

79173

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME YAPILARIN DEPREME KARŞI
GÜVENLİĞİNİ BELİRLEME YÖNTEMLERİ**

İnşaat Müh. Deniz İSHAKOĞLU

**F.B.E.İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilgün AKTAN

N. Aktan

79173

İSTANBUL,1998

prof. İbrahim Etil
TEL

Prof. Dr. Tunen Çelik

Tunen Çelik

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ ve AÇIKLAMALAR	
1.1. Mevcut Yapıların Deprem Dayanıklılığını İnceleme Gerekliği.....	1
1.2. Binaların Deprem Etkisindeki Davranışı.....	4
1.3. Deprem Kuvvetlerinin Karşlanması.....	6
1.4. Mevcut Binalarda Deprem Güvenliği.....	6
1.5. Deprem Etkisindeki Betonarme Yapı Elemanlarının Davranışı.....	11
1.5.1. Beton.....	11
1.5.2. Çelik.....	14
1.5.3. Kolonlar.....	14
1.5.4. Kirişler.....	15
1.5.5. Kiriş-kolon birleşim bölgesi.....	19
1.5.6. Perdeler.....	22
1.5.7. Döşemeler.....	24
1.5.8. Temeller.....	25
2. HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	
2.1. Yöntemin Esası.....	27
2.2. Yapı Türleri.....	27
2.2.1. Betonarme çerçeve binalar.....	28
2.2.2. Betonarme perdeli binalar.....	29
2.2.3. Prefabrike binalar.....	30
2.2.4. Yığma binalar.....	31
2.3. Yöntem ve Hızlı Değerlendirme Formu.....	32
2.3.1. Binanın yeri ve kimliği.....	33
2.3.2. Araştırmacının niteliği.....	35
2.3.3. Kat sayısı ve toplam kat alanı.....	35
2.3.4. İnşa yılı.....	35
2.3.5. Kullanım amacı ve binadaki insan sayısı.....	36
2.3.6. Taşıyıcı olmayan eleman hasarları.....	36
2.3.7. Kroki, fotoğraf ve yorumlar.....	36
2.3.8. Taşıyıcı sistem tipinin belirlenmesi.....	37
2.3.9. S Yapı puanı tayini.....	39
2.3.10. S Yapı puanını etkileyen faktörler.....	39
2.3.11. Elde edilen bilgilerin doğruluğu.....	43
2.3.12. Özel notlar bölümü.....	43
2.4. S Yapı Puanının Değerlendirilmesi.....	43

3.	DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	
3.1.	Genel.....	45
3.2.	Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi.....	47
3.2.1.	Yerinde bilgi toplama.....	47
3.2.2.	Taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve ön değerlendirme.....	48
3.2.3.	Çalışmanın derinleştirilmesi.....	49
3.2.4.	Taşıyıcı sistemin yatay yükler altında analizi.....	49
3.2.4.1.	Hesabın kapsamı.....	49
3.2.4.2.	Taşınması gerekli toplam etki.....	50
3.2.4.3.	Toplam yatay yük hesabı.....	51
3.2.4.4.	Diyaframların analizi.....	56
3.2.4.5.	Taşıyıcı olmayan elemanların analizi.....	56
3.2.4.6.	Yaklaşık hesap.....	57
3.2.4.7.	Eleman diyaframlarının hesabı.....	59
3.2.4.8.	Dinamik analiz.....	59
3.2.4.9.	Eleman davranış kriteri.....	59
3.2.4.10.	Kriteri sağlamayan eleman değerlendirmesi.....	61
3.2.5.	Sonuçların kontrolü ve birleştirilmesi.....	61
3.2.6.	Sonuç rapor.....	62
3.3.	Yapı Türleri ve Değerlendirme Formları.....	64
3.3.1.	Yapı türleri.....	64
3.3.1.1.	Betonarme çerçevesiz binalar.....	65
3.3.1.2.	Betonarme perdeli binalar.....	65
3.3.1.3.	Perdeli prefabrike çerçevesiz binalar.....	65
3.3.1.4.	Yığma binalar.....	66
3.3.2.	Yapı türleri için değerlendirme formları.....	66
3.4.	Yorumlar ve Açıklamalar.....	74
3.4.1.	“Yapı” bölümü.....	74
3.4.1.1.	Biçim.....	75
3.4.1.2.	Komşu yapılar.....	81
3.4.1.3.	Malzeme durumu.....	81
3.4.2.	“Yatay kuvvet taşıyan çerçeveler” bölümü.....	82
3.4.2.1.	Betonarme çerçeveler.....	84
3.4.2.2.	Prefabrike betonarme çerçeveler.....	88
3.4.3.	“Perde” bölümü.....	89
3.4.3.1.	Betonarme perdeler.....	89
3.4.3.2.	Betonarme perdeli prefabrike elemanlar.....	92
3.4.3.3.	Taşıyıcı yığma duvarlar.....	92
3.4.4.	“Diyafram” bölümü.....	93
3.4.5.	“Bağlantılar” bölümü.....	96
3.4.5.1.	Normal kuvvet ankraji.....	96
3.4.5.2.	Kesme kuvveti aktarımı.....	97
3.4.5.3.	Düşey elemanların temel bağlantısı.....	97
3.4.5.4.	Kolon-kiriş birleşimi.....	98
3.4.6.	“Temel” bölümü.....	98

4.	DEPREM DAVRANIŞI İÇİN İNDEKSLEME YÖNTEMİ	
4.1.	Genel.....	99
4.2.	Deprem Davranış İndeksi.....	99
4.3.	Yapıya Ait deprem Davranış İndeksi.....	100
4.3.1.	E_0 Deprem davranış ana indeksi.....	101
4.3.1.1.	C Taşıma gücü indeksinin hesabı.....	106
4.3.1.2.	F Süneklik indeksinin hesabı.....	114
4.3.2.	S_D Tasarım ve boyutlandırma indeksi.....	117
4.3.3.	T Zamanla bozulma indeksi.....	119
4.4.	Taşıyıcı Olmayan Elemanlara Ait Deprem Davranış İndeksi.....	122
4.4.1.	Birinci inceleme seviyesi.....	122
4.4.2.	İkinci inceleme seviyesi.....	124
4.4.3.	Üçüncü inceleme seviyesi.....	126
4.5.	I_{s0} Deprem Davranışını Karşılaştırma İndeksi.....	127
4.6.	Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi.....	128
5.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....	130
	KAYNAKALAR.....	133
	ÖZGEÇMİŞ.....	134

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.....10
Şekil 1.2	Sünek ve sünek olmayan etki-şekil değiştirme bağıntısı.....10
Şekil 1.3	Betonun basınç altında gerilme kısalma oranı değişimi.....12
Şekil 1.4	Yanal basıncın betonun davranışına olan etkisi.....13
Şekil 1.5	Çelik için gerilme-şekil değiştirme bağıntısı.....14
Şekil 1.6	Basit eğilme etkisindeki bir kesitte şekil değiştirme ve gerilmeler.....16
Şekil 1.7	Moment-eğrilik bağıntısı.....16
Şekil 1.8	Moment-eğrilik bağıntısının normal kuvvetle değişimi.....18
Şekil 1.9	Yöndeğiştiren yükleme altında moment eğrilik bağıntısı.....18
Şekil 1.10	Tekrarlı yükleme altında moment-eğrilik bağıntısı.....19
Şekil 1.11	Kenar mesnette donatı düzeni.....20
Şekil 1.12	Göçme mekanizması türleri.....21
Şekil 1.13	Çerçeve göçme türleri.....21
Şekil 1.14	Düşey donatının göçme eğriliğine etkisi.....23
Şekil 1.15	Perde göçme türleri.....24
Şekil 2.1	Betonarme çerçevesel binalar.....29
Şekil 2.2	Betonarme perdeli binalar.....30
Şekil 2.3	Prefabrik bina.....31
Şekil 3.1	Kat yerdeğiştirme diyagramı.....76
Şekil 3.2	Geometri düzensizliği.....77
Şekil 3.3	Kütle düzensizliği.....77
Şekil 3.4	Düşey süreksizlik türleri.....78
Şekil 3.5	Burulma etkisi.....79
Şekil 3.6	Burulma etkisi.....80
Şekil 3.7	Çerçevelerin yük-şekil değiştirme bağıntısı.....83
Şekil 3.8	Plastik mafsallaşma ile oluşabilecek mekanizma türleri.....84
Şekil 3.9	Eğilme dayanımında taşınacak maksimum kesme kuvveti.....86
Şekil 3.10	Perde başlık elemanları.....89
Şekil 3.11	Bağ kirişleriyle bağlı perdeler.....91
Şekil 3.12	Diyafram mesnetlenme biçimleri.....93
Şekil 3.13	Plan düzensizlikleri.....94
Şekil 3.14	Diyafram kirişleri ve bağlantıları.....95
Şekil 3.15	Perdeye komşu boşluklar.....95
Şekil 4.1	Bitişik perdeli kolon.....109

TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Yapı türleri.....	28
Tablo 2.2 Yapı türlerine ait yapı hasar ana puanları.....	33
Tablo 2.3 Birinci deprem bölgesi için hızlı değerlendirme formu.....	34
Tablo 2.4 Zemin durumları ve bunlara ait azaltma puanları.....	42
Tablo 3.1 Zemin türleri.....	48
Tablo 3.2 Zemin türü katsayıları.....	48
Tablo 3.3 Deprem bölge katsayıları.....	52
Tablo 3.4 R davranış değiştirme ve C_d yerdeğiştirme büyütme katsayıları.....	52
Tablo 3.5 Hesaplanan periyodun üst sınırı için C_a katsayıları.....	54
Tablo 3.6 C_c değerleri.....	57
Tablo 3.7 Bilgi özetleme formu.....	63
Tablo 3.8 Yapı türleri.....	66
Tablo 3.9 Çerçevesiz betonarme binalar için değerlendirme formu.....	67
Tablo 3.10 Betonarme perdeli binalar için değerlendirme formu.....	69
Tablo 3.11 Perdeli yerinde dökme prefabrik çerçevesiz binalar için değerlendirme formu...71	71
Tablo 3.12 Yığma binalar için değerlendirme formu.....	73
Tablo 4.1 Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (birinci inceleme seviyesi).....	101
Tablo 4.2 Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (İkinci inceleme seviyesi).....	103
Tablo 4.3 a_2 değerleri.....	104
Tablo 4.4 a_3 değerleri.....	105
Tablo 4.5 Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (Üçüncü inceleme seviyesi).....	106
Tablo 4.6 F süneklik indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi).....	114
Tablo 4.7 F süneklik indeksi değerleri (İkinci inceleme seviyesi).....	115
Tablo 4.8 F süneklik indeksi değerleri (Üçüncü inceleme seviyesi).....	116
Tablo 4.9 S_D tasarım ve boyutlandırma indeksi hesabı için G_i ve R_i değerleri.....	118
Tablo 4.10 T zamanla bozulma indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi).....	120
Tablo 4.11 T zamanla bozulma indeksi hesabında gözlenen durumlara ait puanlar.....	121
Tablo 4.12 Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısının değerleri (Birinci seviyede).....	123
Tablo 4.13 t durum katsayısı değerleri(Birinci seviyede).....	123
Tablo 4.14 H etki derecesi indeksi değerleri(Birinci seviyede).....	123
Tablo 4.15 Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısı değerleri (ikinci seviyede).....	124
Tablo 4.16 t Durum katsayısı değerleri (ikinci seviyede).....	125
Tablo 4.17 e_k değerleri.....	126
Tablo 4.18 c_k değerleri.....	126
Tablo 4.19 Her bir inceleme seviyesindeki E_s ana karşılaştırma indeksi değerleri.....	127

ÖNSÖZ

Betonarme Yapıların Depreme Karşı Güvenliğini Belirleme Yöntemleri konusunda hazırladığım bu tez çalışmasında değerli fikirlerinden ve bilgilerinden faydalandığım Y.Doç.Dr. Nilgün Aktan'a, Yapı Bilim Dalı Kürsüsü öğretim görevlilerine ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deniz İSHAKOĞLU
İnşaat Mühendisi



ÖZET

Deprem dinamik bir etki olup yapılarda hasar oluşmasına yol açmakta buna bağlı olarak da can kayıplarına sebep olmaktadır. Deprem mühendisliğinin en önemli görevi bu etkinin belirlenerek sebep olabileceği kayıpların önlenmesine çalışmaktır. Depremlerin sebep olacağı can ve mal kayıplarının önlenmesi amacıyla ülkemizdeki yapıların deprem güvenliklerinin sistemli bir çalışmayla gözden geçirilmesi gereklidir. Yeni yapılacak yapılarda olumlu bir deprem davranışı sağlamak amacıyla Taslak Yönetmelik koşullarına uyulmasına özen gösterilmelidir. Daha önce inşa edilmiş mevcut binalarda ise yeni gelişmeler ve düşüncelerle ortaya çıkan modern bir deprem yönetmeliği esaslarının ne derece sağlandığı kontrol edilmelidir.

Bu çalışmada bu tür binaların deprem davranışının belirlenmesinde kullanılacak olan ve birbirinden ayrıntıya girme yönünden farkedilen üç yöntem incelenmiştir.

Bu yöntemlerden ilki ATC-21 de verilen hızlı davranış değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması nispeten az masraflı ve kolay olduğundan ülkemizde yapılacak genel bir deprem güvenliği çalışmasında hemen göze çarpan ve depreme açık bir şekilde yetersiz olan binalar bu yöntemle belirlenebilir. Yani bu yöntem ayrıntılı incelemeler öncesinde uygulanan bir ön çalışma niteliğindedir.

Bu hızlı değerlendirme sonrasında yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede kullanılacak bir diğer yöntem Bölüm 3 de verilmiştir. Bu yöntem yapılacak ayrıntılı bir incelemenin tüm binada dikkate alınması yerine olumsuzluğun görüldüğü elemanlarda olmasını öngörmektedir. Bu yöntem bir anlamda yapının modern deprem yönetmeliğindeki koşulları sağlamayan bölümlerin tesbiti olarak da görülebilir. Bu şekilde elemanların deprem davranışı açısından değerlendirilmesiyle yapının deprem davranışını olumsuz olarak etkileyen yapı bölümleri tesbit edilir. Uygulanacak bir güçlendirme programında dikkatin hangi noktalara yoğunlaşması gerektiği de yöntemdeki sonuçlardan elde edilebilir.

Bu iki gözlem esasına dayalı yöntemin haricinde “Standard For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building” de verilen deprem davranışı için indeksleme yöntemi incelenmiştir. Bu yöntemde elemanların sünekliğinden hareketle dayanımları hesaplanarak deprem davranışını temsil etmek üzere bir indeks tanımlanır. Daha sonra bu indeks, gözönüne alınan inceleme seviyesindeki deprem davranış karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının muhtemel bir depremdeki davranışı tahmin edilmeye çalışılır.

Bu yöntemler bir yapının muhtemel bir depremde sergileyeceği davranışın ayrıntılı bir çerçeve analizine gidilmeden tesbitine imkan vermektedir. Şayet yapıda deprem açısından önemli eksikler görülüyorsa yapılacak tam bir çerçeve analiziyle güçlendirmeye karar verilebilir.

ABSTRACT

Earthquakes, being an unpredictable dynamic phenomenon, can damage the constructions that may cause fatality. One of the most important goals of the earthquake engineer is to minimize the fatality and damages that the earthquake causes. For this purpose a major survey has to be done about the resistance of the constructions against the earthquakes. In order to minimize the earthquake damages, law that regulates the constructions has to be obeyed. Existing constructions also have to be checked according to the improved regulations for earthquakes.

In this thesis, three methods of behavior testing of the buildings against the earthquakes have been studied.

First method is called “Fast Behavior Evaluation Technique” and was given in ATC-21. Since this method is relatively cheap and easy, it is very suitable for a wide range evaluation of the buildings in our country and it is a very efficient method of determining the hazardous buildings. This method can be considered as a pre-studying before studying more elaborate techniques.

Another method that will be used later in a more detailed study is explained in Chapter 3. This method supports that the detailed checkup has to be done hazardous buildings rather than all buildings. It can be thought as finding the building parts that do not match with modern earthquake regulations. By using this method, building parts that effect the building earthquake behavior negative are found. The results of this method will be helpful to see the focus points when an improvement is needed.

Next to these two methods that rely on observations, indexing method according to the given earthquake behavior that is introduced in “Standard for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building” is studied. In this method, an index is described by calculating the durability and the resistance of the buildings. Then by comparing this index with an earthquake behavior comparison index, the building behavior in a possible earthquake can be guessed.

These methods are used to guess the building behaviors in a possible earthquake without detailed frame analysis. If these methods show that the building is hazardous then a detailed frame analysis is used to determine how the building needs to be improved.

BÖLÜM 1- GİRİŞ ve AÇIKLAMALAR

1.1- Mevcut Yapıların Depreme Dayanıklılığını İnceleme Gerekliliği

Deprem, dinamik etkiye sahip bir doğal afet olup yerkabuğunda oluşan titreşimler sonucu yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yerdeğiştirme hareketi doğurur. Genellikle yerkabuğunda soğuma veya çeşitli etkenler sebebiyle oluşan şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasıyla oluşan deprem etkisi, yapıları alışılmış yüklerin üzerinde zorlayarak tasarım ve uygulama sırasında yapılmış hataları ortaya çıkarır.

Deprem mühendisliğinin en önemli amaçlarından biri, insanların her türlü ihtiyaçlarını karşılamak için yapılan yapılarda (konut, ticaret merkezleri, endüstri ve sanayi yapıları, konferans salonları, sinema v.s) meydana gelebilecek bir depremde can kaybı olmamasını ve toptan göçme olmadan, sonradan olabilecek hasarlara izin vererek bu durumun atlatılmasını sağlamaktır. Arzu edilen, bu tür sonuçların meydana geleceği bir binayı olumlu deprem davranışına sahip bir bina olarak isimlendirmek uygun olacaktır.

