_0 = N/b/D \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

N : Uç kolonlarındaki toplam ağırlık kuvveti

M/Q : Denk.(A-19) ile hesaplanan moment/kesme oranı

$$b = b_e \cdot d = L$$

j : 0.8L ile uç kolonlarının merkezleri arası mesafeden küçük olanı

Boşluklu perdelerin kesme dayanımı, boşluksuz perdenin dayanımının Denk.(A-17) 'deki dayanım azaltma çarpanı r ile çarpılmasıyla bulunabilir. Eşdeğer boşluk oranı $\sqrt{\{(h_i \cdot l_i) / (h \cdot L_w)\}}$ ve l_i / L_w 0.4'den az alınacaktır.

$$r = 1 - MAX \left[\sqrt{(h_i \cdot l_i) / (h \cdot L_w)}, l_i / L_w \right] \quad (A-17)$$

h_i ve l_i , sırasıyla açıklığın düşey ve yatay boyutlarıdır. L_w uç kolonlarının merkezleri arasındaki mesafeyi temsil eder.

A-(2.3) Bir Elemanın yanal yük kapasitesi ve kırılma mekanizması :

Bir kolon veya perdenin kesme kuvveti kapasitesi, eğilme göçmesi kabulüyle Denk. (A-18) veya (A-19)'dan hesaplanacaktır.

2.1 <KOLON İÇİN>

$${}_cQ_{mu} = ({}_wM_{ut} + {}_wM_{ub})/h_0 \quad (A-18)$$

${}_wM_{ut}$: Denk.(A-10) ila (A-14)'den hesaplanan, kolonun üst ucundaki moment taşıma kapasitesi

${}_wM_{ub}$: Denk.(A-10) ila (A-14)'den hesaplanan, kolonun alt ucundaki moment taşıma kapasitesi.

h_0 : Kolon temiz yüksekliği

2.2 <PERDE İÇİN>

$${}_wQ_{mu} = 2{}_wM_u/h_w \quad (A-19)$$

${}_wQ_{mu}$: Denk. (A-14)'den hesaplanan moment taşıma kapasitesi

h_w : perdenin yüksekliği (perdenin en altından ulaştığı son noktaya kadar)

Eğer perde çok katlı binada ve en yüksek katın seviyesindeyse, Denk. (A-19)'un sağ tarafındaki 2 çarpanı alınmayacaktır.

<Kabul Edilen Kırılma Mekanizması>

Eğer Denk. (A-18) ve (A-19)'dan elde edilen yanal kuvvet, Denk. (A-15), (A-16), (A-17)'den elde edilen kesme dayanımından daha az ise elemanın kırılma mekanizması eğilme kırılması olarak kabul edilecektir. Ayrıca Denk. (A-18) ve (A-19)'dan elde edilen yanal kuvvet, Denk. (A-15), (A-16), (A-17)'den elde edilen kesme dayanımından daha fazla ise elemanın kırılma mekanizması kesme kırılması olarak kabul edilecektir.

A-3.2.3 Süneklik İndeksi F 'nin Elde Edilmesi :

A-(1) Aşama 1 Değerlendirmesinde F İndeksi :

Tablo A.1'de tanımlanan her bir düşey eleman için Tablo A.5'deki değerler, süneklik indeksi F olarak kabul edilecektir.

Tablo A.5 : Aşama 1 Değerlendirmesi için Süneklik İndeksi F

ELEMANLAR	F İNDEKSİ DEĞERLERİ
Kolon	1.0
Kolon.sc	0.8
Perde	1.0

3 Aşama 2 Değerlendirmesinde F İndeksi :

Tablo A.2’de tanımlanan her bir düşey eleman için Tablo A.6’daki değerler, süneklik indeksi F olarak kabul edilecektir.

Tablo A.6 : Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü için Süneklik İndeksi F

ELEMANLAR	F İNDEKSİ DEĞERLERİ
Kolon.m	Denk. (A-22)’den hesaplanacak
Kolon.s	1.0
Kolon.ss	0.8
Perde.m	Denk. (A-24)’den hesaplanacak
Perde.s	1.0

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} \quad (A-22)$$

$$\phi = 1/(0.75(1+0.05\mu))$$

μ : Eleman sünekliği, Denk. (A-23)’den hesaplanacak.

μ değeri 1’den büyük 5’ten küçük olmalıdır. $1.0 \leq \mu \leq 5.0$

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \quad (A-23)$$

$$\mu_0 = 10(cQ_{su}/cQ_{mu} - 1)$$

$k_1 = 2.0$ (Eğer etriye aralığı, basınç donatısı çapının 8 katından azsa sıfır alınabilir.)

$$k_2 = 30(cQ_{mu}/b/D/f_c - 0.2) \text{ (sıfırdan az olamaz)}$$

Aşağıdaki koşullara uyan kolon için F süneklik indeksi 1.0 alınmalıdır:

$$i. \quad N_s/b/D/f_c > 0.4$$

N_s : Kolonda yanal yük sebebiyle oluşan normal kuvveti de içeren normal kuvvet.

$$ii. \quad cQ_{mu}/b/D/f_c > 0.2$$

iii. Kolonun çekme donatı porsantajı 0.01'den büyük.

$$iv. \quad h_0/D \leq 2.0$$

$$F = 1.0 \quad (\text{eğer } wQ_{su}/wQ_{mu} < 1.2 \text{ ise})$$

$$F = 10(wQ_{su}/wQ_{mu}) - 11$$

$$F = 2.0 \quad (\text{eğer } wQ_{su}/wQ_{mu} > 1.3 \text{ ise})$$

A-3.3 Yapı Özellikleri Sismik İndeksi S_D :

A-3.3.1 S_D 'nin hesabında yaklaşım :

Yapının düzensizliği veya rijitlik ve/veya kütle yoğunlaşması v.b. gibi sismik performansı etkileyen faktörler, ampirik ve teknolojik yaklaşımlarla S_D indeksine yansıtılacaktır. S_D indeksinin hesabı arazi tetkikleri ve masa başı hesaplarla yapılacaktır. Son sismik performans indeksi I_S , Denk.(A-1)'de S_D 'nin kullanılmasıyla bulunacaktır.

A-3.3.2 Denetim ve Hesap İçin Doneler

A-(1) Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü

Aşağıdakiler yapının planıyla ilgili olarak tetkik edilecektir :

(i) Plandaki düzensizlik.

- (ii) Planın uzunluk / genişlik oranı
- (iii) Derz açıklığı
- (iv) Bölgesel / kısmi boşluklar (avlu gibi)
- (v) Diğerleri

Aşağıdakiler de yapının düşeydeki profiliyle ilgili olarak tetkik edilecektir :

- (i) Bodrum katlarının varlığı
- (ii) Kat yüksekliğinde düzensizlik
- (iii) Pilotinin varlığı
- (iv) Diğerleri

A-(2) Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü

Aşağıdaki doneler, Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü'ndeki donelere eklenmelidir :

- (vi) Burulma titreşiminin etkisi (planda ağırlık merkeziyle rijitlik merkezi arasında eksantrisite).
- (vii) Yumuşak kat sebebiyle kat sallanması (Kat kütlesi veya kat rijitliğinde düzensizlik).

A-(3) Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü

Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründe hesaplanan S_D , Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü için kullanılabilir.

A-3.3.3 Hesaplama Tekniği

S_D indeksinin değeri, Aşama 1 Değerlendirmesi için Denk. (A-25)'den, Aşama 2 ve 3 Değerlendirmeleri için Denk. (A-26)'dan hesaplanabilir. G_I ve R_I indekslerinin hesabı için Tablo A.7 kullanılabilir. G_I , her bir tetkik donesinin derecesini, R_I de donelerin binanın sismik performansına bir nevi etki şiddetini gösterir.

Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü için :

$$S_{D1} = q_{1a} \cdot q_{1b} \cdot \dots \cdot q_{1k} \quad (A-25)$$

$$q_{1i} = \{ 1 - (1 - G_i)R_i \} \quad i = a,b,c,d,e,f,g,i,j,k$$

$$q_{1i} = \{ 1.2 - (1 - G_i)R_i \} \quad i = h$$

Aşama 2 ve 3 Değerlendirme Prosedürü için :

$$S_{D2} = q_{2a} \cdot q_{2b} \cdot \dots \cdot q_{2o} \quad (A-26)$$

$$q_{2i} = \{ 1 - (1 - G_i)R_i \} \quad i = a,b,c,d,e,f,g,i,j,k,l,m,n,o$$

$$q_{2i} = \{ 1.2 - (1 - G_i)R_i \} \quad i = h$$

Tablo A.7 : S_D İndeksinin Hesabı için G_i ve R_i Katsayıları

İNCELEME MERTEBESİ	DONELER	G _i DEĞERİ			R _i DEĞERİ	
		1.0	0.9	0.8	R _{1i}	R _{2i}
Aşama 1 ve 2	a. Düzenlilik	a ₁	a ₂	a ₃	1.0	0.5
	b. Uzunluk / Genişlik	b<5	5<b<8	8<b	0.5	0.25
	c. Sıkıştırılmış Plan	c>0.8	0.8>c>0.5	0.5>c	0.5	0.25
	d. Derz Aralığı	d>1/100	1/100>d>1/200	1/200>d	0.5	0.25
	e. Boşluk	e<0.1	0.1<e<0.3	0.3<e	0.5	0.25
	f. Boşluğun eksantrisitesi	f ₁ <0.4 & f ₂ <0.1	f ₁ <0.4 & 0.1>f ₂ >0.3	0.4< f ₁ veya 0.3< f ₂	0.25	0.00
	g. Diğerleri				0.5	0.25
	h. Bodrum	h>1.0	1.0<h<0.5	0.5>h	1.0	1.0
	i. Kat Yüksekliği	i>0.8	0.8>i>0.7	0.7>i	0.5	0.25
	j. Piloti	hiçbiri	tümü	eksantrik	0.5	0.25
	k. Diğerleri				0.5	0.25
Aşama 3	l. Eksantrisite oranı	l<0.1	0.1<l<0.15	0.15<l	---	1.0
	m.					
	n. kütle rijitlik oranı	n<1.2	1.2<n<1.7	1.7<n	---	1.0
	o.					

Doneler için açıklamalar :

a : Planın düzenliliği

a_1 : simetriğe yakın plan; ve çıkıntılı alan A , toplam kat alanının %10'undan az.

a_2 : L, T, veya U şekilli plan; ve A , toplam kat alanının %30'undan az.

a_3 : a_2 'ye göre daha komplike plan

b : Planın uzun kenarının kısa kenarın boyuna oranı.

c : Binanın plandaki genişliklerinden küçük olanı kısılmış genişliğin C_1 'in ana genişlik C_0 'a oranı. $C = C_1/C_0$

d : genişleme derzi aralığının, katın zeminden ölçülen yüksekliğine oranı

e : Avlu gibi geniş boşlukların boşluğunun katın toplam alanına oranı.

f : $f_1 = (\text{Avlu boşluğunun merkeziyle katın merkezi arasındaki mesafe})/(\text{planın küçük boyu})$

$f_2 = (\text{Avlu boşluğunun merkeziyle katın merkezi arasındaki mesafe})/(\text{planın büyük boyu})$

h : Bodrumun kat alanının zemin kat alanına oranı.

i : İncelenen katın üstündeki katın kat yüksekliğinin kendi kat yüksekliğine oranı. En üst katta bu oran tersine alınır.

j : Eğer bina perdesiz moment çerçevelerinden oluşuyorsa, j piloti olarak tanımlanmamalıdır.

l : $l = E\sqrt{(B^2 + L^2)}$. E : Ağırlık merkeziyle rijitlik merkezi arasındaki mesafe

B : Planın küçük boyu

L : Planın büyük boyu

n : İncelenen katın üstündeki katın rijitlik-kütle oranının kendi rijitlik kütle oranına oranı. İncelenen katın üstündeki bina ağırlığı kütle değeri olarak alınmalıdır. Yanal rijitlik her bir çerçeve yönü için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Eğer en üst kat ters yönde oran alınır. Rijitlik-kütle oranını hesaplamak için, kattaki yanal rijitlik yerine perdelerin alanlarını da içeren düşey elemanların enkesit alanları toplamı kullanılabilir.

A-3.4 Zamana Bağlı Kötüleşme İndeksi T :

A-3.4.1 T 'nin Hesaplanmasında Yaklaşım :

Eleman dayanımı, rijitlik, süneklik, v.s. gibi yapısal performans indeksleri ,yapıda herhangi bir çatlak veya deformasyon olmadığı kabulüyle hesaplanır. Çünkü kötüleşmenin etkilerini dikkate alabilecek makul ve basit teknikler henüz geliştirilememiştir. Kötüleşmenin etkileri T indeksi ile makroskopik olarak hesaba katılabilir. T indeksinin değerlendirilmesi saha tetkikleri ile yönlendirilir. Son sismik performans indeksi I_S 'nin hesabında Denk.(A-1)'de devreye girer.

A-3.4.2 Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi:

Aşama 1 Değerlendirme Prosedüründe T indeksinin hesabı, saha incelemesi sonuçları yardımıyla Tablo A.8 kullanılarak yapılabilir. Tablo A.8'da kontrol edilen donelerin değerlerinin küçüğü, bütün binadaki T indeksi olarak tanımlanmalıdır.

A-3.4.3 Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi :

Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründe T indeksinin hesabı Denk. (A-27)'den yapılabilir.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N \quad (A-27)$$

T_i : İncelenen kat için T , Denk. (A-28)'den hesaplanabilir.

N : İncelenen kat sayısı.

$$T_i = (1-p_1)(1-p_2), \quad i=1,2,\dots,N \quad (A-28)$$

p_1, p_2 : Çatlaklar, deformasyon veya binanın kötüleşme durumuyla ilgili çarpanlar. p_1 ve p_2 Tablo A.9'daki her bir donenin puanının toplamı olarak alınmalıdır, ancak binada belirgin kötüleşme gözlenememişse sıfır olarak tanımlanabilirler.

A-3.4.4 Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü için T indeksi :

Aşama 3 Değerlendirme Prosedüründe T indeksi, Aşama 2 Değerlendirme Prosedüründeki T olarak tanımlanmalıdır. Bununla birlikte, ileri bir analiz için elemanın üzerindeki çatlakların veya deformasyonun etkileri eleman dayanımı ve sünekliğinin hesabına katılmışsa, T indeksi Tablo A.9'den bağımsız olarak sıfır alınabilir.

A-3.4.5 Bir Binanın İncelenmesinde Anahatlar :

A-(1) Aşama 1 Değerlendirme Prosedürü :

İnceleme, mal sahibinden bilgiler alınarak ve bina gözlenerek yapılabilir.

A-(2) Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü :

Binadaki çatlakların ve deformasyonların incelenmesi, analizcinin gözlemleriyle yapılabilir. Eğer daha etkili bir araştırma gerekliyse ince iş katmanları kaldırılabilir.

A-(3) İleri araştırmalar :

Eleman dayanımı ve sünekliğinin değerlendirilmesi için gerekli olan ileri araştırmalar şunları içerebilir :

- (i) Betonun dayanım ve elastisite modülü için test
- (ii) Donatıların yerleşim ve boyutlarının belgelenmesi
- (iii) İncelenen elemanın moment veya kesme kapasitesinin değerlendirilmesinde çatlakların ,deformasyonların veya işçilik koşullarının etkilerinin katılması

- (iv) Betonun nötralizasyonu veya donatının paslanması etkileri dikkate alınarak malzeme dayanımının değerlendirilmesi.

Tablo A.8 : T indeksi için araştırma doneleri (Aşama 1 Değerlendirmesi)

DONELER	GÖRÜŞ	T DEĞERİ	AŞAMA 2 DEĞERLENDİRME PROSEDÜRÜYLE İLGİLİ
Deformasyon	Binada eğiklik veya eş olmayan çökmeler var	0.7	Çatlaklar veya deformasyon
	Bina dolgu zemin üzerine yerleştirilmiş	0.9	
	Kolon veya kirişlerde görünür deformasyonlar	0.9	
	Hiçbiri	1.0	
Perde veya kolonlarda çatlaklar	Donatılarda paslanma ve yağmur sızması	0.8	Çatlaklar veya deformasyon
	Kolonlarda görünür eğik çatlaklar	0.9	
	Duvarlarda bir çok görünür çatlak	0.9	
	Yağmur suyu sızması var ama donatıda paslanma gözlenmemiş	0.9	
	Hiçbiri	1.0	
Yangın geçirmiş	Yangın geçirmiş ve onarılmamış	0.7	Kötüleşme
	Yangın geçirmiş ama onarılmış	0.8	
	Hiçbiri	1.0	
Bina kullanımı	Kimyasal bileşim	0.8	Kötüleşme
	Hiçbiri	1.0	
Bina yaşı	30 yıldan fazla	0.8	Kötüleşme
	20 yıldan fazla	0.9	
	20 yıldan az	1.0	
İnce iş, kaplama	Dış duvarlarda şiddetli kötüleşme	0.9	Kötüleşme
	İç duvarlarda şiddetli kötüleşme	0.9	
	Hiçbiri	1.0	

Tablo A.9 : Araştırma Doneleri ve Değerleri (Aşama 2 Değerlendirmesi)

ELEMANLAR	DERECE	ÇATLAKLAR VEYA DEFORMASYON (p_1 'in değeri)			KÖTÜLEŞME (p_2 'nin değeri)		
		a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
DÖŞEME	Tüm döşemelerin 1/3'ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Tüm döşemelerin 1/9'undan 1/3'üne kadar	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	Tüm döşemelerin 1/9'undan daha az	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
KİRİŞLER	Tüm kirişlerin 1/3'ünden fazla	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	Tüm kirişlerin 1/9'undan 1/3'üne kadar	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Tüm kirişlerin 1/9'undan daha az	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
KOLON VEYA PERDELER	Tüm elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	Tüm elemanların 1/9'undan 1/3'üne kadar	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Tüm elemanların 1/9'undan daha az	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
p_1 ve p_2 değerleri	Ara toplam						
	Toplam	$p_1 =$			$p_2 =$		

A-4 Yapısal Olmayan Elemanlar İçin Sismik İndeksin Hesaplanması

- Bu bölüm tezin kapsamının dışında tutulmuştur. -

A-5 Sismik Performansla İlgili Hüküm Vermek

A-5.1 Genel

Sismik performans yapısal ve yapısal olmayan elemanlar için ayrı ayrı değerlendirilecektir. Bununla birlikte son değerlendirme/karar yapısal ve yapısal olmayan incelemenin sentezi halinde olacaktır.

Bir yapının sismik değerlendirmesi Denk.(A-33a) ve Denk.(A-33b)'deki gibidir.:

$$I_s > I_{s0} \quad (A-33a)$$

$$I_s < I_{s0} \quad (A-33b)$$

I_s : sismik performans parametresi

I_{s0} : sismik değerlendirme/karar verme parametresi.

Denk.(33a)'yı sağlayan bina güvenli (kabul edilen yer hareketine karşı gerekli olandan daha fazla sismik performansa sahip), sağlamayan bina ise dizayn depremine karşı uygun değil olarak kabul edilebilir.

Hangi derece inceleme yapıldıysa ona göre bir zet oluşturulmalı ve temel parametrelerin değerleri ve gerekli yorumlar düzenlenip kaydedilmelidir.

A-5.2 Karar İçin Yapısal I_{s0} Sismik Parametresi

I_{s0} karar parametresi Denk.(A-34)'den hesaplanmalıdır.

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (A-34)$$

E_s : karar için sismik temel parametre (1. derece için 0.8)

Z : bölge katsayısı. Binanın bulunduğu yerde kabul edilen yer hareketinin şiddeti ile ilgili

G : zemin katsayısı. Zemin-yapı etkileşimi ile ilgili. st zemin tabakasında dalga büyütmesi veya topoğrafik etkiler.

U : kullanım katsayısı. Binanın kullanımı ile ilgili. Bşr nevi yapı önem katsayısı.

U , Z ve G değerleri için bu standarttaki açıklama kısmına bakınız. E_s 'nin değeri bir bina için bir tane olmalı ve her kat için aynı olmalıdır.

Denk.(34)'n 2. ve 3. derece inceleme prosedürüne uygulanabilmesi için $C_T \cdot S_D$ çarpımının değeri 1.25'ten küçük, 0.30'dan büyük olmalıdır (Denk.(A-35)). Bunun

yanında eğer $C_T \cdot S_D$ 1.25'ten büyükse Denk.(A-34) kullanılmadan “GÜVENLİ” kabul edilebilir.

$$1.25 > C_T \cdot S_D > 0.3 \quad (\text{A-35})$$

C_T : kümülatif dayanım katsayısıdır ve Denk.(A-36)'dan hesaplanmalıdır. S_D Denk.(A-26)'dan hesaplanacaktır.

$$C_T = \frac{(n+1)}{(n+i)} \cdot (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) \quad (\text{A-36})$$

C_1, C_2, C_3, a_2 ve a_3 değerleri Bölüm 3.2.2'den elde edilecektir.

B. FEMA 310 Yayınının Türkçe Çevirisi

BİNALARIN SİSMİK DEĞERLENDİRMESİ İÇİN
BİR ÖNSTANDART

FEMA 310

1998

İÇİNDEKİLER

B-1	Genel Koşullar	118
B-1.1	Kapsam.....	118
B-1.2	Ana Koşullar	121
B-1.3	Tanımlar	127
B-1.4	Semboller	132
B-2	Değerlendirme İçin Koşullar.....	136
B-2.1	Genel	136
B-2.2	Araştırmanın Mertebesi.....	136
B-2.3	Bölgenin İncelenmesi.....	137
B-2.4	Performans Seviyesi.....	138
B-2.5	Depremsellik Bölgesi	138
B-2.6	Bina Tipi	139
B-3	Tarama safhası (Aşama 1).....	140
B-3.1	Genel	140
B-3.2	Kalitesi Tescilli Binalar.....	141
B-3.3	Kontrol Listelerinin Seçimi Ve Kullanımı	143
B-3.4	İleri Değerlendirmenin Gerekliliği.....	145
B-3.5	Aşama 1 Değerlendirmesi	147
B-3.5.1	Giriş.....	147
B-3.5.2	Sismik Kesme Kuvvetleri	147
B-3.5.3	Dayanım ve Rijitlik için Hızlı Kontroller	154
B-3.6	Düşük Depremsellik Bölgesi Kontrol Listesi	159
B-3.7	Yapısal Kontrol Listeleri.....	160
B-3.7.8	Ana Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçeveleri	
	160	

B-3.7.9	Ek Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçeveleri	162
B-3.8	Jeolojik Bölge Tehlikesi ve Temeller Kontrol Listesi	164
B-4	Değerlendirme Aşaması (Aşama 2)	166
B-4.1	Genel	166
B-4.2	Aşama 2 Analizi	166
B-4.2.1	Genel	166
B-4.2.2	LSP ve LDP için Analiz Prosedürleri	167
B-4.2.3	LSP ve LDP için Matematiksel Model	172
B-4.2.4	LSP ve LDP İçin Kabul Etme Kriteri	175
B-4.2.5	Perdelerde düzlem dışı kuvvetler	182
B-4.3	Bina Sistemleri için Prosedürler.....	186
B-4.3.1	Genel	186
B-4.3.2	Düzensizlikler	187
B-4.3.3	Malzemelerin Durumu	192
B-4.4	Yanal Yük Taşıyıcı Sistemler İçin Prosedürler.....	193
B-4.4.1	Moment Çerçeveleri.....	194
B-4.5	Diyaframlar (Döşemeler) İçin Prosedürler.....	208
B-4.5.1	Genel	208
B-4.5.4	Betonarme Diyaframlar.....	214
B-4.6	Birleşimler İçin Prosedürler	214
B-4.6.3	Düşey Elemanlar	215
B-4.7	Jeolojik Bölge Tehlikeleri ve Temeller.....	216
B-4.7.1	Jeolojik bölge tehlikeleri	216
B-4.7.2	Temellerin Durumu	218
B-4.7.3	Temellerin Kapasitesi.....	219
B-5	Detaylı Değerlendirme Aşaması (Aşama 3)	222
B-5.1	Genel	222
B-5.2	Kullanılabilir Prosedürler.....	222
B-5.2.1	Sismik Rehabilitasyon Dizaynı için Hükümler.....	222
B-5.2.2	Yeni Binaların Dizaynında Kullanılan Yönetmelikler/Hükümler	224
B-5.3	Detaylı Prosedürlerin Seçimi	224

B-1 Genel Koşullar

B-1.1 Kapsam

Bu yayın, herhangi bir deprem bölgesinde yapılmış olan mevcut binaların sismik performanslarının değerlendirmesi için üç aşamalı bir prosedürden oluşur. Binalar, Can Güvenliği veya Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilebilirler.

Bu yayının kullanımı ve bu yayın kullanılarak tanımlanan zaafların giderilmesi yetkili kişiler inisiyatifindedir. Bu kitapta rehabilitasyon hakkında bilgiler mevcut değildir.

Bu yayın, binanın diğer mekanik prensipleri ile uyumlu rasyonel metotların kullanımını engellemez.

Açıklama :

Bu yayın mevcut binaların değerlendirilmesi için prosedürlerden oluşur. Yayındaki baskın kısım, yetkili mühendisin binanın sismik kuvvetlere uygun olarak tasarlanıp tasarlanmadığının belirleyebilmesini sağlayacak talimatları içerir.

Bina performansının tüm parametreleri yapısal, yapısal olmayan ve temel/jeolojik tehlike başlıkları altında tanımlanmıştır.

Bu yayın kullanılmadan önce değerlendirmenin gerekip gerekmediğinin belirlenmesi için binada hızlı bir görsel tarama aşağıdaki yayın kullanılarak yapılabilir;

- *Rapid Visional Screening Of Buildings For Potential Seismic Hazards: A Handbook* (FEMA 154 ve 155)

Bu yayında bulunan zaafların rehabilite edilmesine yönelik stratejiler bu yayına dahil değildir; bu konuda ek kaynaklar kullanılmalıdır.

Yayının Esasları:

Bu yayında, *NEHRP Handbook For Seismic Evaluation Of Existing Buildings* (FEMA 178) yayını esas alınmıştır.

FEMA 178'in yayınlanmasından sonra önemli depremler oldu: 1985 Michoacan depremleri, Mexico City şehrini etkiledi, 1989 Loma Prieta depremi San Francisco'da, 1994 Northridge depremi Los Angeles'da, 1995 Hiyokogen-Nanbu depremi Kobe bölgesinde etkili oldular. Her bir deprem FEMA 178'de verilen prosedürlerin temel kabullerini onaylarken, bir yandan da belirli sistemlerde giderilmesi gereken potansiyel zayıflıkları ortaya koydu. (FEMA 178'in yayınlanması Mexico City ve Loma Prieta depremlerinden sonra olduysa da bu depremlerden alınan data ve dersler dokümana dahil edilememiştir.)

Uygulamanın Kapsamı:

Hiçbir bina doğrudan bu yayındaki değerlendirme hükümlerinin dışında tutulamaz; istisnalar milli kurallara göre tanımlanmalıdır. Bununla birlikte yeni binalar için şartnamelerdeki muafiyetler göz önünde bulundurularak aşağıdaki tip yapılar bu yayının kapsamı dışında tutulabilir:

- Kısa periyot spektral ivme parametresi, $S_{DS} \leq 0.4g$ olan bölgedeki birbirinden ayrık konutlar
- “1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings” yayınının koşullarını sağlayan, kısa periyot spektral ivme parametresi, $S_{DS} \geq 0.4g$ olan bölgedeki birbirinden ayrık ahşap konutlar
- Tarım ürünlerinin depolandığı depolar

Tarihi Binalarda Uygulama :

Tarihi yapıların değerlendirilmesi için kuralların diğer binalardakine benzer olmasına rağmen, bazen yetkili mühendisin sakinması gereken özel durumlar varolabilir.

Tarihi yapılar genellikle eski malzeme, sistem ve detaylar içerirler. Yapım yılına bağlı olarak o zamanki yönetmeliklerin detaylandırma ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi gerekebilir.

Tarihi bina değerlendirme işinin bir başka boyutu da mimari elemanların da dikkate alınmak zorunda olmasıdır. Tarihi karakterli bir binada yapıya zarar veren testler uygulanamaz.

Aşağıdaki kaynaklar tarihi yapıların değerlendirilmesinde kullanışlı olabilir:

- *Secretary of the Interior's Standards for the Treatment of Historic Properties*
- *National Park Service Catalog of Historical Preservation Publications*

Alternatif Metotlar :

Mevcut binaların değerlendirilmesinde kullanılabilen alternatif dokümanlar;

- *Uniform Code for Building Conservation (UCBC, 1997),*
- *Los Angeles Division 91, Los Angeles Division 95,*
- *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*

Bazı kullanıcılar binaların sismik değerlendirmesini yeni binalar için yönetmelikleri temel alarak yaparlar. Bu yaklaşım uygun görünse de, yapılan kabuller hakkında tam bir hakimiyete sahip olmak gerekir. Yeni binalar için yönetmelikler dayanım, rijitlik ve detaylandırma olmak üzere üç ana tip koşulu zorunlu kılarlar. Dayanım ve rijitlik koşulları mevcut binalara kolayca aktarılabilir. Ancak detaylandırma koşulları yapılamaz. Mevcut bir yapının yanal yük taşıyıcı elemanları uygun detaylandırmaya sahip değilse dayanım ve rijitlik koşulları hakkındaki beklentiler sağlanamayacaktır. Uygun olarak detaylandırılmamış yanal yük taşıyıcı elemanlar, binada yeni binalar için yönetmelikler kullanılarak değerlendirme yapılıyorsa bu değerlendirmede ihmal edilmelidirler.

ATC-14, yetersiz detaylandırmanın değerlendirilmesi için ilk tekniği 3 aşamalı kabul etme kriteri kullanarak önerdi, FEMA 178 azaltılmış R çarpanları kullanarak aynı şeyi sağladı. FEMA 273 eleman bazlı yaklaşımıyla çok daha ayrıntılı prosedürler sağladı. Bu yayın FEMA 273'ü takip ederek Aşama 1 ve Aşama 2 Değerlendirme Seviyeleri oluşturarak analiz prosedürüne yeni bir biçim verdi.

Rehabilitasyon metotları :

Mevcut binalardaki potansiyel sismik zaaflar bu yayın kullanılarak tanımlanabilir. Aşağıdaki dokümanlar uygun rehabilitasyon metotlarının belirlenmesi için kullanışlı olabilirler:

- *NEHRP Handbook of Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings* (FEMA 172)
- *NEHRP Benefit-Cost Model for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA 227 ve 228)
- *NEHRP Typical Costs for Seismic Rehabilitation of Existing Buildings* (FEMA 156 ve 157)
- *NEHRP Guidelines and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA 273 ve 274)

B-1.2 Ana Koşullar

Sismik değerlendirme başlamadan önce Bölüm B-2'deki değerlendirme koşulları sağlanmalıdır.

Bölüm B-3'ün koşullarına uyularak, tüm binalar için Aşama 1 Değerlendirmesi yapılacaktır. Kontrol listelerindeki yapısal, yapısal olmayan ve temel durumları ile ilgili sağlıyor/doğru, sağlamıyor/yanlış ifadeleri Aşama 1 Değerlendirmesinin Bölüm B-3.3 koşullarına uygun olarak tamamlanacaktır. Aşama 1 Değerlendirmesinin bitirilmesinden sonra potansiyel zaaflar özetlenecektir.

Donatısız kagir duvarlı esnek diyaframlı binalar için yapısal aşama 1 kontrol listeleri verilmemiştir. Bu binaların yapısal değerlendirmesi Bölüm B-4.2.6'daki Aşama 2

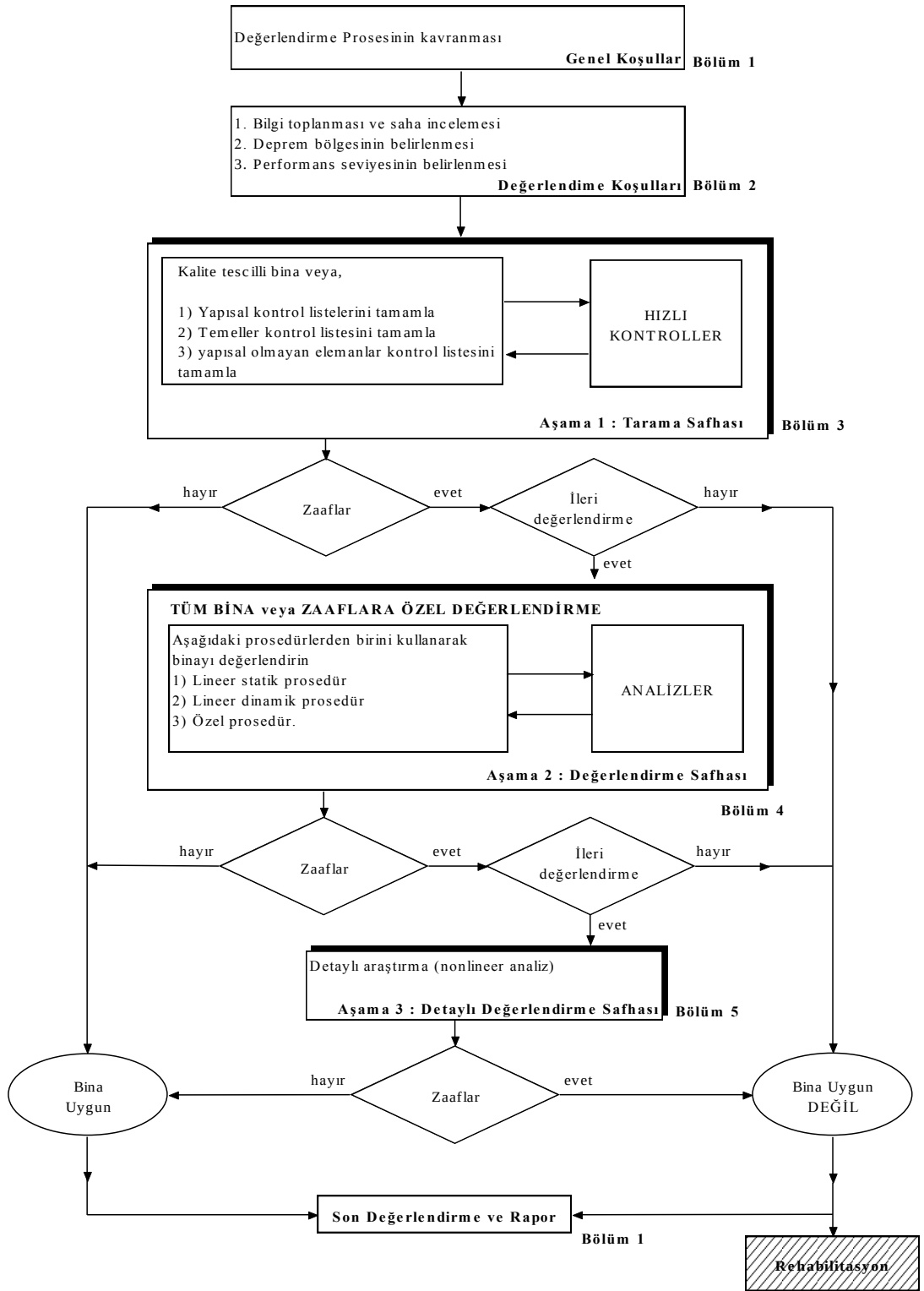
Özel Prosedür kullanılarak tamamlanacak; temeller ve yapısal olmayan elemanlar için ise Aşama 1 Değerlendirmesi uygulanabilecektir. Bölüm B-3.4’de tanımlanan binalarda Aşama 1 Değerlendirmesinin tamamlanmasından sonra tüm-bina Aşama 2 Değerlendirmesi veya Aşama 3 Değerlendirmesi yapılacaktır.

Aşama 1’de potansiyel zaafı tanımlanan ancak Bölüm B-3.4’e göre tüm-bina aşama 2 Değerlendirmesi veya Aşama 3 Değerlendirmesi gerekli görülmeyen binalarda, yalnızca kontrol listelerinde “sağlamıyor” olarak bulunan ifadeler için zaafı-özel Aşama 2 Değerlendirmesi uygulanacaktır. Potansiyel zaafı Aşama 2 Değerlendirmesi tamamlandıktan sonra özetlenecektir. Alternatif olarak yetkili mühendis araştırmayı sonlandırmayı tercih edebilir ve bulunan zaafı Bölüm B-1’e uygun olarak rapor edebilir.

Bölüm B-3.4’de tanımlanan binalarda veya yetkili mühendisin Aşama 1 veya Aşama 2’de tanımlanan potansiyel zaafı yönelik ileri değerlendirmeye gerek gördüğü binalarda Bölüm B-5’in koşullarına uyularak Aşama 3 Değerlendirmesi yapılacaktır. Potansiyel zaafı Aşama 3 Değerlendirmesinin tamamlanmasından sonra özetlenecektir.

Sismik değerlendirme yapıldıktan sonra sonuç raporu hazırlanacaktır. Rapor minimum olarak yapı ve yapının karakteri değerlendirmede kullanılan aşamalar ve sonuçları gösterecektir.

Binaların üç aşamalı sismik değerlendirme prosesi Şekil B-1.1’de gösterilmiştir.



Şekil B-1.1 Değerlendirme Prosesi

Açıklama :

Bu yayındaki sismik değerlendirme işlemine başlanmadan önce bu bölümde tanımlanan ana koşullar ve değerlendirme prosesi kavranmalıdır.

Şekil B-1.1’de gösterilen değerlendirme prosesi aşağıdaki 3 aşamadan oluşur:

Tarama aşaması (Aşama 1), Değerlendirme Aşaması (Aşama 2) ve Detaylı Değerlendirme Aşaması (Aşama 3). Şekil B-1.1’de gösterildiği gibi yetkili mühendis (i) zaafı raporlayıp rehabilitasyon için öneriler sunabilir veya (ii) değerlendirme prosenin bir aşamasından sonra daha ileri değerlendirme yapar.

Tarama aşaması (Aşama 1), bina ve zemin koşullarının hızlıca değerlendirilebilmesi için yapısal, yapısal olmayan ve temeller/jeolojik tehlike kontrol listeleri olmak üzere üç grup Kontrol Listesini içerir. Bu yayına göre yapılan tüm bina değerlendirmelerinde bu bölüm tamamlanmış olmalıdır. Aşama 1 Değerlendirmesinin amacı binaların bu yayının koşullarına uygun olup olmadığının ortaya çıkarılması veya potansiyel zaafıların hızlıca ortaya konmasıdır. Bazı durumlarda Aşama 1 Değerlendirmesi esnasında “hızlı kontroller” gerekebilir. Ancak analizin seviyesi minimumdur. Kontrol listeleri kullanılarak binada zaafı bulunduysa yetkili mühendis binanın daha detaylı incelenebilmesi için Aşama 2 Değerlendirmesi yapıp tanımlanmış olan zaafı ortaya koyabilir.

ABK araştırmalarına göre (ABK,1984) esnek diyaframlı donatısız kagir binalar kendine has davranış sergilerler. Bölüm B-4.2.6’da verilen özel analiz prosedürleri bu davranışın öngörülebilmesi için geliştirilmiştir. Bu özel prosedür Aşama 1’in kontrol listesi formatına sokulamadığı için yapısal kontrol listesi verilmemiştir. Yetkili mühendis değerlendirmenin ilk basamağı olarak Aşama 2 Özel Prosedürü uygulamalıdır. Özel Prosedür binanın yalnızca yapısal özellikleri ile ilgilidir; yapısal olmayan elemanlar ve temel ve jeolojik tehlikeler kontrol listeleri Aşama 1 Değerlendirmesinde uygulanmaya devam edilecektir.