Dünyamızda 1900'lü yılların başlarında San Francisco ve Tokyo depremleri gibi büyük depremlerin etkisiyle önemli can kayıpları ve hasar meydana gelmesi sebebiyle deprem etkisinin en az zararla nasıl atlatılacağı konusunda bir takım çalışmalar yapılmış ve yapılarda uyulması gerekli kurallar şeklinde tesbit edilen sonuçlar deprem yönetmeliği adı verilen düzenlemelerde belirtilmiştir. Elde edilen deprem kayıtlarının değerlendirilmesiyle beklenen depremlerin özellikleri hakkındaki mevcut bilgi birikiminin önemli derecede artması, bilgisayar tekniğindeki gelişmelerle yapıların deprem altındaki davranışının çok daha ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi, deprem sonrası yerinde inceleme sonucu elde edilen tecrübeler ve deneysel sonuçlarla yönetmelik bünyesinde verilen kurallar günümüze kadar süren bir gelişme içerisinde.

Yurdumuz önemli bir deprem kuşağı üzerindedir. Aktif bir bölgede bulunmamız ve yaşadığımız depremler nedeniyle depreme dayanıklı yapı tasarımı ve yapımı her an güncelliğini korumaktadır. 1939 Erzincan depremi sonrası 1942 yılında "Zelzele Mintıkları

Muvakkat Yapı Talimatnamesi ” adıyla yayınlanan ilk yönetmelik daha sonra 1947, 1953, 1968, 1975 ve 1997 yıllarında birtakım değişikliklerle yeniden düzenlenmiştir.

Bu yönetmelikler incelendiğinde genellikle depremle ilgili yatay kuvvetlerin büyüdüğü ve taşıyıcı sistem eleman detaylarına daha kısıtlayıcı şartlar konulduğu görülmüştür. Bunun sonucu olarak, projesi daha önceki yönetmeliklere uygun olarak hazırlanmış ve inşa edilmiş yapıların bugün geçerli olan yönetmeliğe göre deprem güvenliğinin yetersiz olduğu görülebilir. Depreme dayanıklı yapı oluşturmayı amaçlayan deprem yönetmeliklerindeki şartların tam ve doğru olarak yerine getirilebilmesi için proje ve inşaat esnasında verilecek bir mühendislik hizmetinin yararı gayet açıktır. Ancak, ülkemizin önemli bir deprem kuşağında olmasının yanı sıra, inşa esnasında yapım kalitesinde ve mühendislik kontrol mekanizmasındaki olumsuzluklarda gözönüne alınacak olursa meydana gelebilecek şiddetli depremlerde çok sayıda can kaybına ve büyük ekonomik kayıplara sebep olabilecek felaket boyutlarında bir durumla karşılaşılabilir. Nitekim 1992 Erzincan depremi yukarıda söylenenleri doğrular nitelikte olup, yapılacak bir incelemeyle deprem etkisine karşı bu tür hassas yapıların belirlenmesi ve tedbir alınması gerekir.

Ülkemizdeki yapıların deprem güvenliğini iki aşamalı bir çalışmayla kontrol etmek mümkündür. İlk olarak yaptırım gücüne sahip etkin bir mühendislik kontrol mekanizması sayesinde yeni yapılacak yapılarda proje ve inşa sırasında depreme dayanıklı yapı oluşturmaya imkan veren yeni yönetmelik esaslarının uygulanması sağlanmalıdır. İkinci aşamada ise projesi daha önceki yönetmeliklere uygun olarak hazırlanmış ve inşa edilmiş yapıların deprem güvenliğinin mertebesi tesbit edilmelidir. Bu aşamada yapılacak incelemelerle bu tür deprem tehlikesine hassas olan yapılar belirlenmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır.

Depremi sebep olabileceği can ve mal kaybını önlemek amacıyla ülke genelindeki mevcut binalarda daha önceki depremlerden dolayı oluşan hasarlar onarılmalı ve ileride gerçekleşebileceği düşünülen depremlere yeterince dayanıklı olmadığı anlaşılan (eski yönetmeliklere göre yapılmış ve yeni deprem yönetmeliği esaslarına uygun olmayan) yapı ve yapı elemanları güçlendirilmelidir. Mevcut yapıların değerlendirilmesi ; bu tür onarım ve

güçlendirme işlemlerinin ilk basamağını teşkil eder. Bu aşamada yapının taşıyıcı sistem özellikleri belirlenir, sahip olduğu yapı güvenliği irdelenir, gelecekteki ihtiyaçlara ve şartlara ne derece cevap verebileceği gözönüne alınarak yapının güçlendirilmesine, onarılmasına ya da yıkılmasına karar verilir.

Güçlendirme işlemi esnasında yapılan eklerin, düzenlemelerin yapıyla ne derece bütünleşeceği oldukça belirsiz bir durum olup sonradan güçlendirilmiş bir yapının deprem davranışı hiçbir zaman deprem yönetmeliklerine uygun olarak yeni yapılacak yapıdan beklenen davranışa erişemez. Deprem davranışında sağlanacak çok az bir olumluluğa karşın büyük masraflar yapılmasından kaçınmak için fayda-maliyet analizine benzer bir yolla güçlendirme işleminin gerekliliğine karar verilir. Bu durumda ekonomi, değerlendirme aşaması sonrasında uygulanacak çözüme karar vermede önemli bir etkidir.

Mevcut yapılar için genel bir modelleme yapmak imkansız olup olumlu deprem davranışının sağlanmasında herbiri kendine özgü birtakım problemleri içermektedir. Dolayısıyla bulunacak çözümler de her yapıda birbirinden farklı olacaktır. Bu problemlerin doğru bir şekilde tesbiti ve sağlıklı çözümler önerilebilmesi için yapı davranışı bilgisine iyice hakim olmak gerekir.

Mevcut betonarme binaların deprem davranışının değerlendirilmesi amacıyla yönelik olarak hazırlanan bu çalışmada birbirinden ayrıntıya girme yönünden farklı olan üç değişik yöntem incelenmiştir.

Applied Technology Council tarafından hazırlanan ve ATC-21 de verilen hızlı davranış değerlendirme yönteminde seçilen belirli bir bölgedeki yapılarda deprem dayanıklılığı açısından hızlı bir ön değerlendirme çalışması yapılarak depreme karşı dayanımında açık bir şekilde eksikliği bulunan binalar belirlenir. Bu yöntem nisbeten az masraflı olup uygulanması oldukça kolaydır. Bu durumda ülkemizde belirli bir merkez tarafından yapılacak bir bölgeleme çalışmasına paralel olarak yapılarda bu hızlı yöntemin uygulanmasıyla ilk safhada dayanımında ciddi bir eksiklik bulunan binaların tesbiti mümkündür.

Bu hızlı değerlendirme sonrasında daha ayrıntılı bir incelemeye ihtiyaç duyulan binalar için ATC-22 de verilen davranış değerlendirme yönteminin kullanılması uygun olabilir. Zira bu yöntem ATC-21 dekinde kıyasla teknik olarak daha ayrıntılıdır ve yapı bölümlerinin dikkate alınmasıyla yapılacak bir değerlendirme sonucunda kusurlu bölümlerin tesbiti mümkün olup tüm binada ayrıntılı inceleme yapmak yerine sadece bu kusurlu bölümlerde hangi etkenlerin ayrıntılı bir Şekilde gzntne alınması gerektiği belirtilmiştir. Dolayısıyla verilebilecek bir onarım ve güçlendirme kararında dikkatin hangi noktalarda toplanacağını kestirmek mümkün olur.

ATC-22 de verilen bu davranış değerlendirme sonucunda gerekli durumlarda "Standart For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building" adlı Japon yönetmeliğinde verilen ve eleman dayanımlarını daha ayrıntılı bir Şekilde dikkate alan bir indeks değerlendirme yöntemi kullanılarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılabilir. Bu yöntemde yapı ve yapıdaki taşıyıcı olmayan elemanlar için bir deprem davranış indeksi değeri hesaplanır. Bu deprem davranış indeksi değerleri bir deprem karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı belirlenir.

1.2- Binaların Deprem Etkisindeki Davranışı

Deprem etkisinin bir yapıyı bütün olarak nasıl etkilediğini anlayabilmek için bir araçta ayakta duran yolcu modelini düşünmek faydalı olacaktır. Deprem sarsıntısıyla zemin, Őiddetle bir yönden diğer yöne hareket ederken, yapı tıpkı ani olarak ivmelenen bir araçta ayakta duran bir yolcu gibi, ilk durumunu korumak meylindedir. Yapı, zeminin hareketi yönünde harekete başlayınca, bu kez deprem etkisinin bir özelliği olarak zeminin ters yönde harekete geçmesiyle ani olarak frenleme olayını andırarak biçimde, ilk hareket yönünü korumaya çalışacaktır. Böylece bina zeminin hareketiyle ileri-geri sallanmaya başlayacaktır. Yapının bu durumda maruz kaldığı F kuvveti, Newton kanununa göre $(F= m \times a)$ binanın kütlesi ve deprem ivmesiyle ilişkilidir. Bu sebeple yapı ne kadar ağırsa deprem etkisiyle oluşacak kuvvet de o kadar fazla olacaktır.