Aşama 2 için, Aşama 1’de ortaya çıkarılan tüm zaafıya yönelik bütün bir analiz yapılmalıdır. Aşama 2’deki analizler basitleştirilmiş lineer analiz metotları ile sınırlandırılmışlardır. Aşama 1’deki gibi Aşama 2 Değerlendirmesinde de binaların rehabilitasyona ihtiyaç duymadığının ispatlanabilmesi amaçlanmıştır. Eğer Aşama 2

Değerlendirmesi sonucunda yine zaaflar bulunursa yetkili mühendis değerlendirmeyi zaafları bir rapor haline getirerek tamamlayabilir veya detaylı sismik değerlendirme için Aşama 3 Değerlendirmesi uygulayabilir.

Bu yayında Bölüm B-5’de Aşama 3 Detaylı Değerlendirmesi için metotlar ve referanslar verilmiştir. Son araştırmalar göstermiştir ki belirli tipteki kompleks yapıların yeterliliği diğer prosedürlerle gösterilemezken nonlinear analiz prosedürleri kullanılarak gösterilebilir. Bu prosedürler kompleks ve uygulanması pahalı prosedürlerdir. Ancak yapı maliyetine göre kat kat ekonomiktirler. Aşama 3 Prosedürlerinin kullanımı belirli sınırlarda tutulmalıdır.

Sonuç raporu, sonuçları yapı sahibine açıklar ve değerlendirmede kullanılan yöntem ve kabulleri gösterir. Her bölüm ilgili kişilerin anlayabileceği şekilde dikkatlice yazılmış olmalıdır. Sonuç raporu bir kısa bir açıklamadan detaylı bir dokümana kadar değişebilir, aşağıdaki maddeleri içermelidir :

1. Kapsam ve amaç : kullanılan aşamaların bir listesi verilmelidir.
2. Bölge ve bina bilgileri :
 - binanın genel tanımı (kat sayısı ve boyutlar)
 - yapısal sistemin tanımlanması (yanal yük taşıyıcı sistem, döşeme ve çatı diyaframları, bodrum ve temel sistemi)
 - yapısal olmayan elemanların belirtilmesi (yapısal olmayan elemanlar yapı ile etkileşebilir ve sismik performansa etki edebilirler.)
 - bina tipi
 - performans seviyesi
 - deprem bölgesi
 - zemin tipi
 - binanın kullanım amacı
 - binanın tarihi önemi

3. Kabullerin listesi : malzeme özellikleri, zemin bölgesi özellikleri
4. Zaafların listesi
5. Öneriler : daha ileri değerlendirme veya rehabilitasyon
6. Ek : referanslar, hesaplamalar

Yetkili mühendisin yapı hakkında karara varması

Bu yayın, mevcut binaların değerlendirilmesinde oldukça detaylı metotlar sağlamasına rağmen bu konudaki tek yöntem olarak görülmemelidir. Burada genel bina tiplerinin geçmiş depremlerdeki verilerinden elde edilen genel detaylar, zaaflar ve davranışlar ortaya konur. Ancak her yapı kendine hastır ve kullanılan detaylar bu yayının kapsamında olmayabilir. Bu yayın kullanılarak yapılan yargılarda yetkili mühendis her zaman potansiyel hasar veya göçmeye neden olacak farklı detayları göz önünde bulundurmalıdır.

B-1.3 Tanımlar

ACİL YERLEŞİM PERFORMANS SEVİYESİ: Dizayn depreminde binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında oldukça sınırlı hasara izin verilen bina performans seviyesi. Ana düşey ve yanal yük taşıyıcı sistemlerin her ikisi de deprem öncesi dayanım ve rijitliklerine yakın değerlerini korurlar. Hasardan kaynaklanabilecek hayat kaybı riski oldukça düşüktür. Dizayn depreminden sonra oldukça küçük çaplı onarımlar gerekebilir ancak bina kullanıma açık kalacaktır ve onarımlar kullanım esnasında da yapılabilecek mertebede olacaktır.

ANA YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir liste. Her bir değerlendirme ifadesi, geçmiş depremlerdeki yapı performanslarını temel alarak yapıda olası zaafırları belirtir.

ANA YAPISAL KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir listedir. Her bir değerlendirme ifadesi, geçmiş depremlerdeki yapı performanslarını temel alarak yapıda olası zaafırları belirtir.

AŞAMA 1 DEĞERLENDİRMESİ: Geçmiş depremlerden yola çıkılarak elde edilmiş potansiyel zaafırları tanımlayıp listeleyen Kontrol Listelerinin tamamlanması.

AŞAMA 2 DEĞERLENDİRMESİ: Potansiyel zaafırların gerçek ve rehabilite edilmesi gereken zaafırlar olup olmadığını değerlendirmek için özel bir prosedür. Bina tipine bağlı olarak, Tüm-bina Aşama 2 Değerlendirmesi, Zaafırlara yönelik Aşama 2 Değerlendirmesi veya Özel Prosedür kullanılması gerekebilir.

AŞAMA 3 DEĞERLENDİRMESİ: Binanın nonlinear davranışını açıkça veya dolaylı olarak hesaba katan detaylı değerlendirme.

BEKLENEN MAKSİMUM DEPREM: Bilinen faylar civarındaki deterministik değerlerle, 50 yıl zarfında oluşma ihtimali %2 olan deprem.

BİNA TİPİ: Binaların Bölüm B-2.6’da ifade edildiği biçimde, yanal yük taşıyıcı sistemleri ve geçmiş depremlerdeki performanslarına göre sınıflandırılması

BİRİNCİL ELEMAN: Sismik kuvvetlere karşı dayanım sağlayabilecek, yanal yük taşıyıcı sistemin bir parçası olan eleman.

BÖLGE SINIFI: Bölgenin depremselliğini genel bir şekilde etkileyen zemin grupları. Kullanılan zemin grupları Bölüm B-3.5.2.3.1’de A,B,C,D,E veya F olarak sınıflandırılmışlardır.

CAN GÜVENLİĞİ PERFORMANS SEVİYESİ: Dizayn depreminde binanın yapısal ve yapısal olmayan elemanlarında önemli miktarda hasara, ancak yapıda kısmi veya toptan göçmeden belirli bir sınırla uzak kalındığı bina performans seviyesi. Yaralanmalar oluşabilir ancak can kaybı riski düşüktür.

CEPHE ORANI: Perdelerde yüksekliğin boya oranı; yatay diyaframlarda boyun ene oranı

DEFORMASYON DENETİMLİ İÇ KUVVET: Değerlendirilen elemanın akma değerini izin verilen ölçüde aşan deformasyonla ilişkili iç kuvvet. Akma durumunun aşılma mertebesi, eleman düzenleme çarpanlarıyla (m çarpanları) belirlenir.

DEPREMSELLİK BÖLGESİ: Benzer deprem hasarlarının olduğu bölge. Bu yayında deprem bölgeleri, Bölüm B-2.5’te tariflenen bölge büyütme çarpanları ve haritalanmış ivme değerlerine bağlı olarak, düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 kategoriye ayrılırlar.

DİYAFRAM: Binanın yapısal elemanlarını birbirine bağlayan ve yanal yükleri düşey taşıyıcılara aktaran yatay yapısal sistem.

DİYAFRAM KENARI: Yatay diyaframla perdenin kesişimi.

DİZAYN DEPREMİ: ‘Beklenen Maksimum Deprem’e bakınız.

DÜŞÜK DEPREMSELLİK KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir listedir. Can Güvenliği Performans Seviyesinde ve düşük depremsellik bölgesinde bulunan binaların Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılır.

EK YAPISAL OLMAYAN ELEMANLAR KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, yapısal olmayan elemanlarla ilgili ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir listedir. Orta veya yüksek depremsellik bölgesinde bulunup Acil Yerleşim Performans Seviyesinde incelenen binaların Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılır.

EK YAPISAL KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, yapısal olmayan elemanlarla ilgili ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir listedir. Orta depremsellik bölgesinde bulunup Acil Yerleşim Performans Seviyesinde incelenen, veya performans seviyesinden bağımsız olarak yüksek depremsellik bölgesinde bulunan binaların Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılır.

ESNEK DİYAFRAM: Kat ortalama kaymasının iki katından fazla deformasyon yapan diyafram.

HIZLI KONTROL: Yanal yük taşıyıcı sistemin dayanım ve/veya rijitlik hususlarında yeterli olup olmadığını belirleyen, Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılan analiz prosedürü.

İÇ KUVVET: Yer ve şekil değiştirmelere neden olan kuvvet ve momentler.

İKİNCİL ELEMAN: Belirtilen performans seviyesine ulaşması gerekmesi de, ağırlık yüklerini taşıyabilip sismik kuvvetleri taşıyamayan eleman.

JEOLJİK BÖLGE TEHLİKELERİ VE TEMELLER KONTROL LİSTESİ: Aşama 1 Değerlendirmesinin bir parçası olan, ‘Değerlendirme İfadeleri’nden oluşturulmuş bir listedir. Her bir değerlendirme ifadesi, geçmiş depremlerdeki temel ve zemin performanslarını temel alarak yapıda olası zaafıları belirtir.

KALİTE TESCİLLİ BİNA: Tablo B-3.1’de verilen yönetmeliklere göre tasarlanmış, yapılmış veya verilen performans seviyesinde incelenmiş bina.

KAPASİTE: Bir elemanda izin verilebilecek iç kuvvet veya deformasyon.

KAT KESME KUVVETİ: Pseudo yanal kuvvetinin her bir kat tarafından taşınan kısmı.

KUVVET DENETİMLİ İÇ KUVVET: Değerlendirilen elemanın akma değerini aşmasına izin verilmediği deformasyonla ilişkili iç kuvvet. İç kuvvet, değerlendirmede kullanılan pseudo kuvvetleriyle doğrudan ilişkili değildir; daha ziyade yapısal sistem elemanlarının akma durumunda aktarabilecekleri maksimum kuvvetlerle ilişkilidir.

LİNEER DİNAMİK PROSEDÜR (LDP): Düşeyde veya geometrik düzensizliklere sahip, 30m'den yüksek, deprem kuvvetlerinin Lineer Statik Prosedürde kabul edilen dağılıma yakınsamadığı binalarda kullanılan spektrum tabanlı Aşama 2 modal analiz prosedürü.

LİNEER STATİK PROSEDÜR (LSP): Binanın matematiksel modeline uygulandığında, binanın akma durumuna vardığı dizayn depremindeki gerçek deplasmanlara yakınsamaya çalışan pseudo yanal kuvvetleri baz alınarak gerçekleştirilen Aşama 2 yanal kuvvet analiz prosedürü. Lineer Dinamik Prosedürün gerekmediği durumlarda kullanılacaktır.

MOMENT ÇERÇEVESİ: Yanal kuvvetleri kiriş, kolon ve birleşimlerin öncelikli olarak eğilme dayanımlarıyla karşılayabilen çerçeve.

ÖZEL PROSEDÜR: Diyafram hareketi, dayanımı ve sönümünü karakterize eden, donatısız duvarlı esnek diyaframlı kagir binalar için bir analiz prosedürü.

PSEUDO YANAL KUVVETİ (V) : Aşama 1 Değerlendirmesindeki 'Hızlı Kontrol'ler ve Aşama 2 Değerlendirmesinin Lineer Statik Prosedür kısmında kullanılan yanal kuvvet. Pseudo kuvveti, binada plastik mafsalların oluşmasına neden olan dizayn depremindeki gerçek deplasmanlara lineer bir analizle yakınsama sağlayacak büyüklüktedir. Bu kuvvet geleneksel yönetmelik dizaynında kullanılan, binanın dayanması gereken yanal kuvveti temsil etmez.

RİJİT DİYAFRAM: Kat ortalama kaymasının yarısından az deformasyon yapan diyafram.

SERT DİYAFRAM: Rijit veya esnek olarak sınıflandırılmayan diyafram.

TOPLAYICI: Diyaframdaki yanal kuvvetleri, yanal yük taşıyıcı sistemin düşey elemanlarına aktaran eleman.

TÜM BİNA AŞAMA 2 DEĞERLENDİRMESİ: Binanın Aşama 1 Değerlendirmesinin tamamlanmasından sonra, taşıyıcı sisteminin tüm elemanlarının Bölüm B-4.2’de verilen Aşama 2 Değerlendirme Prosedürleri ile değerlendirilmesi. Bu değerlendirme esnasında Aşama 1 Değerlendirmesinden bulunan zaaflara özel önem verilmesi gerekirken, yanal yük taşıyıcı sistemin diğer tüm elemanları da değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmenin yapılıp yapılmayacağı Tablo B-3.3 ile belirlenir.

YANAL YÜK TAŞIYICI SİSTEM: Çerçeveler, perdeler, istinat duvarları, çaprazlı çerçeveler ve yatay diyaframların birleşerek binanın depreme karşı direnmesini sağlayan sistem.

ZAAFLARA ÖZEL AŞAMA 2 DEĞERLENDİRMESİ: Aşama 1 Değerlendirmesini müteakiben, kontrol listelerinde sağlanmayan değerlendirme ifadelerine yönelik değerlendirme.

B-1.4 Semboller

a_p	Eleman büyütme çarpanı,
A_{br}	Çaprazın ortalama enkesit alanı,
A_c	İncelenen kattaki tüm kolonların enkesit alanları toplamı,
A_w	Yükleme yönündeki tüm perdelerin yatay enkesit alanlarının toplamı
A_x	Ek dışmerkezlik burulması etkisini temsil eden büyütme çarpanı,
AY	Acil Yerleşim Performans Seviyesi,
$A1$	Aşama 1 Değerlendirmesi,
$A2$	Aşama 2 Değerlendirmesi,
$A3$	Aşama 3 Değerlendirmesi,
C	Beklenen maksimum elastik-olmayan deplasmanlarla lineer elastik deplasmanları ilişkilendiren düzenleme çarpanı,
CG	Can Güvenliği Performans Seviyesi,
C_p	Yatay kuvvet çarpanı,
C_t	Düzenleme çarpanı, geçmiş deprem kayıtları kullanılarak belirlenmiştir. Bina taşıyıcı sisteminin karakteristiklerini göz önüne alıp bina periyodunu ayarlamak için kullanılır;
C_{vx}	Düşeyde dağıtım çarpanı, üçgensel yük dağılımı kabulü esas alınmıştır. Kat ağırlıkları ve yüksekliklerine bağlı olarak değişir;
D	Doğru/Sağlıyor,
D_p	Rölatif Deplasman,
DR, D_r	Kayma Oranı,

E	Elastisite modülü,
F_a	Bölge Katsayısı, Tablo 3-6'da tanımlanmıştır;
f_{br}	Çapraz elemanlarındaki ortalama eksenel kuvvet,
F_i	i katına uygulanan yanal kuvvet,
F_{px}	x katındaki toplam diyafram kuvveti,
F_v	Bölge Katsayısı, Tablo 3-6'da tanımlanmıştır;
F_x	x katındaki toplam kat kuvveti,
F_y	Akma gerilmesi,
h	Kat yüksekliği,
h_i, h_x	Tabandan i veya x katına olan mesafe (ft),
h_n	Tabandan çatı seviyesine kadar mesafe (ft),
I	Atalet momenti,
j	İncelenen katın numarası,
J	Kuvvet-aktarımı azaltım çarpanı,
k	Bina periyoduyla ilgili üstel katsayı,
k_b	Eşdeğer kirişin rijitliği (I/L),
k_c	Eşdeğer kolonun rijitliği (I/h),
L	Boy,
L_{br}	Çaprazların ortalama boyu,
LY	Limit yok,
m	Eleman düzenleme çarpanı,

M_g	Kirişteki moment (k-ft),
n, N	Zemin üstünde kalan kat sayısı,
N_{br}	Çaprazlar basınca göre tasarlanmışsa çekmedeki çubuk sayısı; çaprazlar basınca göre tasarlanmamışsa çekmedeki çubuk sayısı
n_c	Toplam kolon sayısı,
n_f	Toplam çerçeve sayısı,
Q_{CE}	Beklenen Dayanım,
Q_D	Efektif ölü yükten oluşan iç kuvvet,
Q_E	Deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet,
Q_G	Ağırlık yükünden oluşan iç kuvvet,
Q_L	Efektif hareketli yükten oluşan iç kuvvet,
Q_S	Efektif kar yükünden oluşan iç kuvvet,
Q_{UD}	Deformasyon denetimli dizayn iç kuvveti,
Q_{UF}	Kuvvet denetimli dizayn iç kuvveti,
R_p	Eleman tepki azaltım çarpanı,
s	Çaprazlı açıklıkların ortalama açıklığı (ft)
S_{DS}	Dizayn kısa periyot tepki ivmesi,
S_{D1}	Bir saniyelik periyoda karşı gelen dizayn spektral ivmesi,
S_s	Kısa periyot tepki ivmesi,
S_1	Bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivme,
T	Binanın ana titreşim periyodu,
U	Uygulanamaz,

V_{avg}	Ortalama kayma gerilmesi,
V	Pseudo yanal kuvveti,
V_c	Kolon kesme kuvveti,
V_d	Diyafram kesme kuvveti (lb),
V_j	Kat kesme kuvveti,
w_i, w_x	i veya x. katın toplam bina ağırlığındaki payı,
W	Toplam sismik ağırlık,
W_d	Diyaframa düşen toplam ağırlık yükü,
W_j	j katının üstündeki katların sismik ağırlıklarının toplamı,
Y	Yanlış/Sağlanmıyor,
Δ_d	Diyafram deplasmanı,
Δ_w	Perde veya duvarın düzlem içi deplasmanı,
δ_{avg}	Diyaframın en fazla deplasman yapan noktalarının deplasmanlarının cebrik ortalaması,
δ_{max}	Diyaframın en büyük deplasmanı,
δ_{xA}, δ_{yA}	A binasının x veya y katındaki deplasmanı,
δ_{xB}	B binasının x katındaki deplasmanı,
ρ''	Bir birleşimdeki yatay sargı donatısının hacimsel oranı.

B-2 Değerlendirme İçin Koşullar

B-2.1 Genel

Sismik değerlendirme yapılmadan önce bu bölümün koşulları sağlanmalıdır.

B-2.2 Araştırmanın Mertebesi

Aşama 1 Değerlendirmesinden önce tüm dokümanlar toplanmış olmalıdır. Eğer yapım çizimleri mevcutsa yapının bu çizimlere göre yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Tüm farklılıklar not edilmelidir. Toplanan bilgiler, Bölüm B-2.4'deki 'Arzulanan Performans Seviyesi', Bölüm B-2.5'deki 'Depremsellik Bölgesi' ve Bölüm B-2.6'daki 'Bina Tipi' tanımlarının yapılabileceği ölçüde yeterli olmalıdır. Ek olarak, araştırma verileri Aşama 1 Değerlendirmesi Kontrol Listelerinin tamamlanabilmesi için yeterli olmalıdır.

Aşama 1 Değerlendirmesi için gereken bilgilere ek olarak, Aşama 2 Değerlendirmesi için gereken bilgiler toplanmalıdır. Aşama 2'de hasarlı malzeme testlerine gerek yoktur, malzeme özellikleri binanın yapım yılına ait yönetmeliklerden, yapım çizimlerinden veya fiziksel testlerden alınabilir.

İstisna : Aşama 2 Özel Prosedür kullanılarak incelenen donatısız duvarlı esnek diyaframlı binalarda yatak düğüm kesme dayanımı ve kancaların dayanımının belirlenmesi için hasarlı testler kullanılabilir.

Aşama 3 Değerlendirmesi için detaylı bilgi gerekir. Eğer eski dokümanlar mevcut değilse, binanın yanal yük taşıyıcı sisteminin elemanlarının uygulama çizimleri hazırlanacaktır. Aşama 3 değerlendirmesinde aşağıdaki verilerin elde edilmesi için hasarlı veya hasarsız testler kullanılabilir:

- Yanal yük taşıyıcı sisteme katılımda bulunan tüm malzemelerin zamana bağlı kötüleşmeyi de dikkate alan beklenen dayanımları
- Birincil Elemanların düzenlenmesi ve yanal yük taşıyıcı sistemdeki durumları.

B-2.3 Bölgenin İncelenmesi

Değerlendirmeyi yapan mühendis binanın bulunduğu koşulları ve bölge koşullarının doğrulanması hakkında mevcut bilgilerin doğruluğunu kontrol etmek veya ek bilgiler almak için bölgeyi incelemelidir.

Açıklama:

Bölge incelemesinde şu bilgiler toplanmalıdır:

- Binanın genel tarifi : kat sayısı, yapım yılı ve boyutlar
- Yapısal sistemin tarifi : yanal yük taşıyıcı sistem, döşemeler, çatı bodrum ve temel sistemi
- Yapısal olmayan elemanların tarifi: yapısal olmayan elemanlar yapıyla etkileşip sismik performansı etkileyebilirler.
- Bina Tip(ler)i: Binanın Genel Bina Tiplerinden bir veya iki sınıfa dahil edilmesi.
- Performans seviyesi
- Depremsellik bölgesi : Bölgenin depremselliği değerlendirmede kullanılır.
- Zemin sınıfı
- Bina kullanım amacı
- Tarihi önem

Değerlendirme ifadeleri bina hakkında daha fazla bilginin gerektirebilir. Şu haller için bölge yeniden incelenebilir:

- Mevcut bilgilerin doğruluğunun kontrolü
- Gerekli diğer bilgilerin toplanması
- Düşey ve yanal yük taşıyıcı sistemlerin kontrol edilmesi

- Binanın koşullarının kontrolü
- Özel durumların incelenmesi
- Değerlendirme ifadelerinin yeniden incelenmesi
- Gerekiyorsa malzeme testlerinin yapılması

B-2.4 Performans Seviyesi

Bu yayına uyularak yapılan sismik değerlendirmelerde arzulanan performans seviyesinin belirlenmesi gerekir. Performans Seviyesi yetkili mühendis ve konuyla ilgili diğer yetkililer tarafından belirlenir. Yapısal ve yapısal olmayan elemanlar için Bölüm B-1.3 'de aşağıdaki iki performans seviyesi tanımlanmıştır.: Can Güvenliği (CG) ve Acil Yerleşim (AY) Performans Seviyeleri. Her iki performans seviyesinde de sismik etkiler Beklenen Maksimum Deprem spektrumu kullanılarak hesaplanırlar. Bu yayının kriterlerini sağlayan yayının belirlenen performans seviyesine ulaşabileceği kabul edilir.

B-2.5 Depremsellik Bölgesi

Binanın Depremsellik Bölgesi, Tablo B-2.1'e göre düşük, orta ve yüksek depremsellik bölgelerinden biri olarak sınıflandırılırlar. Depremsellik bölgeleri, haritalanmış tepki ivme değerleri ve bölge yükseltim çarpanlarına göre belirlenirler.

Tablo B-2.1 : Depremsellik Bölgesinin Belirlenmesi

Depremsellik Bölgesi	S_{DS}	S_{D1}
Düşük	$<0.167g$	$0.067g$
Orta	$<0.500g$ $>0.167g$	$<0.200g$ $>0.067g$
Yüksek	$>0.500g$	$>0.200g$

$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a S_s$: Dizayn kısa periyot spektral ivme parametresi

$S_{D1} = \frac{2}{3} F_v S_1$: Bir saniyelik periyoda karşı gelen dizayn spektral ivmesi

F_v, F_a : Tablo B-3.5 ve B-3.6’da verilen bölge çarpanları

S_s : kısa periyot spektral ivme parametresi (Böl. B-3.5.2.3.1)

S_1 : bir saniye periyottaki spektral tepki ivme parametresi (Böl. B-3.5.2.3.1)

B-2.6 Bina Tipi¹

Değerlendirilen bina, yanal yük taşıyıcı sistem(ler)i ve döşeme tipine göre Tablo B-2.2’ye göre sınıflandırılacaktır. Birbirine dik yönlerde farklı yanal yük taşıyıcı sistemlere sahip binalarda iki farklı bina tipi kullanılacaktır.

Tablo B-2.2 : Genel Bina Tipleri

Bina Tipi 8: Betonarme Moment Çerçeveleri	
C1	Bu binalar yerinde dökme betonarme kiriş ve kolonların birleşiminden oluşurlar. Katlar yerinde dökme döşemeler, betonarme kirişler, dişli ve kaset döşemeler veya kirişsiz döşemeler içerirler. Yanal kuvvetler, rijitliklerini monolitik kiriş-kolon birleşimlerinden alan betonarme moment çerçeveleriyle karşılanırlar. Eski yapımlarda, veya düşük deprem bölgelerinde moment çerçeveleri iki yönlü kirişsiz döşeme kolon şeritlerinden oluşur. Yüksek depremsellikteki bölgelerde yapılan modern çerçeveler, sünek performansın sağlanabilmesi için sıklaştırılmış etriyeler, birleşim bölgesi donatıları ve özel detaylandırmaya sahiptirler. Bu detaylar eski yapımlarda yoktur. Temeller tekil temel veya derin kazıklardan oluşur.

¹ Bu tez çalışması yalnızca C1 Betonarme Moment Çerçeveleri tipi yapıları kapsamaktadır. Binanın sınıflandırılmasını sağlayan Tablo 2-2 orijinal metinde daha kapsamlıdır.[Y.N]

B-3 Tarama safhası (Aşama 1)

B-3.1 Genel

İncelenecek tüm binalarda, Bölüm B-2'deki koşullar sağlandıktan sonra Aşama 1 Değerlendirmesi yapılacaktır. Aşama 1 Değerlendirme prosesi Şekil B-3.1'de gösterilmiştir.

Öncelikle, mühendis Bölüm B-3.2'ye göre binanın uygun kalitede olup olmadığını tespit etmelidir. Eğer bina kaliteli bina kriterini karşılıyorsa, belirlenen performans seviyesinde bu yayının yapısal gerekliliklerini karşıladığı varsayılacaktır; bunun yanında temeller ve yapısal olmayan elemanlar için Aşama 1 Değerlendirmesi uygulanabilir.

Eğer bina kaliteli bina sınıfında değilse, mühendis Bölüm B-3.3'e göre uygun kontrol listelerini seçip tamamlayacaktır.

Yapısal kontrol listeleri, donatısız duvarlı esnek döşemeli binalar için kullanılmaz. Bu tip binaların yapısal değerlendirme Aşama 2 Bölüm B-4.2.6 Özel Prosedür kullanılarak tamamlanacaktır; bu tip binalarda temeller ve yapısal olmayan elemanlar için Aşama 1 Değerlendirmesi uygulanabilir.

Binanın değerlendirme ifadeleriyle tanımlanmış, '*Sağlamıyor*' olarak bulunmuş olan zayıflıklarının listesi, Aşama 1 Kontrol Listelerinin tamamlanması üzerine derlenmelidir.

Daha ileri değerlendirme için koşullar, kontrol listelerinin tamamlanmasından sonra Bölüm B-3.4'e göre belirlenecektir.

Açıklama:

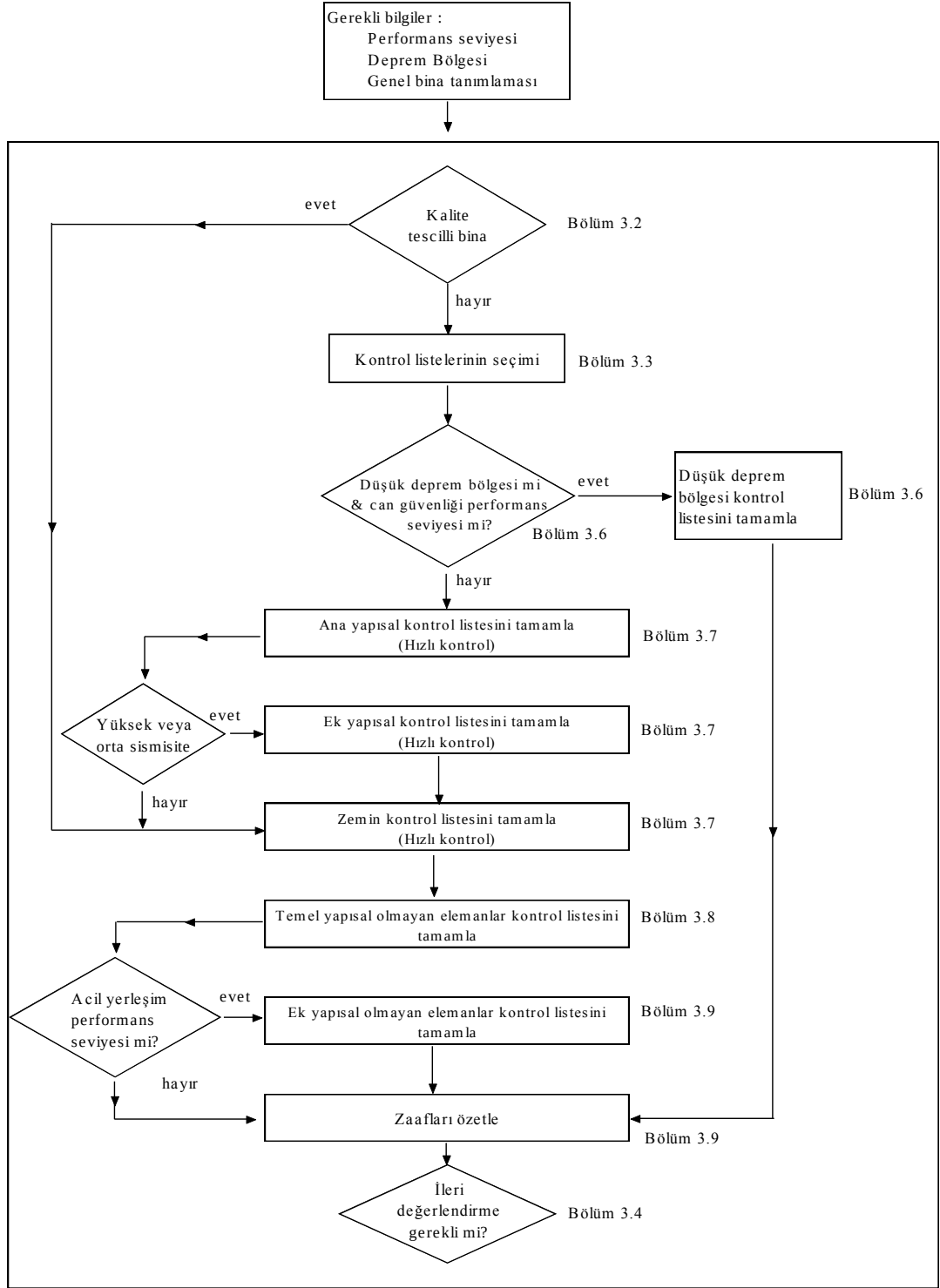
Değerlendirme proselinin tarama aşamasının amacı binanın bu yayındaki hükümleri sağlayıp sağlamadığını hızlıca belirlemektir. Aşama 1 Değerlendirmesi ayrıca mühendisin binanın potansiyel zayıflıklarını ve potansiyel davranışını tanımasını da sağlar.

Aşama 1 Değerlendirmesi, zaafların hızlıca belirlenebilmesi için incelenen tüm binalarda bir ön koşuldur. Bu değerlendirmeden sonra, Aşama 2 veya 3 Değerlendirmeleri minimum olarak Aşama 1’de belirlenen zaaflara odaklanır.

B-3.2 Kalitesi Tescilli Binalar

Tablo B-3.1’de verilen yayınların koşullarına göre tasarlanmış veya değerlendirilmiş binalarda, bu yayındaki yapısal sismik değerlendirme prosedürlerinin uygulanmasına gerek yoktur; ancak temeller ve yapısal olmayan elemanların değerlendirilmesi yapılmalıdır. Tablo B-3.1, belirli bina tipleri için sismik dizayn, yapım ve değerlendirme hükümlerinin kabul edilebilir olduğu, dolayısıyla daha ileri araştırmanın gerek kalmadığı yönetmelikleri verir. Eğer Tablo B-3.1’de verilen yönetmelik basım tarihlerinden sonra deprem bölgesi değiştiyse, yapının bu bölümdeki deprem bölgesi koşullarına uygun olup olmadığı değerlendirilmelidir. Yetkili mühendis, değerlendirme raporunda yapının Tablo B-3.1’de verilen dokümanların koşullarını sağladığını ve mevcut deprem bölgesini göstermelidir.

Açıklama : Yönetmelik koşullarına uygun yapılmış binalarda daha ileri değerlendirmeye gerek olmasa da, dikkat edilmelidir ki bina basitçe bu yayının kriterlerinin dışında tutulamaz. Yetkili mühendis binanın sayılan yönetmeliklere uygunluğunu açıkça göstermelidir. Bir yönetmeliğin belli bir zaman zarfında yeterli olduğu, sonrasında yetersiz kaldığı bilinen bir durumdur. Yapı çizimleri üzerinden basitçe yapının yönetmeliklere uygun yapıldığını söylemek yeterli değildir. Bazen binalardaki detaylar mevcut çizimlerden farklı olabilir. Bu durum onarımlardan veya zayıf tasarımdan kaynaklanmış olabilir. Yetkili mühendis ancak bölgeyi inceledikten, mevcut dokümanların doğruluğunu kontrol ettikten ve Bölüm B-2’nin diğer koşullarının sağlandığını gösterdikten sonra değerlendirilen yapının bu bölümün koşullarına uygunluğunu belirleyebilir.



Şekil B-3.1 : Aşama 1 Değerlendirme Akışı

Tablo B-3.1 : Kalite Tescilli Binalar²

	Binalar için sismik dizayn yönetmelikleri				FEMA 178 ^{CG}	CBC ^{AY}
Bina Tipi ¹	BOCA ^{CG}	SBCC ^{CG}	UBC ^{CG}	NEHRP ^{CG}		
Betonarme Moment Çerçeveleri (Tip C1)³	1992	1993	1976	1985	1992	1973

¹Tablo B-2.2’de tanımlanan bina tipi

³Kirişsiz döşemeli binalar kalite tescilli olarak kabul edilmezler.

^{CG}Yalnızca bu dokümanlara uyularak tasarlanmış, yapılmış veya değerlendirilmiş ve Can Güvenliği Performans Seviyesinde incelenen binalar Kalite Tescilli Bina olarak tanımlanabilirler.

^{CG}Bu dokümanlara uyularak tasarlanmış, yapılmış veya değerlendirilmiş ve Can Güvenliği veya Acil Yerleşim Performans Seviyesinde incelenen binalar Kalite Tescilli Bina olarak tanımlanabilirler.

BOCA – Building Officials and Code Administrators, *National Building Code*

SBCC – Southern Building Code Congress, *Standard Building Code*

UBC – International Conference Of Building Officials, *Uniform Building Code*

NEHRP – Federal Emergency Management Agency, *Nehrp Recommended Provisions For The Development Of Regulations For New Buildings*

CBC – California Building Standards Commission, *California Building Code*

B-3.3 Kontrol Listelerinin Seçimi Ve Kullanımı

Gerekli kontrol listeleri, deprem bölgesi ve performans seviyesinin bir fonksiyonu olarak Tablo B-3.2’de listelenmiştir. Aşama 1 Değerlendirmesinde, Tablo B-3.2’de belirtilen her bir kontrol listesinin tamamlanması gerekmektedir. Kontrol listelerindeki her bir ifade, ‘Sağlanıyor/Doğru’, ‘Sağlanmıyor/Yanlış’ ve ‘Uygulanamaz’ seçeneklerinden biri olarak işaretlenmelidir. ‘Sağlanıyor/Doğru’ pozisyonu, ifadenin bu yayının kriterlerine uygun olduğunu, ‘Sağlanmıyor/Yanlış’ pozisyonu ise daha ileri araştırma gerektiğini ifade eder. Değerlendirilen bazı ifadelerde kesin pozisyonlar ortaya konulamayabilir.

Bir değerlendirme ifadesinde hesaplanması gerekiyorsa, Aşama 1 Değerlendirmesi için Hızlı Kontroller Bölüm B-3.5’e göre yapılacaktır.

² Bu tezde yalnızca betonarme moment çerçeveleri incelendiği için Tablo B-3.1’in küçük bir kısmı görünmektedir.

Düşük deprem bölgesinde bulunan ve Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar incelenecek binalar için Bölüm B-3.6'daki Düşük Depremsellik Bölgesi Kontrol Listesi tamamlanacaktır. Düşük deprem bölgesinde bulunup Acil Kullanım Performans Seviyesi'ne kadar incelenecek olan binalarda ve Orta veya Yüksek Depremsellik bölgesinde bulunan tüm binalarda Tablo B-3.2'ye uygun olarak gerekli Yapısal, Jeolojik ve Yapısal Olmayan Kontrol Listeleri tamamlanacaktır.

Gerekli Yapısal Kontrol Listeleri Tablo B-2.2'de tanımlanan Genel Bina Tipleri baz alınarak seçilecektir. Tablo B-2.2'de tanımlanan Genel Bina Tiplerinden biri olarak sınıflandırılmayan binalar için Genel Yapısal Kontrol Listeleri tamamlanmalıdır.

İki temel yönde farklı yanal yük taşıyıcı sistemleri içeren bir binada, her yön için ayrı olmak üzere 2 grup kontrol listesi oluşturulacaktır. Tek bir aksında birden fazla yanal yük taşıyıcı sistem içeren bir bina karma sistem olarak sınıflandırılacaktır. Bu tip binalarda Genel Yapısal Kontrol Listeleri tamamlanmalıdır.

Her bina tipi için iki ayrı Yapısal Kontrol Listesi verilmiştir: Ana Yapısal Kontrol Listesi ve Ek Yapısal Kontrol Listesi. Tablo B.3.2'de görüldüğü gibi, Düşük depremsellik bölgesindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesine kadar incelenecek binalarda, orta ve yüksek depremsellik bölgesindeki tüm binalarda Ana Yapısal Kontrol Listeleri tamamlanacaktır. Ek Yapısal Kontrol Listeleri ise Ana Listeye ek olarak, orta depremsellik bölgesindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesine kadar değerlendirilecek binalar için ve yüksek depremsellik bölgesindeki tüm binalar için tamamlanacaktır.

Jeolojik Bölge Tehlikeleri ve Temeller Kontrol Listesi, düşük depremsellik bölgesindeki Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar incelenecek binalar haricindeki tüm binalar için hazırlanmalıdır.

Ayrıca iki ayrı Yapısal Olmayan Elemanlar Kontrol Listesi verilmiştir: Ana ve Ek Yapısal Olmayan Elemanlar Kontrol Listeleri. Düşük deprem bölgesinde bulunan ve Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar incelenecek binalar haricindeki tüm binalarda Ana Yapısal Olmayan Elemanlar Kontrol Listesi tamamlanacaktır. Ek Yapısal Olmayan Elemanlar Kontrol Listesi ise ana listeye ek olarak orta ve yüksek depremsellik bölgesindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesi'ne kadar değerlendirilecek tüm binalar için hazırlanmalıdır.

Açıklama:

Kontrol listelerindeki değerlendirme ifadeleri Aşama 1 Değerlendirme metodolojisinin çekirdeğini oluştururlar. Bu değerlendirme ifadeleri, gözlenen deprem yapısal hasarları temel alınarak oluşturulmuştur. Kontrol listeleri yapının zemin hareketine karşı cevabını belirlemekten ziyade yapının genel zaafları ve bir depremdeki potansiyel davranışını ortaya koyar. Yapının potansiyel zaaflarının ortaya konmasıyla, yetkili mühendis 2. veya 3. aşama değerlendirmenin gerekliliği hakkında daha iyi fikir sahibi olur.

Genel Yapısal Kontrol Listeleri, Aşama 1 Değerlendirmesinde kullanılan tüm değerlendirme ifadelerinin tam bir listesidir. Bunlar, yapısal sistemleri genel bina tipine girmeyen binaların değerlendirilmesinde kullanılmalıdır. Aşama 1 Kontrol Listelerinin genel amacı, geçmiş depremlerden elde edilmiş sonuçlar ışığında yapıdaki potansiyel ‘zayıf bağlantılar’ ı tanımlamak iken, genel listeler bunu sağlayamazlar; yalnızca muhtemel zaafları gösterebilirler. Yetkili mühendis, öncelikle potansiyel zaafların kendi değerlendirmesinde uygulanabilirliğini göz önüne almalıdır. Genel olarak, yalnızca göçmeye varan elemanlardaki zaaflar değerlendirilmelidir.

Her bir değerlendirme ifadesinin sonundaki parantez içindeki bölüm numaraları, konuyla ilgili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü ve Bölüm B-4’deki açıklamalara gönderme yapar. Yetkili mühendisin değerlendirme ifadesiyle ilgili ek bilgiye ihtiyacının olduğu durumlarda, Aşama 2 Prosedürüyle bağlantılı Açıklama bölümünü incelemelidir.

B-3.4 İleri Değerlendirmenin Gerekliliği

Aşama 1 Değerlendirmesinin tamamlanmasından sonra, Tablo B-3.3’e göre ileri değerlendirmenin gerekliliği hakkında karar verilecektir.

Tablo B-3.3’de listelenenlerden daha fazla kata sahip binalarda Aşama 2 Değerlendirmesi yapılacaktır. LY ifadesi kat sayısında ‘limit yok’ anlamına gelir.

Tablo B-3.3’de A2 olarak belirtilen binalarda ‘Tüm-Bina Aşama 2 Değerlendirmesi’ gereklidir.

Tüm-Bina Aşama 2 veya 3 Değerlendirmesi gerekmeyen binalarda, eğer Aşama 1 Değerlendirmesinden bulunmuş zaafılar varsa, Yalnızca-Zaafılar Aşama 2 Değerlendirmesi yürütülebilir. Alternatif olarak, yetkili mühendis araştırmayı bitirip belirlediği zaafıları Bölüm B-1'e uygun olarak rapor haline getirebilir.

Açıklama :

Çoğu durumda, Aşama 1 Değerlendirmesi sonucunda yalnızca potansiyel zaafılara yönelik ileri değerlendirmenin gerektiğine varılır. Bölüm B-4'de belirtildiği gibi, belirli bir zaafı incelemek için kısmi bir analiz gerekli olabilir, veya belirli bir zaafın değerlendirilmesi için bütünsel bir analiz gerekebilir.

Can Güvenliği Performans Seviyesinde değerlendirilen bir çok binada, 'LY' ifadesi, kontrol listelerinin seçiminde sınırlama getirmeyen FEMA 178'le uyumludur.

Acil Yerleşim Performans Seviyesindeki A2, A3 ve kat sayısı ifadeleri, binanın Tüm-Bina değerlendirilmesi yapılmadan bu yayının koşullarını sağlayamayacağını ifade etmektedir. Bu tip binaların geçmiş depremlerdeki performansları temel alınıp yapının davranışı anlaşılmalıdır. Bununla birlikte, Aşama 1 Kontrol Listeleri, Aşama 2 ve 3 için yapı hakkında bilgi ve öngörü kazanılmasını sağlarlar.

Tablo B-3.2 : Aşama 1 Değerlendirmesinde Kullanılacak Kontrol Listeleri

Depremsellik bölgesi	Performans Seviyesi ²	Gerekli Kontrol Listeleri ¹					
		Düşük Depremsellik Bölgesi (Böl.B-3.6)	Ana Yapısal (Böl.B-3.7)	Ek Yapısal (Böl.B-3.7)	Jeolojik Bölge ve Temeller (Böl.B-3.8)	Ana yapısal-olmayan elemanlar (Böl.B-3.9.1)	Ek yapısal-olmayan elemanlar (Böl.B-3.2)
Düşük	CG	√					
	AY		√		√	√	
Orta	CG		√		√	√	
	AY		√	√	√	√	√
Yüksek	CG		√	√	√	√	
	AY		√	√	√	√	√

¹Aşama 1 Değerlendirmesinin tamamlanabilmesi için (√) ile işaretlenen tüm kontrol listelerinin tamamlanmış olması gerekmektedir.

²CG : Can Güvenliği Performans Seviyesi; AY : Acil Yerleşim Performans Seviyesi, Bölüm B-2.4'de tanımlanmıştır.

Tablo B-3.3 : İleri Değerlendirmenin Gerekliliği¹

	Aşıldığında Tüm bina aşama 2 değerlendirmesini gerektiren kat sayısı					
Bina tipi	Düşük		Orta		Yüksek	
	CG	AY	CG	AY	CG	AY
Betonarme moment çerçeveleri	LY	2	LY	A2	LY	A2

¹Burada listelenen katlardan fazla kata sahip binalarda Tüm-Bina Aşama 2 Değerlendirmesi yapılacaktır.

LY: Limit Yok (Kat sayısında limit yok)

A2 : Aşama 2 (Bölüm B-4’de tarif edilen Aşama 2 Değerlendirmesi tüm bina elemanlarında yapılacaktır)

A3 : Aşama 3 (Bölüm B-5’de tarif edilen Aşama 3 Değerlendirmesi gereklidir)

B-3.5 Aşama 1 Değerlendirmesi

B-3.5.1 Giriş

Aşama 1 değerlendirme prosesinin bir parçası olarak gerçekleştirilen analizler Hızlı Kontrol şeklinde olacaktır. Hızlı Kontroller, binanın belirli elemanlarının rijitlik ve dayanımlarının kriterlere uygunluğunun hesaplaması için kullanılacaklardır. Hızlı Kontroller, Bölüm B-3.7’deki Kontrol Listelerindeki değerlendirme ifadeleri tarafından istendiğinde Bölüm B-3.5.3’e uyularak gerçekleştirilecektir.

B-3.5.2 Sismik Kesme Kuvvetleri

B-3.5.2.1 Pseudo Yanal Kuvveti

Pseudo yanal kuvveti Denk.(3-1) veya Denk.(3-2)’ye göre hesaplanan, binaya incelenen doğrultuda yatay yönde etkileyen kuvvettir.

$$V = C S_a W \quad (3-1)$$

V : Pseudo yanal kuvveti

C : Beklenen inelastik yerdeğiştirmelerle, hesaplanmış elastik yerdeğiştirmeleri ilişkilendiren değiştirme faktörü. C_1 türü yapı için C büyütme faktörü Tablo B-3.4 ‘den alınacak.

S_a : Binanın ana periyodundaki (kabul edilen yönde) spektral ivme karşılığı

S_a 'nın değeri Bölüm B-3.5.2.3' deki prosedüre göre hesaplanacaktır.

W : Toplam ölü ve tahmin edilen hareketli yük; aşağıdaki biçimde:

- Depo veya ambar yerleşimlerinde, kat hareketli yükün minimum %25'i; Döşeme dizaynında bölme duvarı yükü kullanıldıysa, mevcut bölme ağırlığı ve kat alanına etkiyen minimum 10 psf= 6.8947 kN/m² yük etkilerinden hangisi büyükse;
- Uygulanabilecek kar yükü;
- Kalıcı ekipman veya mobilyanın toplam ağırlığı.

Alternatif olarak, yüzeysel sığ temelli ve bodrumsuz olup da “Can Güvenliği Performans Seviyesi”ne kadar değerlendirilecek olan binalar için Pseudo kuvveti Denk.(3-2)' ye göre hesaplanabilir:

$$V = 0.75W \quad (3-2)$$

Eğer Denk.(3-2) kullanıldıysa, Bölüm B-3.5.3'deki Hızlı Kontroller ve Bölüm B-4.2.3'deki Kabul Etme Kriterindeki eleman kuvvet ve gerilmelerinin hesabında kullanılan m -çarpanları 1.0 alınacaktır.

Tablo B-3.4 C modifikasyon çarpanı

	Kat Sayısı			
Bina Tipi ¹	1	2	3	≥ 4
Moment çerçevesi (C1)	1.3	1.1	1.0	1.0

¹Tablo B-2.2'de tanımlanmıştır.

Açıklama :

Bu yayındaki sismik değerlendirme prosedürü, tıpkı “*NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings*” ve “*Uniform Building Code*” ‘da olduğu gibi, dizayn depremi yükleri altında binanın nonlinear davranışına izin

veren anlayış üzerine kurulmuştur. *NEHRP Recommended Provisions*, “*Uniform Building Code*” ve FEMA 178 yönetmelikleri, nonlinear sismik davranışı süneklik katsayısı R faktörlerini kullanarak lineer olarak modellerler ve dizayn depremindeki taban kesme kuvveti ve elemanların iç kuvvetleri gibi değerlere kabaca yakınsama sağlarlar. Diğer bir deyişle, taban kesme kuvveti binanın beklenen dayanımına eşittir, ancak bu taban kesme kuvveti kullanılarak hesaplanan deplasmanlar binanın dizayn depremindeki mevcut deplasmanlarından önemli ölçüde azdır. Dolayısıyla, bu yaklaşımda süneklik ve kat deplasmanı hesaplarında taban kesme kuvveti C_d , $0.7R$ gibi çarpanlarla artırılır.

Bu yayındaki Lineer Statik Prosedür, tıpkı FEMA 273’deki gibi nonlinear davranışın hesabında farklı bir yaklaşım sergiler. Pseudo yanal kuvvetleri, dizayn depremindeki “gerçek” deplasmanların hesaplanması amacıyla yapıya uygulanır. Denk.(3-1)’deki pseudo kuvveti, yapının dizayn depremi yükleri altında vardığı akma halindeki beklenen gerçek deplasmanlarını lineer statik bir analizle temsil etmeye çalışan kuvvettir.

Pseudo kuvveti, geleneksel dizayn yönetmeliklerindeki ve FEMA 178’deki binanın dayanması gereken gerçek yanal kuvveti temsil etmez. Özetle, bu prosedür eşdeğer deplasmanlar ve pseudo yanala kuvvetleri üzerine kurulmuştur. Bu lineer statik analiz yaklaşımıyla ilgili ek açıklamalara ihtiyaç duyulursa, lütfen Bölüm B-4.2.2.1’deki açıklama ve FEMA 273 ve 274’e bakınız.

Yapısal elemanlarda kabul etme kriteri hesapları yapılırken, uygulanan kuvvetlere süneklik kökenli azaltım katsayısı R ’nin uygulanması yerine, bu yayında süneklikle ilişkili m çarpanları kullanılmıştır. Dolayısıyla, tüm yapı için tek bir R değeri kullanmak yerine, elemanın sünekliğine bağlı olarak elemandan elemana değişebilen m çarpanları kullanılır. Belli bir Aşama Değerlendirmesi seviyesi için kullanılan m çarpanı, değerlendirmenin diğer aşamalarında kullanılmayacaktır. (Örneğin, Aşama 3’deki m değerleri, Aşama 1 veya 2 Değerlendirmesi yapılırken kullanılamaz.)

Yüksek depremsellik bölgesinde yapılmış kısa ve rijit binalarda, Denk.(3-1) ile ilişkili gerekli dayanım, temellerin zeminden kaymasına neden olabilecek kuvveti aşabilir. Ancak, yapının dayanımı zeminin dayanımını aşamaz. Dolayısıyla, bu tip

binalarda Denk.(3-2) uygulanır; yapısal elemanların dayanımı 0.75W değerini aşmak zorunda değildir.

B-3.5.2.2 Kat Kesme Kuvvetleri

Çok katlı binalar için, Bölüm B-3.5.2.1’de hesaplanan Pseudo yanal kuvveti Denk. (3-3) ’e göre dağıtılacaktır.

$$V_j = \left(\frac{n + j}{n + i} \right) \cdot \left(\frac{W_j}{W} \right) V \quad (3-3)$$

V_j : j. kattaki kat kesme kuvveti

n : Zemin seviyesinin üstünde kalan toplam kat sayısı

j : İncelenen katın numarası

W_j : j. Katın üstündeki tüm katların toplam sismik ağırlığı.

W : Bölüm B-3.5.2.1’e göre toplam sismik ağırlık.

V : Pseudo yanal kuvveti, Denk. (3-1), veya (3-2)’den hesaplanmış.

Esnek diyaframlı binalar için (S1A, S2A, S5A, C2A, C3A, PC1, RM1, URM) kat kesmesi her bir yanal direnç taşıyıcı çizgisi için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Denk. (3-3) ’deki W_j yanal yük taşıma çizgisinin kattan aldığı ağırlık oranına göre hesaplanmalıdır.

B-3.5.2.3 Spektral İvme

Pseudo kuvvetinin hesaplanması için gerekli olan spektral ivme bu bölümden hesaplanacaktır. Spektral ivme için değerlendirilen binanın bulunduğu zemine göre Bölüm B-3.5.2.3.1’ de tanımlanan haritalanmış spektral ivmeler temel alınacaktır. Alternatif olarak bölgenin özel/spesifik tepki spektrumu Bölüm B-3.5.2.3.2’ ye göre geliştirilebilir.

B-3.5.2.3.1 Haritalanmış Spektral İvme

S_a değeri Denk.(3-4)'e göre hesaplanacaktır:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad S_a \leq S_{DS} \quad (3-4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} F_v \cdot S_1 \quad (3-5)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} F_a \cdot S_s \quad (3-6)$$

T: Binanın Bölüm B-3.5.2.4'e göre hesaplanmış doğal titreşim periyodu.

S_s , kısa periyot tepki ivmesi, S_1 Kabul Edilen Maksimum Depreme (MCE) bağlı olarak bir saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivmedir. Bu değerler *Seismic Map Package* 'dan alınır, Beklenen Maksimum Depreme göre düzenlenirler. F_v ve F_a ise zemin sınıfı ve ivme tepki parametreleri S_s ve S_1 ' e göre Tablo B-3.5 ve B-3.6'ya göre elde edilecek zemin sabitleridir. Zemin sınıfları aşağıdaki gibi tarif edilmiştir:

A Sınıfı : Sert kaya, kayma dalgası hızı $\bar{v}_s > 1524$ m/sn

B Sınıfı : Kaya, $762 \text{ m/sn} \leq \bar{v}_s \leq 1524 \text{ m/sn}$

C Sınıfı : Çok sıkı toprak ve yumuşak kaya; $366 \leq v_s \leq 762 \text{ m/sn}$ veya standart penetrasyon sayısı $\bar{N} > 50$ veya drenajsız kayma dayanımı $\bar{S}_u > 2000 \text{ psf.}=96 \text{ kN/m}^2$

D Sınıfı : Sıkı toprak, $183 < \bar{v}_s \leq 366 \text{ m/sn}$ veya $15 < \bar{N} \leq 50$ veya $48 \text{ kN/m}^2 \leq \bar{S}_u < 96 \text{ kN/m}^2$

E Sınıfı : 10 feet' ten (10 feet = 3.048 m) fazla kil içeren herhangi bir toprak profili, plastisite indeksi $P > 20$, veya su muhtevası $w > 40\%$, ve $\bar{S}_u < 24 \text{ kN/m}^2$ veya $\bar{v}_s < 183 \text{ m/sn}$ ' lik zemin profili.

F Sınıfı : Özel geoteknik araştırma ve dinamik zemin tepki analizi gerektiren zeminler:

- Potansiyel tehlike içeren veya sismik yüklemde çöken, sıvılaşabilir zeminler, hızlı ve yüksek duyarlı killler, zayıf çimentolu çökebilir zeminler.
- Turba ve/veya yüksek derecede organik killler ($H > 10 \text{ feet} = 3.048 \text{ m}$)
- Çok yüksek plastisiteli killler ($H > 25$, $PI > 75\%$)
- Çok kalın yumuşak/orta sertlikte killler ($H > 120 \text{ feet} = 36.58 \text{ m}$)

F Sınıfı olarak sınıflandırılmış bir zemin profili için, Aşama 1 değerlendirilmesinde zemin E Sınıfı olarak farz edilebilir. Eğer yeterli data almak mümkün değilse E sınıfı profili kabul edilecektir.

1 ve 2 katlı, çatı yüksekliği $25 \text{ feet} = 7.62 \text{ m}$ ' den az olan binalarda zemin koşulları bilinmiyorsa zemin D Sınıfı alınabilir.

Tablo B-3.5 Bir saniyelik periyotta Zemin sınıfına ve spektral ivmeye bağlı F_v değerleri

Zemin Sınıfı	Bir Saniyelik Periyotta Spektral ivme ¹				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.4	2.8	2.4	2.2
F	*	*	*	*	*

¹Not: S_1 'in ara değerleri için lineer enterpolasyon kullanınız.

Tablo B-3.6 Zemin tipine ve kısa periyot spektral ivmeye bağılı F_a değerleri.

Saha Tipi	Kısa Periyotta Spektral İvme				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	*	*	*	*	*

Açıklama:

‘Kısa Periyot Tepki İvmesi’ ve ‘1 saniyelik periyoda karşı gelen spektral ivme’ parametreleri S_s ve S_1 , *Seismic Map Package* kaynağında verilmiştir. S_s ve S_1 parametreleri, bilinen fay yakınındaki 50 yılda oluşma olasılığı %2 olan depremi temsil eder. *Seismic Map Package*, FEMA 1-800-480-2520 telefon no’lu dağıtım merkezinden elde edilebilir.

B-3.5.2.3.2 Bölgeye Özel Tepki Spektrumu

Bölgeye özel tepki spektrumu, değerlendirilen binanın zeminin jeolojik, sismolojik ve zemin karakteristiklerine göre elde edilecektir. Bölgeye özel tepki spektrumu 50 yılda oluşma ihtimali %2 olan deprem (2500 yıl periyotlu) ve %5’lik viskoz sönüm oranı baz alınarak oluşturulacaktır. Bölgeye özel tepki spektrumu, kayma oranı bilinen fayların deterministik spektrumunun ortalama değerini aşmak zorunda değildir. Eğer %5 sönümlü bölge özel spektrumunun genliği, yapının tepkisiyle en büyük çakışmayı yapan periyot aralığında haritalanmış spektral genliğin %70’inden azsa, zemin değerlendirilmesi bireysel ekspertizle 3. parti olarak oluşturulmalıdır.

B-3.5.2.4 Periyot

Bir binanın incelenen yöndeki ana periyodu Denk.(3-7)’ye göre hesaplanacaktır:

$$T = C_t \cdot h_n^{3/4} \quad (3-7)$$

T : İncelenen yöndeki temel periyot (saniye)

C_t : 0.030 (C1 tipi yapılar için, diğer değerlerde var)

h_n : Tabanın çatı seviyesine kadar olan yükseklik (feet)

N : Zeminden yukarıda kalan kat sayısı

Alternatif olarak, çelik veya betonarme çerçeveli 12 katlı veya daha az katlı binalar için Denk. (3-8) ile hesaplanabilir.

$$T = 0.10 N \quad (3-8)$$

B-3.5.3 Dayanım ve Rijitlik için Hızlı Kontroller

Hızlı kontroller, bina elemanlarının rijitlik ve dayanım hesapları için kullanılacaktır. Hızlı kontroller Bölüm B-3.7'deki Kontrol listelerindeki değerlendirme ifadeleri gereğince yapılır ve binanın belirli elemanlarının uygunluğunu ortaya koyar. Hızlı Kontrollerdeki sismik kesme kuvvetleri Bölüm B-3.5.2'ye göre hesaplanacaktır.

Açıklama :

Hızlı kontrol eşitlikleri FEMA 178'dekilerle aynı olarak alınmış, Pseudo yanal kuvvetleri ve uygun malzeme m -çarpanları için geliştirilmiştir.

B-3.5.3.1 Moment Çerçeveleri İçin Kat Kaymaları

İncelenen katın altında ve üstünde kolonların sürekli olarak uzandığı moment çerçeveleriyle oluşturulmuş düzgün, çok katlı, çok açıklı binaların kayma oranlarının hesabı için Denk.(3-9) kullanılacaktır. Kayma oranı, temsili bir çerçevede, temsili kolonların temsili kirişlerdeki uç dönmelerini de içeren eğilme deplasmanlarını temel alır.

$$DR = \left(\frac{k_b + k_c}{k_b \cdot k_c} \right) \cdot \left(\frac{h}{12 E} \right) \cdot V_c \quad (3-9)$$

DR: Kayma oranı : Kat deplasmanı/Kat yüksekliği

k_b : Kiriş için I/L

k_c : Kolon için I/h

h : Kat yüksekliği (in.)

I : Atalet momenti (in⁴)

L : kolonlar arası merkezden merkeze mesafe (in.)

E : Elastisite modülü (ksi)

V_c : Kolondaki kesme (kips)

Kolon kesme kuvvetleri, Bölüm B-3.5.2.2'ye göre hesaplanan kat kesme kuvvetinin bir oranı olarak alınacaktır. Betonarme çerçevelerde, dolu kesit atalet momentinin yarısına eşit olan eşdeğer çatlak kesit atalet momenti kullanılacaktır.

Denk.(3-9), ilk katın tabanının dönmeye karşı tutulu olması durumunda da kullanılabilir. Ancak kolonlar mafsallıysa, k_c hesabında eşdeğer kat yüksekliği olarak mevcut yüksekliğinin 2 katı kullanılmalıdır.

Çerçevelerin farklı biçimli olduğu durumlarda, kayma oranının yapı mekaniği prensiplerine göre hesaplandığı Aşama 2 Değerlendirmesi yapıldığında, bu hızlı kontrolün yapılmasına gerek yoktur.

B-3.5.3.2 Betonarme Çerçeve Kolonlarında Kayma Gerilmesi

Betonarme çerçeve kolonlarındaki ortalama kayma gerilmesi v_{avg} , Denk.(3-10)'a göre hesaplanacaktır.

$$v_{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (3-10)$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Yükleme doğrultusundaki toplam çerçeve sayısı

A_c : İncelenen kattaki kolonların enkesit alanları toplamı

V_j : Kat kesmesi, Bölüm B-3.5.2.2'ye göre hesaplanır

m : Eleman değişim faktörü; Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar değerlendirilen binalar için $m=2.0$, Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilen binalar için $m=1.3$ alınmalıdır.

Açıklama :

Denk.(3-10), çerçevedeki kolonların benzer rijitliğe sahip olduğunu farz eder.

B-3.5.3.3 Perde ve Taşıyıcı Duvarlarda Kayma Gerilmesi

Perdelerde ortalama kayma gerilmesi, v_{avg} , Denk.(3-11)'e göre hesaplanabilir.

$$v_{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{V_j}{A_w} \right) \quad (3-11)$$

V_j : Kat kesme kuvveti (Bölüm B-3.5.2.2'ye göre hesaplanır)

A_w : Yükleme yönündeki perdelerin enkesit alanları toplamı. A_w hesaplanırken perde boşlukları hesaba katılmalıdır. Kagir duvarlarda net alan kullanılmalıdır. Ahşap duvarlarda alan yerine boy kullanılmalıdır.

m : Eleman değişim faktörü, Tablo B-3.7'den alınır.

Tablo B-3.7 Taşıyıcı Duvarlar için m çarpanları

Duvar Tipi	Performans Seviyesi ¹	
	CG	AY
Betonarme,prekast,ahşap	4.0	2.0
Donatılı kagir	3.0	1.5
Donatılı kagir	1.5	uygulanamaz

¹Bölüm B-2.4'de tanımlanmıştır.

B-3.5.3.4 Çaprazlar

Çaprazlardaki ortalama eksenel gerilme f_{br} Denk.(3-12) 'den hesaplanacaktır.

$$f_{br} = \frac{1}{m} \left(\frac{V_j}{sN_{br}} \right) \left(\frac{L_{br}}{A_{br}} \right) \quad (3-12)$$

L_{br} : Çaprazların ortalama boyu (ft)

N_{br} : çaprazlar basınca göre tasarlanmışsa çekmedeki çubuk sayısı; çaprazlar basınca göre tasarlanmamışsa çekmedeki çubuk sayısı

s : Çaprazlı açıklıkların ortalama açıklığı (ft)

A_{br} : Çaprazın ortalama kesit alanı (in²)

V_j : Maksimum kat kesme kuvveti

m : Eleman değişim faktörü, Tablo B-3.8'den alınır.

Tablo B-3.8 Çaprazlar için m çarpanları

Çapraz Tipi	(d/t)*	Performans Seviyesi ¹	
		CG	AY
Tüp	$\leq 90/(F_{ye})^{1/2}$	6.0	2.5
	$> 190/(F_{ye})^{1/2}$	3.0	1.5
Boru	$\leq 1500/F_{ye}$	6.0	2.5
	$> 6000/F_{ye}$	3.0	1.5
Yalnızca çekme		3.0	1.5
Diğerleri		6.0	2.5

¹Bölüm B-2.4'de tanımlanmıştır.

Enterpolasyon yapılabilir.

$F_{ye}=1.25F_y$; Beklenen akma dayanımı, Bölüm B-4.2.4.4'de verilmiştir.

B-3.5.3.5 Prekast Birleşimler

Prekast moment çerçevelerindeki prekast bağlantılar, kirişteki Denk.(3-13)'den hesaplanan M_g momentini karşılayabilmelidir.

$$M_g = \frac{V_j}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{h}{2} \right) \quad (3-13)$$

n_c : Kolonların toplam sayısı

n_f : Yükleme doğrultusundaki toplam çerçeve sayısı

V_j : İncelenen bağlantının hemen altındaki kattaki kesme kuvveti

h : Tipik kolonların kat yüksekliği

m : Eleman değişim faktörü; Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar değerlendirilen binalar için $m=2.0$, Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilen binalar için $m=1.3$ alınmalıdır.

B-3.5.3.6 Devrilmeye Göre Normal Gerilme

Devirme kuvvetlerinin kolonlarda oluşturduğu eksenel gerilme p_{ot} , Denk.(3-14) 'e göre hesaplanacaktır.

$$p_{ot} = \frac{1}{m} \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{V \cdot h_n}{L \cdot n_f} \right) \quad (3-14)$$

n_f : Yükleme doğrultusundaki toplam çerçeve sayısı

V : Pseudo Yanal Kuvveti

h_n : Tabandan çatı seviyesine kadar yükseklik (feet)

L : Çerçevenin toplam boyu (feet)

n_f : Yükleme yönündeki çerçeve sayısı

m : Eleman değişim faktörü; Can Güvenliği Performans Seviyesine kadar değerlendirilen binalar için $m=2.0$, Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilen binalar için $m=1.3$ alınmalıdır.

B-3.6 Düşük Depremsellik Bölgesi Kontrol Listesi

Bu Düşük Depremsellik Kontrol Listesi Tablo B-3.2’de istendiği zaman tamamlanacaktır.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıyor/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenecektir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Yapısal Elemanlar

D	Y	U	YÜK AKIŞI: Yapı, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir. (Aşama 2: Böl. 4.3.1.1)
D	Y	U	DUVARLARIN SABİTLENMESİ: Kagir veya betonarme dış cephe duvarları düzlem dışı kuvvetler için döşemeye kenetlenmiş çelik kanca veya şeritlerle kat seviyelerinde bağlanmış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.3.1.2)
D	Y	U	ASMA KATLAR: İç asma katları, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı olarak tutulmalı, veya yanal yük taşıyıcı sisteme sıkıca bağlanmalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.6.1.1)

Jeolojik Bölge ve Temel Elemanları

D	Y	U	TEMELLERİN PERFORMANSI: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.7.2.1)
---	---	---	--

Yapısal Olmayan Elemanlar¹

D	Y	U	ACİL DURUM IŞIKLANDIRMASI: Acil durum ışıklandırma ekipmanları depremde düşmeyecek biçimde duvarlara tutturulmuş olmalıdırlar (Aşama 2: Böl. 4.8.3.2)
---	---	---	---

¹ Yapısal Olmayan Elemanlar tezin kapsamı dışında tutulmuştur, daha uzun olan bu listenin yalnızca örnek olarak verilen bir maddesi görülmektedir

B-3.7 Yapısal Kontrol Listeleri

B-3.7.8 Ana Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçeveleri

Bu Ana Yapısal Kontrol Listesi Tablo B-3.2’de istendiği zaman tamamlanacaktır.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıyor/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenecektir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Açıklama:

Bu binalar, yerinde dökme kolon ve kirişlerin birleşimiyle oluşmuş çerçevelerden oluşur. Kat ve çatı çerçeveleri yerinde dökme beton döşemeleri, beton kiriş, tek veya iki yönlü tali kirişler, veya kirişsiz döşemelerden oluşur. Yanal kuvvetler rijitliklerini monolitik kiriş-kolon birleşimlerinden alan çerçeveler tarafından karşılanır. Eski tasarımda, veya düşük depremsellikteki bölgelerde, moment çerçeveleri iki yönlü kirişsiz döşeme şeritlerinden oluşabilir. Yüksek depremsellikteki modern çerçeveler birleşim noktası donatılması, sık aralıklı etriyeler ve sünek performans sağlamak için özel tasarıma sahiptirler. Bu detaylandırma eski yapımlarda yoktur. Temeller beton ayaklar veya derin kazıklardan oluşur.

Bina Sistemi

D	Y	U	YÜK AKIŞI: Yapı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim performans seviyeleri için, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.1)
D	Y	U	BİTİŞİK BİNALAR: Bitişik bina, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, incelenen binaya yüksekliğinin %4’ünden yakın konumlandırılmamış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.2)
D	Y	U	ASMA KATLAR: İç asma katları, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı olarak tutulmalı, veya yanal yük taşıyıcı sisteme sıkıca bağlanmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.3)
D	Y	U	ZAYIF KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin dayanımı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin dayanımının %80’inden az veya eşit olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.1)
D	Y	U	YUMUŞAK KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin rijitliği, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin rijitliğinin %70’inden, veya üst veya alt üç katın ortalama rijitliğinin %80’inden az veya eşit olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.2)

D	Y	U	GEOMETRİ: Bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin yatay boyutunda, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisine bağlı katlardakinin %30'un'dan fazla değişim olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.3)
D	Y	U	DÜŞEYDE SÜREKSİZLİKLER: Yanal yük taşıyıcı sistem in tüm düşey elemanları temele kadar sürekli olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.4)
D	Y	U	KÜTLE: Bir kattan diğerine, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, efektif kütlede %50'den fazla değişim olmamalıdır. (Aşama2: Böl. B-4.3.2.5)
D	Y	U	BURULMA: Kat rijitlik merkeziyle kütle merkezi arasındaki mesafe, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın genişliği veya diğer plan boyutunun %20'sinden az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.6)
D	Y	U	BETONARMEDE KÖTÜLEŞME: Yanal yük taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda, betonda veya donatıda gözle görülür kötüleşme olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.3.4)
D	Y	U	ARTGERME ANKRAJLARI: Art germe veya uç fittingleri civarında paslanmanın delili olmamalıdır. Sargı ankrajları kullanılmamış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.3.5)

Yanal Yük Taşıyıcı Sistem

D	Y	U	BOLLUK: Her bir ana aks yönündeki moment çerçevesi sayısı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en az 2 olmalıdır. Her bir moment çerçevesindeki açıklık sayısı, Can Güvenliği için en az 2, Acil Yerleşim için en az 3 olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.1.1)
D	Y	U	ENGEL DUVARLARI: Moment çerçeveleri içindeki tüm dolgu duvarlar yapısal elemanlardan izole olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.2.1)
D	Y	U	KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ: Bölüm B-3.5.3.2'deki hızlı kontroller kullanılarak hesaplanan kayma gerilmesi, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, 100psi'den veya $2\sqrt{f_c}$ 'den az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.1)
D	Y	U	NORMAL GERİLME KONTROLÜ: Kolonlarda devirme kuvvetleri ve ağırlık yükleri sebebiyle oluşan normal gerilme, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $0.10f_c$ 'den az olmalıdır. Alternatif olarak, yalnızca devirme kuvvetlerinden oluşan, Bölüm B-3.5.3.6'daki hızlı kontrollerden hesaplanmış normal gerilmeler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $0.30f_c$ 'den az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.2)

Bağlantılar

D	Y	U	BETONARME KOLONLAR: Tüm betonarme kolonlar, Can Güvenliği Performans Seviyesi için temele saplanmış olmalıdır. Acil Yerleşim için, ankrajların kapasitesi kolonun çekme kapasitesine varabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.6.3.2)
----------	----------	----------	---

B-3.7.9 Ek Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçeveleri

Bu Yardımcı Yapısal Kontrol Listesi Tablo B-3.2’de istendiği zaman tamamlanacaktır.

Yanal Yük Taşıyıcı Sistem

D	Y	U	KİRİŞSİZ DÖŞEME: Yanal yük taşıyıcı sistem, kolonlar ve kirişsiz döşemelerin oluşturduğu bir çerçeve olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.3)
D	Y	U	ÖNGERİLMELİ ÇERÇEVE ELEMANLARI: Yanal yük taşıyıcı sistem öngerilmeli veya artgermeli elemanlardan oluşmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.4)
D	Y	U	KISA KOLONLAR: Bir kattaki tipik kolonların nominal yükseklik/derinlik oranının Can Güvenliği Performans Seviyesi için %50, Acil Yerleşim Performans Seviyesi için %75’inden az yükseklik/derinlik oranına sahip kolon bulunmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.5)
D	Y	U	KAYMA GÖÇMESİ OLMAMASI: Çerçeve elemanlarının kesme dayanımları, kolonların altında ve üstünde eğilme dayanımlarını karşılayabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.6)
D	Y	U	KUVVETLİ KOLON/ZAYIF KİRİŞ: Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri, kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.7)
D	Y	U	KİRİŞ DONATILARI: Kirişin başından sonuna kadar uzunluğu boyunca altta ve üstte en az 2’şer boyuna donatı sürekli olarak uzanmalıdır. Birleşim noktalarındaki pozitif veya negatif moment için kullanılan boyuna donatının en az %25’i, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kirişin başından sonuna kadar sürekli olarak uzanmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.8)
D	Y	U	KOLON DONATI BİNDİRMELERİ: Tüm kolon donatı bindirme eki boyları, Can Güvenliği için $35d_b$ ’den Acil yerleşim için de $50d_b$ ’den büyük olmalı ve en az $8d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.9)
D	Y	U	KİRİŞ DONATI BİNDİRMELERİ: Boyuna kiriş donatıları için bindirme ekleri, birleşim bölgelerinin $l_b/4$ yakınlığı içinde ve potansiyel plastik mafsallık bölgesi civarlarında olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.10)
D	Y	U	KOLON ETRİYE ARALIKLARI: Çerçeve kolonlarında uzunlukları boyunca, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $d/4$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Ayrıca tüm potansiyel plastik mafsallık bölgelerinde kolonlar, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $8d_b$ ’den az aralıklı etriyelere sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.11)
D	Y	U	KİRİŞ ETRİYE ARALIKLARI: Tüm kirişlerde Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $d/2$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Potansiyel plastik mafsallık bölgelerinde etriyeler Can Güvenliği ve Acil Yerleşim Performans Seviyeleri için en fazla $8d_b$ veya $d/4$ değerlerinden küçük olanı kadar aralıkla yerleştirilmiş olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.12)
D	Y	U	BİRLEŞİM BÖLGESİ DONATISI: Kiriş kolon birleşim bölgeleri, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en fazla $8d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.13)

D	Y	U	BİRLEŞİM DIŞMERKEZLİĞİ: Kiriş ve kolon merkez çizgileri arasında kolon küçük boyutunun %20'sinden büyük dışmerkezlik olmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.14)
D	Y	U	ETRİYE KANCALARI: Kolon ve kiriş etriyeleri eleman beton çekirdeklerine en az 135°lik kancalarla ankre edilmiş olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.15)
D	Y	U	YER DEĞİŞTİRME UYGUNLUĞU: İkincil elemanlar, Can Güvenliği Performans Seviyesinde taşıyıcı elemanların eğilme dayanımına eriştiğinde yeterli kesme dayanımına, Acil Yerleşim Seviyesinde ise yüksek süneklikli detaylandırmaya sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.6.2)
D	Y	U	İKİNCİL KİRİŞSİZ DÖŞEMELER: İkincil olarak sınıflandırılan kirişsiz döşemeler, Can Güvenliği Performans Seviyesinde kolon birleşim noktalarına kadar kesintisiz uzanan alt çeliğe sahip olmalıdır. Acil Yerleşim Performans Seviyesinde düz döşemelere izin verilmemektedir. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.6.3)

Diyaframlar

D	Y	U	DİYAFRAM SÜREKLİLİĞİ: Diyaframlar, bölünmüş kat döşemelerinden oluşmamalıdır. Ahşap binalarda, diyaframlarda derz aralığı bulunmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.1)
D	Y	U	PLANDA DÜZENSİZLİKLER: Döşeme boşluğu köşelerinde ve diğer plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde diyaframın dayanımını karşılayacak çekme kapasitesi olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.7)
D	Y	U	BOŞLUKLARDA DİYAFRAM DONATISI: Bina genişliğinin %50'sinden büyük döşeme boşluklarının çevresinde donatı olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.8)

Birleşimler

D	Y	U	KAZIK BAŞLIKLARINDA YANAL YÜK: Kazık başlıkları üst donatı bulunmalıdır ve Can Güvenliği Performans Seviyesinde kazıklar kazık başlıklarına ankre edilmiş olmalıdır, ve Acil Yerleşim Performans Seviyesinde kazık başlıkları kazıkların çekme kapasitesini karşılayabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.6.3.10)
----------	----------	----------	--

B-3.8 Jeolojik Bölge Tehlikesi ve Temeller Kontrol Listesi

Bu Jeolojik Bölge Tehlikesi ve Temeller Kontrol Listesi Tablo B-3.2’de istendiği zaman tamamlanacaktır.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıklı/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenecektir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Jeolojik Bölge Tehlikeleri

Aşağıdaki ifadeler yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki binalar için doldurulmalıdır.

D	Y	U	ZEMİNDE SIVILAŞMA: Binanın sismik performansını tehlikeye sokan sivilaşmaya karşı hassas, doyuma ulaşmış,düşük granülü zeminler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın 50 feet altına kadar derinlikte bulunmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.1.1)
D	Y	U	ŞEV KAYMASI: Bina bölgesi potansiyel deprem sebepli şev kaymasından veya kaya düşmelerinden yeteri kadar uzak olmalı veya önceden bilinen hareketlerle uyumlu davranabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.7.1.2)
D	Y	U	YÜZEYDE FAY ÇATLAĞI: Bina bölgesinde yüzeyde fay çatlağı veya yüzey hareketi beklenmiyor. (Aşama 2: Böl. B-4.7.1.3)

Temellerin Vaziyeti

Aşağıdaki ifade, tüm Aşama 1 bina değerlendirmeleri için tamamlanacaktır:

D	Y	U	TEMEL PERFORMANSI: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.2.1)
---	---	---	---

Aşağıdaki ifade, yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilecek binalar için doldurulmalıdır.

D	Y	U	KÖTÜLEŞME: Temel elemanlarının korozyon, sülfat etkisi, malzeme bozulması, veya yapının bütünlüğü ve dayanımını etkileyecek diğer sebepler sebebiyle kötüleşmeye dair bir işaret olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.2.2)
---	---	---	--

Temellerin Kapasiteleri

Aşağıdaki ifade, tüm Aşama 1 bina değerlendirmeleri için tamamlanacaktır:

D	Y	U	KAZIK TEMELLER: Kazık temeller Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, minimum 4feet saplanma derinliğine sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.3.1)
---	---	---	---

Aşağıdaki ifadeler, yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilecek binalar için doldurulmalıdır.