Bu kuvvetler etkisiyle taşıyıcı sistem elemanları aşırı zorlanabilir veya farklı bölümler farklı yönlerde yerdeğiştirme yapabilir. Şayet yapı bu kuvvetlere veya farklı yöndeki yerdeğiştirmelere emniyetle karşı koyabilecek durumda ise hasar az olacak, aksi halde yapı elemanları zarar görecek ve hatta çökme meydana gelebilecektir. Yapıda depremin bu tür etkilerinden dolayı oluşabilecek hasar iki sınıfa ayrılır.

- 1- Yapının düşey ve / veya yatay taşıyıcı sisteminde, iskeletinde meydana gelebilecek yapısal hasar,
- 2- Yapının ana taşıyıcı sisteminin bütünlüğünün bozulmadığı, baca çökmesi, pencerelerin kırılması gibi yapısal olmayan hasar.

Yapıda deprem etkisiyle oluşması beklenen hasar düzeyi yapının, taşıyıcı sistemine, yaşına, biçimine, kullanılan malzemenin durumuna, zemin şartlarına, komşu binalara olan mesafesine ve taşıyıcı olmayan eleman türleri gibi birçok etkiye bağlı karmaşık bir problemdir. Yapı hasarı depremin şiddeti ve süresiyle de orantılıdır. Büyüklükleri (Richter) 5'den az olan depremler, ivmenin şiddetinin ve sarsıntı süresinin az olması nedeni ile yapılarda genellikle önemli hasarlar meydana getirmezler.

Her yapı, yüksekliğine ve taşıyıcı sistem türüne bağlı olarak birtakım titreşim karakteristiklerine sahiptir. Benzer şekilde her deprem de, bölgenin jeolojisine, kaynaktan uzaklığına, deprem kaynak mekanizmasının yeri ve tipine bağlı olan titreşim karakteristiklerine sahiptir. Bazen depremin ve yapının karakteristikleri çok benzer olur ki, bu olay "Rezonans" olarak isimlendirilir. Deprem etkisi frekansının, binanın doğal frekansına eşit olduğu durumda meydana gelen rezonans; yapının titreşim genliğinde bir artmaya sebep olur ve sonuç olarak muhtemel hasar artar. Yapının titreşim periyodunu zeminin hakim periyodundan uzak tutarak rezonans olayının ve bu olayın sebep olacağı hasarın önlenmesi mümkündür. Bu sebeple inşaat mühendisleri olarak yapının depremde olumlu bir davranış gösterebilmesi için tasarım esnasında yapının iyi düzenlenmiş olmasına, yeteri yaklaşıklıkla belirlenen kesit zorlarının karşılanmasına ve uygulamada kaliteli malzeme kullanımına özen göstermek durumundayız.

1.3- Deprem Kuvvetlerinin Karşılanması

Yapılarda deprem kuvvetlerinin ve bu kuvvetlerden dolayı meydana gelen aşırı yerdeğiştirmelerin karşılanması amacıyla çeşitli düşey elemanlardan oluşan bir yatay kuvvet taşıyıcı sistem (YKTS) düzenlenir.

YKTS genel olarak depremden dolayı kendilerine paralel olarak oluşan kuvvetleri karşılayarak yapıyı sağlamlaştırır, yatay yerdeğiştirmeleri ve sonuçta hasarı minimuma indirir. YKTS; yapının planına ve kullanılan elemanlara bağlı olarak bir binadan diğerine farklılık gösterse de esas olarak aksenal çekme ve / veya basınca, kayma ve / veya eğilmeye dirençli elemanlardan ibarettir. Betonarme binalarda YKTS olarak kolon ve kirişlerden oluşan çerçeveler kullanılırken bazı durumlarda büyük deprem kuvvetlerini ve yerdeğiştirmeleri karşılamak amacıyla perdeli-çerçevesel sistem kullanımına ve hatta inşaat tekniğine bağlı olarak sadece perdelerden oluşan kutu sistem kullanımına rastlamak mümkündür. Yığıma yapılarda ise yatay kuvvetler düşey taşıyıcı duvarlarla karşılanır.

1.4- Mevcut Binalarda Deprem Güvenliği

Bir yapının deprem güvenliği, basit bir şekilde taşıyabileceği yükün taşınması beklenenden büyük olması esasına dayanır. Tasarımda güvenliğin sağlanabilmesi için çözümlene sonuçlarına uygun boyutlama yapılmasına ve yönetmeliklerde öngörüldüğü şekilde yapının zorlanan kısımlarına özen gösterilmesine rağmen deprem etkisinde malzeme davranışlarının ve taşıma güçlerinin belirlenmesinde düşey yüklere nazaran daha fazla belirsizlik mevcut olduğundan, şiddeti ve meydana gelme sıklığı istatistiksel olarak belirlenen dayanım özellikleriyle güvenlik derecesinin kesin olarak belirlenemeyeceği açıktır.

Mevcut binaların deprem davranışlarının değerlendirilmesinde olumlu davranış kriteri olarak depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan temel kriter aynen geçerlidir. Bu kriter yapının sık ve küçük şiddetli depremleri elastik sınırların içerisinde kalarak, orta şiddetdeki depremlerin elastik sınırların ötesinde taşıyıcı sistemde kolayca onarılabilecek önemsiz hasarlarla, çok seyrek şiddetli depremleri ise büyük hasarlarla fakat taşıyıcı

sistemde tamamen göçme olmadan ve can kaybı meydana gelmeden karşılabilmesi olarak verilebilir.

Mevcut bir yapının depremde olumlu bir deprem davranışı gösterebilmesi için taşıyıcı sisteminin düzgün seçilmiş olması gerekir. Simetriden ayrılmaya ve süreksizlik oluşturmaya yol açacak herhangi bir düzenlemenin mevcut olması durumunda taşıyıcı sistem elemanlarında kesit tesirlerinin gereksiz yere artırılmış olması muhtemeldir. Ayrıca taşıyıcı sistemde burulma gibi ek etkilerin oluşumunu engellemek amacıyla yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılmış olması gerekir. Kuvvetli kolon - zayıf kiriş prensibi ile ilk plastik mafsalların kirişlerde oluşmasını sağlayacak birtakım benzeri uygulamalarla göçme mekanizmasını kontrol etmek ve orta şiddetli bir depremde, deprem sonrası onarımları sınırlı tutmak mümkün olduğundan, yapıdaki kiriş ve kolonların dayanımları gözönüne alınarak bu ilkenin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilir.

Deprem esnasında taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların kendilerinden beklenen dayanıma ulaşabilmeleri için birleşim bölgelerinde birtakım düzenlemeler yapılmış olmalıdır. Zira birleşim bölgelerinde oluşabilecek çözümlenme ve büyük dönmelerle birleşen elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşmadan önce göçme meydana gelebilir. Mevcut yapıların deprem davranışının değerlendirilmesinde edinilen tecrübelerle dayalı olarak verilen aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi uygun olur.

a- Geometri: Yapı geometrisi ne kadar basit düzenlenmişse depreme dayanıklılığın o derece yüksek olacağı söylenebilir. Gözlemlerde plandaki şekli H, L, T, Y olan yapılarda önemli hasar olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple yapının, planda iki doğrultuda simetriye sahip olması ve basit bir şekle sahip olması gerekir. Simetri, sadece plan şeklinde değil taşıyıcı sistem elemanlarının yerleşiminde de dikkat edilmesi gerekli olan bir husustur. Yapı, taşıyıcı sistem elemanlarının simetri düşünülmeden yerleştirilmiş olmasından dolayı, rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasında oluşabilecek büyük dışmerkezlilikler sonucunda önemli bir burulma etkisine maruz kalabilir.

b- Süreklilik: Taşıyıcı sistem elemanlarının planda ve düşeyde düzgün ve sürekli olarak düzenlenmiş olması gerekir. Kolon ve kirişlerin planda düzgün dağıtılması ile sistemin belirli bölgelerinin aşırı zorlanması önlenmiş olur. Kolon ve perde gibi tüm düşey taşıyıcı elemanlar temele kadar sürekli olarak devam etmeli ve dışmerkez mesnetlenmeden kaçınılmış olmalıdır. Taşıyıcı sistemde sağlanacak düzgün bir süreklilikle zorlanan elemanların birbirine yardım etmesi özelliği temin edilirken taşıma kapasitesinde elastik sınırın ötesinde bir artış olur. Bu sayede oluşacak plastik mafsallarla deprem enerjisinin büyük bir kısmının yutulması da sağlanmış olur.

c- Rijitlik ve dayanım: Elemanlarda temin edilecek sürekliliğin yanında rijitliklerinde de ani değişiklikler olmaması istenir. Örneğin, kat rijitliğinin küçük olmasıyla oluşacak yumuşak kat durumu mevcut olmamalıdır.