D	Y	U	DEVİRİLME: Temel seviyesindeki yanal yük taşıyıcı sistemin bina yüksekliğine (zeminden itibaren ölçülen) oranı 0.6Sa'dan büyük olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.3.2)
D	Y	U	TEMEL ELEMANLARI ARASI BAĞLAR: Eğer ayaklar,kazıklar ve payandalar kirişler, radye veya A,B, veya C sınıfı zeminlerle tutulmamışsa, temel sistemi sismik kuvvetlere karşı koymaya yeterli bağ kirişlere sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.3.3)
D	Y	U	DERİN TEMELLER: Kazıklar ve payandalar yapı ile zemin arasındaki yanal kuvvetleri transfer edebilmelidir. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.3.4)
D	Y	U	KAYMA BÖLGELERİ: Binanın bir yanındakiyle diğer yanı arasındaki seviye farkı, yarım kat yüksekliğini aşmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.7.3.5)

B-4 Değerlendirme Aşaması (Aşama 2)

B-4.1 Genel

Aşama 2 Değerlendirmesinin yapılabilmesi için tüm binalarda Aşama 1 Değerlendirmesi tamamlanmalıdır. Tablo B-3.3 de “A2” olarak belirtilen tüm binalarda, yanal-yük-taşıma sisteminin yeterliliğinin değerlendirilmesi ve analizi için tüm yapıda Aşama 2 hesabı yapılacaktır. Diğer tüm binalar için tasarım uzmanı Aşama 1’de tanımlanan zaafllara yönelik Zaaflara-Özel-Aşama 2 değerlendirmesi yapmayı seçebilir.

B-4.2 Aşama 2 Analizi

B-4.2.1 Genel

Bu bölümde 4 analiz prosedürü verilmiştir:

- Lineer Statik Prosedür (LSP),
- Lineer Dinamik Prosedür (LDP),
- Özel Prosedür, ve
- Yapısal olmayan elemanlar için prosedür.

Donatısız duvarlı esnek diyaframlı (URM) tipi binalar haricindeki tüm binalar Bölüm B-4.2.2.1’deki Lineer Statik Prosedür (LSP), veya Bölüm B-4.2.2.2’deki Lineer Dinamik Prosedür (LDP) analizlerinden biri kullanılarak değerlendirilecektir. LSP ve LDP için kabul etme kriterleri Bölüm B-4.2.4’te verilmiştir. Duvarlardaki düzlem dışı kuvvetler Bölüm B-4.2.5’e uygun olarak hesaplanacaktır.

Eğer orijinal dizayn hesapları mevcutsa, sonuçlar kullanılabilir; bununla birlikte orijinal dizayn taban kesme kuvvetiyle, bu kitaptaki pseudo yanal kuvvetini ilişkilendirmek için uygun bir ölçek çarpanı uygulanmalıdır.

Donatısız taşıyıcı duvarlı esnek diyaframlı (URM) binalar doğrudan Bölüm 4.2.6’da tanımlanan Özel Prosedürün gerekliliklerine uygun olarak değerlendirilecektir.

Yapısal olmayan elemanlarla ilgili etkiler Bölüm 4.2.7'ye uygun olarak hesaplanacaktır. Bu etkiler Bölüm 4.8'de Yapısal Olmayan Elemanlar için Prosedürlerdeki kabul etme kriteriyle karşılaştırılacaktır.

B-4.2.2 LSP ve LDP için Analiz Prosedürleri

Lineer Statik veya Lineer Dinamik Prosedür Bölüm B-4.3 ten B-4.6'ya kadar olan prosedürlerin gerektirdiği biçimde yapılacaktır.

Lineer Dinamik Prosedür aşağıdakiler için kullanılacaktır:

- 100 ft (30,48 m)'den yüksek binalar,
- Bölüm B-4.3.2.2, B-4.3.2.3 ve B-4.3.2.5'te belirtildiği şekliyle kütle, rijitlik veya geometrik düzensizliklerinin bulunduğu binalar.

B-4.2.2.1 Lineer Statik Prosedür (LSP)

Lineer Statik Prosedür aşağıdaki şekilde yapılacaktır:

- Bölüm B-4.2.3'e göre binanın matematik modelinin oluşturulması;
- Bölüm B-4.2.2.1.1'e göre pseudo yanal kuvvetinin hesaplanması;
- Bölüm B-4.2.2.1.2'ye göre yanal kuvvetlerin düşeyde dağıtılması;
- Lineer, elastik analiz metotları kullanılarak bina yada eleman kuvvetlerinin ve deplasmanların hesaplanması;
- Eğer gerekiyorsa, diyafram kuvvetlerinin Bölüm B-4.2.2.1.3'e göre hesaplanması.
- Eleman kuvvetlerinin Bölüm B-4.2.4.5'deki kabul etme kriteriyle karşılaştırılması.

Açıklama:

Lineer Statik Prosedürde bina, akma noktası yakınlarında öngörülene yakınsayan lineer-elastik rijitlik ve eşdeğer viskoz sönüm değerleriyle modellenir.

Lineer Statik Prosedür için dizayn depreminin etkileri, toplamaları Denk.(3-1)'de tariflenen pseudo yanal kuvvetine eşit olan statik yanal kuvvetlerle temsil edilir. Pseudo yanal kuvvetinin büyüklüğü, binanın lineer-elastik modeline uygulandığında dizayn depreminde beklenen maksimum deplasmanlara yakınsayan dizayn deplasmanları sonuçlarını verecek şekilde olması amaçlanarak seçilir. Eğer bina gerçekte dizayn depreminde elastik davranıyorsa, hesaplanan iç kuvvetler dizayn depreminde beklenen iç kuvvetlere yakınsaması bakımından makul olacaktır. Eğer bina, genelde olduğu haliyle dizayn depreminde elastik olmayan davranış sergilerse, hesaplanan iç kuvvetler akma halindeki binadaki kuvvetleri aşacaktır.

Lineer analizden hesaplanan akma halindeki binalardaki eleman kuvvetleri, elemandaki toplam (lineer ve nonlinear) deformasyonu temsil eder. Kabul etme faktörü, eleman sünekliğiyle ilgili m faktörlerini kullanarak hesaplanan kuvvetlerle eleman kapasitelerini bağdaştırır. Lineer prosedürler mevcut yapının nonlinear davranışına kabaca yakınsama gösterir ve kuvvetlerin yeniden dağılımı ve diğer nonlinear etkileri ihmal eder. Bazı durumlarda sonuçlarda geniş değişim sağlayan kabul edilebilir alternatif yaklaşımlar sunulmuştur. Bu, lineer analiz prosedürlerinin sınırlamaları dikkate alındığında beklenen bir şeydir.

B-4.2.2.1.1 Pseudo Yanal Kuvveti

Lineer Statik Prosedürde uygulanacak pseudo yanal kuvveti Bölüm B-3.5.2.1'e göre hesaplanacaktır.

Denk.(3-1)'de kullanılmak üzere binanın temel titreşim periyodu aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

- Esnek diyaframlı tek açıklıklı tek katlı bina için, Denk.(4-1)'e göre:

$$T = (0.1\Delta_w + 0.078\Delta_d)^{0.5} \quad (4-1)$$

Δ_w ve Δ_d , incelenen yöndeki döşemeye düşen ağırlık kuvvetine eşit bir yanal kuvvete bağlı olarak oluşan sırasıyla perde ve döşeme deplasmanları (inç), veya

- Çok açıklıklı döşemeler için, incelenen döşeme açıklığına olan ağırlık akışına eşit olan bir yanal kuvvet, her bir döşeme açıklığının ayrı periyotlarını hesaplamak için her bir döşeme açıklığına uygulanacaktır. Tüm duvar ve döşeme açıklıklarının dizaynı için pseudo yanal kuvvetini en büyük yapan periyot kullanılacaktır, veya
- Binanın matematik modelinin özdeğer (dinamik) analizine dayanan, veya
- Bölüm B-3.5.2.4'e uygun olarak.

B-4.2.2.1.2 Sismik Kuvvetlerin Düşeydeki Dağılımı

Bölüm B-4.2.2.1.1'e göre hesaplanan pseudo yanal kuvveti Denk.(4-2) ve (4-3)'e göre düşeyde dağıtılacaktır.

$$F_x = C_{vx} V \quad (4-2)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (4-3)$$

$k = 1.0$, $T \leq 0.5$ saniye için,

$= 2.0$, $T > 2.5$ saniye için,

T'nin ara değerleri için lineer enterpolasyon kullanılacaktır;

C_{vx} = Düşey dağıtım faktörü,

V = Pseudo yanal kuvveti (Bölüm B-4.2.2.1.1),

w_i = i seviyesindeki katın, toplam bina ağırlığındaki (W) payı.

w_x = x seviyesindeki katın, toplam bina ağırlığındaki (W) payı.

h_i = tabandan i seviyesindeki kata kadar yükseklik (ft)

h_x = tabandan x seviyesindeki kata kadar yükseklik (ft)

B-4.2.2.1.3 Kat Döşemeleri/Diyaframları

İncelenen katta Denk.(4-4) ile hesaplanan eylemsizlik kuvvetlerinin etkileri ve döşemenin altındaki ve üstündeki düşey yanal kuvvet taşıyıcı elemanların dışmerkezlikleri ve rijitliklerindeki değişimler sebebiyle oluşan yatay kuvvetler analizde hesaba katılacaktır. Yanal yük taşıyıcı elemanların dışmerkezlikleri veya rijitliklerindeki değişimler sonucu oluşan kuvvetler, azaltma yapılmadan elastik kuvvetlere eşit alınacaktır; ancak rasyonel analizlerle küçük kuvvetlerde azaltıma gidilebilir.

$$F_{px} = \frac{1}{C} F_i \frac{w_x}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4-4)$$

F_{px} = x katındaki toplam diyafram kuvveti,

F_i = Denk.(4-2)'de tanımlanan, i. kata uygulanan yanal yük,

w_i = i. katın toplam ağırlık W'deki payı,

w_x = x. katın toplam ağırlık W'deki payı,

C = Tablo B-3.4'de tariflenen değiştirme faktörü.

Esnek diyaframlardaki yanal kuvvetler kütle dağılımı ve diyaframın şekil değiştirmiş hali baz alınarak diyafram açıklığına dağıtılacaktır.

B-4.2.2.1.4 Deformasyonların Tespiti

Yapısal deformasyonlar ve kat kaymaları, Denk.(3-1), (4-2) ve (4-4)'e göre hesaplanan yanal kuvvetler kullanılarak hesaplanacaklardır.

B-4.2.2.2 Lineer Dinamik Prosedür (LDP)

B-4.2.2.2.1 Genel

Lineer Dinamik Prosedür aşağıdaki şekilde icra edilecektir:

- Binanın matematik modelinin Bölüm B-4.2.3'e göre oluşturulması;
- Bölge için tepki spektrumunun Bölüm B-4.2.2.2.2'ye göre oluşturulması;
- Binanın tepki spektrum analizinin gerçekleştirilmesi;
- Kuvvet ve deformasyonların Bölüm B-4.2.2.2.3'e göre düzenlenmesi;
- Gerekiyorsa diyafram kuvvetlerinin Bölüm B-4.2.2.2.4'e göre hesaplanması;
- Eleman kuvvetlerinin Bölüm B-4.2.4.3'e göre hesaplanması;
- Eleman kuvvetlerinin Bölüm B-4.2.4.5'deki kabul etme kriteriyle karşılaştırılması.

Modal tepkiler, tepki niceliklerinin elde edilebilmesi için SRSS (karelerin toplamının karekökü) veya CQC (tam kuadratik kombinasyon) metotları kullanılarak birleştirileceklerdir. Verilen yöndeki hareketle ilişkili modal periyotların %25'in içinde olduğu zaman CQC kullanılacaktır. Tepki spektrumu analizinde kullanılan mod sayısı, binanın ana yatay eksenlerinin her birinde bina toplam kütesinin en az %90'ını yakalamış kütle katılımını sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Çok yönlü hareket etkileri Bölüm B-4.2.3.5'e göre incelenecektir. Alternatif olarak, SRSS metodu çok yönlü etkileri birleştirmek için kullanılabilir. CQC metodu çok yönlü etkilerin birleştirilmesi için kullanılmamalıdır.

B-4.2.2.2.2 Zemin Hareketinin Modellenmesi

LDP' de kullanılacak sismik zemin hareketleri aşağıdakiler kullanılarak karakterize edilebilir:

- Haritalanmış tepki spektrumu, Bölüm B-3.5.2.3.1'e göre, veya
- Bölgeye özel tepki spektrumu, Bölüm B-3.5.2.3.2'ye göre.

B-4.2.2.2.3 Sonuçların Düzenlenmesi

Diyafram kuvvetleri ve deformasyonlarının ihmal edilmesiyle, Lineer Dinamik Prosedürden elde edilen tüm kuvvet ve deformasyonlar Tablo B-3.4’de tariflenen değiştirme çarpanı C ile çarpılacaktır.

Açıklama:

NEHRP ve UBC’nin ışığında, tepki spektrumu analizinin sonuçları, LSP’nin pseudo yanal kuvvetiyle birebir oranlanamaz. LSP’de, uygun tepki spektrumundan mevcut spektral ivme değerlerini kullanmayı baz alındığından ve geleneksel yönetmelik dizaynındaki R değerleriyle azaltılmamasından dolayı herhangi bir oranlama mümkün değildir.

B-4.2.2.2.4 Kat Diyaframları

Kat diyaframları, (1) dinamik analizden elde edilen sismik kuvvetler, ve (2) diyaframın altındaki ve üstündeki çerçeve elemanlarının rijitlerindeki değişimler veya dışmerkezliliklerinden kaynaklanan yatay etkiler için analiz edileceklerdir. Dinamik analizden elde edilen sismik kuvvetler Denk.(4-4)’den hesaplanan kuvvetlerin %85’inden daha az olmayacaktır. Yanal yük taşıyıcı sistemin dışmerkezliliklerinden veya rijitliklerindeki değişimlerden hesaplanan kuvvetler, rasyonel açıklamalarla ispat edilmedikçe, azaltma yapılmadan elastik kuvvetlere eşit alınacaktır.

B-4.2.3 LSP ve LDP için Matematiksel Model

B-4.2.3.1 Temel Varsayımlar

Sert veya rijit diyaframlı binalar, burulma etkileri yeterince küçükse veya dolaylı olarak hesaba katılabiliyorsa, 2 boyutlu olarak modellenenebilir; alternatif olarak 3 boyutlu model kullanılabilir.

Esnek diyaframlı binalardaki yanal yük taşıyıcı sistemler, elemanların 2 boyutlu birleşimleri şeklinde modellenecek ve analiz edilecektir; alternatif olarak

diyaframların esnek eleman olarak modellendiği halde 3 boyutlu model kullanılacaktır.

B-4.2.3.2 Yatayda Burulma

Yatayda burulmanın etkileri Aşama 2 analizinde hesaba katılacaktır. Verilen kattaki toplam burulma momenti, aşağıdaki iki burulma momentinin toplamına eşit olacaktır:

- İncelenen kat da dahil olmak üzere, üst katlardaki kütle ve rijitlik merkezlerinin dışmerkezliğinden kaynaklanan mevcut burulma, ve
- İncelenen kat da dahil olmak üzere, üst katlardaki kütle merkezlerindeki yüklenen kuvvet yönündeki bina boyutunun minimum %5'ine eşit kayma/eksantrisite' ten kaynaklanan, ek dışmerkezlik burulması.

Ek dışmerkezlik burulmasının etkileri, bina elemanlarındaki kuvvet ve deformasyon sonuçlarının azaltılmasında kullanılmayacaktır.

Bir bina sert veya rijit diyaframlara sahipse ve burulma momentinden kaynaklanan $\delta_{\max}/\delta_{\text{ort}}$ oranı 1.2'yi aşıyorsa, burulma düzensizliğine sahip olarak kabul edilecektir. Burulma düzensizliği olan binalarda ek dışmerkezliğin etkisi, Denk.(4-5)'de verilen A_x çarpanıyla büyütülecektir.

$$A_x = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2 \delta_{\text{ort}}} \right)^2 \quad (4-5)$$

$\delta_{\max}$ = x. kattaki maksimum yer değiştirme;

δ_{ort} = x. kattaki uç noktalardaki yer değiştirmelerin ortalaması;

$A_x = 1.0$ 'a eşit veya büyük olacaktır ve 3.0'ü aşmayacaktır.

Eğer diyaframdaki maksimum yer değiştirmenin (burulma büyütmesini de içeren), ortalama yer değiştirmeye oranı η 1.50'yi aşarsa Aşama 2 analizi için 3 boyutlu

model oluşturulmalıdır. $\eta < 1.5$ iken 2 boyutlu modelden hesaplanan kuvvet ve deplasmanlar, binada hesaplanan η 'nın maksimum değeriyle çarpılarak büyütülecektir.

B-4.2.3.3 Birincil ve İkincil Elemanlar

Elemanlar Bölüm B-1.3'e göre birincil veya ikincil olarak sınıflandırılacaktır.

Matematik modelde yalnızca birincil elemanların rijitliklerinin kullanılması gereklidir. Eğer ikincil elemanlar modellendiye, binanın her bir katında hesaplanan ikincil elemanların toplam rijitliği, birincil elemanların toplam rijitliğinin %25'inden fazla olamaz.

Açıklama:

Elemanların ve elemanların sınıflandırılması, binanın düzenliliğinde değişime sebep vermemelidir. Yani, elemanlar ve elemanlar binanın düzensizlik durumunu düzensizden düzenliye değiştirecek şekilde seçilmemelidir.

B-4.2.3.4 Diyaframlar

Diyafram deformasyonları, bu bölümdeki sismik kuvvetler kullanılarak hesaplanacaktır. Sert diyaframlı binaların matematik modeli, diyafram esnekliğini açık bir şekilde içermelidir. Rijit diyaframlı binaların matematik modelleri diyafram rijitliğini açıkça hesaba katmalıdır. Esnek diyaframlı binalar için, düşey sismik çerçevelerin her biri ağırlık aldığı alandaki sismik kütlelerle ayrı olarak incelenebilir.

Diyaframın düzlem içi deformasyonu, yanal yükün kütle yayılışına uygun bir şekilde dağıtılması, ve düşey sismik çerçevenin dışmerkezliklerinden oluşan tüm düzlem içi yanal kuvvetlerin katılmasıyla hesaplanacaktır.

B-4.2.3.5 Çok Yönlü Sallantı Etkileri

Binalar yatay yönlerde sismik kuvvetler için analize tabi tutulacaktır. Binada Bölüm B-4.2.3.2'de tariflenen burulma düzensizliği yoksa, veya bir veya daha fazla eleman iki veya daha fazla yanal yük taşıyıcı sistemin kesişiminin bir bölümünü

oluşturmuyorsa, sismik deformasyon ve kuvvetler binanın ana akslarında ayrık olarak kabul edilecektir. Diğer durumlarda çok yönlü uyarma etkileri hesaba katılacaktır.

Çok yönlü uyarma etkileri, bir yöndeki sismik kuvvetlerin %100'ü uygulanırken onadık yöndeki sismik kuvvetlerin %30'unun eklenmesiyle hesaplanacaktır.

B-4.2.3.6 Düşey İvme

Düşey uyarmanın yatay konsollardaki ve öngerilmeli elemanlardaki etkileri statik veya dinamik metotlar kullanılarak hesaba katılacaktır. Düşey deprem hareketleri Bölüm B-3.5.2.3.1'deki yatay spektrum ordinatlarının %67'sine eşit olan spektrumla karakterize edilecektir. Alternatif olarak, bölgeye özel hesaplanan düşey tepki spektrumları kullanılabilir.

B-4.2.4 LSP ve LDP İçin Kabul Etme Kriteri

B-4.2.4.1 Genel

Eleman iç kuvvetleri Bölüm B-4.2.4.3'e göre; ağırlık ve sismik kuvvetler göz önüne alınarak hesaplanacaktır. Eleman dayanımları Bölüm B-4.2.4.4'e göre hesaplanacaktır. Sonra eleman kuvvet ve dayanımları Bölüm B-4.2.4.5'deki kabul etme kriteriyle karşılaştırılacaktır.

B-4.2.4.2 Ağırlık Yükleri

Elemanlarda ağırlık yükleri Denk.(4-6) ve (4-7)'ye göre hesaplanacaktır.

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L + Q_S) \quad (4-6)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (4-7)$$

Q_D = Ölü yük,

Q_L = Efektif hareketli yük, ölçülen hareketli yükten az olmamak üzere düşürülmemiş dizayn hareketli yükünün %25'ine eşit.

Q_s = Efektif kar yükü, tam dizayn kar yükünün %70'inden, veya ilgili makamın garanti ve onay verdiği koşullarda dizayn kar yükünün %20'sinden az olamaz. Dizayn kar yükünün ft kareye 30 pound olduğu ($=1.44 \text{ kN/m}^2$) yerlerde $Q_s = 0.0$.

B-4.2.4.3 Elemanlarda İç Kuvvetler

İç kuvvetler, deformasyon denetimli veya kuvvet denetimli şeklinde sınıflandırılacaktır. Deformasyon denetimli iç kuvvet, akma değerinin aşılmasına izin verilerek oluşan deformasyondan oluşan iç kuvvettir; maksimum deformasyon elemanın sünekliği ile sınırlandırılmıştır. Kuvvet denetimli iç kuvvet ise akmasına izin verilmeyen bir deformasyondan oluşan iç kuvvettir; sınırlandırılmış süneklikle ilgili iç kuvvetler, kuvvet denetimli olarak sınıflandırılacaktır.

Açıklama:

Bir yapının genel şekil değiştirme davranışı, deformasyon denetimli iç kuvvetlere bağlı elastik ve plastik deformasyonlara bağlıdır. Kuvvet denetimli elemanlardaki maksimum kuvvetler, deformasyon kontrollü elemanların kapasitesine bağlı olarak oluşur.

Betonarme bir moment çerçevesinin kolon ve kirişlerini göz önüne alın. Eğilme momentleri tipik olarak deformasyon kontrollü iç kuvvetlerdir. Kirişlerdeki kesme kuvvetleri ve kolonlardaki normal kuvvetler de kuvvet denetimlidir. Deformasyon kontrollü iç kuvvetlerde akma durumu (bu örnekte kiriş momenti), kuvvet denetimli iç kuvvetleri (bu örnekte kiriş kesme ve kolon normal kuvvetleri) denetler.

Çapraz çerçeveli bir yapı düşünün. Çaprazlardaki normal kuvvetler, deformasyon denetimli iç kuvvetlerdir. Çapraz bağlantı yerlerindeki kuvvetler ve kolonlardaki normal kuvvetler kuvvet denetimlidir. Çaprazların akması ve burkulması, kolonlardaki ve birleşimlerdeki oluşacak kuvvetleri kontrolü altında tutar.

Tipik deformasyon ve kuvvet denetimli iç kuvvetler aşağıda listelenmiştir. 'M' momenti, 'V' kesme kuvvetini, 'P' ise normal kuvveti temsil eder.

**Deformasyon-
Denetimli**

**Kuvvet-
Denetimli**

Moment çerçeveleri		
Kirişler	M	V
Kolonlar	M	P,V
Birleşimler	--	V
Perdeler	M,V	P
Çaprazlı Çerçeveler		
Çaprazlar	P	--
Kirişler	--	P
Kolonlar	--	P,M
Kesme Bağlantısı	V	P,M
Birleşimler	--	P,V,M

B-4.2.4.3.1 Deformasyon Denetimli İç Kuvvetler

Deformasyon denetimli dizayn iç kuvvetleri, Q_{UD} , Denk.(4-8)'e göre hesaplanacaktır.

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E \quad (4-8)$$

Q_{UD} = Ağırlık ve deprem yüklerinden oluşan iç kuvvet,

Q_G = Bölüm B-4.2.4.2'de tariflenen ağırlık kuvvetlerinden oluşan iç kuvvet,

Q_E = Bölüm B-4.2.2.1 veya Bölüm B-4.2.2.2'de tariflenen analiz modelleri ve kuvvetler kullanılarak hesaplanan deprem kuvvetlerinin oluşturduğu iç kuvvet.

B-4.2.4.3.2 Kuvvet Denetimli İç Kuvvetler

Metot 1:

Kuvvet denetimli iç kuvvetler, Q_{UF} , deformasyon denetimli iç kuvvetlerden gelen en büyük kuvvetle ağırlık kuvvetlerinin toplamı olarak hesaplanacaktır.

Metot 2:

Alternatif olarak, kuvvet denetimli iç kuvvetler Denk.(4-9) veya (4-10)'dan hesaplanabilir. Denk.(4-9), Q_{UF} 'ye katkıda bulunan kuvvetlerin, sismik çerçeve sisteminin akma halindeki elemanlarından geldiği zaman kullanılacaktır. Denk. (4-10) ise diğer tüm değerlendirmelerde kullanılacaktır.

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{CJ} \quad (4-9)$$

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C} \quad (4-10)$$

Q_{UF} = Ağırlık ve deprem kuvvetlerinden oluşan iç kuvvetler,

C = Tablo B-3.4'de tanımlanan değiştirme faktörü

J = Bir kuvvet kökenli azaltma faktörü, Denk.(4-11)'de tanımlıdır ve Can Güvenliği performans seviyesi için 2.5'i, Acil Yerleşim Performans Seviyesi için 2.0'yi aşamaz.

$$J = 1.5 + S_{DS} \quad (4-11)$$

S_{DS} = Dizayn kısa-periyot spektral ivme parametresi, Bölüm B-3.5.2.3.1'e göre hesaplanır.

Metot 3:

Denk.(3-2)'de verilen pseudo yanal kuvvetiyle hesaplanan binalarda, Denk.(4-10)'da $C=1.0$ kullanılacaktır.

Açıklama:

Kuvvet denetimli iç kuvvetler, tüm binaya plastik davranışında çok az deformasyon yapmasına izin veren kuvvetlerdir. Kuvvet denetimli iç kuvvete bağlı olan sınırlandırılmış süneklik sebebiyle, bu elemanlardaki plastik kuvvetler yapıda lokal veya toptan göçmeye sebebiyet verebilir.

Kuvvet denetimli iç kuvvetlerin belirlenmesinde üç metot vardır. Birinci metot, ağırlıktan ve deformasyon denetimli iç kuvvetlerden gelebilecek kuvvetlerin toplamıdır. Çapraz bağlantı için Q_{UF} , çapraz elemanının normal kuvvet taşıma kapasitesine eşit olacaktır. Bir kirişteki kesme kuvveti için Q_{UF} , ağırlıktan oluşan kesme kuvveti ile kirişin uçlarında sünek eğilme kapasitesindeki kesme kuvvetinin toplamına eşit olacaktır. Bir moment çerçevesinin kolonundaki normal kuvvet için Q_{UF} , kolona bağlı kirişlerden gelebilecek maksimum kesme kuvvetlerinin toplamına eşit olacaktır. Eğer deformasyon denetimli iç kuvvetin, kendisine bağımlı kuvvet denetimli iç kuvvetin neden olacağı göçmeden önce göçmeye sebebiyet vereceği gösterilebilirse, deformasyon-denetimli-elemanların kuvvet-denetimli-elemandaki etkileri sınırlaması gerçeğine dayanılarak, göçme oluşmayacak denilebilir.

İkinci ve üçüncü metotlar, dizayn depreminden oluşan kuvvet denetimli iç kuvvetler hakkında konservatif değerlendirmeler sağlarlar. Eğer binadaki diğer akma halindeki elemanlar kuvvet denetimli elemandan gelecek olan kuvvetin miktarını sınırlayabiliyorsa Denk.(4-9) kullanılabilir. Eğer kuvvet denetimli eleman “zayıf bağlantı” ise Denk.(4-10) kullanılır, dolayısıyla tüm deprem kuvvetine göre değerlendirilmelidir. Denk.(3-2)’de varsayılan, temellerdeki yanal kaymanın binayı kontrol ettiği durumlarda da Denk.(4-10) kullanılmalıdır.

B-4.2.4.3.3 Birleşimler

Birleşimler kuvvet denetimli olarak değerlendirilecektir. Alternatif olarak, ahşap perdeli binalarda kullanılan, devirme kuvvetlerini karşılamak için kullanılan tutma bağlantıları, Tablo B-4.6’da verilen uygun m-çarpanları kullanılarak deformasyon kontrollü olarak değerlendirilebilir.

B-4.2.4.3.4 Temel-Zemin Arayüzeyi

Zemin-temel ara yüzündeki kuvvetler, Bölüm B-4.2.4.3.2’de tanımlandığı şekilde kuvvet denetimli olarak düşünülecektir. Bölüm B-4.2.4.3.2’deki deprem kuvvetinin değeri, Can Güvenliği Performans Seviyesi için 1/3, Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilecek binalar için 2/3 çarpanıyla çarpılabilir.

Açıklama:

Bu kriter zemin-temel ara yüzündeki toplam kuvvetin deprem bileşeninin azaltılmasına izin verir, çünkü zeminde sınırlı bir yukarı çekmeye izin verilir. Temel basınç kuvvetleri azaltılmış deprem kuvvetleri kullanılarak da hesaplanabilir. Alternatif olarak, zemin basınç gerilmesi temellerin yukarı kalkmış halinde kuvvetlerin dengesi düşünülerek hesaplanabilir.

B-4.2.4.4 Eleman Dayanımı

Tüm iç kuvvetler için eleman dayanımı, beklenen dayanım Q_{CE} olarak alınacaktır. Başka bir biçimde hesaplanmadıkça, beklenen dayanım nominal dayanımın 1.25’le çarpılmış haline eşit kabul edilecektir. Alternatif olarak, eğer maksimum gerilme yöntemi kullanılıyorsa, nominal dayanımlar izin verilen değerlerin aşağıdaki değerlerle çarpılmış hali olarak alınacaktır.

Çelik 1.7

Kagir 2.5

Ahşap 2.0

Ahşap diyaframlar ve kagir ve ahşap perdeler haricinde izin verilen değerler ani yüklemekten gelen bir üçüncü artımı içermeyeceklerdir.

Kötüleştirmiş, zayıflamış elemanların kapasitesini hesaplarken, mühendis malzeme dayanımında, kesit özelliklerinde ve diğer parametrelerde kötüleştirmeyi hesaba katan yetkililerce onaylanmış azaltımlar yapacaktır.

Açıklama:

1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations of New Buildings and Other Structures'da [6] dayanım dizaynı veya yük ve direnç faktör dizaynında eleman kapasiteleri verilmiştir. Bunlar ahşap, beton, kagir ve çelik için nominal dayanımları içerir. Unutmayınız ki, elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında LSP veya LDP kullanılırken direnç faktörleri (ϕ) kullanılmamaktadır.

B-4.2.4.5 LSP ve LDP için Kabul Etme Kriteri**B-4.2.4.5.1 Deformasyon Denetimli İç Kuvvetler**

Deformasyon denetimli birincil ve ikincil elemanların kabul edilebilirliği Denk.(4-12) ile belirlenecektir.

$$Q_{CE} \geq \frac{Q_{UD}}{m} \quad (4-12)$$

Q_{UD} = Bölüm B-4.2.4.3.1'e göre ağırlık ve deprem yüklemesiyle oluşan iç kuvvet.

m = Elemanda beklenen sünekliği hesaba katmak için eleman etki düzenleyicisi; uygun m çarpanları performans seviyesi ve eleman karakteristiklerini baz alan Tablo B-4.3 ile B-4.6'dan seçilecektir; Tablo B-4.3 ile B-4.6'da enterpolasyona izin verilmiştir; Denk.(3-2) kullanılarak analiz edilen binalardaki tüm elemanlar için $m=1.0$ 'dır.

Q_{CE} = Kabul edilen deformasyon mertebesinde beklenen dayanım. Q_{CE} , Bölüm B-4.2.4.4'e göre deprem ve ağırlık yüklerinden oluşan tüm varolan iç kuvvetler düşünülerek hesaplanacaktır.

Açıklama:

Tablo B-4.3 ila B-4.6'daki m çarpanları FEMA 273'deki değerlerin başlangıç noktası alınmasıyla geliştirilmiş ve bu dokümanın FEMA 178'deki Can Güvenliği Performans Seviyesi ile karşılaştırılabilir sonuçlar sağlaması için düzenlenmiştir. Kısa periyotlu yapılar için C çarpanının etkisi hesaba katılarak ve iki dokümanda kullanılan farklı kapasiteler göz önüne alınarak gösterilebilir ki, FEMA 178 ile denk sonuçlar için, Can Güvenliği Performans Seviyesi için m değerleri R değerinin 0.7 ila 0.9 katı aralığı içinde olacaktır.

Dikkat ediniz ki m faktörlerinin kullanımı ve kabul edilebilirlik kriteri yalnızca LSP ve LDP'ye uygulanabilir. m faktörleri perdelerin düzlem dışı kuvvetlerinin değerlendirilmesiyle veya esnek diyaframlı donatısız kagir taşıyıcı duvarlar için Özel Prosedürlerin kullanımıyla bağdaştırılamaz.

B-4.2.4.5.2 Kuvvet Denetimli İç Kuvvetler

Kuvvet denetimli birincil ve ikincil elemanların kabul edilebilirliği Denk.(4-13)'e göre belirlenecektir.

$$Q_{CE} \geq Q_{UF} \quad (4-13)$$

Q_{UF} = Ağırlık ve deprem yüklemesinde oluşan iç kuvvet; Q_{UF} Bölüm B-4.2.4.3.2'ye göre hesaplanacaktır.

Q_{CE} = Kabul edilen deformasyon mertebesinde beklenen dayanım. Q_{CE} , Bölüm B-4.2.4.4'e göre deprem ve ağırlık yüklerinden oluşan tüm varolan iç kuvvetler düşünülerek hesaplanacaktır.

B-4.2.5 Perdelerde düzlem dışı kuvvetler

Bölüm B-4.3 ila B-4.6'dan istendiğinde, düzlem dışı kuvvetler bu bölüme göre hesaplanacaktır.

Perdeler her bir diyaframa en az aşağıdaki kuvvetlere göre bağlanmış olmalıdır:

- Metre başına $400S_{DS}$ (pound) veya

- Perde ağırlığının χS_{DS} katı; χ değeri Can Güvenliği için 0.6, Acil Yerleşim için 0.4 alınacaktır.

Kuvvetler diyaframa aktarılacaktır. Esnek diyaframlar için ankraj kuvvetleri yukarıda verilenin 2 katı alınacak ve diyaframa diyafram taşıyıcıları ile aktarılacaktır. Diyaframlar alt diyaframlara ayrılmış olabilir. Her bir alt diyafram, perde ankrajından gelen kesme kuvvetlerini sürekli bir diyafram bağına aktarabilmelidir. Alt diyaframlar 3'ten az cephe oranına sahip olmalıdır. Perdeler plaster ve benzeri rijitleştirici elemanlarla düzlem dışı davranış için rijitleştirildiğinde, ankrajlar her bir eleman için olmalı ve düzlem dışı kuvvetlerin perde ankrajlarına dağıtımında ve diyafram bağlarında rijitleştirme etkisi dikkate alınmalıdır.

Bir perde, birim perde ağırlığının $0.4S_{DS}$ katı düzlem dışı kuvvete maruzken düzlem dışı mesnetlerin konumları arasındaki açıklıkta yeterince dayanımı olmalıdır.

Elemanların ve bağlantıların dayanımı nominal dayanımın ϕ katı alınacaktır.

Açıklama:

Nominal dayanımlar ve ϕ değerleri 1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations of New Buildings and Other Structures'dan alınabilir.

Tablo B-4.4 : Betonarme Elemanlar için m-çarpanları

Eleman/Durum	Birincil		İkincil	
	CG	AY	CG	AY
Kirişler, eğilme				
<u>Yüksek Süneklikli⁽¹⁾</u>				
$v \leq 3\sqrt{f_c}$	8	3	8	3
$v \geq 6\sqrt{f_c}$	4	2.5	4	2.5
<u>Normal süneklikli</u>	2.5	1.5	3	1.5
Kolonlar, eğilme				
<u>Yüksek Süneklikli⁽¹⁾</u>				
$P/(A_g f_c) \leq 0.1$	5	3	5	3
$P/(A_g f_c) \geq 0.4$	2	1.5	2	1.5
<u>Normal Süneklikli</u>				
$P/(A_g f_c) \leq 0.1$	2.5	1.5	3	2
$P/(A_g f_c) \geq 0.4$	1.5	1.5	1.5	1.5
Kirişler, kesme denetimli	2	1.5	3.5	1.5
Kiriş-Kolon Birleşimleri	(2)	(2)	(2)	(2)
Döşeme-Kolon Sistemleri⁽⁵⁾				
$V_u/V_c \leq 0.1$	3	3	3	3
$V_u/V_c \geq 0.4$	1.5	1.5	1.5	1.5
Kiriş Olarak Modellenmiş Dolgu Kolonları				
<u>Tüm uzunluğu boyunca sarılmış</u>	4	1.5	5	1.5
<u>Sarılmamış</u>	1.5	1.5	1.5	1.5

Eğilme Denetimli Perdeler				
<u>Uçları sarılmış</u>				
$a \leq 0.1^{(3)}$	5	3	6	3
$a \geq 0.25$	3	1.5	4	1.5
<u>Uçları sarılmamış</u>				
$a \leq 0.1^{(3)}$	3	2	4	2
$a \geq 0.25$	2	1.5	2.5	1.5
Perdeler Arası Bağlantı Kirişleri	2.5	1.5	4	2
Kesme Denetimli Perdeler	2.5	1.5	3	2

⁽¹⁾Sünek kiriş ve kolonlar şu gereklilikleri sağlamalıdır: (a) Plastik bölge içinde sıklaştırılmış etriyeler $d/3$ 'den az aralı olmalıdır, (b) Etriyelerle sağlanan dayanım dizayn kesmesinin en az $3/4$ 'ü kadar olmalıdır, (c) Boyuna donatılar plastik mafsallarda bindirme eki yapılmamalıdır, (d) $(\rho - \rho')/(\rho_{bal}) < 0.5$, (e) Kolon eğilme dayanımı kiriş eğilme dayanımını aşmalı.

⁽²⁾Bu birleşimler kuvvet denetimli olarak kabul edilecektir. ⁽³⁾ $a = [(A_s - A_s')f_y + P]/A_w f_c'$.

⁽⁴⁾ P =Bölüm B-4.2.4.3.2'ye göre kuvvet denetimli olarak ağırlık ve deprem yüklerinden oluşan normal kuvvet.

⁽⁵⁾ V_g =ağırlıktan gelen kesme kuvveti; V_o =zımbalama kesme kapasitesi.

B-4.3 Bina Sistemleri için Prosedürler

Bu bölüm tüm bina sistemleri için Aşama 2 Değerlendirmesi prosedürlerini sağlar : Genel, düzensizlikler ve malzemelerin durumları.

B-4.3.1 Genel

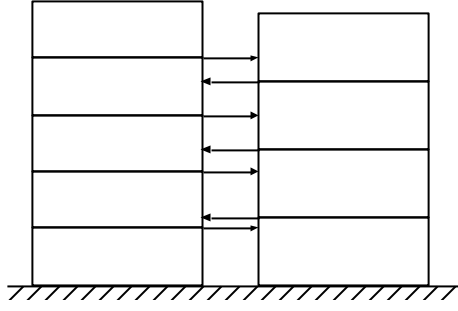
B-4.3.1.1 YÜK AKIŞI : Yapı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim performans seviyeleri için, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Sağlanamayan yük akışı problemleri için Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü yoktur.

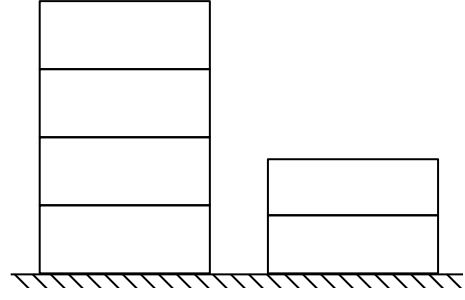
B-4.3.1.2 BİTİŞİK BİNALAR: Bitişik bina, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, incelenen binaya yüksekliğinin %4'ünden yakın konumlandırılmamış olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Değerlendirilen yapıdaki kat kaymaları Bölüm B-4.2'deki Lineer Statik Prosedür kullanılarak hesaplanılacaktır. Bitişik binadaki kat kaymaları bu yayındaki prosedürler ve bilgiler kullanılarak belirlenecektir. İki binanın kat kaymalarının SRSS kombinasyonu, her katta mevcut aralıktan daha küçük olmalıdır. Alternatif olarak, bitişik bina hakkında yeterli bilgi mevcut değilse, bitişik binadaki kat kaymaları mevcut derzin dörtte üçü kadar kabul edilebilir. Kabul edilen kat kayması ve değerlendirilen binadaki hesaplanan kat kaymasının SRSS kombinasyonu, her kat seviyesinde boşluktan küçük olmalıdır. Ek olarak, yetkili mühendis bitişik binanın sismik performansı ve değerlendirilen binadaki potansiyel tehlikeler hakkında karar vermelidir.

Açıklama :



Şekil B-4.2 Aynı hizada olmayan katlar



Şekil B-4.3 Farklı yükseklikteki binalar

B-4.3.1.3 ASMA KATLAR: İç asma katları, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı olarak tutulmalı, veya yanal yük taşıyıcı sisteme sıkıca bağlanmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü asma katla ana yapı arasındaki yük akış yolu tanımlanmalıdır. Yük akış yolunun uygunluğu, Bölüm B-4.2’de tanımlanan, asma kattan ana yapıya verilen kuvvetlerin büyüklük ve konumu göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

B-4.3.2 Düzensizlikler

Açıklama :

İyi detaylar ve yapım kalitesi, şekli kötü olan ve bu özelliği tasarımda yeterince dikkate alınmayan bir bina için ikincil özelliklerdir. Düzensiz bir yapı tüm yönetmelik koşullarını sağlamak üzere tasarlanmış olsa bile, bir depremde düzenli binalar kadar iyi performans veremez. Tipik bina düzensizlikleri şunları içerir : incelenen katta zayıflık, kütlelerin belli bir yere yoğunlaşması veya Yanal Yük Taşıyıcı Sistemde süreksizlik.

Düseydeki düzensizlikler dayanım, rijitlik, geometri ve kütle düzensizlikleri başlıkları altında toplanabilir. Bu olgular ayrı ayrı değerlendirilirler, ancak birbiri ile ilişkili ve eş zamanlı oluşabilirler. Örneğin Şekil B-4.4'deki çerçeve bir yüksek 1. kata sahiptir. Bu kat zayıf, yumuşak, veya katın kendisi ve üstündeki katların rölatif dayanım ve rijitliklerine bağlı olarak her iki düzensizliğe de sahip olabilir.

Sismik dizaynın temel hedeflerinden birisi de yapıdaki sünek göçmeleri dağıtmaktır. Dağıtılan sünek göçmeler daha fazla enerji yutarlar ve bir eleman veya elemanlar grubunun erken göçmesini engellerler. Örneğin; moment çerçevelerinin (Bölüm B-4.4'te bahsedildiği gibi) kirişlere göre daha kuvvetli kolonlara sahip olması, bina içindeki plastik formasyonların dağıtılmasına yardımcı olmak ve kat mekanizması oluşumunu engellemek açısından arzulanan bir olgudur. Düseydeki düzensizliklerle ilgili yönetmelik hükümleri bu sonuca ulaşmak amacıyla düzenlenmiştir.

Yataydaki düzensizlikler yanal kuvvetlerin taşıyıcı çerçeve veya perdelerle yataydaki dağıtımını içerir, diyaframın kendisindeki düzensizlikler Bölüm B-4.5'te ayrıca anlatılmıştır.

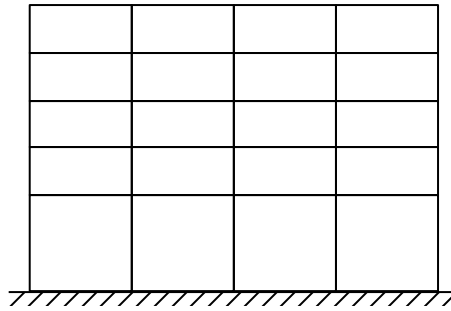
B-4.3.2.1 ZAYIF KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin dayanımı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin dayanımının %80'inden az veya eşit olmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki prosedüre uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Kat dayanımı hesaplanacak ve sağlamayan kattaki yanal yük taşıyıcı elemanların uygunluğu, toplam pseudo yanal kuvvetinin yarısını karşılayacak kapasiteye sahip olmaları bakımından kontrol edilecektir.

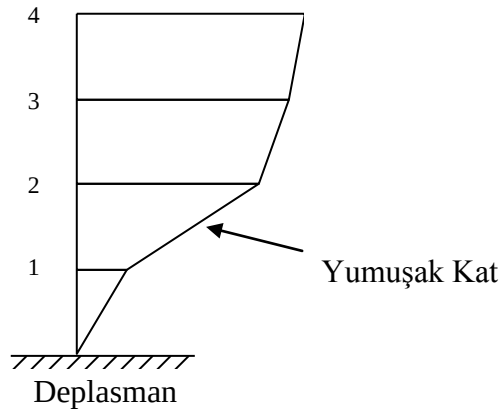
B-4.3.2.2 YUMUŞAK KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin rijitliği, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin rijitliğinin %70'inden, veya üst veya alt üç katın ortalama rijitliğinin %80'inden az veya eşit olmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki Lineer Dinamik Prosedüre uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin elemanlarının uygunluğu değerlendirilecektir.

Açıklama :



Şekil B-4.4 Yüksek Kat

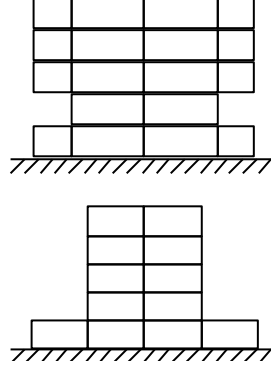


Şekil B-4.5 Yumuşak Kat

B-4.3.2.3 GEOMETRİ: Bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin yatay boyutunda, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisine bağlı katlardakinin %30'un'dan fazla değişim olmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki Lineer Dinamik Prosedüre uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin elemanlarının uygunluğu değerlendirilecektir.

Açıklama :

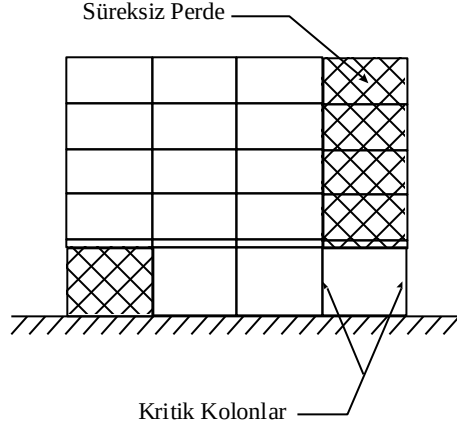


Şekil B-4.6 Geometrik Düzensizlikler

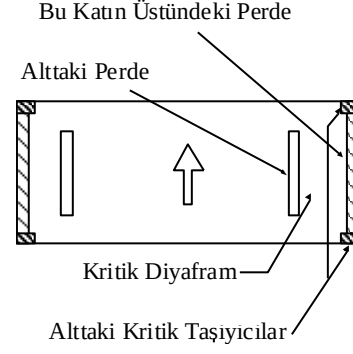
B-4.3.2.4 DÜŞEYDE SÜREKSİZLİKLER: Yanal yük taşıyıcı sistem in tüm düşey elemanları temele kadar sürekli olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Düşeydeki süreksizliklerin altında kalan elemanların uygunluğu, ağırlık kuvvetleri ve üstteki süreksiz elemanların kapasitesiyle oluşan devrilme kuvvetleri altında değerlendirilecektir. Destekler ve diyaframların süreksiz elemanlardan birleşik elemanlara yük aktarımının uygunluğu değerlendirilecektir.

Açıklama :



Şekil B-4.7 Düşeyde Düzlem İçi
Süreksizlik

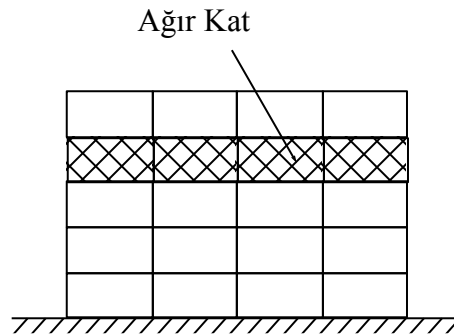


Şekil B-4.8 Düşeyde Düzlem Dışı
Süreksizlik

B-4.3.2.5 KÜTLE: Bir kattan diğerine, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, efektif kütlede %50'den fazla değişim olmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki Lineer Dinamik Prosedüre uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin elemanlarının uygunluğu değerlendirilecektir.

Açıklama :

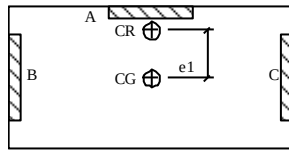


Şekil B-4.9 Ağır kat

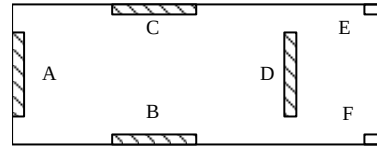
B-4.3.2.6 BURULMA: Kat rijitlik merkeziyle kütle merkezi arasındaki mesafe, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın genişliği veya diğer plan boyutunun %20'sinden az olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki Lineer Dinamik Prosedüre uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin burulma etkilerini içeren etkiler altında uygunluğu değerlendirilecektir. Burulmadan dolayı oluşan ek deplasmanları içeren maksimum kat kaymaları hesaplanacaktır. Düşey yük taşıyıcı elemanların, P-delta etkilerini içeren kat kaymaları altında uygunlukları değerlendirilecektir.

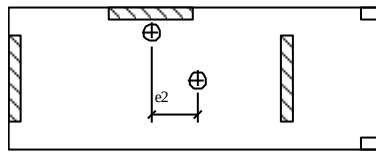
Açıklama :



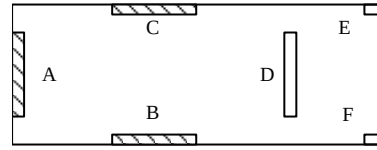
Durum A



Durum C



Durum B



Durum D

Şekil B-4.10 Burulma; A ve B durumları

Şekil B-4.11 Burulma; C ve D durumları

B-4.3.3 Malzemelerin Durumu

Açıklama : Yapısal malzemelerdeki kötüleşme, düşey ve Yanal Yük Taşıyıcı Sistemlerin kapasitelerini tehlikeye atar. Kötüleşmenin en genel tipi suyun malzeme içine girmesinden dolayı oluşan kötüleşmedir.

B-4.3.3.4 BETONARMEDE KÖTÜLEŞME: Yanal yük taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda, betonda veya donatıda gözle görülür kötüleşme olmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Zayıflamanın kaynağı ve kapsamı tanımlanmalıdır. Bu zayıflamanın Yanal Yük Taşıyıcı Sistem üzerindeki sonuçları belirlenmelidir. Zarar görmüş Yanal Yük Taşıyıcı Sistem elemanlarının uygunluğu, her bir hasarlı elemanın kapasitesi göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

B-4.3.3.5 ARTGERME ANKRAJLARI: Art germe veya uç fittingleri civarında paslanmanın delili olmamalıdır. Sarım ankrajları kullanılmamış olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Zayıflamanın kaynağı ve kapsamı tanımlanmalıdır. Bu zayıflamanın Yanal Yük Taşıyıcı Sistem üzerindeki sonuçları belirlenmelidir. Zarar görmüş Yanal Yük Taşıyıcı Sistem elemanlarının uygunluğu, her bir hasarlı elemanın kapasitesi göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

B-4.3.3.9 Betonarme Perdelerde Çatlaklar

B-4.3.3.12 Dolgu Duvarlarında Çatlaklar

B-4.3.3.13 Uç Kolonlarında Çatlaklar

B-4.4 Yanal Yük Taşıyıcı Sistemler İçin Prosedürler

Bu bölüm; moment çerçeveleri, perdeli sistemler ve çaprazlı çerçeveler için Aşama 2 Değerlendirme Prosedürlerini içerir.

B-4.4.1 Moment Çerçeveleri

Açıklama :

Moment çerçeveleri yanal yüklere karşı dayanımlarını, kolon ve kirişlerin sürekliliği ve sünek dayanımları sayesinde kazanır.

Bir depremde uygun detaylandırılmış bir çerçeve, enerjiyi plastik bölgelerinde absorbe ederek ve hesaplanan elastik kökenli dizayn deplasmanlarından daha yüksek gerçek deplasmanlar yaparak ayakta kalır.

Modern moment çerçevelerinde, kiriş ve kolonların uçları maksimum sismik momentin olduğu yerlerdir, ve birçok yük çevrimi altında oluşacak plastik mafsalların elastik olmayan davranışına göre dizayn edilirler. Bu sünek davranışa göre detaylandırılan ve tasarlanan çerçevelere “özel moment çerçeveleri” ismi verilir.

Sismik detaylandırması olmayan çerçeveler, dayanımlarını elemanların doğasında olan potansiyel dayanımlarından alırlar. bu tip çerçeveler “sıradan moment çerçeveleri” olarak adlandırılırlar. Sıradan moment çerçevelerinde göçme betonarme elemanlardaki kesme göçmesi gibi ani bir gevrek mekanizma ile oluşur.

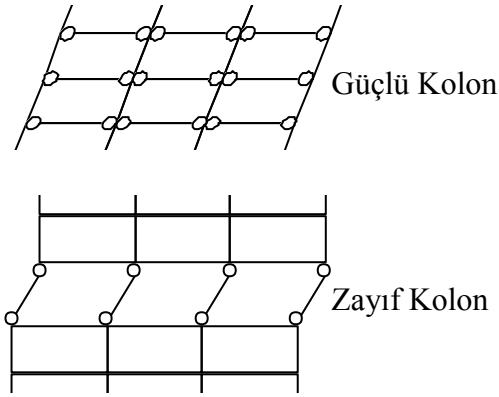
Bu yayının kullanılmasıyla yapılan değerlendirmelerde binadaki çerçevenin tipinin belirlenmesi gerekli değildir. Performans, verilen kabul edilebilirlik kriterleriyle belirlenir. Tüm sünek moment çerçeveleri için temel koşullar şunlardır :

1. Sismik etkileri karşılamak için yeterli dayanıma sahiptirler.
2. Kat kayması sınırı için yeterli rijitliğe sahiptirler.
3. Kolon kiriş birleşimleri zorlandıkları dönmelere uyabilecek sünekliğe sahiptirler.
4. Elemanlar plastik mafsallar oluşturabilirler, ve
5. Kirişler kolonlardan daha önce mafsallaşırlar. (Kuvvetli kolon – zayıf kiriş kavramı)

Bahsedilen koşullar, buradan itibaren verilecek değerlendirme ifadelerinde detaylı olarak incelenecektir.

Deprem ve ağırlık kuvvetlerinin yapıda plastik mafsallar oluşturması, beklenen bir olgudur. Ancak, istenmeyen bölgelerde oluşabilecek plastik mafsallar yapının stabilitesini çok kötü bir şekilde etkileyebilir. Örneğin, Şekil B-4.13'te görüldüğü şekilde, kolonların alt ve üst uçlarında mafsalların oluştuğu bir zayıf kolon durumunda, kat mekanizmaya varıp göçebilir.

Kuvvetli kolonlu durumda (Şekil B-4.13), öncelikle kirişler akma haline geçerler, ve akma noktaları yapı içinde yayılırlar. Bu sayede yapının bütününde arzulanan süneklik seviyesine varılabilir.



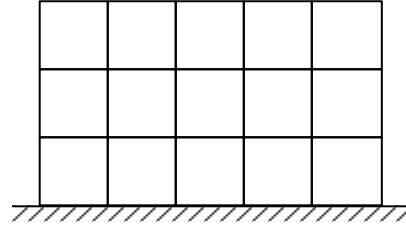
Şekil B-4.12 Plastik Mafsal Oluşumları

B-4.4.1.1 Genel

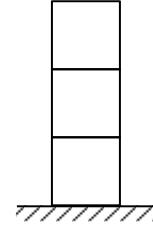
B-4.4.1.1.1 BOLLUK: Her bir ana aks yönündeki moment çerçevesi sayısı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en az 2 olmalıdır. Her bir moment çerçevesindeki açıklık sayısı, Can Güvenliği için en az 2, Acil Yerleşim için en az 3 olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uygun olarak bir analiz gerçekleştirilecektir. Çerçeveadaki tüm elemanlar ve birleşimlerin uygunluğu değerlendirilecektir.

Açıklama :



Çerçevelerde Bolluk



Çerçevelerde Kıtlık

Şekil B-4.13 Çerçevelerde Bolluk

B-4.4.1.2 Dolgu Duvarlı Moment Çerçeveleri

Açıklama :

B-4.4.1.2.1 BÖLME DUVARLARI: Moment çerçeveleri içinde kalan tüm bölme duvarları, yapısal elemanlardan izole edilmiş olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü: Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Yapıdan bölme duvarlarına verilen etkiler ve moment çerçevelerindeki etkiler hesaplanacaktır. Bölme duvarları ve çerçevelerin üzerlerine düşen yükler altındaki yeterliliği kontrol edilecektir.

Açıklama:

Bir bölme duvarı moment çerçevesinin davranışını etkilediğinde, duvar taşıyıcı sisteme istenmeden dahil edilmiş olur. Tipik olarak bu duvarlar yanal yük taşıyıcı sistemde yük almak için tasarlanmamış ve detaylandırılmamış oldukları için yüksek miktarda hasara uğrayabilirler.

Bölme duvarları, özellikle bu duvardaki devrilmenin çıkışı engelleyeceği durumlarda, çerçeveden alacağı yükler altında kontrol edilmelidir. Çerçeveler, özellikle duvarların tam yükseklikte olmadığı, ya da açıklığı tamamen doldurmadağı durumlar için, duvarlarla etkileştiği yükler altında kontrol edilmelidir.

B-4.4.1.4 Betonarme Moment Çerçeveleri

Açıklama :

Betonarme moment çerçevesi binalar tipik olarak perdeli binalardan daha esnektirler. Bu esneklik yapısal olmayan elemanlarda hasara ve P-delta etkilerine neden

olabilecek büyük kat deplasmanlarına sebep olabilir. Eğer bir betonarme kolon eğilme göçmesindeki kesme kuvvetinden daha az bir kesme kuvveti dayanımına sahipse, kolonda gevrek kesme kırılması oluşabilir ve bu göçmeye neden olabilir. Bu durum orta depremsellikteki binalarda ve yüksek depremsellikteki eski binalarda yaygındır. Bu binadaki kolonlar genellikle kolon derinliğine eşit standart etriye aralıklarına sahiptirler, halbuki mevcut yönetmeliklerde maksimum kesme donatısı aralığı $d/2$ 'dir. Aşağıdakiler betonarme moment çerçevelerinin kabul edilebilir sismik performans için karakteristikleridir :

Gevrek kırılma, kiriş etriyelerinde yeterli sayı sağlanarak önlenmiştir, kolon etriyeleri ve birleşim bölgesi etriyeleri, eğilme kapasitesindeki kesme kuvvetini aşan kapasiteyi sağlarlar.

Betonun sarılması, plastik bölgelerin olduğu yerlerde 135 derecelik kancaya sahip kiriş ve kolon etriyeleri ile yapılır.

Toplam performans, ek enine donatıyla korunan uzun bindirme ekleri ile sağlanır.

Kuvvetli kolon – zayıf kiriş koşulu elemanların boyuna donatılarının uygun düzenlenmesi ile sağlanır.

Eski moment çerçevesi sistemlerindeki az donatılmış, prekast betonarme çerçeveler, ve düz döşeme çerçeveleri gibi sistemler genellikle sünek davranış koşullarını sağlayacak detaylandırmaya sahip değildirler.

B-4.4.1.4.1 KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ: Bölüm B-3.5.3.2'deki hızlı kontroller kullanılarak hesaplanan kayma gerilmesi, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, 100psi'den veya $2\sqrt{f_c}$ 'den az olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü: Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Betonarme çerçeve elemanlarının yeterliliği Tablo B-4.4'deki m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama:

Kayma gerilmesi kontrolü, yapıdaki etkilerin genel olarak değerlendirilmesini sağlar. Buradaki amaç yapının bütünsel dayanımının görülmesidir.

B-4.4.1.4.2 NORMAL GERİLME KONTROLÜ: Devirme kuvvetlerini taşıyan kolonlarda ağırlık yükleri sebebiyle oluşan normal gerilme, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $0.10f_c$ 'den az olmalıdır. Alternatif olarak, yalnızca devirme kuvvetlerinden oluşan, Bölüm B-3.5.3.6'daki hızlı kontrollerden hesaplanmış normal gerilmeler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $0.30f_c$ 'den az olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü: Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Aşama 1 koşulunu sağlamayan kolonlarda ağırlık ve devirme etkileri hesaplanacak ve Tablo B-4.4'deki m çarpanları kullanılarak kolonların devirme kuvvetlerine karşı yeterliliği kontrol edilecektir.

Açıklama:

Önemli miktarda ağırlık yükü taşıyan kolonlar, sismik kuvvetleri karşılayabilmek için sınırlı ek kapasiteye sahip olabilir. Sismik kuvvetlerden kaynaklanan devirme momentlerinin neden olduğu normal kuvvetler eklendiğinde, kolonlar aşırı normal basınç sebebiyle sünek olmayan bir şekilde göçmeye varabilir.

Yalnızca sismik kuvvetlerden kaynaklanan devrilme gerilmelerinin hesabında amaç, yüksek ağırlık kuvvetlerine sahip ve devrilme kuvvetlerinin düşük olduğu bilinen çerçevelerin incelenebilmesi için bir yöntem sağlamaktır.

İki etki de yüksek ise, uygunluğun gösterilmesi için ağırlık ve sismik kuvvetlerin kombine etkisi hesaplanmalıdır.

B-4.4.1.4.3 KİRİŞSİZ DÖŞEMELİ ÇERÇEVELER : Yanal Yük Taşıyıcı Sistem, kolonlar ve kirişsiz döşemelerin oluşturduğu bir çerçeve olmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Döşeme – kolon sisteminin sismik kuvvetler ve zımbalama kesmesi altındaki yeterliliği Tablo B-4.4'te verilen m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

B-4.4.1.4.4 ÖNGERİLMELİ ÇERÇEVE ELEMANLARI: Yanal yük taşıyıcı sistem öngerilmeli veya artgermeli elemanlardan oluşmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Öngerilmeli elemanları içeren betonarme çerçevenin yeterliliği Tablo B-4.4'te verilen m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Öngerilmeli veya artgermeli çerçeve elemanları sünek bir davranış sergilemeyebilirler. Buradaki kaygı, öngerilmeli elemanlardaki elastik olmayan davranıştır.

B-4.4.1.4.5 KISA KOLONLAR: Bir kattaki tipik kolonların nominal yükseklik/derinlik oranının Can Güvenliği Performans Seviyesi için %50, Acil Yerleşim Performans Seviyesi için %75'inden az yükseklik/derinlik oranına sahip kolon bulunmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Kolonların yeterliliği, temiz yüksekliklerinin alt ve üst noktalarında, eğilme kapasitesindeki kesme kuvveti için değerlendirilecektir. Alternatif olarak, Bölüm B-4.2.4.3.2'de verilen alternatif eşitliklere uyularak, kolonları kuvvet denetimli olarak değerlendirilebilir.

Açıklama:

Kısa kolonlar, bulundukları kattaki kolonlara göre rölatif rijitlikleri yüksek oldukları için, sismik kuvvetleri üzerlerine çekme eğilimindedirler. Bazı otopark binası kolonlarında, binada perdeler de olmasına rağmen eğimli döşemeye bağlanan kolonlarda önemli hasar gözlenmiştir. Kısa kolon davranışı özellikle kısmi dolgu duvarlı binalarda oluşmaktadır.

Uygun olarak detaylandırılmadıysa, kolonlar yapının kısmi göçmesine neden olacak sünek olmayan kesme kırılmasına uğrayabilirler.

Temiz yüksekliği boyunca eğilme dayanımında oluşacak kesme kuvvetini karşılayabilecek olan bir kısa kolon, taşıyıcı sistemde ani gevrek göçmeyi önleyecek süneklığe sahip olabilir.

B-4.4.1.4.6 KAYMA GÖÇMESİ OLMAMASI: Çerçeve elemanlarının kesme dayanımları, kolonların altında ve üstünde eğilme dayanımlarını karşılayabilmelidir.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kolonlardaki kesme etkileri hesaplanacak ve bu kolonların kesme için yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Eğer bir kolon kesme kapasitesine eğilme kapasitesinden önce varırsa, burada göçmeye neden olabilecek ani gevrek kırılma tehlikesi mevcuttur.

Eğilme kapasitesindeki kesme kuvvetini taşıyamayan kolonlar, hesaplanan kesme etkileri altında kontrol edilecektir. Dikkat ediniz ki; kolondaki eksenel kuvvetler kesme kapasitesinden etkilenir ve bu kuvvetler kendilerini en kritik yapan yük kombinasyonu altında değerlendirilmelidir.

B-4.4.1.4.7 KUVVETLİ KOLON/ZAYIF KİRİŞ: Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri, kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Hesaplanan etkiler altında kolonların yeterliliği $m=2$ değeri kullanılarak değerlendirilecektir. Alternatif olarak kat genel dayanımı hesaplanacak ve pseudo yanal kuvvetinin yarısını karşılayacak kapasiteye sahip olup olmadığı kontrol edilecektir.

Açıklama :

Kolonların kirişlerdeki mafsallaşmayı karşılayamadığı durumlarda, kolondaki mafsallaşma kat mekanizmasına varabilir ve bir tek katta elastik olmayan hareketlerin yoğunlaşmasına sebep olabilir. Çok yüksek kat kaymaları çerçeveyi P-delta etkileri altında kararsızlığa götürebilir. İyi bir elastik ötesi davranış sünek göçmelerin çerçeveye dağılmış haliyle oluşur. Kat mekanizması katın üstündeki kuvvetleri sınırlar ve üst katlardaki akmaları engeller. Çatı katındaki düğüm noktaları düğüm noktaları hesaba katılmak zorunda değildir.

Eğer sağlamayan kolonların hesaplanan etkiler altında yeterli dayanıma sahip oldukları gösterilebilirse, kabul edilebilir davranış beklenebilir. Azaltılmış m çarpanları kolonları elastik seviyelerde kontrol etmek için kullanılırlar.

Alternatif prosedür, kat mekanizması oluşumunu kontrol eder. Kat dayanımı, tüm kolonlardaki kesme kapasitelerinin toplamıdır. Eğer kolonlar kesme denetimli ise, kesme mekanizması kolonun kesme kapasitesinde oluşur. Eğer kolonlar eğilme kontrollü ise, eğilme mekanizması eğilme kapasitesine bağlı olan kesme kuvvetinde oluşur.

B-4.4.1.4.8 KİRİŞ DONATILARI: Kirişin başından sonuna kadar uzunluğu boyunca altta ve üstte en az 2'şer boyuna donatı sürekli olarak uzanmalıdır. Birleşim noktalarındaki pozitif veya negatif moment için kullanılan boyuna donatının en az %25'i, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kirişin başından sonuna kadar sürekli olarak uzanmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kirişlerin uzunlukları boyunca çeşitli kesitlerde eğilme etkileri hesaplanacak ve kirişlerin yeterliliği $m=2.0$ çarpanı kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

İki sürekli donatı koşulu bir göçme önleme ölçütüdür. Kirişin toptan göçme olayında, sürekli donatılar, kirişi zincir eğrisi etkisi ile yerinde tutarak taşınan katın toptan göçmesini önler.

Eski yapım tekniklerinde pilyeler boyuna donatı olarak kullanıldılar. Bu donatılar ağırlık etkisinin değiştiği noktalarda alttan üste geçerler. Alt ve üst donatılarda bir miktar sürekliliğin istenmesinin sebebi sismik kuvvetlerin moment-sıfır noktasını değiştirebilmesidir.

Sağlamayan kirişler göçmeye yakın oldukları için elastik seviyedeki etkilere dayanabilmeleri istenir. Kirişe bağlı sürekli döşeme donatısı, sürekli üst donatı olarak kabul edilebilir.

B-4.4.1.4.9 KOLON DONATI BİNDİRMELERİ: Tüm kolon donatı bindirme eki boyları, Can Güvenliği için 35db'den Acil yerleşim için de 50db'den büyük olmalı ve en az 8db aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kolon etriyelerindeki eğilme etkileri hesaplanacak ve kolonların yeterliliği Tablo B-4.4'teki m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Kat seviyesinin hemen üstündeki kolon donatı bindirme ekleri tipik olarak potansiyel plastik mafsallı bölgeleridir. Kısa ekler bağlantıda ani düşüşe sebep olurlar. Geniş aralıklı etriyeler beton örtüsünün düşmesine ve aderans kaybına sebep olabilirler. Bindirme eki göçmeleri ani ve gevrektiler.

Bindirme eki koşulunu sağlamayan kolonlar süneklikteki potansiyel düşmeyi hesaba katmak için azaltılmış m çarpanları kullanılarak kontrol edilirler.

B-4.4.1.4.10 KİRİŞ DONATI BİNDİRMELERİ: Boyuna kiriş donatıları için bindirme ekleri, birleşim bölgelerinin $l_b/4$ yakınlığı içinde ve potansiyel plastik mafsallı bölgesi civarlarında olmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kolon etriyelerindeki eğilme etkileri hesaplanacak ve kirişlerin yeterliliği Tablo B-4.4'teki sünek olmayan kirişler için m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Kiriş uçlarındaki ve potansiyel plastik mafsallı civarlarındaki bindirme ekleri, betonun çoklu çevrim etkileri altında zayıflamasıyla kirişin tam moment kapasitesini karşılamayabilirler.

Sağlamayan bindirme ekli kirişler bu süneklikteki potansiyel azalmayı hesaba katmak amacıyla azaltılmış m çarpanları kullanılarak kontrol edilirler.

B-4.4.1.4.11 KOLON ETRİYE ARALIKLARI: Çerçeve kolonlarında uzunlukları boyunca, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $d/4$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Ayrıca tüm potansiyel plastik mafsallarda kolonlar, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $8d_b$ 'den az aralıklı etriyelere sahip olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kolonlardaki eğilme etkileri hesaplanacak ve kolonların yeterliliği Tablo B-4.4'teki m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Büyük aralıklı etriyeler kolonun sünekliğini azaltırlar, ve çoklu çevrimler altında tam moment kapasitesine erişilemeyebilir. Büyük aralıklı etriyelere sahip kolonlar sınırlı kesme kapasitesine sahiptirler ve gevrek kesme kırılmaları oluşabilir.

Sağlamayan sargı donatısına sahip elemanlar süneklikteki potansiyel azalmayı hesaba katmak amacıyla azaltılmış m çarpanları kullanılarak kontrol edilirler.

B-4.4.1.4.12 KİRİŞ ETRİYE ARALIKLARI: Tüm kirişlerde Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $d/2$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Potansiyel plastik mafsallarda etriyeler Can Güvenliği ve Acil Yerleşim Performans Seviyeleri için en fazla $8d_b$ veya $d/4$ değerlerinden küçük olanı kadar aralıkla yerleştirilmiş olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan kirişlerdeki eğilme etkileri hesaplanacak ve kirişlerin yeterliliği Tablo B-4.4'teki m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Büyük aralıklı etriyeler kirişin sünekliğini azaltırlar, ve çoklu çevrimler altında tam moment kapasitesine erişilemeyebilir. Büyük aralıklı etriyelere sahip kirişler sınırlı kesme kapasitesine sahiptirler ve gevrek kesme kırılmaları oluşabilir.

Sargı donatısı koşulunu sağlamayan elemanlar, süneklikteki potansiyel azalmayı hesaba katmak amacıyla azaltılmış m çarpanları kullanılarak kontrol edilirler.

B-4.4.1.4.13 BİRLEŞİM BÖLGESİ DONATISI: Kiriş kolon birleşim bölgeleri, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en fazla $8d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Birleşim bölgesi kesme etkileri hesaplanacak ve birleşim bölgesinin kendisine birleşen elemanlardaki kuvvetleri karşılamak için yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Kesme donatısız kolon – kiriş birleşimleri kendisine bağlı elemanların dayanımını karşılayamazlar ve sünek olmayan göçmeye sebep olurlar.

Dış çevre kolonları özellikle hassastır. Çünkü birleşim bölgesinin sarılması 3 yüz veya 2 yüz (köşe kolonlarda) ile sınırlıdır.

Birleşim bölgesinin kesme kapasitesi şöyle hesaplanabilir :

$$Q_{cl} = \lambda \gamma A_j (f_c)^{1/2} \text{ psi , } \gamma \text{ aşağıdaki gibidir ;}$$

	$\rho'' < 0.003$	$\rho'' \geq 0.003$
Diğer yönde de kirişli iç birleşimler	12	20
Diğer yönde kirişsiz iç birleşimler	10	15
Diğer yönde de kirişli dış birleşimler	8	15
Diğer yönde kirişsiz dış birleşimler	6	15
Köşe Birleşimler	4	8

$\lambda = 0.75$, hafif beton için

A_j = birleşim enkesit alanı

B-4.4.1.4.14 BİRLEŞİM DIŞMERKEZLİĞİ: Kiriş ve kolon merkez çizgileri arasında kolon küçük boyutunun %20'sinden büyük dışmerkezlilik olmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Birleşim bölgesindeki birleşim burulmasından kaynaklanan ek kayma gerilmelerini

de içeren kesme etkileri hesaplanacak ve kiriş kolon birleşiminin yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Birleşim dışmerkezlilikleri, birleşim bölgesinde yüksek burulma etkilerine sebep olabilirler, bu etkiler daha yüksek kayma gerilmeleri oluştururlar.

B-4.4.1.4.15 ETRİYE KANCALARI: Kolon ve kiriş etriyeleri eleman beton çekirdeklerine en az 135°'lik kancalarla ankre edilmiş olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan elemanlardaki kesme ve normal kuvvet etkileri hesaplanacak ve kiriş ve kolonların yeterliliği Tablo B-4.4'teki m çarpanları kullanılarak değerlendirilecektir.

Açıklama :

Tam bir verimlilik için, kesme donatıları çekirdek betona kancalanmalıdır. Beton örtüsü içinde kalan 90 derecelik kancalar, plastik mafsallaşma sırasında beton örtüsünün dökülmesi sebebiyle güvenilir değildir. Eğer yeterince kenetlenmemişse sargı donatısının kesme dayanımı düşer.

Sağlamayan sargı donatısına sahip elemanlar, süneklikteki potansiyel azalmayı hesaba katmak amacıyla azaltılmış m çarpanları kullanılarak kontrol edilirler.

B-4.4.1.6 Yanal Yük Taşıyıcı Sisteme Dahil Olmayan çerçeveler

Açıklama :

Bu bölüm, Yanal Yük Taşıyıcı Sisteme dahil olacak şekilde tasarlanmamış çerçevelerden oluşan ikincil elemanlarla ilgilidir. Bunlar, yalnızca ağırlık yüklerini taşımak için tasarlanmış basit betonarme veya çelik çerçevelerdir. Perdeler veya diğer düşey elemanlar yanal yüklere karşı direnç sağlarlar. Aslında, tüm çerçeveler Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin bir parçası olarak davranırlar. Binanın yanal deplasmanları, ikincil elemanlarda da kuvvet oluştururlar. Bunun yanında birincil

elemanların göçmesi, ikincil çerçeveleri binanın birincil Yanal Yük Taşıyıcı Sistemi yapar.

Eğer duvarlar betonarme ise (çelik çerçeveler arasında dolguysa veya betonarme çerçeveler içinde monolitikse) bina çerçeve kolonlarının uç elemanlar olarak davrandığı betonarme perdeli bina şeklinde davranacaktır (tip C2 veya C2A). Eğer duvarlar kagir dolgu ise çerçeveler kagir dolgu duvarlı betonarme veya çelik çerçeve olarak davranacaktır (tip S5, S5A, C3 veya C3A) dolgu duvarlı çerçeveler hakkındaki araştırmalar halen devam etmektedir. Yanal yükler kagir dolgularda oluşan basınç çubukları ile karşılanır ve birleşim noktalarına eksantrik elemanlarda kuvvetler oluştururlar.

İkincil çerçeveler hakkındaki kaygı aşırı deformasyonlar ve P-delta etkilerine bağlı olarak düşey yük taşıma kapasitesinde düşme potansiyelidir.

B-4.4.1.6.1 ÇERÇEVELERİN BÜTÜNLÜĞÜ : İkincil eleman olarak sınıflandırılan betonarme ve çelik çerçeveler bütün bir düşey yük taşıyıcı sistem oluşturmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Perdelerdeki ağırlık ve sismik kuvvet etkileri hesaplanacak ve perdelerin yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Eğer duvarın içinde dökme kolonlar yoksa veya duvara bitişik kolonlar yoksa ve kirişler duvarla bir çerçeve oluşturmayıp yükler yalnızca duvar tarafından taşınıyorsa çerçeve bütün değildir.

Bir deprem esnasında perdeler sismik kuvvetler sebebi ile hasar görebilir, düşey yükleri taşıma yetenekleri sınırlanabilir. Düşey desteğin azalması kısmi göçmeye neden olabilir.

B-4.4.1.6.2 YER DEĞİŞTİRME UYGUNLUĞU: İkincil elemanlar, Can Güvenliği Performans Seviyesinde taşıyıcı elemanların eğilme dayanımına

eriştiğinde yeterli kesme dayanımına, Acil Yerleşim Seviyesinde ise yüksek süneklikli detaylandırmaya sahip olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Sağlamayan elemanlarda maksimum kat deplasmanları altında eğilme ve kesme etkileri hesaplanacak ve elemanların yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Çerçeve elemanları, özellikle de Yanal Yük Taşıyıcı Sisteme dahil olmak için tasarlanmamış kolonlar, yine de sismik kat kaymalarına bağlı deplasmanlara zorlanacaktır. Eğer kolonlar Yanal Yük Taşıyıcı Sistemden biraz uzakta ise yarı rijit diyaframlardan oluşan ek şekil değiştirmeler kat kaymalarını artıracaktır. yüksek ağırlık yükleri için tasarlanmış rijit kolonlar, kat deplasmanları sebebiyle önemli miktarda eğilme momentleri alabilirler. Moment-eksenel kuvvet etkileşimi kolonları sünek olmayan göçmeye ve binada yıkıma sebep olabilir.

B-4.4.1.6.3 İKİNCİL KİRİŞSİZ DÖŞEMELER: İkincil olarak sınıflandırılan kirişsiz döşemeler, Can Güvenliği Performans Seviyesinde kolon birleşim noktalarına kadar kesintisiz uzanan alt çeliğe sahip olmalıdır. Acil Yerleşim Performans Seviyesinde düz döşemelere izin verilmemektedir.

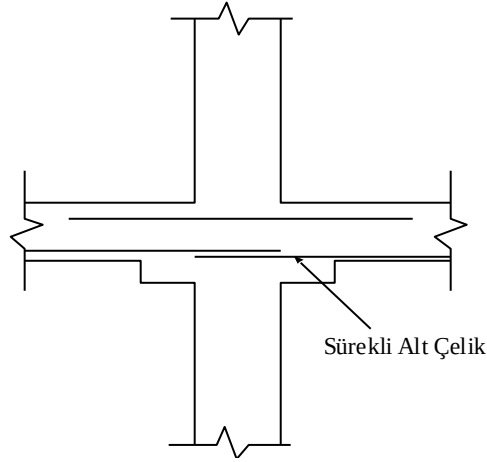
Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye uyularak analiz yapılacaktır. Birleşim bölgesinin tüm ağırlık ve sismik etkiler altında zımbalama kesmesi ve sismik momentlerden kaynaklanan kesme kuvvetlerinin transferi için yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Yanal Yük Taşıyıcı Sisteme dahil edilmemiş kirişsiz döşemeler yine de katlardaki sismik kuvvetlere bağlı olarak oluşan deplasmanlara itilebilirler. Buradaki endişe döşeme ile kolon arasındaki zımbalama kesmesi göçmesine neden olacak kesme ve eğilme kuvvetlerinin yeterince transfer edilip edilemeyeceğidir.