Eleman rijitliklerini uygun seçip titreşim periyodunu belirli aralığa getirerek deprem etkilerini küçültmek mümkündür. Bu amaçla spektrum eğrisinde bölgenin hakim periyodu ile yapınınki birbirinden uzak tutularak rezonans olayı önlenir. Bu sonuca uygun olarak; derin tabakalar halinde yumuşak zemin bulunan yerlerde uzun zemin periyotları hakim olacağından bu bölgedeki kısa periyotlu, rijit, az katlı mevcut yapılarda uygun bir deprem davranışı görülebilir. Bunun haricindeki yapılarda titreşim genliğinde artışa sebep olacak rezonans olayı sonucunda önemli hasar oluşabilir. Keza sert zeminli bölgelerde zemin periyodu düşük olacağından yüksek periyotlu çok katlı yapıların uygun bir deprem davranışına sahip olacağı söylenebilir.

Yapının rijitliğini artırarak deprem dolayısıyla meydana gelebilecek şekil ve yerdeğiştirmeleri azaltmak mümkündür. Elastik yapılarda oluşan önemli bir olumsuzluk yatay yerdeğiştirmelerin büyümesiyle normal kuvvetin ikinci mertbe etkilerinin artmasıdır. Donatısı iyi düzenlenmiş kiriş ve kolonlardan oluşan çerçevelerden meydana gelen bir betonarme taşıyıcı sistem elastik olarak kabul edilebilir. Orta şiddetli bir depremde bile böyle elastik olan yapılarda katlar arasında büyük yerdeğiştirmeler meydana gelir ve çatlaklar oluşur. Bu tür çerçeve sistemlerin rijitliğini artırmak için betonarme perde kullanımı uygun

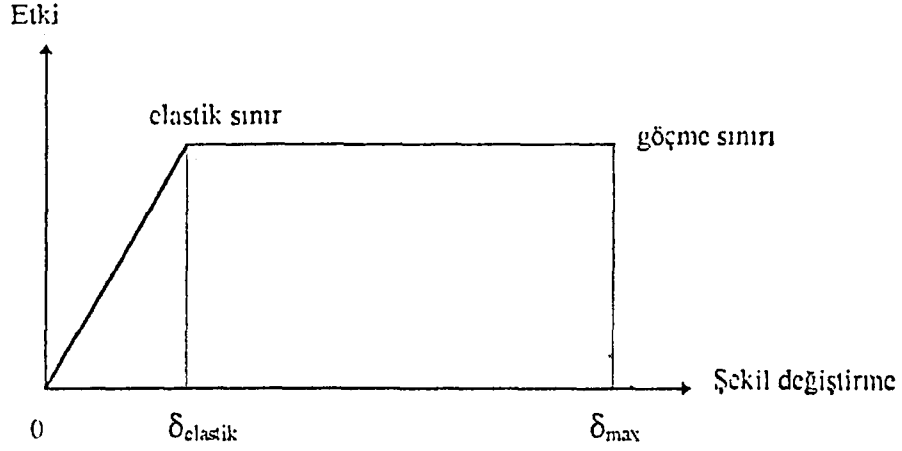
olur. Böylece katlar arası yerdeğiştirmeler küçülürken normal kuvvetin ikinci mertebe etkileri de azalacaktır.

Deprem etkileri genellikle zemin kat seviyesinde en büyüktür. Bu kat yapıya etkileyen toplam deprem kuvvet etkisini karşılamak durumundadır. Bu sebeple zemin kat elemanlarının dayanımlarının daha yüksek olması gerekir. Ancak bazı durumlarda kullanım şekli ve mimari nedenlerle taşıyıcı elemanların boyutlarında bir sınırlama yapılabilir. Yapıdaki elemanlarda bu şekildeki bir sınırlandırmanın yapının stabilitesine etkisi incelenmiş olmalıdır.

d- Göçme modu: Taşıyıcı sistemdeki elemanlarda ani ve gevrek bir şekilde oluşabilecek kayma ve burkulma göçmesi deprem davranışı açısından istenmeyen bir durumdur. Bu amaçla kesme veya basınç kuvveti taşıyan tüm düşey elemanların sünek bir göçme modu için gerekli olan yeterli dayanıma sahip olup olmadığı kontrol edilmelidir. Göçme durumunun kolonlardan önce kirişlerde oluşacak plastik mafsallaşma ile ortaya çıkması sağlanmış olmalıdır.

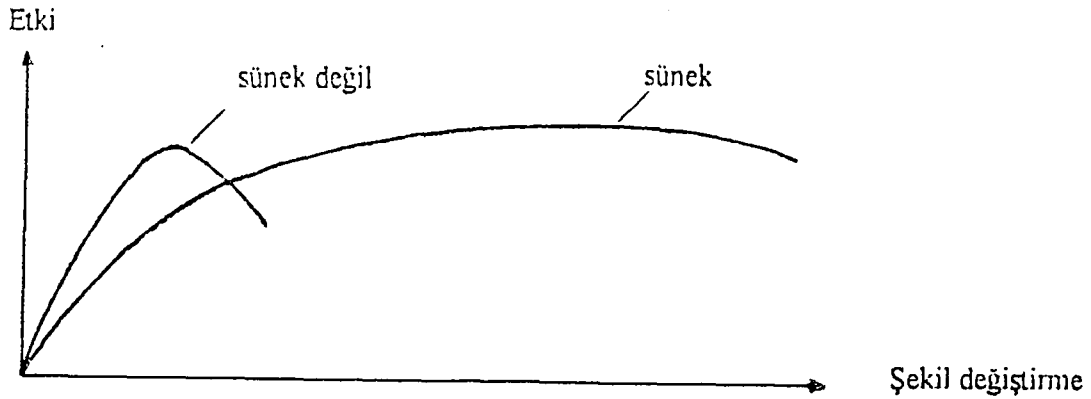
e- Süneklik: Süneklik elastik sınır ötesinde şekil değiştirme yapabilme yeteneğidir. Yapının sünekliliği ölçüsünde elastik sınırlar ötesinde yapacağı şekil değiştirmelerle şiddetli deprem etkisini karşılaması öngörülür. Elastik sınırın ötesinde süneklik ölçüsünde kesit zorlarında önemli artışlar olmadan şekil değiştirme oluşabilmesi özelliği ile dinamik etki sönlümlenebilir. Sünme bölgesinin uzun olması şekil değiştirmelerle birlikte sönmü miktarını da artırır. Bu özelliğe sahip yapılar sünek kabul edilir. Süneklik ölçüsü için en yaygın tanım Şekil 1.1 kullanılarak (1.1) ifadesiyle verilebilir.

$$\mu = \delta_{\max} / \delta_{\min} \quad (1.1)$$



Şekil 1.1 : Elasto-plastik gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

Yapıda göçmenin sünek bir şekilde, büyük ve elastik olmayan şekil değiştirmelerle ortaya çıkması arzu edilir. Gerçek malzeme Şekil 1.1'de verilen ideal elasto-plastik davranıştan daha çok Şekil 1.2'de verilen iki eğri arasındaki davranışa sahiptir. Bu şekilde sünek olan veya olmayan davranışlar arasındaki fark daha çarpıcı bir şekilde görülmektedir. Yüklemenin aşırı artması durumunda süneklik sayesinde akmaya ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji yutulurken, iç kuvvetler daha az zorlanan kesitlere dağıtılır. Sünekliliğin gereği olan plastikleşme bölgelerinin meydana gelebilmesi için sistemin yüksek dereceden hiperstatik olması gerekir.



Şekil 1.2 : Sünek ve sünek olmayan etki-şekil değiştirme bağıntısı

Sonuç olarak mevcut bir binada yapılacak bir öndeğerlendirme çalışmasıyla aşağıdaki hususların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilebilir.

- a- Yapı, planda ve düşey kesitte mümkün olduğu kadar basit olmalıdır.
- b- Temel sağlam ve düzgün özellikli zemine oturmalıdır.
- c- Deprem etkisini taşıyacak düşey elemanların düzenlenmesinde burulma etkisinin oluşmamasına dikkat edilmiş olmalıdır.
- d- Yapı elemanları gerekli olan dayanımlarının yanında sünek olmalıdırlar.
- e- Meydana gelen şekil değiştirmeler ve yerdeğiştirmeler kullanım ve güvenlik için verilen sınırları aşmamalıdır.

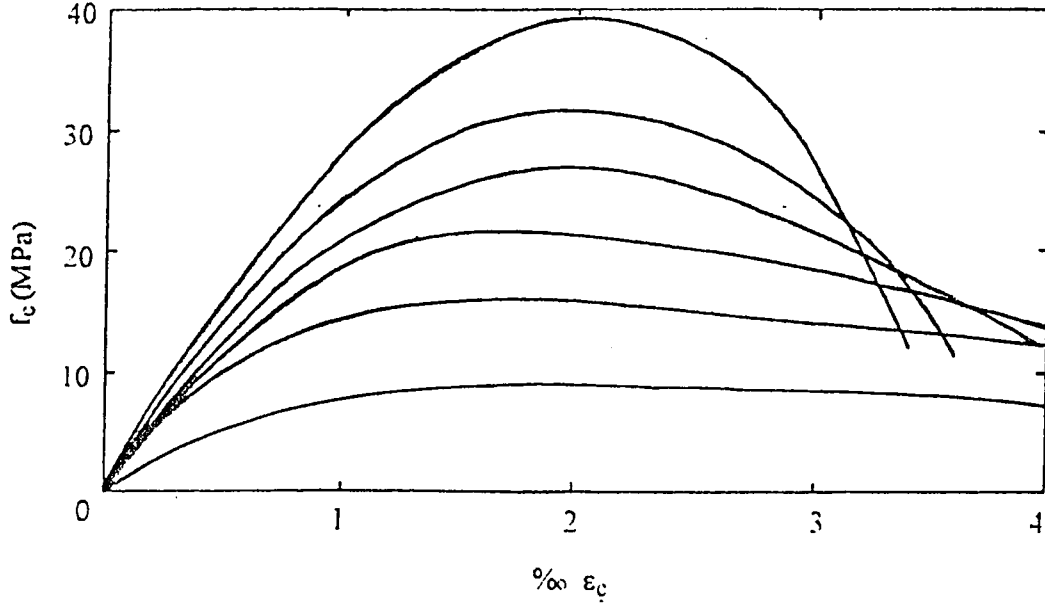
1.5- Deprem Etkisindeki Betonarme Yapı Elemanlarının Davranışı

Mevcut binaların deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesinde yapı elemanlarının deprem davranışı hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip olmanın önemi açıktır. Bu amaçla bu bölümde betonarme yapı elemanlarının ve bunların birleşim bölgelerinin dayanımları, süneklikleri ve tekrarlı yük altındaki davranışları ele alınacaktır.

1.5.1- Beton

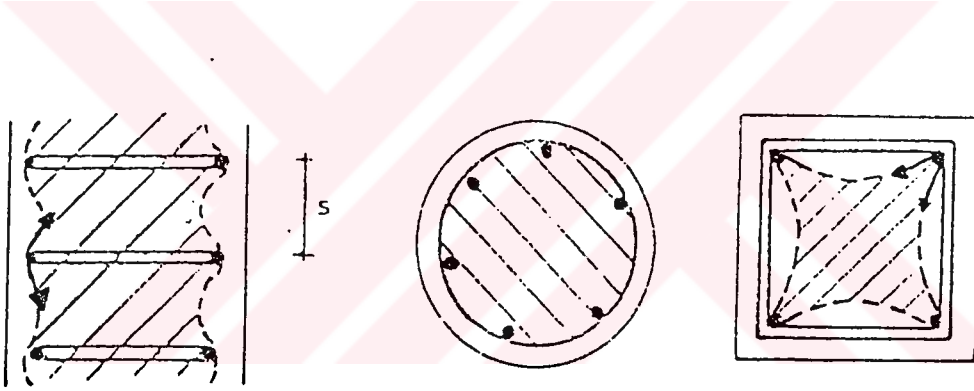
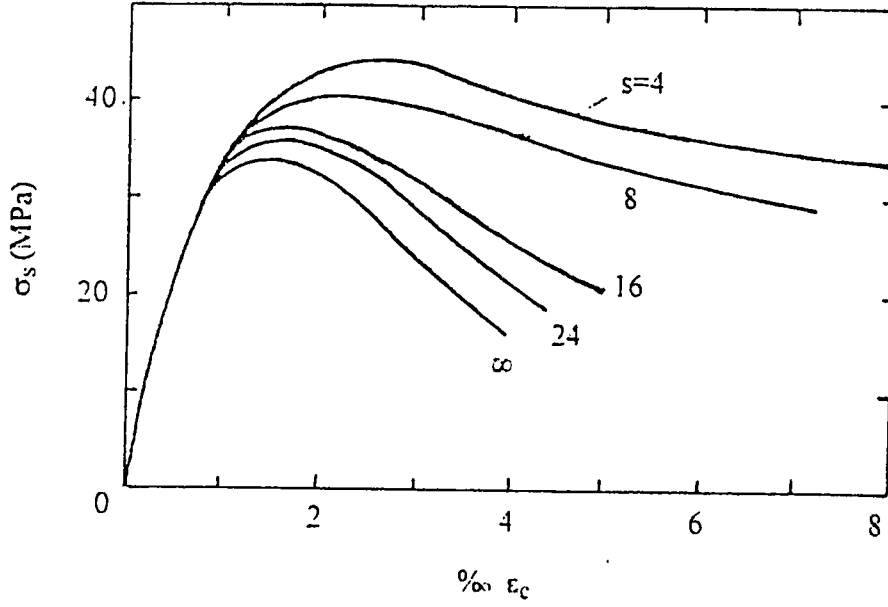
Betonun üzerinde durulan en önemli özelliği basınç dayanımı olup Şekil 1.3 de verilen basınç altındaki beton davranışından aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür.

- a- Maksimum gerilmeye karşılık olan birim kısalma, ϵ_{co} , beton dayanımından bağımsız olarak 0.002 mertebesindedir.
- b- Düşük dayanımlı betonlar yüksek dayanımlı betonlara oranla daha fazla sünektirler. Diğer bir deyişle; düşük dayanımlı betonlarda kırılma anındaki birim kısaltmalar yüksek dayanımlılara kıyasla daha büyüktür.
- c- Eğrilerin başlangıç eğimi (Elastisite modülü) beton kalitesi yükseldikçe artmaktadır.



Şekil 1.3 : Betonun basınç etkisi altında gerilme kısıalma oranı değişimi

Şekil 1.4 de ise yanal basıncın betonun davranışına olan etkisi görülmektedir. Betonun üç yönlü gerilme altında davranışı için yapılan deneylerden her üç yöndeki gerilmenin basınç olması durumunda yanal basınç arttıkça dayanım ve sünekliğin de arttığı sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç pratikte etriye veya fret gibi sargı donatısı kullanılarak sağlanabilir. Sargı donatısı ile sarılmış bir elemanda aksenal basınç arttıkça göbek alanındaki beton Poisson Oranı ile yana doğru genişlemeye çalışacak ama sargı donatısı kullanımı bu olaya mani olacaktır. Bu durumda sargı donatısı göbek betonuna çepeçerçe basınç gerilmeleri uygularken etki-tepki prensibi gereğince sargı donatısına eşit ve zıt yönlü kuvvetler etkiyecektir. Yukarıda sözedilen deney sonucuna dayanarak yanal basınç nedeni ile betonun hem dayanımının hem de sünekliğinin artacağı söylenebilir. Göbek alanına uygulanacak yanal basınç sargı donatısının şekil değiştirme özelliğine bağlı bir fonksiyondur. Sargı donatısının şekil değiştirmesi arttıkça uygulanacak yanal basınç azalacaktır.

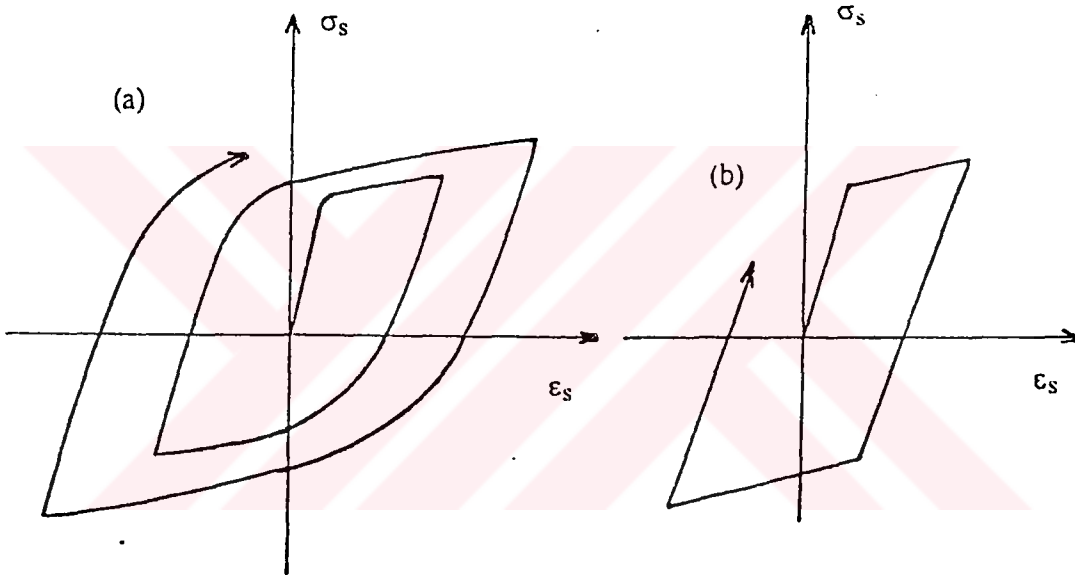


Şekil 1.4: Yanal basıncın betonun davranışına olan etkisi

Şekil değiştirme; fret şeklinde bir sargı donatısı kullanılması durumunda fretin aksenal rijitliğinin, dikdörtgen etriye durumunda ise eğilme rijitliğinin bir fonksiyonu olacaktır. Sargı donatısı olarak adım aralığı az olan fret kullanımı ile aksenal rijitlik oldukça büyük olacak ve dolayısıyla yanıl basınç etkili düzeylere çıkacaktır. Eğilme rijitliği aksenal rijitlikten küçük olacağından dikdörtgen etriyelerin şekil değiştirme mertebesi frettekinden daha fazla olacak ve buna mukabil olarak yanıl basınç etkisi daha az olacaktır. Sonuç olarak fret sargı donatısı dikdörtgen etriyelere kıyasla daha etkili olup sargı donatısının adım aralığı arttıkça dayanım ve süneklik de önemli ölçüde artacaktır.