Kolon birleşim bölgesinde bir miktar donatının sürekliliği yüklerin transferine yardımcı olur ve zımbalama kesmesi göçmesi olayında yararlı bir davranış gösterir

(Şekil B-4.17). Donatılar uygun bindirme boyuna sahipse, mekanik bağlantıya sahipse veya mesnetlerden öteye uzatılmışlarsa sürekli olarak kabul edilebilirler.



Şekil B-4.14 Alt Donatının Sürekliliği

B-4.5 Diyaframlar (Döşemeler) İçin Prosedürler

Bu bölümde betonarme diyaframlar için Aşama 2 Değerlendirme Prosedürleri verilecektir.

Açıklama :

Diyaframlar sismik kuvvetleri Yanal Yük Taşıyıcı Sisteme dağıtan yatay elemanlardır. Ayrıca duvarlar ve parapetler için yanal destek sağlarlar. Diyafram kuvvetleri diyaframın öz ağırlığı ve diyaframı yanal destek olarak kullanan elemanların ağırlığından elde edilirler. Herhangi bir çatı veya kat döşemesi düşey elemanlara yanal yük dağıtımında dayanım sınırına kadar katılımda bulunabilir. Döşemenin katılım derecesi bağlantılarla olan rölatif rijitliğine bağlıdır. Diyafram olarak davranabilmek için, yatay elemanlar belli bir mertebede rijitliği olan birleşimlere kesme kuvvetini aktaracak şekilde bağlanmış olmalıdır. Kirişlere tutturulmuş metal gövdeli paneller gibi serbest elemanların dizilerek oluşturduğu elemanlar diyafram olarak kabul edilemezler.

B-4.5.1 Genel

Açıklama :

Diyaframlar, geleneksel olarak kiriş analojisi kullanılarak analiz edilirler. T kesitli kirişin gövdesine analogik olarak benzer olan kat döşemesi kesmeyi taşıyan kısım olarak kabul edilir. Analogik olarak, T kesitin başlığı olan perdeler eğilme gerilmelerini taşıyor olarak kabul edilirler. Şekil B-4.27’de bu elemanların serbest cisim diyagramı gösterilmiştir. Döşemeye bağlanmış olan kirişler veya döşemenin ucundaki donatılar, diyaframın taşıyıcısı olabilirler. Döşeme taşıyıcısı örnekleri Şekil B-4.28’de gösterilmiştir.

Döşeme taşıyıcısı için iki koşulun sağlanması gereklidir: süreklilik ve döşemeye bağlantı. Döşemeleri çevreleyen kirişlere sahip neredeyse her binada, döşemeler potansiyel olarak taşıyıcıya sahiptirler. Kirişler düşeydeki yükleri taşımak için tasarlanmış olsalar bile, bağlantılar kolondaki yatay kuvvetleri taşımak için belirli bir kapasiteye sahiptirler.

Döşeme taşıyıcısındaki kuvvet genellikle diyaframdaki momentin diyafram derinliğine bölünmesiyle bulunur. Bulunan sonuç, diyaframın diğer elemanları tarafından taşınan kuvveti ihmal ederek ve diyaframda elastik kiriş davranışı kabul edilerek elde edilmiş bir üst sınırdır. Diyaframlarda deprem sonrasında hasar görülmemesi gözlemlenmesi sonucunda, çoğu diyaframda özel olarak diyafram taşıyıcısı tasarlamaya gerek olmadığı görülmüştür. Eğer döşeme taşıyıcısı yoksa, bu durum bir zaaf olarak görülür ve daha ileri değerlendirme gerektirir.

Kiriş analojisiyle tutarlı olarak, merdiven boşluğu gibi boşluklar, kiriş gövdesindeki bir boşluğun kirişi zayıflatması gibi döşemeyi zayıflatacaktır. Diyafram kenarındaki bir boşluk da, kiriş başlığındaki bir boşluğun kirişi zayıflatması gibi diyaframı zayıflatacaktır.

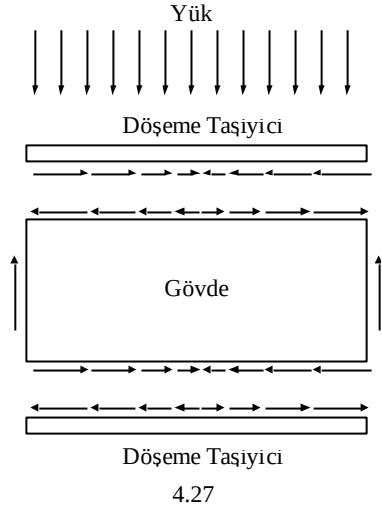
Diyaframın önemli bir karakteristiği, kirişin esnekliği, veya aksine kirişin rijitliğidir. Sismik dizaynda, rijitlik aslında rölatif rijitlik anlamında kullanılır. Diyaframlarda önemli olan yanal yükleri zemine taşıyan perde veya çerçeve elemanlarına göre diyaframın düzlem içi rijitliğidir (Şekil B-4.29). Betonarme bir döşeme çelik moment çerçevelerine göre rölatif olarak daha rijittir. Ahşap diyaframlar ise genellikle esnek olarak davranırlar, ancak rijitlik düşey elemanlara göre tarif edilmelidir; mevcut bir binada ahşap perdeler göre diyaframlar esnek olmayabilir.

Başka bir kabul ise iç mesnetler üzerindeki sürekliliktir. Örneğin; üç açıklıklı bir binada diyafram üç açıklığa ve dört mesnede sahiptir. Eğer diyafram rölatif olarak rijitse, tıpkı kirişlerin başlıklarının iç mesnetler üzerinde sürekli olması gibi diyafram taşıyıcılar da sürekli dirler. Diyafram esnekse diyafram taşıyıcıların sürekliliği kabulü yapılmadan duvarlar arasında basit kiriş gibi modellenen bilir. Son durumda yetkili mühendis diyaframın aslen sürekli olduğunu ve bu sürekliliğin basitçe ihmal edildiğini dikkate almalıdır.

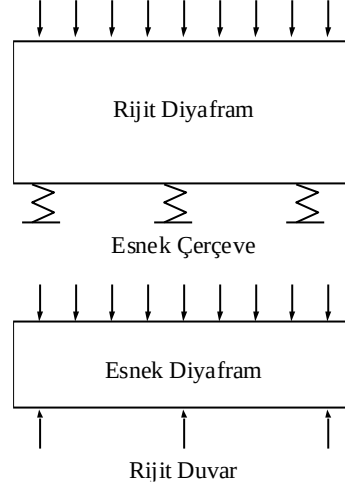
Şekil B-4.30 iki açıklıklı ve iç mesnetler üzerinde sürekli olmayabilen bir diyaframı göstermektedir. Eğer diyafram taşıyıcısı sürekliliği X olarak işaretlenmiş noktalarda sağlanıyorsa bu noktalar maksimum kuvvetlerin oluşacağı yerlerdir. Eğer X noktasında diyafram taşıyıcısı sürekliliği sağlanmıyorsa açıklıklar iki basit kiriş gibi davranacaktır. Maksimum diyafram taşıyıcısı kuvveti her bir açıklığın ortasında Y olarak işaretlenmiş noktalarda oluşacaktır. İki açıklığın uç dönmeleri X olarak işaretlenmiş noktalarda hasara sebep olabilirler.

Son olarak, diyafram kesme kuvvetlerini düşey elemanlara aktarmak için yeterli bir mekanizma mevcut olmalıdır. Bu başlık detaylı olarak Bölüm B-4.6’da gösterilmiştir. Diyafram kuvvetinin transferi ile ilgili önemli elemanlar toplayıcılar ve sürüklenme destekleridir. Şekil B-4.31’de diyafram kesme kuvvetini üzerinde toplayıp kısa iç perdelerle aktaran bir eleman eklenmiştir. Diyaframda bir toplayıcının varlığı kısa perdedeki diyafram gerilmelerinin yoğunlaşmasını engeller. Toplayıcılar döşemeyi kesen kirişler gibi dikine elemanlar boyunca sürekli ve perdelerle kesme kuvvetini aktarmak için yeterli olmalıdır.

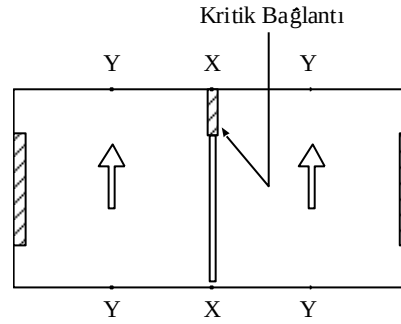
Bir kattan fazla katlı binalarda, yetkili mühendis incelenen yöndeki sismik kuvvetlere dik yöndeki perdelerle bağlı diyaframların esneklik etkisini hesaba katmalıdır.



Şekil B-4.15 : Diyafram; kiriş modeli



Şekil B-4.16 : Rijit ve esnek diyaframlar



Şekil B-4.17 : Döşemelerde kritik yük aktarımı

B-4.5.1.1 DİYAFRAM SÜREKLİLİĞİ: Diyaframlar, bölünmüş kat döşemelerinden oluşmamalıdır. Ahşap binalarda, diyaframlarda derz aralığı bulunmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Süreksizlik çevresindeki yük akış yolu tanımlanmalıdır. Diyafram Bölüm B-4.2'deki kuvvetler altında analiz edilmeli ve yük akış yolundaki elemanların yeterliliği değerlendirilmelidir.

Açıklama :

Ayrık kat döşemeleri veya derzlerle ayrılmış diyaframlar, diyafram içinde süreksizlikler yaratılır. Bu durum özellikle eğimli otopark yapılarında sık görülür.

Bu tür düzensizlikler diyaframı konsol eleman veya üç yüzlü diyafram olarak davranmaya itebilir. Eğer diyafram en az üç yüzünden Yanal Yük Taşıyıcı Elemanlarla tutulu değilse burulma kuvvetleri diyaframı kararsızlığa götürebilir. Her iki konsol ve üç yüzlü diyafram durumlarında da süreksiz diyaframdaki artmış yanal deplasmanlar taşıyıcı elemanlardaki hasarı veya göçmeyi arttırabilir.

B-4.5.1.3 ÇATI DİYAFRAM TAŞIYICILARININ SÜREKLİLİĞİ : Tüm diyafram taşıyıcıları çatı yüksekliğinin değişiminden bağımsız olarak sürekli olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Süreksizlik çevresindeki yük akış yolu tanımlanmalıdır. Diyafram Bölüm B-4.2'deki kuvvetler altında analiz edilmeli ve yük akış yolundaki elemanların yeterliliği değerlendirilmelidir.

Açıklama :

Süreksiz diyaframlar, düzgün detaylandırılmış diyaframlara göre daha esnek olacak ve çevresi civarında daha fazla hasar görecektirler. Düşeydeki dışmerkezlikler veya diyaframdaki yükseklik değişimi genellikle diyafram taşıyıcısında süreksizliğe sebep olur (bkz. Şekil B-4.32). Sürekliliğin sağlanması için aşağıdaki elemanlar gereklidir:

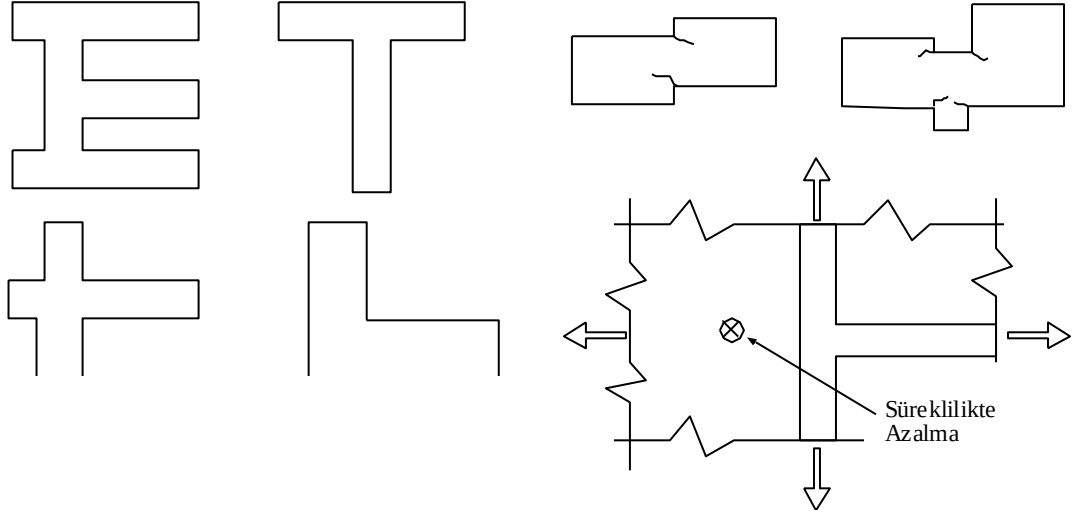
Sürekli bir diyafram taşıyıcısı elemanı; X düzleminde diyaframın eksantrisite kısımlarını bağlar; Y düzleminde diyafram eğimini diyafram taşıyıcısına aktarır ve X düzlemi tarafından oluşan devirme kuvvetlerine karşı düşeyde mesnet oluşturur.

B-4.5.1.7 PLANDA DÜZENSİZLİKLER: Döşeme boşluğu köşelerinde ve diğer plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde diyaframın dayanımını karşılayacak çekme kapasitesi olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye göre hesaplanan kuvvetler altında, plandaki düzensizliklerin olduğu yerlerde diyafram taşıyıcısı ve toplayıcılar üzerindeki etkiler hesaplanacaktır. Yapının çıkıntılarının rölatif hareketi her bir çıkıntının aynı yönde veya ters yönde (hangisi kötü etkiliyorsa) hareket ettiği kabulü ile uygulanan statik taban kuvveti altında bulunacaktır. Düzensizlik civarındaki çekme kapasitesine katkıda bulunan tüm elemanların yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Çıkıntılı, girintili veya E,T,X,L veya C şekilli gibi plandaki düzensizliklere sahip olan diyaframlar büyük çekme ve basınç kuvvetlerinin oluşacağı köşeler oluştururlar (bkz. Şekil B-4.34). Bu köşelerde diyafram bu çekme kuvvetlerini karşılayacak yeterli dayanıma sahip olmayabilir. Bölgesel hasar oluşabilir (bkz. Şekil B-4.35).



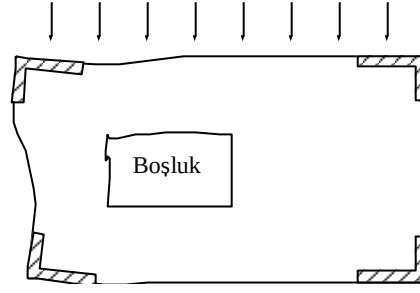
Şekil B-4.18 : Planda
düzensizlikler

Şekil B-4.19 : Köşeler

B-4.5.1.8 BOŞLUKLARDA DİYAFRAM DONATISI: Bina genişliğinin %50'sinden büyük döşeme boşluklarının çevresinde donatı olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki kuvvetler altında diyafram analiz edilmelidir. Büyük açıklıklardaki kesme ve eğilme etkileri hesaplanmalı ve açıklık çevresindeki alt diyaframlardaki diyafram taşıyıcıları tarafından karşılanmalıdır.

Diyafram boyutlarına göre rölatif olarak küçük olan açıklıkların etkileri ihmal edilebilir. Diyafram boyutlarına göre rölatif olarak büyük olan boşluklar diyafram rijitliğini önemli miktarda azaltabilir ve boşluk çevresinde büyük kuvvetler oluşturabilir (bkz. Şekil B-4.36).



Şekil B-4.20 : Diyafram Boşlukları

B-4.5.4 Betonarme Diyaframlar

Yerinde döküm betonarme diyaframlar için Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü ifadeleri yoktur. Betonarme diyaframlar Bölüm B-4.5.1’de verilen genel diyafram değerlendirme ifadelerine göre değerlendirileceklerdir.

Açıklama :

Betonarme döşeme diyafram sistemleri geçmiş depremlerde iyi performans göstermişlerdir. Binadaki hasar, nadiren betonarme diyaframın kendisinde oluşur, daha çok yük akış yolundaki düşey elemanlarla diyaframlar arasındaki toplayıcılar ve bağlantılar gibi elemanlarda görülür. Bu noktalar bu yayının başka yerlerinde tariflenmiştir. Yetkili mühendis, betonarme diyaframlarda düzensizlikler, boşluklar ve yük akışı ifadeleri hakkında değer biçmek durumundadır. Ayrıca ince döşemeli sistemler için daha dikkatli olunması gerekir.

B-4.6 Birleşimler İçin Prosedürler³

Bu bölüm normal kuvvetler için ankraj, kesme transferi, düşey elemanlar, elemanların bağlantıları ve panel bağlantıları için Aşama 2 Değerlendirme Prosedürlerini içerir.

³ Orijinal metinde normal kuvvetler için ankraj ve kesme transferi de bu bölümün konusudur. (Y.N)

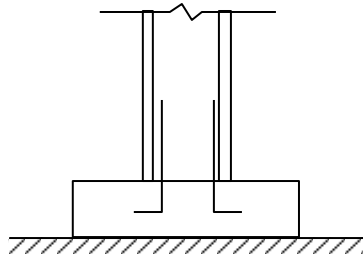
B-4.6.3 Düşey Elemanlar

B-4.6.3.2 BETONARME KOLONLAR: Tüm betonarme kolonlar, Can Güvenliği Performans Seviyesi için temele saplanmış olmalıdır. Acil Yerleşim için, ankrajların kapasitesi kolonun çekme kapasitesine varabilmelidir.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'ye göre bir analiz gerçekleştirilecektir. Kolondaki etkiler hesaplanacak ve birleşimin bu etkileri zemine aktarmadaki yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Yanal Yük Taşıyıcı Sistemin bir parçası olan kolonlar temellere kesme ve kaldırma kuvvetleri için bağlanmalıdır (bkz. Şekil B-4.40). Temelle kolonlar arasında uygun bir bağlantı yoksa kolon çekme etkisi altında temelden ayrılabilir veya yana kayabilir, ki bu olay kolonların düşey veya yanal kuvvetler altındaki destek yeteneğini yok eder.



Şekil B-4.21 : Kolonun temele saplanması

B-4.6.3.10 KAZIK BAŞLIKLARINDA YANAL YÜK: Kazık başlıkları üst donatı bulunmalıdır ve Can Güvenliği Performans Seviyesinde kazıklar kazık başlıklarına ankre edilmiş olmalıdır, ve Acil Yerleşim Performans Seviyesinde kazık başlıkları kazıkların çekme kapasitesini karşılayabilmelidir.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü: Bölüm B-4.2'ye göre bir analiz gerçekleştirilecektir. Kazık başlığındaki devirme ve ağırlık yüklerinden oluşan eksenel ve kesme kuvvetleri hesaplanacak; kazık başlığının donatısı ve başlıklardan kazığa çekme kuvvetlerini ileten birleşimlerin yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama:

Kazık temeller yalnızca aşağı yöndeki ağırlık yüklerine göre tasarlanmış olabilirler. Buradaki potansiyel problem, kazık başlığındaki üst donatının olmaması ve kazıklarla kazık başlığı arasında yeterli bir bağlantının bulunmaması durumudur. Kazıklar başlığa çekmeyi karşılayacak yeterlikte bir bağlantıyla bağlanmamış olabilirler.

Sismik kuvvetler temelde devrilme stabilitesinin sağlanması için kazıklara aktarılması gereken çekme kuvvetlerini oluşturabilirler. Kazık başlığında üst donatının olmaması demek, kazıklara çekme kuvvetini dağıtamaması demektir. Kazık çekme donatısının olmaması demek, çekme kuvvetlerinin kazıklara aktarılamaması demektir.

B-4.7 Jeolojik Bölge Tehlikeleri ve Temeller

Bu bölüm, zeminler, jeolojik bölge tehlikeleri ve temellerin kapasiteleri için Aşama 2 Değerlendirmesi için prosedürleri içerir.

Açıklama:

Mevcut bir binanın sismik değerlendirilmesi, temelleri, deprem esnasında temelin altında kalan zeminin kuvvetleri karşılayabilme yeteneğini ve yakın-bölge jeolojik tehlikeleri gibi yapının deprem esnasındaki stabilitesini etkileyecek parametreleri içermelidir.

Yerel jeolojik bölge tehlikeleri hakkında yargıya varabilmek ve bu tehlikelerin analizinde zemin parametrelerini elde edebilmek için geoteknik mühendislerine başvurmak gerekebilir.

B-4.7.1 Jeolojik bölge tehlikeleri**Açıklama :**

Bazı jeolojik ve yerel bölge koşulları deprem esnasında yapıda hasara neden olabilir. depreme dayanıklı bir binada bile birçok sebepten kaynaklanabilecek büyük temel hareketleri yapıda hasara neden olabilir. Sıvılaşma nedeni ile zeminin yana açılması,

şev kaymaları veya diğer yüzey problemleri temellerin önemli ölçüde hareket etmesine sebep olabilir. Binanın değerlendirilmesi işleminde bu etkilerin de tesirleri dikkate alınmalıdır.

B-4.7.1.1 ZEMİNDE SIVILAŞMA: Binanın sismik performansını tehlikeye sokan sıvılaşmaya karşı hassas, doyuma ulaşmış,düşük granülü zeminler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın 50 feet altına kadar derinlikte bulunmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Zeminde sıvılaşma ve farklı zemin çökmelerinin potansiyeli değerlendirilmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Temellerdeki farklı oturmalar ile sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Sıvılaşma tehlikesi olan zeminler deprem esnasında bütün düşey yük taşıma kapasitelerini kaybedebilirler. Düşeydeki mesnetlenmenin kaybolması temellerde büyük farklı oturmalara sebep olacak ve binada büyük kuvvetler oluşturacaktır. Bu kuvvetler mevcut ağırlık ve sismik kuvvetleri ile eş zamanlı oluşacaktır.

B-4.7.1.2 ŞEV KAYMASI: Bina bölgesi potansiyel deprem sebepli şev kaymasından veya kaya düşmelerinden yeteri kadar uzak olmalı veya önceden bilinen hareketlerle uyumlu davranabilmelidir.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Temellerdeki farklı oturma potansiyeli değerlendirilmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Temellerdeki farklı oturmalar ile sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Suya doymuş şevlerin deprem esnasında kayma tehlikesi yüksektir. Şev kaymaları kaya veya diğer sıvılaşmayan zeminler üzerindeki 6 dereceyi aşan eğimli zeminlerde oluşabilir.

B-4.7.1.3 YÜZEYDE FAY ÇATLAĞI: Bina bölgesinde yüzeyde fay çatlağı veya yüzey hareketi beklenmiyor.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Binanın aktif faylara yakınlığı belirlenmelidir. Yüzeydeki fay çatlağı olma potansiyeli ve olası çatlağın büyüklüğü belirlenmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Temellerdeki farklı oturmalar ile sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Aktif faylara yakın bölgeler büyük yarıklar ve yüzey zeminlerinde büyük hareketler olma potansiyeline sahiptir. Bu çatlaklara yakın yerdeki binaların temellerinde büyük oturmalar oluşacak ve bu oturmalar binada büyük kuvvetlere sebep olacaktır.

Bu kuvvetler mevcut ağırlık ve sismik kuvvetlerle eş zamanda oluşur.

B-4.7.2 Temellerin Durumu

Açıklama :

Temel elemanları genellikle toprağın altındadırlar. Yine de, değerlendirmeler temelin ve elemanların durumları hesaba katılarak yapılmalıdır.

B-4.7.2.1 TEMEL PERFORMANSI: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Temellerdeki farklı oturmaların büyüklüğü değerlendirilmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Temellerdeki farklı oturmalar ile sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Temel elemanlarının bütünlük ve dayanımları çatlama, akma veya burkulma gibi sebeplerle azalabilir. Böyle bir zayıflama deprem esnasında kritik olabilir.

Binanın gözle görülebilen perdeler, bölmeler, bağ kirişleri, temeller, kazık başlıkları ve benzeri elemanlar incelenecektir. Gözlenen olumsuzluklar tanımlanacak ve daha ileri seviyede değerlendirilecektir.

B-4.7.2.2 KÖTÜLEŞME: Temel elemanlarının korozyon, sülfat etkisi, malzeme bozulması, veya yapının bütünlüğü ve dayanımını etkileyecek diğer sebepler sebebiyle kötüleşmeye dair bir işaret olmayacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Kötüleşmenin kaynağı ve yayılımı tanımlanacak, Yanal Yük Taşıyıcı Sistem üzerindeki etkileri belirlenecektir. Zarar görmüş Yanal Yük Taşıyıcı Sistem elemanlarının yeterliliği, bozukluğun yayılımı ve eleman kapasitesi üzerindeki etkisi göz önüne alınarak araştırılacaktır.

Açıklama :

Kötüleşme temel elemanlarının zayıflatabilir ve bina taşıma kapasitelerini sınırlayabilir. Yerel bölgedeki temel performansı kayıtları, incelenen binadaki temellerde kötüleşme ihtimali hakkında yardım edebilir.

B-4.7.3 Temellerin Kapasitesi

Açıklama :

Temel elemanları normalde ağırlık yüklerinin en az iki katını taşıyacak kapasiteye sahiptirler. Çökme, erozyon, korozyon veya diğer sebeplerden kaynaklanan temel problemleri hakkında işaretler yoksa, temeller izin verilen statik kapasitenin iki katından az olan ağırlık ve sismik devirme kuvvetlerini taşıyacak kapasiteye genelde yakındırlar.

Temel sisteminin yataydaki kapasitesi, hesaplanan sismik taban kesme kuvvetini aşıyorsa temeller yanal harekette yeterli olarak kabul edilirler.

Temellerdeki değerlendirme önemli problemlere işaret ediyorsa değerlendirmeyi yapan mühendis temel analizi ve sağlanmayan durumların düzeltilmesi hakkında konusunda uzman geoteknik mühendisinden müşavirlik hizmeti almalıdır.

B-4.7.3.1 KAZIK TEMELLER: Kazık temeller Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, minimum 4feet saplanma derinliğine sahip olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Kazıkların yanal yük taşıma kapasitesi geleneksel prosedürler kullanılarak kontrol edilmeli ve geleneksel maksimum gerilmenin 1.5 katı ile karşılaştırılmalıdır.

Açıklama : Kazıklı binalar genellikle kaya ve yamaçlarda inşa edilirler. Kazık temelli bir binanın sismik performansı kazıkların gömülme derinliğine ve aktif ve pasif zemin direncine bağlıdır.

B-4.7.3.2 DEVRİLME: Temel seviyesindeki yanal yük taşıyıcı sistemin bina yüksekliğine (zeminden itibaren ölçülen) oranı 0.6Sa'dan büyük olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Sismik devirme kuvvetlerinin temel elemanları üzerinde yoğunlaşması, zeminin veya temel sisteminin, veya her ikisinin kapasitesinin aşılmasına neden olabilir.

B-4.7.3.3 TEMEL ELEMANLARI ARASI BAĞLAR: Eğer ayaklar,kazıklar ve payandalar kirişler, radye veya A,B, veya C sınıfı zeminlerle tutulmamışsa, temel sistemi sismik kuvvetlere karşı koymaya yeterli bağ kirişlere sahip olmalıdır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Temellerdeki farklı oturmaların büyüklüğü belirlenecektir. Temellerdeki farklı oturma potansiyeli değerlendirilmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere uyularak binanın analizi yapılacaktır. Temellerdeki farklı oturmalar ile sismik ve ağırlık kuvvetlerinin kombinasyonu altında yapının yeterliliği değerlendirilecektir.

Açıklama :

Temeller yatayda kaya gibi iyi bir zemine bağlanmışsa, temel arası bağlantılara ihtiyaç olmayabilir.

B-4.7.3.4 DERİN TEMELLER: Kazıklar ve payandalar yapı ile zemin arasındaki yanal kuvvetleri transfer edebilmelidir. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Kazığın tasarımı ve zemin parametrelerinin yönlendirdiği kazık yanal kapasitesi belirlenmelidir. Bölüm B-4.2'deki prosedürlere bağlı olarak binanın bir analizi yapılacak, kazıkların tüm ağırlık ve sismik kuvvetler altında yeterliliği değerlendirilmelidir.

Açıklama :

Kazık veya payandaların üst kısımlarında veya başlığa bağlantı noktalarında eğilme dayanımı ve sünekliği problemleri yaygındır. Zemin rijitliğinde belirgin değişimler kazık boyunca büyük eğilme gerilmelerine sebep olurlar.

Betonarme kazıklarda mühendis kazığın üst kısımlarındaki boyuna donatının minimum koşullarını ve kesme donatılarını hemen başlık altında olduğunu kontrol etmelidir. Yetkili mühendis ayrıca kazık yüksekliği boyunca, zemin rijitliğindeki değişimleri de içeren eğilme momentinin yüksek olduğu yerlerdeki sargı donatısını da kontrol etmelidir.

B-4.7.3.5 KAYMA BÖLGELERİ: Binanın bir yanındakiyle diğer yanı arasındaki seviye farkı, yarım kat yüksekliğini aşmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır.

Aşama 2 Değerlendirme Prosedürü : Bölüm B-4.2'deki prosedürlere bağlı olarak binanın bir analizi yapılacak, seviye farkını da içeren kayma etkisi altında temelin direnci değerlendirilecektir.

Açıklama :

Eğer kalıcı yanal kuvvetler mevcutsa sismik kuvvetin aktarımı daha zordur.

B-5 Detaylı Değerlendirme Aşaması (Aşama 3)

B-5.1 Genel

Daha ileri inceleme gerektiren binalarda, bu bölümde verilen Aşama 3 Değerlendirmesi yapılacaktır. Aşama 3 Değerlendirmesi, Aşama 1 veya 2'den bulunan zaafılara yönelik, veya tüm binanın incelenmesi şeklinde uygulanabilir.

Açıklama

Aşama 1 ve 2 değerlendirmeleri, incelemeyi basitleştiren kabullerinden dolayı potansiyel olarak konservatiftirler. Daha detaylı ve yakınsak hesaplarla azaltılan konservatiflik sayesinde, Aşama 1 veya 2 değerlendirmesi sonucunda bulunan potansiyel zaafıların aslında sismik kuvvetlerin taşınmasında yeterli olduğu sonucuna varılabilir.

Aşama 3 Değerlendirmesine karar verebilmek için Aşama 1 ve 2 Değerlendirmelerinin fazlasıyla konservatif kaldığı, ve daha detaylı değerlendirmenin önemli ölçüde ekonomi sağlayacağı kararına varmak gerekir.

Şu anda, Aşama 1 ve 2'den daha detaylı değerlendirme prosedürleri mevcut değildir. Dolayısıyla, daha ayrıntılı analiz yapmak için tasarımda kullanılan prosedürler kullanmak gerekir.

Tasarımda kullanılan koşullar, tasarımdaki koşulların yerine mevcut koşulların konulmasıyla kullanılabilir. Mevcut elemanların beklenen performansları, eleman üzerindeki etkilerle eleman dayanımının karşılaştırılmasıyla değerlendirilebilir.

B-5.2 Kullanılabilir Prosedürler

Aşama 3 Değerlendirmesi, aşağıdaki iki prosedürden biri kullanılarak yapılacaktır:

B-5.2.1 Sismik Rehabilitasyon Dizaynı için Hükümler

Aşama 3 Değerlendirmesinde mevcut binaların sismik rehabilitasyonu için geliştirilen eleman-kökenli bir değerlendirme prosedürü kullanılacaktır. Böyle bir

detaylı değerlendirme prosedürünün kabul edilebilir olması için, binaların lineer veya nonlinear analizi için statik veya dinamik analizleri içermesi, değişik performans seviyelerinde eleman veya taşıyıcı sistemlerin rijitlik, dayanım ve süneklik karakteristiklerinin laboratuvar deneyleri ve analitik çalışmalardan elde edilmesi gerekir. Bahsedilen detaylı değerlendirme prosedürü ancak yetkili kişiler tarafından kullanılmalıdır.

Aşama 3 Değerlendirmesi yapılırken mevcut binaların sismik rehabilitasyonunda kullanılan bir yayının hükümleri kullanılıyorsa, bu hükümlerdeki kuvvet mertebeleri 0.75 ile çarpılacaktır. Lineer analiz kullanılıyorsa, analiz açıkça veya dolaylı olarak nonlinear davranışı dikkate alınmalıdır.

Açıklama:

Mevcut binaların rehabilitasyonunda ülke çapında⁴ kullanılabilecek tek yayın *NEHRP Guidelines and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings* (FEMA 273 ve 274) yayınıdır. Bölgesel olarak da her ikisi de California bölgesindeki betonarme binalar için hazırlanmış *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings* (SSC 96-01) ve *City of Los Angeles Code, Division 95* yayınları kullanılabilir. Yetkili makamların izni alınarak çeşitli nonlinear statik ve nonlinear dinamik analiz metotları Aşama 3 Değerlendirme Prosedürü için kullanılabilir.

NEHRP Guidelines and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings yayını, değerlendirmeye adaptasyon için önerilen yayındır. FEMA 273 ve 274'te *Simplified Rehabilitation* bölümü haricindeki tüm prosedürler kullanılabilir.

Sismik kuvvetlere 0.75 çarpanının uygulanmasındaki amaç, bahsedilen dokümanlarda asıl maksadın rehabilitasyon olmasıdır. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde 0.75 çarpanı elemanların beklenen dayanımıyla dizayn dayanımı arasındaki "ayrım"ı sağlar. Dikkat ediniz ki, 0.75 çarpanı yalnızca değerlendirmede kullanılmalıdır. Değerlendirme sonrasında rehabilitasyona karar verildiyse, dizaynda sismik kuvvetlerin tümü dikkate alınmalıdır.

⁴ Burada A.B.D. kastedilmektedir. (Ç.N.)

B-5.2.2 Yeni Binaların Dizaynında Kullanılan Yönetmelikler/Hükümler

Yetkili makamlarca onaylanmış, iyi düzenlenmiş yeni bina yönetmelikleri, mevcut binaların Aşama 3 Değerlendirmesinde kullanılabilir. Böyle bir yönetmeliğin kabul edilebilmesi için “Section 9, Earthquake Loads, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-95)*” bölümünü içermelidir. Böyle bir detaylı değerlendirme yetkili kişilerce yapılmalıdır.

Aşama 3 Değerlendirmesi yapılırken mevcut binaların sismik rehabilitasyonunda kullanılan bir yayının hükümleri kullanılıyorsa, bu hükümlerdeki kuvvet mertebeleri 0.75 ile çarpılacaktır. Lineer analiz kullanılıyorsa, analiz açıkça veya dolaylı olarak nonlinear davranışı dikkate alınmalıdır.

Açıklama:

Mevcut binalarda kullanılan malzemeler, yapım detayları, ve bu yapılarda bulunan düzensizlikler, özel detaylar gerektiren yeni binaların tasarımı için kullanılan yönetmeliklerde iyi tariflenmemiş olabileceğinden bu yönetmeliklerin mevcut yapıların sismik performansın değerlendirilmesinde kullanılması yerinde olmayabilir.

Sismik kuvvetlere 0.75 çarpanının uygulanmasındaki amaç, bahsedilen dokümanlarda asıl maksadın yeni bina tasarımı olmasıdır. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde 0.75 çarpanı elemanların beklenen dayanımıyla dizayn dayanımı arasındaki “ayrım”ı sağlar. Dikkat ediniz ki, 0.75 çarpanı yalnızca değerlendirmede kullanılmalıdır. Değerlendirme sonrasında rehabilitasyona karar verildiyse, dizaynda sismik kuvvetlerin tümü dikkate alınmalıdır.

B-5.3 Detaylı Prosedürlerin Seçimi

Aşağıdaki özelliklerden biri veya daha fazlasına sahip binalar, lineer dinamik veya nonlinear statik veya nonlinear dinamik analiz metotlarından biri kullanılarak değerlendirilecektir:

- Yüksekliği 30m’den fazla binalar;
- Birbirini takip eden iki katın yatay boyutlarının oranının 1.4’ü aştığı binalar (çatı katları hariç);

- Katın bir kenarındaki kat deplasmanının ortalama kat kaymasından %150 daha büyük olduğu binalar (burulma rijitliği düzensizliği);
- Herhangi bir kattaki (çatı katı hariç) ortalama kat kaymasının kendisinden önceki veya sonraki katın ortalama deplasmanından %150 daha büyük olduğu binalar (rijitlik düzensizliği);
- yanal yük taşıyıcı sistemi ortogonal olmayan binalar.

Açıklama:

Seçilen prosedür, değeriendirilen binaya uygulanabilirliği ve daha kullanışlı veriler sağlayabileceği öngörülebilmesi açılarından varılacak yargıya göre belirlenmelidir.

Binadaki elemanların nonlinear davranışlarını açıkça hesaba katmalarından dolayı, kompleks veya düzensiz binalarda veya yüksek performans seviyelerinde nonlinear analiz yöntemleri kullanılmalıdır.

C. İndeks Yöntemi Uygulama Örneği

C-1 Giriş

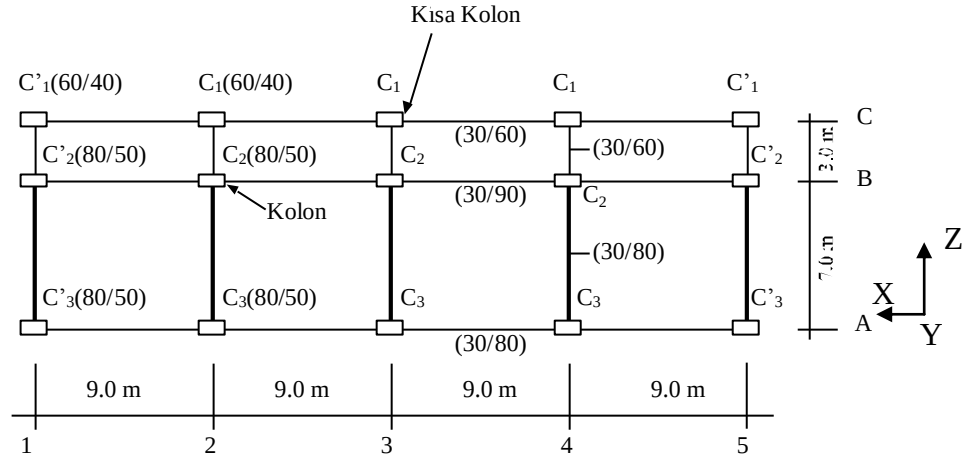
Bu bölümde, İndeks Yönteminin uygulanışının gösterilmesi maksadıyla, bir örnek binanın indeks yöntemi hesapları gösterilecektir. Burada A Binası ismi verilecek olan örnek binanın X doğrultusundaki sismik performansının değerlendirilmesi için Aşama 1 ve 2 değerlendirmeleri yapılacaktır. Bu örnek Standartta verilmiştir, ancak buradaki uygulamada FEMA 310 yöntemiyle karşılaştırılabilir sonuçlar elde etmek için Z yönündeki perdeler yerine 30/80 kirişler konmuştur. Yalnızca zemin kat kolonları incelenecektir.

Bu bölümde [1] referansına yapılan tüm atıflarda [1] yerine “Standart” kelimesi kullanılacaktır.