1.5.2- Çelik

Şekil 1.5 de çeliğin tekrarlı ve yön değiştiren yükleme altında gerilme-şekil değiştirme eğrisi verilmiştir. Şekilde gerilmelerin elastik sınırı aşmasıyla oluşan bir plastik şekil değiştirme bölgesi göze çarpmaktadır. Boşaltma ve ters işaretli gerilme yüklemesinin elastik sınırın üzerinde yapılmasıyla ortaya çıkan çevrimsel davranış altında kalan alan sönmümlendirilen enerjinin bir ölçüsüdür. Çeliğin kopma uzamasının büyük olması ve elastisite modülünün yükleme ve boşaltmada pek değişmemesi malzemenin sünek olmasına yolaçmaktadır. Sünekliliğin ortaya çıkması için yüklemenin elastik sınırın üstüne çıkması gerekir.



Şekil 1.5: Çelik için gerilme-şekil değiştirme bağıntısı

1.5.3- Kolonlar

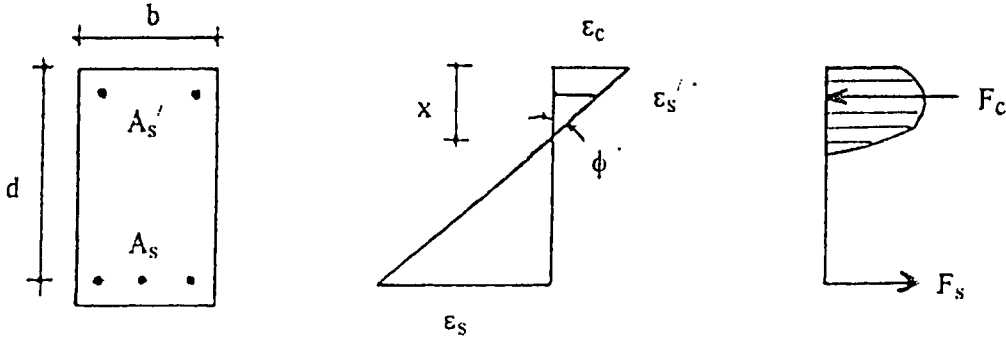
Deprem sırasında kolonlardaki basınç gerilmelerinde genellikle küçük miktarda artma ve azalma görülürken eğilme momentlerinde önemli bir artış söz konusudur. Depremin her iki yönde ve her iki doğrultuda meydana gelebilmesi özelliği göz önünde tutularak kolonlar genellikle eksenlerine göre simetrik olarak donatılır. Kolonlarda göçme durumuna genellikle betonun özelliği hakim olduğu için Şekil 1.4 de beton için verilen değişim kolonlarda da aynen geçerlidir. Çerçevesel yapılarda deprem etkisiyle meydana gelen eğilme

momenti kolonda doğrusal bir değişim göstererek en fazla kolon uçlarını zorlar. Bu bölgelerde sünekliği arttırmak için etriye sıklaştırılması gerekli olur.

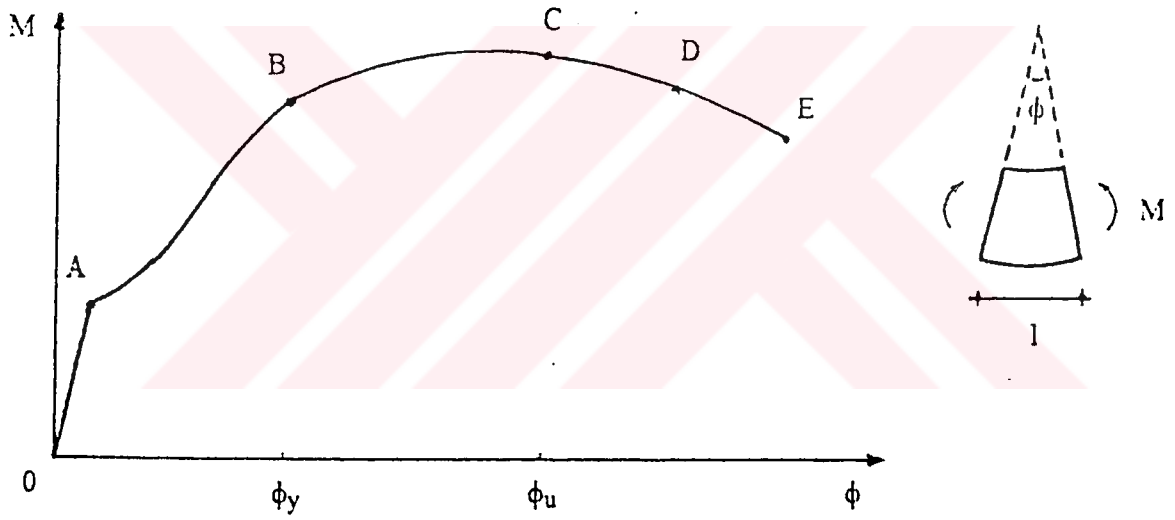
Deprem yönetmeliğinde kolonlar için bir takım kurallar verilmiş olup bu esaslara uyulmasıyla depremde olumlu davranış sergileyen bir yapı oluşturmak mümkündür. Yönetmelikte kolonlar etriye aralığı bakımından üç bölgeye ayrılmıştır. Kolon sarılma bölgesinde kolon alt ve üst uçlarında sıkıştırılan etriyelerle sünek bir davranışın sağlanması amaçlanır. Kolon orta bölgesinde kayma hesabı yapılarak bulunacak ve en az kayma donatısı miktarını sağlayacak etriye kullanımı ile kesme kuvvetinin karşılanması sağlanır. Burada amaç eğilme dayanımına ulaşmadan kayma dayanımındaki bir azalmanın sebep olabileceği gevrek kırılma etkisiyle karşılaşılmasını sağlamaktır. Kiriş-kolon birleşim bölgelerinde ise birleşen elemanların büyük elastik olmayan şekil değiştirmeler altında bile yeterli dayanım ve rijitliğe sahip olması ve kirişle kolonların bütünleşerek çalışması sağlanır. Birleşim bölgesinin çatlaması ve donatı kenetlerinde çözülme oluşması önlenmelidir. Birleşim bölgesinde kolonda yönetmelikte öngörülen aralıkta devam eden etriye donatısı düzeni gerekir. Ayrıca minimum boyuna donatı miktarı, kolon boyutları gibi birçok husus yönetmelikle belirlenmiştir.

1.5.4- Kirişler

Şekil 1.6 da basit eğilme altındaki bir dikdörtgen kesitteki şekil değiştirme ve gerilme durumu gösterilmiştir. \emptyset kesitin eğriliğini göstermekte olup eğrilik yarıçapının tersine eşittir. Şekil 1.7 de ise yükleme sırasındaki moment- eğrilik bağıntısı verilmiştir. A noktasında çekme bölgesinde çatlaklar meydana gelirken B noktasında donatı akma gerilmesine ulaşmaktadır. C noktasında en büyük eğilme momentine erişildikten sonra D noktasında beton ezilmekte ve daha sonra varsa basınç donatısı E noktasında burkulmaktadır.



Şekil 1.6: Basit eğilme etkisindeki bir kesitte şekil değiştirme ve gerilmeler



Şekil 1.7: Moment-eğrilik bağıntısı

Yük taşıma kapasitesinde bir değişme olmadan kesitin büyük deformasyon yapabilme özelliği olarak tanımlanan süneklik eğilme etkisindeki bir betonarme kirişte (1.2) ifadesiyle belirlenebilir.

$$\mu = \phi_u / \phi_y \quad (1.2)$$

Göçme durumunun betonun en büyük birim kısalmasıyla ortaya çıkacağı kabul edilerek bu duruma karşılık gelen eğrilik için (1.3) ifadesi kullanılabilir.