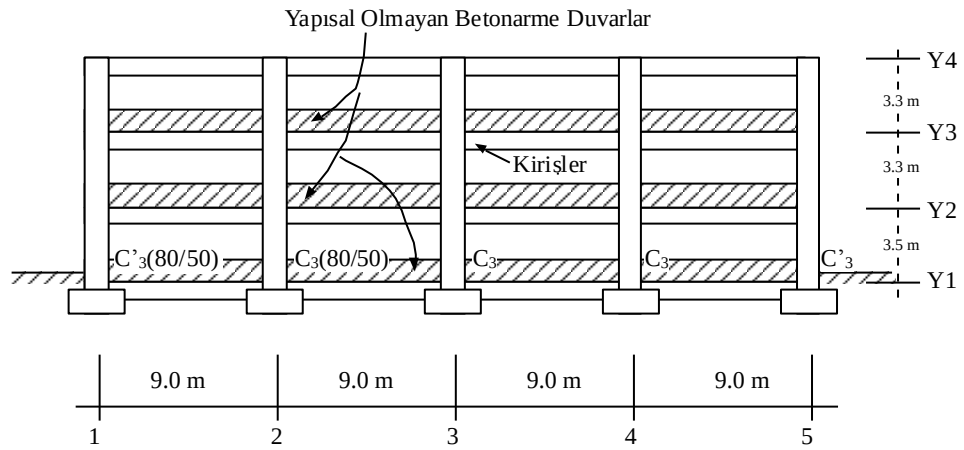
C-2 A Binasının İndeks Yöntemiyle Değerlendirilmesi

C-2.1 Binanın Genel Bilgileri

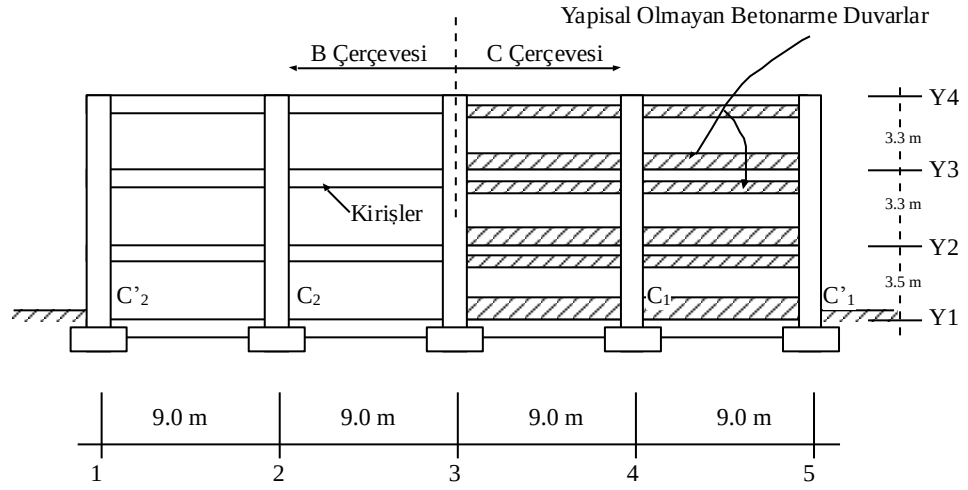
- Bina kullanım amacı : Okul binası
- Yerleşim : Tokyo
- Binanın yaşı : 25 yıl
- Yapısal Sistem : Betonarme moment çerçevesi (X ve Z yönü),
- Temeller : Tekil yüzeysel temel
- Kat sayısı : 3
- Bina ve eleman kesitleri:



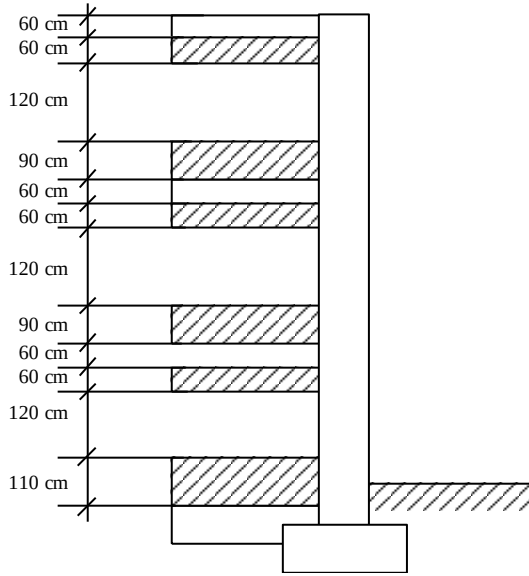
Şekil C.1 : Plan , A Binası



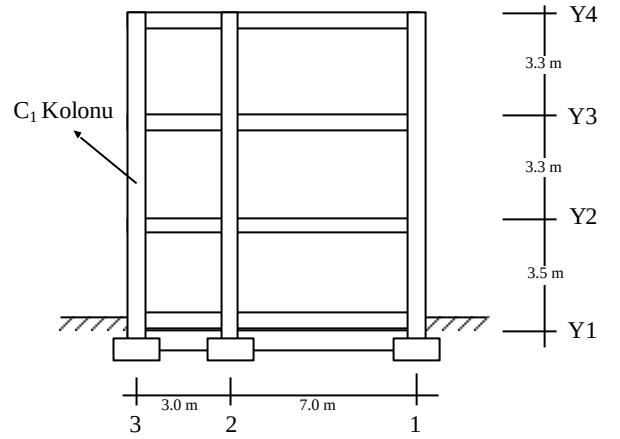
Şekil C.2 : Önden Görünüş, A Binası



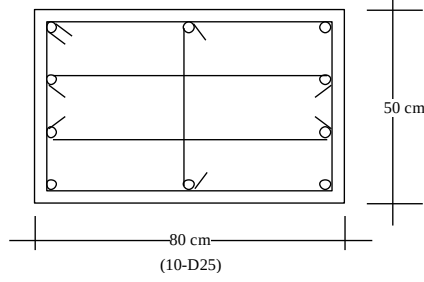
Şekil C.3 : B ve C Akslarından kesitler, A binası



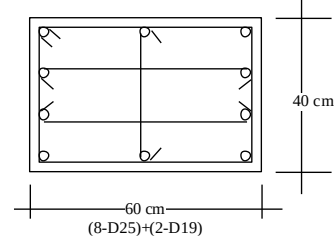
Şekil C.4 : C çerçevesindeki kiriş ve yapısal olmayan beton duvarların boyutları



Şekil C.5 : Z yönü çerçeveleri



Şekil C.6 : A ve B aksı
kolonları, enkesit



Şekil C.7 : C aksı kolonları,
enkesit

C-2.2 Malzeme Özellikleri

Bu örnekte aşağıdaki malzeme özellikleri kabul edilmiştir.

- Donatılar:

Boyuna donatılarda nervürlü çelik kullanılmıştır, SD30 donatı çeliği için pekleşmeli dayanım $\sigma_y = 3000 + 500 = 3500 \text{ kg/cm}^2$ kabul edilmiştir.

Enine donatılarda düz çelik kullanılmıştır, SR24 çeliği için pekleşmeli dayanım $\sigma_{wy} = 3000 \text{ kg/cm}^2$ kabul edilmiştir.

- Beton :

$$f_c = 180 \text{ kg/cm}^2$$

C-2.3 Diğer Kabuller

Birim bina ağırlığı : 1200 kg/m^2

Her bir katın ağırlığı : $W_i = (3+7) \cdot (9 \cdot 4) \cdot 1200 = 432000 \text{ kg}$

$W_i = 432 \text{ ton}$

Binada gözlenen zamana bağlı kütüleşme etkileri: Böyle bir etki görülmemiştir.

C-2.4 Aşama 1 Değerlendirmesi (X yönü)

C-2.4.1 Düşey Elemanların Sınıflandırılması

Kısa Kolonlar: C çerçevesindeki tüm kolonlar.

C çerçevesindeki tüm kolonlarda temiz yükseklik/derinlik oranı $h_o/D=120/60=2.0$ bulunur. Bu değer standarttaki limit değerdir. Dolayısıyla C çerçevesi kolonları Kısa Kolon olarak sınıflandırılırlar.

Kolonlar : A ve B çerçevesi kolonları:

A ve B çerçevesindeki kolonların temiz yükseklik/derinlik oranları 2.0'dan yüksek olduğu için bu kolonlar Normal Kolon sınıfına girerler.

C-2.4.2 C indeksinin hesaplanması:

Kısa Kolonlarda C indeksi: Standarttaki Denk.(9)'a göre:

$$\begin{aligned} C_{SC} &= 15A_{sc}f_c/200/W \\ &= 15*(5*40*60)180/200/1296000=0.125 \text{ (Zemin kat için)} \end{aligned}$$

Normal Kolonlarda C indeksi: Standarttaki Denk.(8)'e göre:

$$\begin{aligned} C_C &= (10A_{C1}+7A_{C2})f_c/200/W \\ &= 10*((10*50*80)+0)180/200/1296000=0.278 \text{ (Zemin kat)} \end{aligned}$$

C-2.4.3 E₀ indeksinin hesaplanması:

- Kısa kolonların katkısını içeren E₀ değeri Standarda göre Denk.(3) ile bulunur:

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_{sc} + a_2C_w + a_3C_C)F_{sc} = \frac{3+1}{3+1} \cdot (0.125 + 0 + 0.5 \cdot 0.278)F_{sc} = 0.211$$

$$E_0=0.211 \text{ (Zemin kat)}$$

- Kısa kolonların katkısını içermeyen E_0 değeri Denk.(2) ile bulunur:

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \cdot (C_w + a_1 C_c) F_w = \frac{3+1}{3+i} \cdot (0 + 1.0 \cdot 0.278) 1.0 = 0.278$$

($C_w=0$ iken $a_1=1.0$ alınabilir)

Büyük olan değer kullanılabileceğinden $E_0=0.278$ kullanılacaktır.

C-2.4.4 S_D indeksinin bulunması:

Tablo A.7’deki her done için 1.0’ın altında değerler olduğu için $S_D=1.0$ alınabilir.

C-2.4.5 Zamana bağlı kötüleşme indeksi T’nin bulunması

Binanın yaşı 25’i geçtiği için Tablo A.8’e göre T indeksi 0.9 alınmıştır.

C-2.4.6 Yapının Genel Sismik İndeksi I_s ’nin bulunması

Genel sismik indeks Denk.(1) ‘den bulunur;

$$I_s = E_0 S_D T$$

$$I_s = 0.278 \cdot 1.0 \cdot 0.9 = 0.25 \text{ (Zemin kat)}$$

C-2.4.7 Sismik Performansın Yorumlanması:

Sismik performansın yeterliliği Denk.(34) ile değerlendirilir:

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U$$

$$I_{s0} = 0.8 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 0.8$$

$$I_s < I_{s0}$$

Sonuç olarak, binanın X doğrultusundaki sismik performansı, Aşama 1 Değerlendirmesi sonucunda “Yetersiz” olarak değerlendirilir.

C-2.5 Aşama 2 Değerlendirmesi

C-2.5.1 Prosedürün Sismik Performansa Yaklaşımı

Aşama 2 Değerlendirmesinde binanın sismik performansı kolonların ve perdelerin süneklik ve dayanımları üzerinden değerlendirilir. (Bu örnekte perde yoktur) Kirişler ve döşemelerin yeterince rijit olup binanın sismik kapasitesini etkilemediği varsayılmıştır.

Kolonlar ve perdeler için dayanım denklemleri Standartta verilmiştir. E_0 indeksi, hesaplanan eleman dayanım ve süneklikleriyle hesaplanır. Bina düzensizlik etkileri S_D parametresiyle göz önüne alınır.

Değerlendirmenin bu aşamasında da X yönündeki sismik performans sadece zemin katta değerlendirilecektir.

C-2.5.2 Eleman Dayanımı ve Sünekliği

C₁ Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

b*D	40*60 cm	d	55 cm
j	48.1 cm	h_o	120 cm
a_t	3*5=15 cm ²	ρ_t	0.625%
ρ_w	0.00126 (2φ9, @25 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.09
N	1.5*9*1.2*3=48.6 ton	σ₀	48600/40/60=20.3 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı: (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right)$$

$$= 0.8 * 15 * 3.5 * 0.6 + 0.5 * 48.6 * 0.6 (1 - 48600 / 40 / 60 / 180)$$

$$= 38.1 \text{ tm}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$Q_{mu} = (38.1 + 38.1) / 1.2$$

$$= 63.5 \text{ ton}$$

Kesme Dayanımı: (Denk.(15) kullanarak),

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.625^{0.23} (180 + 180)}{1.09 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00126 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 20.3 \right\} 40 \cdot 48.1$$

$$Q_{su} = 41173 \text{ kgf} = 41.2 \text{ ton}$$

Kırılma Tipi: Kesme

C₁' Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

bxD	40*60 cm	d	55 cm
j	48.1 cm	h_o	120 cm
a_t	3*5=15 cm ²	ρ_t	0.625%
ρ_w	0.00126 (2φ9, @25 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.09
N	1.5*4.5*1.2*3=24.3 ton	σ₀	24300/40/60=10.1 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right)$$

$$= 0.8 * 15 * 3.5 * 0.6 + 0.5 * 24.3 * 0.6 (1 - 24300 / 40 / 60 / 180)$$

$$= 32.1 \text{ tm}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$Q_{mu} = (32.1 + 32.1) / 1.2 = 53.5 \text{ ton}$$

Kesme Dayanımı: (Denk.(15) kullanarak),

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.625^{0.23} (180 + 180)}{1.09 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00126 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 10.1 \right\} 40 \cdot 48.1$$

$$Q_{su} = 39250 \text{ kgf} = 39.3 \text{ ton}$$

Kırılma Tipi: Kesme

C₂ Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

bxD	50*80 cm	d	75 cm
j	65.6 cm	h_o	260 cm
a_t	4*5=20 cm ²	ρ_t	0.50 %
ρ_w	0.00677 (4φ13, @15 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.73
N	5*9*1.2*3=162 ton	σ₀	162000/50/80=40.5 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı: (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$M_u = 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right)$$

$$= 0.8 * 20 * 3.5 * 0.8 + 0.5 * 162 * 0.8 (1 - 162000 / 50 / 80 / 180)$$

$$= 95.0 \text{ tm}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$Q_{mu} = (95 + 95) / 2.6 = 73.1 \text{ ton}$$

Kesme Dayanımı: (Denk.(15) kullanarak),

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} bj$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.500^{0.23} (180 + 180)}{1.73 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00677 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 40.5 \right\} 50 \cdot 65.6$$

$$Q_{su} = 82328 \text{ kgf} = 82.3 \text{ ton}$$

Kırılma Tipi: Eğilme

Denk.(23) kullanarak,

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2$$

$$= 10(Q_{su}/Q_{mu} - 1) - k_1 - k_2 = 10(82.3/73.1 - 1) - 0 - 0$$

$$= 1.26$$

Süneklik İndeksi F:

Denk. (22) kullanarak,

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} = \sqrt{(2\mu - 1)} / 0.75 / (1 + 0.05\mu)$$

$$F = \sqrt{(2 \cdot 1.26 - 1)} / 0.75 / (1 + 0.05 \cdot 1.26) = 1.54$$

C₂' Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

bxD	50*80 cm	d	75 cm
j	65.6 cm	h_o	260 cm
a_t	4*3.8=15.2 cm ²	ρ_t	0.38 %
ρ_w	0.00677 (4φ13, @15 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.73
N	5*4.5*1.2*3=81 ton	σ₀	81000/50/80=20.3 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı: (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$\begin{aligned}
 M_u &= 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right) \\
 &= 0.8 * 15.2 * 3.5 * 0.8 + 0.5 * 81 * 0.8 (1 - 81000 / 50 / 80 / 180) \\
 &= 62.8 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$\begin{aligned}
 Q_{mu} &= (62.8 + 62.8) / 2.6 \\
 &= 48.3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kesme Dayanımı: (Denk.(15) kullanarak),

$$\begin{aligned}
 Q_{su} &= \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j \\
 Q_{su} &= \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.380^{0.23} (180 + 180)}{1.73 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00677 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 20.3 \right\} 50 \cdot 65.6
 \end{aligned}$$

$$Q_{su} = 73473 \text{ kgf} = 73.5 \text{ ton}$$

Kırılma Tipi: Eğilme

Denk.(23) kullanarak,

$$\begin{aligned}
 \mu &= \mu_0 - k_1 - k_2 \\
 &= 10(Q_{su}/Q_{mu} - 1) - k_1 - k_2 \\
 &= 10(73.5/48.3 - 1) - 0 - 0 \\
 &= 5.2 \\
 &= 5.0
 \end{aligned}$$

Süneklik İndeksi F:

Denk. (22) kullanılarak,

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} = \sqrt{(2\mu - 1) / 0.75 / (1 + 0.05\mu)}$$

$$F = \sqrt{(2 \cdot 5.0 - 1) / 0.75 / (1 + 0.05 \cdot 5.0)} = 3.2$$

C₃ Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

bxD	50*80 cm	d	75 cm
j	65.6 cm	h_o	180 cm
a_t	4*3.8=15.2 cm ²	ρ_t	0.38 %
ρ_w	0.00677 (4φ13, @15 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.2
N	3.5*9*1.2*3=113.4 ton	σ₀	113000/50/80=28.4 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$\begin{aligned} M_u &= 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right) \\ &= 0.8 * 15.2 * 3.5 * 0.8 + 0.5 * 113.4 * 0.8 (1 - 113400 / 50 / 80 / 180) \\ &= 72.3 \text{ tm} \end{aligned}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$\begin{aligned} Q_{mu} &= (72.3 + 72.3) / 1.8 \\ &= 80.3 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kesme Dayanımı (Denk.(15) kullanarak),

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j$$

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.380^{0.23} (180 + 180)}{1.20 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00677 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 28.4 \right\} 50 \cdot 65.6$$

$$Q_{su} = 87248 \text{ kgf} = 87.2 \text{ ton}$$

Kırılma Tipi: Eğilme

Denk.(23) kullanarak,

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2$$

$$= 10(Q_{su}/Q_{mu} - 1) - k_1 - k_2$$

$$= 10(87.2/80.3 - 1) - 0 - 0$$

$$= 0.9$$

$$= 1.0$$

Süneklik İndeksi F

Denk. (22) kullanarak,

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} = \sqrt{(2\mu - 1) / 0.75 / (1 + 0.05\mu)}$$

$$F = \sqrt{(2 \cdot 1.0 - 1) / 0.75 / (1 + 0.05 \cdot 5.0)} = 1.27$$

C₃' Kolonu: Boyutlar ve diğer bilgiler;

bxD	50*80 cm	d	75 cm
j	65.6 cm	h_o	180 cm
a_t	4*3.8=15.2 cm ²	ρ_t	0.38 %
ρ_w	0.00677 (4φ13, @15 cm)	M/Q/d	h _o /d/2=1.2
N	3.5*4.5*1.2*3=56.7 ton	σ₀	56700/50/80=14.2 kgf/cm ²
σ_y	3500 kgf/cm ²	σ_{wy}	3000 kgf/cm ²
f_c	180 kgf/cm ²		

Eğilme Dayanımı: (Standarttaki Denk.(11) kullanılır.)

$$\begin{aligned} M_u &= 0.8 a_t \sigma_y D + 0.5 N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot f_c} \right) \\ &= 0.8 * 15.2 * 3.5 * 0.8 + 0.5 * 56.7 * 0.8 (1 - 56700 / 50 / 80 / 180) \\ &= 54.9 \text{ tm} \end{aligned}$$

Eğilme göçmesindeki kesme kuvveti :Denk. (18) kullanarak

$$\begin{aligned} Q_{mu} &= (54.9 + 54.9) / 1.8 \\ &= 61.0 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kesme Dayanımı: (Denk.(15) kullanarak),

$$\begin{aligned} Q_{su} &= \left\{ \frac{0.053 \rho_t^{0.23} (180 - f_c)}{M / Q / d + 0.12} + 2.7 \sqrt{\rho_w \sigma_{wy}} + 0.1 \sigma_0 \right\} b j \\ Q_{su} &= \left\{ \frac{0.053 \cdot 0.380^{0.23} (180 + 180)}{1.20 + 0.12} + 2.7 \sqrt{0.00677 \cdot 3000} + 0.1 \cdot 14.2 \right\} 50 \cdot 65.6 \\ Q_{su} &= 82656 \text{ kgf} = 82.7 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kırılma Tipi: Eğilme

Denk.(23) kullanarak,

$$\begin{aligned} \mu &= \mu_0 - k_1 - k_2 \\ &= 10(Q_{su}/Q_{mu} - 1) - k_1 - k_2 \\ &= 10(82.7/61.0 - 1) - 0 - 0 \\ &= 3.56 \end{aligned}$$

Süneklik İndeksi F

Denk. (22) kullanarak,

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} = \sqrt{(2\mu - 1)} / 0.75 / (1 + 0.05\mu)$$

$$F = \sqrt{(2 \cdot 3.56 - 1)} / 0.75 / (1 + 0.05 \cdot 3.56) = 2.80$$

C-2.5.3 Düşey Elemanların Gruplandırılması ve E₀ İndeksinin Hesaplanması

C indeksinin hesabı için kolonlar üç gruba aşağıdaki gibi ayrılmıştır.

Birinci Grup: Üç C₁ kolonu ve iki C₁' kolonu

Kırılma biçimi: Kesme

F İndeksi :1.0

C İndeksi :0.156

$$C = Q_{su} / W = (3 * 41.2 + 2 * 39.3) / 1.296 = 0.156$$

E₀ İndeksi :0.156

$$E_{01} = C_1 * F_1 = 0.156 * 1.0 = 0.156$$

İkinci Grup: Üç C₂ kolonu ve üç C₃ kolonu

Kırılma biçimi: Eğilme

F İndeksi :1.27 (C₃ Kolonu)

C İndeksi :0.355

$$C = Q_{mu} / W = (3 * 73.1 + 3 * 80.3) / 1296 = 0.355$$

E₀ İndeksi :0.451

$$E_{02} = C_2 * F_2 = 0.355 * 1.27 = 0.451$$

Üçüncü Grup: İki C₂' kolonu ve iki C₃' kolonu

Kırılma biçimi: Eğilme

F İndeksi :2.80 (C₃' Kolonu)

C İndeksi :0.169

$$C = Q_{mu} / W = (2 * 48.3 + 2 * 61.0) / 1296 = 0.169$$

E₀ İndeksi :0.473

$$E_{03} = C_3 * F_3 = 0.169 * 2.80 = 0.473$$

E₀ İndeksi : (Standarttaki Denk. (4) kullanılır.)

$$E_0 = \left(\frac{n+1}{n+i} \right) \cdot \sqrt{E_{01} + E_{02} + E_{03}}$$

$$E_0 = \left(\frac{3+1}{3+1} \right) \cdot \sqrt{0.156^2 + 0.451^2 + 0.473^2}$$

$$E_0 = 0.672$$

C-2.5.4 S_D İndeksinin Hesaplanması

- **Eksantrisite Oranı:** Rijitlikteki eksantrisitenin sismik performansa etkisi, Standartta Tablo A.7'de verilen denklemle değerlendirilir:

$$l = e \sqrt{B^2 + L^2}$$

e: rijitlik merkeziyle ağırlık merkezi arasındaki mesafe, B ve L ise planın genel boyutlarıdır.

Aşama 2 Değerlendirmesinde rijitlik merkezi düşey elemanların kesit alanlarından yola çıkılarak yaklaşık olarak belirlenebilir. İncelenen binada bahsedilen yaklaşımla rijitlik merkezinin ağırlık merkezine çok yakın olduğu görülebilir.

Standarttaki Tablo A.7'deki "l" değeri 0 olacağından Gi değeri 1.0 olacaktır.

- **Kütle rijitlik oranı:** Yanal rijitlikteki veya kütledeki düzensizliğin sismik performansa etkisi, Standarttaki Tablo A.7’de “n” parametresiyle değerlendirilir.

İncelenen binada eleman boyutlarında veya kütlede kattan kata değişim olmadığından konuyla ilgili “n” parametresi 1.0 olarak bulunur. Dolayısıyla Standart, Tablo A.7’deki G_i değeri 1.0 olur.

S_D indeksinin değeri: Sonuç olarak, Standart-Tablo A.7’deki tüm G_i değerleri 1.0 olduğu için $S_D=1$ bulunur.

C-2.5.5 T indeksinin Hesabı

Binada zamana bağlı kötüleşme etkileri gözlenmediğinden $T=1.0$ alınmıştır.

C-2.5.6 Sismik Performansın Yorumlanması:

Yapı için Genel Sismik İndeks I_s Standart-Denk.(1)’den bulunur:

$$I_s = E_0 S_D T = 0.672 * 1.0 * 1.0 = 0.672$$

Aşama 2 Değerlendirmesi için Sismik Yargı Parametresi I_{s0} aşağıdaki gibi bulunur:

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.6 * 1.0 * 1.0 * 1.0 = 0.6$$

Sonuç olarak, binanın X yönündeki sismik performansı “YETERLİ” olarak yorumlanabilir.

D. A Binasının FEMA 310 Yöntemleri ile Analizi

D-1 Giriş

Bu bölümde, Ek-C'de İndeks Yöntemi ile incelenen örnek binanın FEMA 310 ile analizi yapılacak, iki yöntemin sonuçlarının yakınsaklığı kontrol edilecektir.

Yapısal olmayan elemanların değerlendirilmesi kapsam dışı tutulmuştur, dolayısıyla burada yalnızca yapısal kontrol listeleri ve jeolojik kontrol listesi doldurulacaktır. Yapının yalnızca X yönündeki performansı değerlendirilecektir.

D-2 Değerlendirme İçin Gerekli Bilgiler :

D-2.1 Binanın Tanımı

Bölüm C-2.1'de binanın özellikleri verilmiştir. Japonya, Tokyo'da yapılan okul binası 25 yaşında ve 3 katlıdır. Her iki yönde de betonarme moment çerçevelerinden oluşan taşıyıcı sistemde, C aksındaki taşıyıcı olmayan betonarme duvarlar sebebiyle oluşan kısa kolonlar bulunmaktadır. Taşıyıcı sistemin boyutları ve diğer özellikleri EK-C'de verilmiştir.

D-2.2 Araştırma Mertebesi

Aşama 1 ve 2 Değerlendirmeleri için gerekli olan bina bilgileri toplanmış, uygulamada bina çizimlerine uyulduğu doğrulanmıştır (Böl. B-2.2).

D-2.3 Performans Seviyesi

Bina, Can Güvenliği Performans Seviyesinde değerlendirilecektir (Böl. B-2.4).

D-2.4 Depremsellik Bölgesi

Bina yüksek depremsellik bölgesindedir. (Böl. B-2.5)

$$S_1=0.6, S_S=1.5 \quad (\text{Seismic Map Package})$$

$$\text{Zemin sınıfı: B; Kaya, } 2500 \text{ ft/sec} < v_s < 5000 \text{ ft/sec} \quad (\text{Böl. B-3.5.2.3.1})$$

$$F_v=1.0, F_a = 1.0 \quad (\text{Tablo B-3.5 ve B-3.6})$$

$$S_{D1}=2/3 F_v S_1 = 0.4 \quad (\text{Denk. B-3.5})$$

$$S_{DS}=2/3 F_a S_S = 0.1 \quad (\text{Denk. B-3.6})$$

D-2.5 Bina Tipi

Bölüm B-2.6'ya göre yapı her iki yönde de C1 tipi olarak sınıflandırılmıştır. Bu tipteki binaların tanımı için Tablo B-2.2'ye bakınız.

D-3 Tarama Aşaması (Aşama 1)

D-3.1 Giriş

Aşama 1 Değerlendirmesinde amaç, binanın FEMA 310 yayınının koşullarına uygunluğunu hızlıca belirleyebilmektir. Toplanan bilgiler Aşama 1 Değerlendirmesi için yeterlidir.

D-3.2 Kalite standardına uygunluk

Bina, Böl. B-3.2, Tablo B-3.1’de verilen yönetmeliklerden biri kullanılarak tasarlanmamıştır. Dolayısıyla bina için ‘Kalite tescilli’ tanımı yapılamaz.

D-3.3 Kontrol listelerinin seçimi

Tablo B-2.2’ye göre C1 tipi olarak sınıflandırılan bina için, Bölüm B-3.3’e göre şu listeler tanımlanmalıdır :

- Ana yapısal kontrol listesi (Böl. B-3.7.8),
- Ek yapısal kontrol listesi (Böl. B-3.7.9),
- Jeolojik Bölge Tehlikeleri ve Temeller kontrol listesi (Böl. B-3.8),
- Ana yapısal olmayan elemanlar kontrol listesi (Böl. B-3.9.1)

Yukarıdaki kontrol listeleri Tablo B-3.2’ye göre seçilmiştir. Seçimi belirleyen parametreler, Can Güvenliği Performans Seviyesi ve yüksek depremselliktir. Kontrol listeleri ilerleyen bölümlerde doldurulacaktır.

Yapısal olmayan elemanlarda inceleme yapılmayacağı için bu liste hazırlanmayacaktır.

D-3.4 İleri Değerlendirmenin Gerekliliği

Bölüm B-3.4 (Tablo B-3.3)’e göre bu binada C.G. Performans Seviyesinde tüm bina değerlendirmesine gerek yoktur. Aşama 1’de belirlenen zayıflıkları inceleyen zaafllara-özel bir Aşama 2 analizi yeterlidir.

D-3.5 Ana Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçevesi

Aşağıda, incelenen yapı için hazırlanmış Ana Yapısal Kontrol Listesi görülmektedir.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıyor/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenecektir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Ayrıca, kontrol listesinin koşulunun sağlanıp sağlanmamasıyla ilgili açıklamalar, koşulun altında italik harflerle yazılmıştır. Bu açıklamalar sadece sonuçları gösterir. Hesapların ayrıntıları için açıklama içinde verilen referansa gidilmelidir.

Bina Sistemi

D **Y** **U** YÜK AKIŞI: Yapı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim performans seviyeleri için, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.1)

Düzenli çerçevelerden oluşan yapı, bütün bir yük akış yoluna sahiptir.

D **Y** **U** BİTİŞİK BİNALAR: Bitişik bina, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, incelenen binaya yüksekliğinin %4'ünden yakın konumlandırılmamış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.2)

Binaya yakın başka bir bina yoktur.

D **Y** **U** ASMA KATLAR: İç asma katları, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı olarak tutulmalı, veya yanal yük taşıyıcı sisteme sıkıca bağlanmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.1.3)

Yapıda asma kat yoktur.

D **Y** **U** ZAYIF KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin dayanımı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin dayanımının %80'inden az veya eşit olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.1)

Kolonlarda kattan kata boyut ve donatılarda değişim olmadığı için katlar arasında dayanımda değişim yoktur.

D **Y** **U** YUMUŞAK KAT: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin rijitliği, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin rijitliğinin %70'inden, veya üst veya alt üç katın ortalama rijitliğinin %80'inden az veya eşit olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.2)

Zemin kat kolonlarının boylarının diğer katlardan farklı olması haricinde katlar arasında fark yoktur. Kolonların kayma rijitlikleri oranlanırsa, kat rijitlikleri hakkında yorum yapılabilir. Enkesit boyutları kattan kata değişmediği için kolonların yalnızca boylarının oranlanması, rijitliklerin oranını gösterecektir:

$$H_{\text{zemin}}/H_{1.\text{kat}}=3.5/3.3=1.06$$
$$\text{Rijitlikteki Değişim} = \% 6 < \% 20$$

D **Y** **U** GEOMETRİ: Bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin yatay boyutunda, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisine bağlı katlardakinin %30'un'dan fazla değişim olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.3)

Taşıyıcı sistemde enkesit boyutlarında değişim yoktur.

D **Y** **U** DÜŞEYDE SÜREKSİZLİKLER: Yanal yük taşıyıcı sistem in tüm düşey elemanları temele kadar sürekli olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.4)

Taşıyıcı sistemde düşeyde bir süreksizlik yoktur.

D **Y** **U** KÜTLE: Bir kattan diğerine, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, efektif kütlede %50'den fazla değişim olmamalıdır. (Aşama2: Böl. B-4.3.2.5)

Koşul sağlanmaktadır; efektif kütlede, katlar arasındaki tabloda gösterildiği gibi en büyük değişim %31 mertebesinde. Kat ağırlıklarının hesabı için Bölüm D-3.5.1'e bakınız.

Kat	Ağırlık	% Değişim
2. kat	3552 kN	31
1. kat	4643 kN	13
Zemin kat	4112 kN	

D **Y** **U** BURULMA: Kat rijitlik merkeziyle kütle merkezi arasındaki mesafe, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın genişliği veya diğer plan boyutunun %20'sinden az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.2.6)

Koşul sağlanmaktadır. Kat rijitlik merkezleri, "kayma çerçevesi" kabulüyle hesaplanmıştır (kirişler sonsuz rijit kabul edilmiştir) v, burada sonuçların özetleri gösterilmiştir.

	X [m]	Z [m]
Ağırlık merkezi	18	5
Rijitlik merkezi	18	4.415
Fark	0	0.585
Bina boyutları	36	10
%20 bina boyutu	7.2	2
%20 koşulu	Sağlanıyor	Sağlanıyor

D **Y** **U** BETONARMEDE KÖTÜLEŞME: Yanal yük taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda, betonda veya donatıda gözle görülür kötüleşme olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.3.4)

Yapıda beton ve donatıda zamana bağlı kötüleşme görülmemiştir.

D **Y** **U** ARTGERME ANKRAJLARI: Art germe veya uç fittingleri civarında paslanmanın delili olmamalıdır. Sarım ankrajları kullanılmamış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.3.3.5)

Yapıda artgermeli eleman yoktur.

Yanal Yük Taşıyıcı Sistem

D **Y** **U** BOLLUK: Her bir ana aks yönündeki moment çerçevesi sayısı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en az 2 olmalıdır. Her bir moment çerçevesindeki açıklık sayısı, Can Güvenliği için en az 2, Acil Yerleşim için en az 3 olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.1.1)

Koşul sağlanmaktadır:

*Çerçeve sayısı: X doğrultusunda 5 çerçeve, Z doğrultusunda 3 çerçeve
Açıklık sayısı: X-Y çerçevelerinde 4 açıklık, Z-Y çerçevelerinde 2 açıklık.*

D **Y** **U** BÖLME DUVARLARI: Moment çerçeveleri içindeki tüm dolgu duvarlar yapısal elemanlardan izole olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.2.1)

Yapıda, kolonları kısa kolon davranışına sürükleyen, taşıyıcı sistemden izole edilmemiş beton duvarlar vardır.

D

Y

U

KAYMA GERİLMESİ KONTROLÜ: Bölüm 3.5.3.2'deki hızlı kontroller kullanılarak hesaplanan kayma gerilmesi, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, 100psi'den veya $2\sqrt{f_c}$ 'den az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.1)

Yalnızca X yönü yüklemesinde, 2.kattaki kolonlardaki kayma gerilmesi verilen sınırın altında kalmıştır. Diğer katlarda kayma gerilmesi kontrolü sağlanamamaktadır. Hesabın ayrıntıları için Bölüm D-3.5.2 ile D-3.5.4'e bakınız.

$$f_c = 18 \text{ Mpa} = 2610.68 \text{ psi}$$

$$100 \text{ psi} = 689.47 \text{ kN/m}^2$$

$$2\sqrt{f_c} = 2\sqrt{(2610.68)} = 102 \text{ psi ; sınır olarak 100psi kullanılacaktır.}$$

Kat	Kayma gerilmesi – X yönü	Kayma gerilmesi – Z yönü
2	618.74 kN/m ²	742.49 kN/m ²
1	1189.6 kN/m ²	1427.52 kN/m ²
Z	1429.2 kN/m ²	1715.04 kN/m ²

D

Y

U

NORMAL GERİLME KONTROLÜ: Devirme kuvvetlerini taşıyan kolonlarda ağırlık yükleri sebebiyle oluşan normal gerilme, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $0.10f_c$ 'den az olmalıdır. Alternatif olarak, yalnızca devirme kuvvetlerinden oluşan, Bölüm 3.5.3.6'daki hızlı kontrollerden hesaplanmış normal gerilmeler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $0.30f_c$ 'den az olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.2)

İki durum için de normal gerilme kontrolü yapılmıştır. Deprem yükleri altında normal gerilmeler sınırı aşmadığı halde, ağırlık yükleri altında sınır aşılmıştır.

1. Ağırlık Yükleri için Değerlendirme:

$$\text{Sınır gerilme: } 0.10f_c = 0.10 \cdot 18000 = 1800 \text{ kN/m}^2$$

Zemin kat kolonlarında, kolonun taşıdığı birim alana düşen kuvvet:

$$q = W/(B \cdot L) = 12307/(36 \cdot 10) = 34.19 \text{ kN/m}^2$$

Bulunan eşdeğer q kuvvetine elde edilen gerilmeler aşağıda gösterilmiştir:

Kolon	Taşıdığı alan [m ²]	Normal kuvvet [kN]	Kesit alanı [m ²]	Normal gerilme [kN/m ²]	Sınırın altında mı?
A2, A3, A4	9*3.5	1077	0.4	2692	HAYIR
A1, A5	4.5*3.5	538.5	0.4	1346	Evet
B2, B3, B4	9*5	1538	0.4	3846	HAYIR
B1, B5	4.5*5	769	0.4	1923	HAYIR
C2, C3, C4	9*1.5	462	0.24	1925	HAYIR
C1, C5	4.5*5.5	231	0.24	963	Evet

Bu durumda, zemin katla beraber 1. kat B2,B3,B4 kolonlarında da normal gerilme koşulu sağlanamaz:

$$3846 \cdot 2/3 = 2564 \text{ kN/m}^2$$

2. Devirme Kuvvetleri için Değerlendirme:

$$\text{Sınır gerilme: } 0.3f_c = 0.3 \cdot 18000 = 4800 \text{ kN/m}^2$$

Zemin kat kenar kolonlarında devirme kuvveti hesabı:

$$p_{oi} = 1/m \cdot (2/3) \cdot (V \cdot h_n) / (L \cdot n_f) \quad (\text{Denk. B-3.14})$$

m=2 (C.G) ; Eleman modifikasyon çarpanı, Can Güvenliği için m=2

V=11891 kN ; Pseudo yanal kuvveti

$h_n=10.1$ m ; Binanın tabandan çatı seviyesine yüksekliği
 $L_x=36$ m, $L_z=10$ m ; Binanın boyutları
 $n_{fx}=3$, $n_{fz}=5$; Belirtilen yöndeki çerçeve sayısı

$p_{otx} = (1/2) * (2/3) * 11891 * 10.1 / (36 * 3) = 370.67$ kN ; Dış kolondaki normal kuvvet.

Gerilme= $370.67 / (0.6 * 0.4) = 1544$ kN/m² ; sınırın altında.

$p_{otx} = (1/2) * (2/3) * 11891 * 10.1 / (10 * 5) = 800.66$ kN ,

Gerilme= $800.66 / (0.6 * 0.4) = 3336$ kN/m² ; sınırın altında.

Birleşimler

D

Y

U

BETONARME KOLONLAR: Tüm betonarme kolonlar, Can Güvenliği Performans Seviyesi için temele saplanmış olmalıdır. Acil Yerleşim için, ankrajların kapasitesi kolonun çekme kapasitesine varabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.6.3.2)

Tüm kolonlarda ankraj donatıları, kolonun kapasitesini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir.

D-3.5.1 Sismik Kat Ağırlıkları

Yükler:

Döşemeler :

15 cm beton : 3.75 kN/m^2

Sıva+şap+kaplama : 1.36 kN/m^2

$g = 5.11 \text{ kN/m}^2$ zati yük (q_D)

$q = 1.915 \text{ kN/m}^2$ hareketli yük (q_L)

$q_s = 0.75 \text{ kN/m}^2$ kar yükü

Duvar yükleri : 4.2 kN/m^2 ‘den hesaplanacak:

2. Kat : duvar yükü yok.

1. Kat : 30/60 kirişlerin altındaki duvarlar : $(3.3 - 0.6) \times 4.2 = 11.34 \text{ kN/m}^2$

30/80 kirişlerin altındaki duvarlar : $(3.3 - 0.8) \times 4.2 = 10.50 \text{ kN/m}^2$

30/90 kirişlerin altındaki duvarlar : $(3.3 - 0.9) \times 4.2 = 10.08 \text{ kN/m}^2$

Zemin kat : 1. kat ile aynı duvar yükleri uygulanacak.

Kat Ağırlıkları:

2. Kat:

Döşemeler : $5.11 \times 10 \times 36 = 1839,6 \text{ kN}$

Kolonlar : $429/2 = 214.5 \text{ kN}$

Kirişler : 659.27 kN

Duvarlar : $1541.89/2 = 770.94 \text{ kN}$

$W_{2D} = 3484 \text{ kN}$: Zati yük

$W_{2L} = 0.75 \times 10 \times 36 = 270 \text{ kN}$: hareketli yük , ($q_s = 0.75 \text{ kN/m}^2$ kar yükü)

$W_2 = W_{2D} + 0.25 W_{2L} = 3552 \text{ kN}$: İkinci katın sismik ağırlığı

1. Kat

Döşemeler : $1839,6 \text{ kN}$

Kolonlar : 429 kN

Kirişler : 659.27 kN

Duvarlar : 1541.885 kN

$$W_{1D} = 4470.295 \text{ kN}$$

$$W_{1L} = 1.915 \times 10 \times 36 = 689.4 \text{ kN} , q_L = 1.915 \text{ kN/m}^2 = 40 \text{ psf}^1$$

$$W_1 = W_{1D} + 0.25 W_{1L} = 4643 \text{ kN}$$

Zemin Kat :

$$\text{Döşemeler} : 1839,6 \text{ kN}$$

$$\text{Kolonlar} : 429/2 + 455 = 669.5 \text{ kN}$$

$$\text{Kirişler} : 659.27 \text{ kN}$$

$$\text{Duvarlar} : 1541.89/2 = 770.94 \text{ kN}$$

$$W_{2D} = 3939.31 \text{ kN}$$

$$W_{2L} = 689.4 \text{ kN}$$

$$W_2 = W_{2D} + 0.25 W_{2L} = 4112 \text{ kN}$$

$$\text{Bina ağırlığı} : W = W_1 + W_2 = 12307 \text{ kN}$$

$$\boxed{W=12307 \text{ kN}}$$

D-3.5.2 Pseudo Kuvveti

$$V = C.S_a.W \text{ (Denk. B-3.1)}$$

$$C = 1.0 \text{ (Tablo B-3.4)}$$

$$S_{D1} = 0.4 , S_{DS} = 1.0 , \text{ Bölüm D-2.4}$$

$$h_n = 10.1 \text{ m} = 33.14 \text{ feet}$$

$$T = C_t.h_n^{3/4} = 0.03 \times (33.14)^{3/4} = 0.414 \text{ sn (Denk. B-3.7)}$$

$$S_a = S_{D1}/T = 0.4/0.414 = 0.9662, S_a < S_{DS}$$

$$V = 1.0 \times 0.9662 \times 12307 = 11891 \text{ kN}$$

$$\boxed{V=11891 \text{ kN}}$$

D-3.5.3 Kat Kesme Kuvvetleri (Aşama 1)

$$V_j = \frac{(n+j)}{(n+1)} \cdot \frac{W_j}{W} \cdot V \text{ (Denk. B-3.3)}$$

n : Toplam kat sayısı, n=3

j : incelenen katın numarası

¹ Burada okul tipi binalar için kullanılan 40psf=1.915 kN/m² hareketli yük, UBC-97, Table 16-A'da ve Ref.[12] – ASCE-7, Table-2'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, TS-498'deki q=3.5kN/m² değerinden oldukça düşüktür.

W_j : incelenen katın üstündeki katların ağırlığı

W : binanın ağırlığı, $W=12307$ kN

V : Pseudo kuvveti, 11891 kN

$$V_2 = \frac{3+3}{3+1} \cdot \frac{3552}{12307} \cdot 11891 = 5147.9 \text{ kN}$$

$$V_1 = \frac{3+2}{3+1} \cdot \frac{3552 + 4643}{12307} \cdot 11891 = 9897.5 \text{ kN}$$

$$V_Z = \frac{3+1}{3+1} \cdot \frac{12307}{12307} \cdot 11891 = 11891 \text{ kN}$$

D-3.5.4 Kayma Gerilmesi Kontrolü

$$v_{avg} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (\text{Denk. B-3.10})$$

n_c =15; incelenen kattaki toplam kolon sayısı

n_f : yükleme yönündeki toplam çerçeve sayısı

A_c : incelenen kattaki kolonların toplam enkesit alanı

V_j : kat kesme kuvveti

m : eleman modifikasyon çarpanı (C.G. için $m = 2$)

X yönü :

Sınırlar :

- $100 \text{ psi} = 689.47 \text{ kN/m}^2$
- $2\sqrt{f'_c} = 2\sqrt{2610.68} = 102 \text{ psi}$. Sınır olarak 100 psi kullanılacaktır.

$$v_{avg2} = \frac{1}{2} \left(\frac{15}{15-3} \right) \left(\frac{5147.9}{5.2} \right) = 618.74 \text{ kN/m}^2 < 689.47 \text{ kN/m}^2, \text{ Sağlanıyor.}$$

$$v_{avg1} = \frac{1}{2} \left(\frac{15}{15-3} \right) \left(\frac{9897.5}{5.2} \right) = 1189.60 \text{ kN/m}^2 > 689.47 \text{ kN/m}^2, \text{ Sağlanmıyor}$$

$$v_{avgZ} = 1429.2 \text{ kN/m}^2 > 689.47 \text{ kN/m}^2, \text{ Sağlanmıyor}$$

Z yönü :

$$v_{avg2} = \frac{1}{2} \left(\frac{15}{15-5} \right) \left(\frac{5147.9}{5.2} \right) = 742.49 \text{ kN/m}^2 > 689.47 \text{ kN/m}^2, \text{ Sağlanmıyor}$$

$$v_{avg1} = 1427.52 \text{ kN/m}^2 > 689.47 \text{ kN/m}^2 , \text{ Sağlanmıyor}$$

$$v_{avg2} = 1715.04 \text{ kN/m}^2 > 689.47 \text{ kN/m}^2 , \text{ Sağlanmıyor}$$

- **Sonuç:** Yalnızca 2. katta X yönündeki yüklemeye kayma gerilmesi kontrolü sağlanabilmiştir.

D-3.6 Ek Yapısal Kontrol Listesi: C1- Betonarme Moment Çerçeveleri

Aşağıda, incelenen yapı için hazırlanmış Ana Yapısal Kontrol Listesi görülmektedir.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıyor/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenmiştir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Ayrıca, kontrol listesinin koşulunun sağlanıp sağlanmamasıyla ilgili açıklamalar, koşulun altında italik harflerle yazılmıştır. Bu açıklamalar sadece sonuçları gösterir. Hesapların ayrıntıları için açıklama içinde verilen referansa gidilmelidir.

Yanal Yük Taşıyıcı Sistem

D **Y** **U** KİRİŞSİZ DÖŞEME: Yanal yük taşıyıcı sistem, kolonlar ve kirişsiz döşemelerin oluşturduğu bir çerçeve olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.3)

Binada kirişsiz döşeme sistemi bulunmamaktadır.

D **Y** **U** ÖNGERİLMELİ ÇERÇEVE ELEMANLARI: Yanal yük taşıyıcı sistem önerilmeli veya artgermeli elemanlardan oluşmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.4)

Yapıda önerilmeli eleman bulunmamaktadır.

D **Y** **U** KISA KOLONLAR: Bir katta, tipik kolonların nominal yükseklik/derinlik oranının Can Güvenliği Performans Seviyesi için %50'sinden, Acil Yerleşim Performans Seviyesi için %75'inden az yükseklik/derinlik oranına sahip kolon bulunmayacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.5)

Zemin kat kolonları:

C aksı kolonlarında yükseklik/derinlik oranı: $120/60=2$

B ve A aksı kolonlarında yükseklik/derinlik oranı: $270/80=3.375$

$2.0/3.375=0.593>0.5$; C aksı kolonlarında koşul sağlanmamaktadır.

1. ve 2. kat kolonları:

C aksı kolonlarında yükseklik/derinlik oranı: $120/60=2$

B ve A aksı kolonlarında yükseklik/derinlik oranı: $250/80=3.125$

$2.0/3.125=0.64>0.5$; C aksı kolonlarında koşul sağlanmamaktadır.

D **Y** **U** KAYMA GÖÇMESİ OLMAMASI: Çerçeve elemanlarının kesme dayanımları, kolonların altında ve üstünde eğilme dayanımlarını karşılayabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.6)

C aksında bulunan tüm kolonlarda koşul sağlanamamıştır. Bu kolonlar kısa kolonlardır. Hesabın ayrıntısı için Böl. D-3.6.1'i inceleyiniz.

D **Y** **U** KUVVETLİ KOLON/ZAYIF KİRİŞ: Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri, kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.7)

Tüm kolonlarda koşul sağlanmaktadır. Hesabın ayrıntısı için Böl. D-3.6.2 bölümünü inceleyiniz.

- D** **Y** **U** KİRİŞ DONATILARI: Kirişin başından sonuna kadar uzunluğu boyunca altta ve üstte en az 2'şer boyuna donatı sürekli olarak uzanmalıdır. Birleşim noktalarındaki pozitif veya negatif moment için kullanılan boyuna donatının en az %25'i, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kirişin başından sonuna kadar sürekli olarak uzanmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.8)

Birleşim bölgelerindeki donatıların %25'inden fazlası kiriş boyunca en az 2 donatı çubuğu olarak uzanmıştır. Koşul sağlanmaktadır.

- D** **Y** **U** KOLON DONATI BİNDİRMELERİ: Tüm kolon donatı bindirme eki boyları, Can Güvenliği için $35d_b$ 'den Acil yerleşim için de $50d_b$ 'den büyük olmalı ve en az $8d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.9)

Kolonlarda en büyük donatı çapı $d_b=25mm$ 'dir. $50d_b=125cm$ bindirme ek boyu ve, $8d_b=20cm$ sargı donatısı koşulları sağlanmaktadır.

- D** **Y** **U** KİRİŞ DONATI BİNDİRMELERİ: Boyuna kiriş donatıları için bindirme ekleri, birleşim bölgelerinin $l_b/4$ yakınlığı içinde ve potansiyel plastik mafsallık bölgesi civarlarında olmamalıdır. (l_b kiriş boyudur.) (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.10)

Kirişlerde boyuna donatılarda bindirme eki kullanılmamıştır.

- D** **Y** **U** KOLON ETRİYE ARALIKLARI: Çerçeve kolonlarında uzunlukları boyunca, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $d/4$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Ayrıca tüm potansiyel plastik mafsallık bölgelerinde kolonlar, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $8d_b$ 'den az aralıklı etriyelere sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.11)

80/50 boyutlu kolonlarda 15cm, 60/40 boyutlu kolonlarda 25cm aralıklı etriyeler kolon boyunca kullanılmıştır. 60/40 kolonlarda $d/4=36/4=9cm$, 80/50 kolonlarda $d/4=46/4=11.5cm$ koşulu sağlanmamaktadır. Yani tüm kolonlarda koşul sağlanamamıştır.

- D** **Y** **U** KİRİŞ ETRİYE ARALIKLARI: Tüm kirişlerde Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $d/2$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır. Potansiyel plastik mafsallık bölgelerinde etriyeler Can Güvenliği ve Acil Yerleşim Performans Seviyeleri için en fazla $8d_b$ veya $d/4$ değerlerinden küçük olanı kadar aralıkla yerleştirilmiş olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.12)

Tüm kirişlerde 15cm aralıklı etriyeler kiriş boyunca düzenlenmiştir. Bu durumda, 30/60'lık kirişlerdeki etriye aralığı koşulu sağlanamamaktadır.

	d/2 koşulu	$8d_b$ koşulu	d/4 koşulu
30/80	38 cm	$8*2.2=17.6$ cm	19 cm
30/90	43 cm	$8*2.2=17.6$ cm	21.5 cm
30/60	28 cm	$8*2.2=17.6$ cm	14 cm

- D** **Y** **U** BİRLEŞİM BÖLGESİ DONATISI: Kiriş kolon birleşim bölgeleri, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en fazla $8d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.13)

Birleşim bölgeleri 15cm aralıklı sargı donatılarıyla sarılmıştır. $8d_b$ koşulu, kolonlardaki en büyük donatı çapı olan 22mm 'ye göre kontrol edilirse koşulun sağlandığı görülür:

$$8d_b = 20\text{cm} > 15\text{cm}$$

D **Y** **U** **BİRLEŞİM DIŞMERKEZLİĞİ:** Kiriş ve kolon merkez çizgileri arasında kolon küçük boyutunun %20'sinden büyük dışmerkezlilik olmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.14)

Yapı Can Güvenliği Performans Seviyesinde incelenmektedir.

D **Y** **U** **ETRİYE KANCALARI:** Kolon ve kiriş etriyeleri eleman beton çekirdeklerine en az 135°lik kancalarla ankre edilmiş olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.4.15)

Yapı Can Güvenliği Performans Seviyesinde incelenmektedir.

D **Y** **U** **YER DEĞİŞTİRME UYGUNLUĞU:** İkincil elemanlar, Can Güvenliği Performans Seviyesinde taşıyıcı elemanların eğilme dayanımına eriştiğinde yeterli kesme dayanımına, Acil Yerleşim Seviyesinde ise yüksek süneklikli detaylandırmaya sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.6.2)

Binada hiç bir eleman ikincil olarak sınıflandırılmamıştır.

D **Y** **U** **İKİNCİL KİRİŞSİZ DÖŞEMELER:** İkincil olarak sınıflandırılan kirişsiz döşemeler, Can Güvenliği Performans Seviyesinde kolon birleşim noktalarına kadar kesintisiz uzanan alt çeliğe sahip olmalıdır. Acil Yerleşim Performans Seviyesinde düz döşemelere izin verilmemektedir. (Aşama 2: Böl. B-4.4.1.6.3)

Binada hiç bir eleman ikincil olarak sınıflandırılmamıştır ve kirişsiz döşeme yoktur.

Diyaframlar

D **Y** **U** **DİYAFRAM SÜREKLİLİĞİ:** Diyaframlar, bölünmüş kat döşemelerinden oluşmamalıdır. Ahşap binalarda, diyaframlarda derz aralığı bulunmamalıdır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.1)

Diyaframlar kat içinde sürekli dirler.

D **Y** **U** **PLANDA DÜZENSİZLİKLER:** Döşeme boşluğu köşelerinde ve diğer plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde diyaframın dayanımını karşılayacak çekme kapasitesi olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.7)

Döşemelerde boşluk yoktur ve yapı Can Güvenliği Performans Seviyesinde incelenmektedir.

D **Y** **U** **BOŞLUKLARDA DİYAFRAM DONATISI:** Bina genişliğinin %50'sinden büyük döşeme boşluklarının çevresinde donatı olmalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesine uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. B-4.5.1.8)

Döşemelerde boşluk yoktur ve yapı Can Güvenliği Performans Seviyesinde incelenmektedir.

Birleşimler

D **Y** **U** KAZIK BAŞLIKLARINDA YANAL YÜK: Kazık başlıkları üst donatı bulunmalıdır ve Can Güvenliği Performans Seviyesinde kazıklar kazık başlıklarına ankre edilmiş olmalıdır, ve Acil Yerleşim Performans Seviyesinde kazık başlıkları kazıkların çekme kapasitesini karşılayabilmelidir. (Aşama 2: Böl. B-4.6.3.10)

Binada kazıklı temel yoktur.

D-3.6.1 Kesme Göçmesi Olmaması

Bu koşul, kolonlarda oluşabilecek maksimum kesme kuvvetinin karşılanabilmesinin mümkün olup olmadığını kontrol etmek içindir. Kolon iki ucunda oluşacak plastik mafsal momentleri altında oluşacak kesme kuvvetini taşımakta yetersizse, Aşama 2 analizi yapıp bulunan kesme kuvvetleri altında yeniden değerlendirilecektir.

Kolonların eğilme kapasiteleri, üzerlerindeki eksenel kuvvete bağlı olarak değiştiğinden bir kolonda tek bir eğilme kapasitesinden (dolayısıyla eğilme kapasitesinde oluşacak kesme kuvvetinden) bahsedilemez. İncelemenin bu aşamasında, deprem tesirleri bilinmediği için, kolonların eğilme kapasiteleri yalnızca ağırlık kuvvetleri altındaki eksenel kuvvet mertebesinde belirlenecek, ve buradan da kesme kuvvetini karşılayabilirliği kontrol edilecektir. Öncelikle malzeme özellikleri incelenirse:

- Donatılar:

Boyuna donatılarda nervürlü çelik kullanılmıştır, SD30 donatı çeliği için pekleşmeli dayanım $f_y = 300 \times 1.25 = 375 \text{ N/mm}^2$ kabul edilmiştir.

Enine donatılarda düz çelik kullanılmıştır, SR24 çeliği için pekleşmeli dayanım $f_{yw} = 240 \times 1.25 = 300 \text{ N/mm}^2$ kabul edilmiştir.

- Beton :

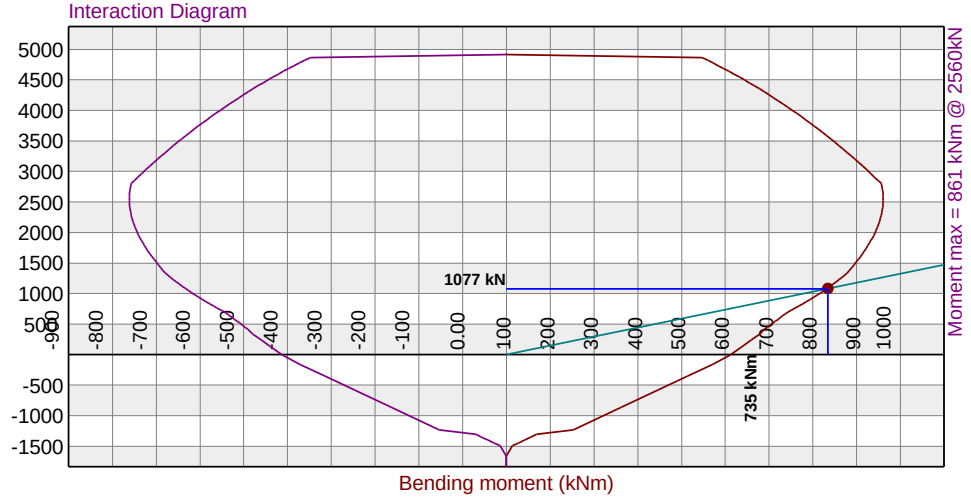
$$f_c' = 18 \text{ N/mm}^2$$

FEMA 310'da dayanım hesaplarının Ref.[10]- *Provisions* yayını kullanılarak yapılması şart koşulmuştur. *Provisions*, ACI 318'i referans alıp, bazı maddelerini değiştiren bir yayındır. Konunun dahilindeki hesaplar için *Provisions*'da ACI 318'i değiştiren bir koşul görülmediği için bu bölümde yapılacak dayanım hesapları için ACI 318-95 prosedürleri kullanılacaktır.

Zemin Katta İnceleme:

Kolon	Taşıdığı alan [m ²]	Normal kuvvet [kN]
A2, A3, A4	9*3.5	1077
A1, A5	4.5*3.5	538.5
B2, B3, B4	9*5	1538
B1, B5	4.5*5	769
C2, C3, C4	9*1.5	462
C1, C5	4.5*5.5	231

A2, A3, A4 kolonları:



$$P_u = 1077 \text{ kN}$$

$M_p = 735/0.7 = 1050 \text{ kNm}$ (şekilde görülen etkileşim eğrisi ACI 318-95 prosedürlerini kullanır. Dolayısıyla etkileşim eğrisindeki bulunan dizayn dayanımı, $\phi = 0.7$ 'ye bölünerek nominal dayanıma dönüştürülmüştür. Donatının akma dayanımı olarak da 1.25 ile arttırılmış değer girildiğinden, M_p pekleşmeli moment taşıma gücü (Q_{CE}) elde edilmiş olur.)

Eğilme kapasitesindeki kesme kuvveti: (ACI 318-95, Böl. 21.3.4.1 bölümüne göre)

$$V_e = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{H} = \frac{2 \times 1050}{3.5 - 0.8}$$

$$V_e = 777.777 \text{ kN}$$

Kesme kapasitesi: (ACI 318-95, Böl. 11.5.6, Denk. 11-15)

Kesme donatısı : $4\phi 13/15\text{cm} : 530.92 \text{ mm}^2/150\text{mm}$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{530.92 \times 0.300 \times 760}{150} = 806.992 \text{ kN} > V_e = 777.777 \text{ kN}$$

Yalnızca etriyelerin karşılayabileceği kesme kuvveti V_s , eğilme göçmesindeki kesme kuvveti V_e 'den büyük olduğu için elemanda kesme kırılması tehlikesi yoktur. A1 ve A2 kolonlarında normal kuvvet daha düşük olduğu için eğilme dayanımları ve bu dayanımlardan elde edilen kesme kuvvetleri daha düşük olacaktır. Dolayısıyla $P < 2560 \text{ kN}$ seviyesindeki eksenel kuvvetler için, değerlendirmenin yüksek olan eksenel kuvvet üzerinden yapılması yeterlidir.

B2, B3, B4 kolonları :

$$P_u = 1538 \text{ kN}$$

$$M_p = 803/0.7 = 1147 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{M_{p1} + M_{p2}}{H} = \frac{2 \times 1147}{3.5 - 0.9}$$

$$V_e = 882.307 \text{ kN}$$

$V_s = 806.992 \text{ kN} < V_e$: kolonda etriyelerle sağlanan kesme dayanımı yetersizdir. Bu yüzden, kesme dayanımı hesabında betonun dayanıma katkısının eklenebilirliği değerlendirilmelidir.

ACI 318, Böl. 21.3.4.2'ye göre;

$$P_u \leq 0.05 A_g f'_c \text{ ve } V_e \geq 0.5 V_u$$

koşulları aynı anda sağlanıyorsa beton katkısı katılamaz.

P_u , kesitteki eksenel kuvvet, A_g kesit alanı, V_u ise kesitteki mevcut kesme kuvvetidir.

$$0.05 A_g f'_c = 0.05 \times 800 \times 500 \times 0.018 = 360 \text{ kN}$$

$$P_u = 1538 \text{ kN} > 0.05 A_g f'_c = 360 \text{ kN}.$$

Koşullardan birisi sağlanmadığı için beton katkısı eklenebilir. Betonun kesme dayanımına katkısı, ACI 318-95, Böl.11.3.1.2, Denk. (11-4) ile hesaplanır:

$$V_c = 2\sqrt{f'_c} b w d \left(1 + \frac{N_u}{2000 A_g} \right) ; (\text{birimler : pound ve inç})$$

$$V_c = 2\sqrt{2611} \times 29.92 \times 19.69 \left(1 + \frac{345756.28}{2000 \times 29.92 \times 19.69} \right) \text{ pound}$$

$$V_c = 778.736 \text{ kip}$$

$$V_c = 346.4 \text{ kN}$$

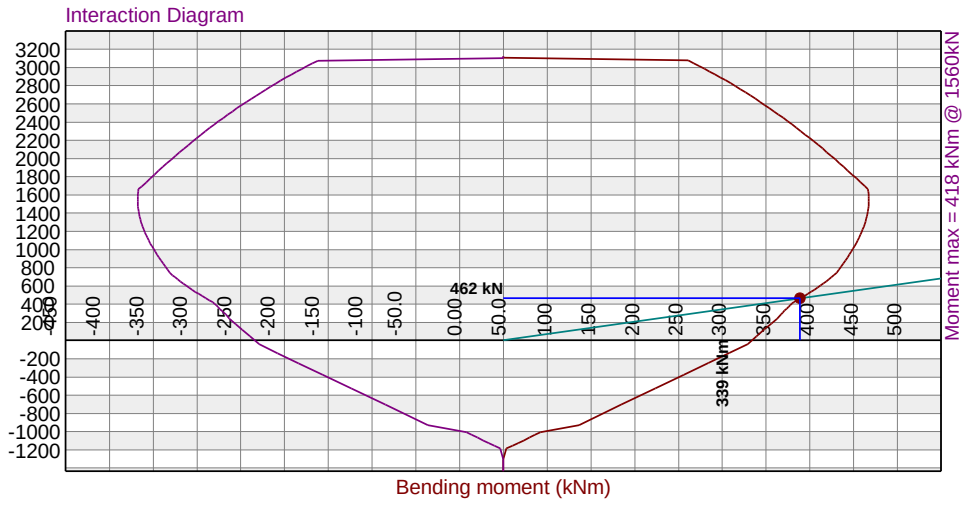
Bu durumda, betonarme kesitin taşıyacağı kesme kuvveti (V_n)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = 346.4 + 806.99 = 1153.39 \text{ kN}$$

- **Sonuç** : $V_n > V_e$ olduğu için B2, B3 ve B4 kolonları kesme açısından güvenlidir. B1 ve B5 kolonlarındaki eksenel kuvvet $P_u = 769 \text{ kN} > 0.05 A_g f'_c$ olduğu için bu kolonlarda da betonun kesme dayanımına katkısı dahil edilebilir. Ayrıca bu kolonlardaki eksenel kuvvet B2-B5 kolonlarından daha azdır, dolayısıyla moment kapasitesi daha düşüktür. Moment kapasitesinin düşük olması kesme kuvvetini de düşüreceğinden bu kolonlarda ayrıca inceleme yapmaya gerek yoktur. Sonuç olarak, B aksı kolonlarının hepsinde kesme güvenliği sağlanmıştır.

C2, C3, C4 kolonları :



$$P = 462 \text{ kN}$$

$$M_p = 339 / 0.7 = 484 \text{ kNm}$$

$H=1.2\text{m}$

$$V_e = 2M_p/H = 2*484/1.2=806.67 \text{ kN}$$

$$A_v = 254.47 \text{ mm}^2 \text{ (4}\phi 9/25\text{cm)}$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{254.47 \times 0.300 \times 560}{250} = 171 \text{ kN} < V_e : \text{etiriyelerin kesme dayanımı}$$

yetersizdir. Beton katkısının katılabilirliğini araştıralım :

$P_u \leq 0,05 A_{gfc}$ ve $V_e \geq 0.5 V_u$ ise beton katkısı katılamaz.

$$0,05 A_{g/c}' = 0.05 * 600 * 400 * 0.018 = 216 \text{ kN}$$

$P_u > 0.05 A_g f_c'$ Koşullardan birisi sağlanmadığı için beton katkısı eklenebilir.

$$V_c = 2\sqrt{f_c'} b w d \left(1 + \frac{N_u}{2000 A_g} \right) ; \text{ (ACI 11-4) } N_u/A_g \text{ için birimler : pound ve inç}$$

$$V_c = 2\sqrt{2611} \times 23.62 \times 15.75 \left(1 + \frac{103861.77}{2000 \times 23.62 \times 15.75} \right)$$

$$V_c = 192.72 \text{ kN}$$

$$V_n = V_n + V_s = 192.72 + 171 = 363.72 \text{ kN} < V_e = 806.67 \text{ kN}$$

- **Sonuç:** C2, C3 ve C4 kolonları kısa kolon karakterlidir ve eğilme göçmesine varmadan önce kesme kapasitelerine ulaştıklarından yapıda potansiyel tehlike oluştururlar. Bu elemanlarda oluşacak kesme kuvvetlerinin eleman kesme

kapasitesini aşıp açmayacağını kontrolü gereklidir. Bu kontrol, Aşama 2 Analizinde yapılacaktır.

C1 ve C5 kolonları :

$$P = 231 \text{ kN} > 0.05 A_g f_c'$$

$$M_p = 446 \text{ kNm}$$

$$H=1.2\text{m}$$

$$V_e = 2M_p/H = 2*446/1.2=743 \text{ kN}$$

$$V_e > V_n = 406.47 \text{ kN} \text{ (} V_n \text{ değeri C2-C5 kolonları için yukarıda hesaplanmıştı)}$$

- **Sonuç:** Bu kolonlar da eğilme kapasitesinden önce kesme kapasitesine ulaşılmaktadır.

1. ve 2. Katlarda inceleme:

Üst katlarda (1. ve 2.) kolonlardaki normal kuvvet zemin kattakilere göre daha düşük olduğundan bu katlarda kolon kapasiteleri ve bu kapasitelerden elde edilen kesme kuvvetleri de daha düşük olacaktır. Kolonlardaki kesme donatıları değişmediğinden kısa kolonlar haricindeki kolonlarda yeniden kontrole gerek yoktur. Kısa kolonlarda ise, $P=0 \text{ kN}$ için bile;

$$M_p=275/0.7=392.86 \text{ kNm},$$

$V_e=2*392.86/1.2= 674.76 \text{ kN} > V_n=406.47 \text{ kN}$ olduğu için, C aksı kolonları tüm katlarda kesme kırılması koşulunu sağlayamamaktadır.

D-3.6.2 Kuvvetli Kolon / Zayıf Kiriş

Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır.

Bu koşul, sistemde mekanizma oluşup erken göçmeye varılması tehlikesinin önlenmesi için konulmuştur.

Kolonların kapasiteleri, daha önce bahsedildiği gibi ağırlık eksenel kuvvetleri altında değerlendirilecektir. Daha detaylı değerlendirme Aşama 2 Değerlendirmesinde yapılacaktır.

Kiriş ve kolonların kesit ve donatıları kattan kata değişmediğinden, değerlendirme kolon eksenel kuvvetlerinin daha az olduğu 1. katta yapılacaktır. Bilindiği gibi en üst katlarda bu kontrole gerek yoktur.

Konuyla ilgili ACI 318-95'deki hüküm şudur : (ACI 318-95, 21.4.2.2)

$$P > 0.1 A_g f_c \text{ ise,}$$

$$\sum M_e \geq 6/5 \sum M_g$$

ΣM_e : Düğüm noktasında, kolonların dizayn eğilme dayanım momentlerinin taşınmış toplamı

ΣM_e : Düğüm noktası merkezinde, kirişlerin dizayn eğilme dayanım momentlerinin toplamı

Bu koşul A.B.Y.Y.H.Y. 7.3.5.1'deki koşula benzemektedir, ancak Türk deprem yönetmeliğinde pekleşmeli taşıma gücü momentleri, ACI'da ise dizayn taşıma gücü momentleri kullanılır. Buradaki hesapta ise pekleşmeli dayanımlar kullanılır.

1. Kat A1 düğüm noktası :

Birinci kat kolonunda normal kuvvet : $P=538.5 \cdot 2/3=359$ kN

$P < 0.1 A_g f_c = 0.1 \cdot 0.8 \cdot 0.5 \cdot 18000 = 720$ kN olduğu için bu kontrole gerek yoktur.

1. Kat A2 düğüm noktası:

Kolon eksenel yükü : $1077 \frac{2}{3} = 718$ kN kuvvetli kolon zayıf kiriş kontrolüne gerek yoktur.

1. Kat B1 ve B5 düğüm noktaları:

Kolon eksenel yükü : $769 \frac{2}{3} = 512.67$ kN kuvvetli kolon zayıf kiriş kontrolüne gerek yoktur.

1. Kat B2, B3, B4 düğüm noktaları:

Kolon eksenel yükü : $1538 \frac{2}{3} = 1025$ kN > 720 kN: kuvvetli kolon zayıf kiriş kontrolü gereklidir.

Kiriş pozitif moment taşıma gücü : 341.26 kNm

Kiriş negatif moment taşıma gücü : 803.24 kNm

2. Kat kolon taşıma gücü :

$$P = 1538 \frac{1}{3} = 512.67 \text{ kN}$$

$$M_p = 606/0.7 = 866 \text{ kNm}$$

1. Kat kolon taşıma gücü :

$$P = 1538 \frac{2}{3} = 1025 \text{ kNm}$$

$$M_p = 728/0.7 = 1040 \text{ kNm}$$

Bulunan mesnet yüzü taşıma gücü momentleriyle elde edilen moment dağılımı, düğüm noktası merkezindeki momentlerin hesaplanmasında kullanılır.

Merkeze taşınan momentler :

Kiriş pozitif moment taşıma gücü : 397.09 kNm

Kiriş negatif moment taşıma gücü : 859.07 kNm

$$1. \text{ Kat kolonu momenti : } \frac{1110}{1.3} \times (1.3 \times 0.45) = 1494.23 \text{ kNm}$$

$$2. \text{ Kat kolonu momenti : } \frac{960}{1.3} \times (1.3 \times 0.45) = 1292.31 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_e = 1494.23 + 1292.31 = 2786.54 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_g = 397.09 + 859.07 = 1256.16 \text{ kNm}$$

$$\Sigma M_e / \Sigma M_g = 2.218 > 6/5 = 1.2 \text{ koşul sağlanmıştır.}$$

1. Kat C2, C3, C4 düğüm noktaları :

$$\text{Kolon eksenel yükü : } P = 462 \times 2/3 = 308 \text{ kN} < 0.1A_g f'_c = 720 \text{ kN}$$

- Kuvvetli kolon zayıf kiriş kontrolüne gerek yok.

- **Sonuç:** Daha önce de belirtildiği gibi zemin kat kolonlarındaki eksenel kuvvet daha yüksek olduğu ve kolonlarda bu mertebedeki eksenel kuvvet altında eksenel kuvvet arttıkça taşıma gücünün de arttığı, kirişlerin ise taşıma gücünün değişmediği bilindiği için bu katta ayrıca kuvvetli kolon zayıf kiriş incelemesine gerek yoktur.

D-3.7 Jeolojik Bölge Tehlikesi ve Temeller Kontrol Listesi

Aşağıda, incelenen yapı için hazırlanmış Jeolojik Bölge Tehlikesi ve Temeller Kontrol Listesi görülmektedir.

Aşama 1 Değerlendirmesi için bu kontrol listesindeki her bir değerlendirme ifadesi sağlıyor/Doğru (D), sağlamıyor/Yanlış (Y) veya Uygulanamaz (U) olarak işaretlenmiştir. Sağlıyor ifadesi, konunun bu yayına göre kabul edilebilir olduğunu tanımlar. Sağlamıyor ifadesi ise, konunun daha ileri araştırma gerektirdiğini tanımlar. Sağlamayan değerlendirme ifadeleri için konuyla ilintili Aşama 2 Değerlendirme Prosedürünü kullanarak daha ileri araştırma yapılacaktır; her bir değerlendirme ifadesini takip eden parantezlerdeki bölüm numaraları, Aşama 2 değerlendirme prosedürüyle bağlantı kurar.

Ayrıca, kontrol listesinin koşulunun sağlanıp sağlanmamasıyla ilgili açıklamalar, koşulun altında italik harflerle yazılmıştır. Bu açıklamalar sadece sonuçları gösterir. Hesapların ayrıntıları için açıklama içinde verilen referansa gidilmelidir.

Jeolojik Bölge Tehlikeleri

Aşağıdaki ifadeler yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki binalar için doldurulmalıdır.

D	Y	U	ZEMİNDE SIVILAŞMA: Binanın sismik performansını tehlikeye sokan sivilaşmaya karşı hassas, doyuma ulaşmış, düşük granülü zeminler, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın 50 feet altına kadar derinlikte bulunmayacaktır. (Aşama 2: Böl. 4.7.1.1) <i>Koşul sağlanmaktadır.</i>
D	Y	U	ŞEV KAYMASI: Bina bölgesi potansiyel deprem sebepli şev kaymasından veya kaya düşmelerinden yeteri kadar uzak olmalı veya önceden bilinen hareketlerle uyumlu davranabilmelidir. (Aşama 2: Böl. 4.7.1.2) <i>Bina şevlerden yeterince uzaktadır.</i>
D	Y	U	YÜZEYDE FAY ÇATLAĞI: Bina bölgesinde yüzeyde fay çatlağı veya yüzey hareketi beklenmiyor. (Aşama 2: Böl. 4.7.1.3) <i>Yüzeyde fay çatlağı gözlenmemiştir.</i>

Temellerin Vaziyeti

Aşağıdaki ifade, tüm Aşama 1 bina değerlendirmeleri için tamamlanacaktır:

D	Y	U	TEMEL PERFORMANSI: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.7.2.1) <i>Temellerde harekete dair gözle görülür bir işaret gözlenmemiştir.</i>
----------	----------	----------	---

Aşağıdaki ifade, yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilecek binalar için doldurulmalıdır.

D **Y** **U** KÖTÜLEŞME: Temel elemanlarının korozyon, sülfat etkisi, malzeme bozulması, veya yapının bütünlüğü ve dayanımını etkileyecek diğer sebepler sebebiyle kötüleşmeye dair bir işaret olmayacaktır. (Aşama 2: Böl. 4.7.2.2)

Temel elemanlarında zamana veya kimyasallara bağlı olan bir kötüleşme gözlenmemiştir.

Temellerin Kapasiteleri

Aşağıdaki ifade, tüm Aşama 1 bina değerlendirmeleri için tamamlanacaktır:

D **Y** **U** KAZIK TEMELLER: Kazık temeller Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, minimum 4feet saplanma derinliğine sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.7.3.1)

Binada kazık temel yoktur.

Aşağıdaki ifadeler, yüksek ve orta sismisite bölgelerindeki Acil Yerleşim Performans Seviyesinde değerlendirilecek binalar için doldurulmalıdır.

D **Y** **U** DEVRİLME: Temel seviyesindeki yanal yük taşıyıcı sistemin etkin boyutunun, bina yüksekliğine (zeminden itibaren ölçülen) oranı 0.6Sa'dan büyük olmalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.7.3.2)

Koşul sağlanmaktadır. Aşağıdaki tabloda B/h oranlarının 0.6Sa'yı aştığı görülmektedir.

	Temel boyutu (B)	Bina Yüksekliği (h)	Oran B/h	0.6Sa
X yönü	36 m	10.1 m	3.56	0.6*0.97=0.58
Z Yönü	10 m	10.1 m	0.99	0.58

D **Y** **U** TEMEL ELEMANLARI ARASI BAĞLAR: Eğer ayaklar,kazıklar ve payandalar kirişler, radye veya A,B, veya D sınıfı zeminlerle tutulmamışsa, temel sistemi sismik kuvvetlere karşı koymaya yeterli bağ kirişlere sahip olmalıdır. (Aşama 2: Böl. 4.7.3.3)

Zemin sınıfı B'dir.

D **Y** **U** DERİN TEMELLER: Kazıklar ve payandalar yapı ile zemin arasındaki yanal kuvvetleri transfer edebilmelidir. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. 4.7.3.4)

Yapıda derin temel bulunmamaktadır.

D **Y** **U** KAYMA BÖLGELERİ: Binanın bir yanındakiyle diğer yanı arasındaki seviye farkı, yarım kat yüksekliğini aşmamalıdır. Bu ifade yalnızca Acil Yerleşim Performans Seviyesi ne uygulanacaktır. (Aşama 2: Böl. 4.7.3.5)

Bina Can Güvenliği Performans Seviyesinde değerlendirilmektedir.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Bursa, Orhangazi’de doğdu. 1983’te İstanbul’a taşındı. Lise tahsilini Haydarpaşa Anadolu Teknik Lisesi Elektrik Bölümü’nde 1994 yılında tamamladı. 1995 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü sınavla kazandı. 1999 yılında mezun oldu ve bir proje bürosunda çalışmaya başladı. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Mekanik Programı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Atila SARIKAYA