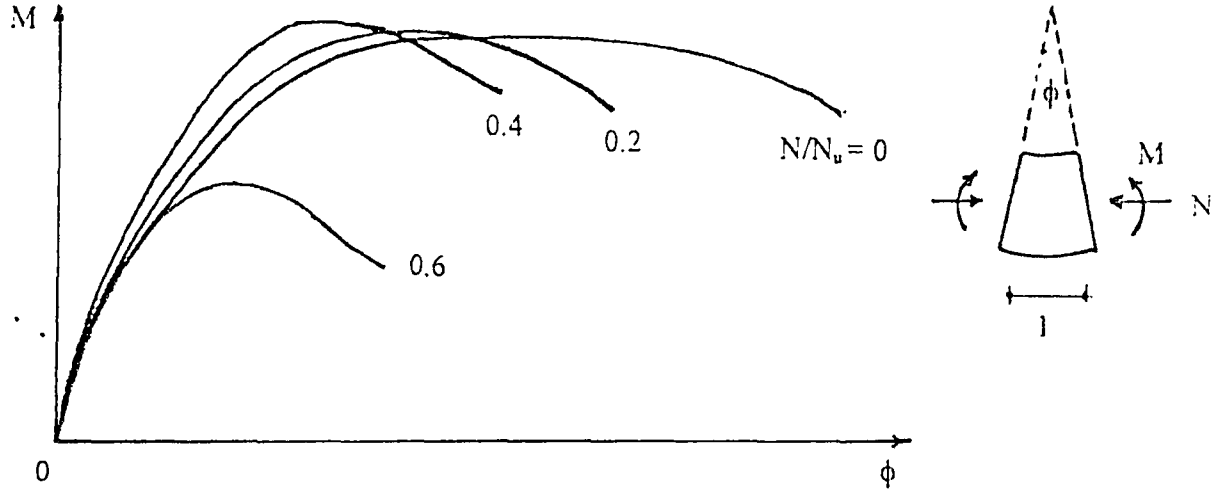
$$\phi_u = \epsilon_{cu} / x_u \quad (1.3)$$

Bir kesitin sünekliğine; betonun en büyük birim kısalması, donatının birim akma uzaması, kesitteki basınç ve çekme donatısı oranları ve eğilme momentine ek olarak taşınan normal kuvvet ve kesme kuvveti etkili olur.

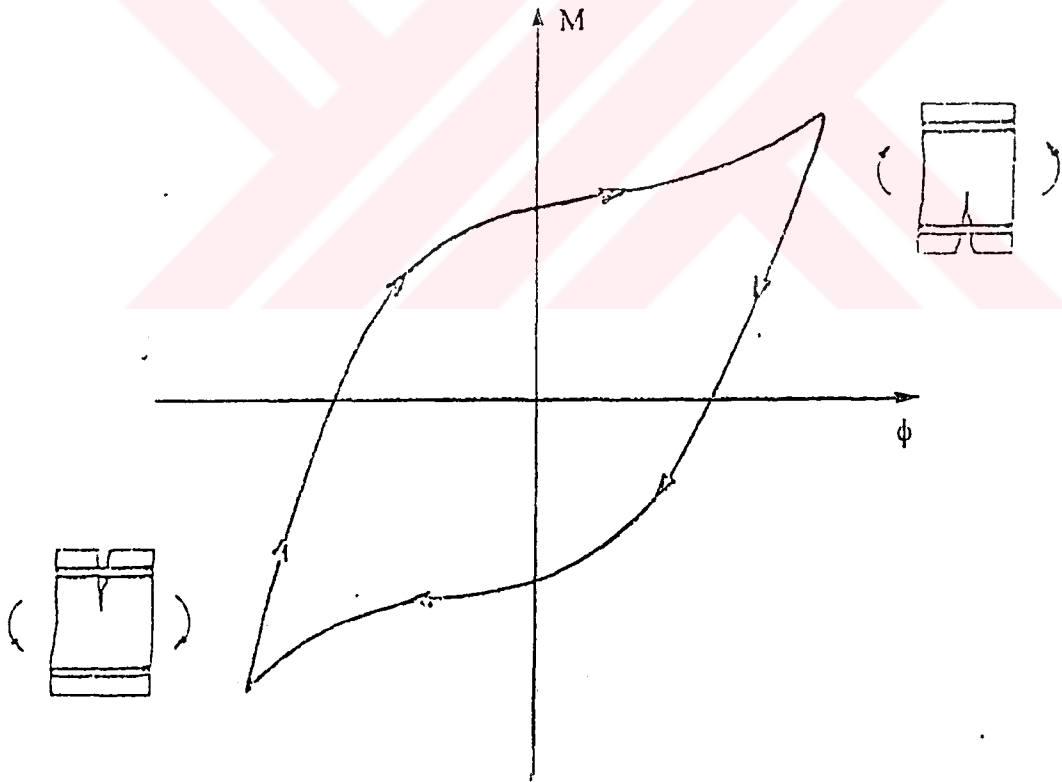
Basınç donatısı varsa veya kesit tablalı kesitse basınç bölgesi derinliği azalacağı için süneklik artacaktır. Çekme donatısının fazla ve akma uzamasının büyük olması durumunda basınç bölgesinin derinliği artacak ve dolayısıyla süneklik azalacaktır. Bu sebeple oluşabilecek bir gevrek kırılmayı önlemek için yönetmelikte çekme donatısı miktarı için bir üst sınır verilmiştir.

Şekil 1.8 de moment-eğrilik bağıntısının normal kuvvete bağlı olarak değişimi gösterilmiştir. Belirli bir normal kuvvet değerine kadar eğilme dayanımı artarken bu sınırdan sonra normal kuvvetlerdeki artış eğilme dayanımında bir azalmaya sebep olmaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi süneklik, artan normal kuvvetlere karşı sürekli azalmaktadır. Deprem enerjisini yutma kapasitesi de normal kuvvetler arttıkça sünekliğe paralel olarak azalmaktadır. Bu sebeple deprem gibi enerji yutma kapasitesinin önemli olduğu durumlarda eksenel yükün düşük tutulması yararlıdır.

Şekil 1.9 da çift donatılı bir dikdörtgen kesitte yön değiştiren eğilme momentine bağlı olarak eğriliğin değişimi görülmektedir. Yükleminin tekrarlanması durumundaki davranış ise Şekil 1.10 da verilmiştir. Moment dayanımındaki azalma oldukça küçük olup çevrimsel davranışta içeride bırakılan alan, dolayısıyla süneklik oldukça fazladır. Ancak eğilme momenti yanında normal kuvvetin bulunması durumunda çevrimler daha dar olarak ortaya çıkarken süneklik azalmakta ve daha az sayıdaki çevrimle göçmeye ulaşılmaktadır.

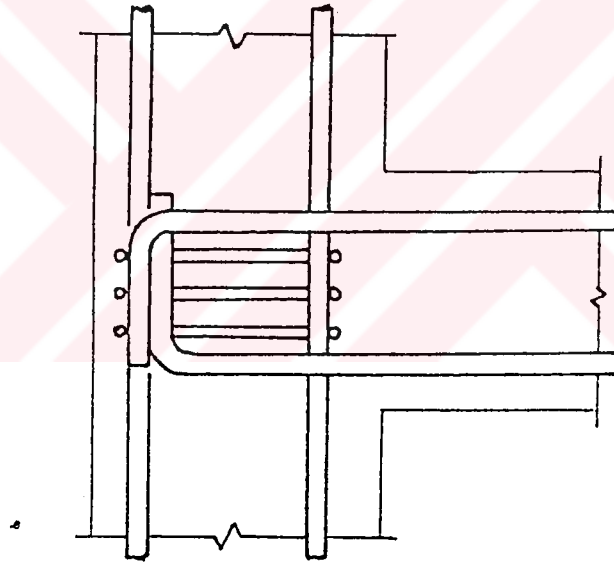


Şekil 1.8: Moment-eğrilik bağıntısının normal kuvvetle değişimi



Şekil 1.9: Yöndeğiştiren yükleme altında moment eğrilik bağıntısı

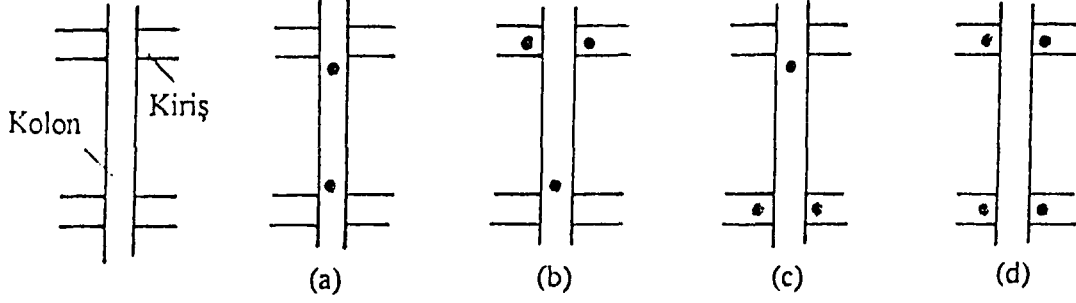
hasarlarının oluştuğu b6lgeler incelendiğinde hasarın 6nemli bir b6l6m6n6n birleşim b6lgesinde veya yakınında olduğu tesbit edilmiştir. Birleşim b6lgesinde rijitlik ve dayanımda oluşacak bir azalma 6er6evenin b6y6k yanal değiştirme yapmasına, ikinci mertebe etkilerin doğmasına ve sistemin tamamen g6çmesine neden olabilir. Bu sebeple birleşim b6lgelerinde birleşen kiriş ve kolonların hem dayanım hem de şekil değiştirme y6n6nden kendilerinden beklenen sınırlara ulaşmasında hi6bir problem oluşmaması gerekir. Oluşacak 6atlaklarla rijitlikte 6nemli bir kayıp oluşmamalı, kiriş ve kolon donatılarında aderansın ve kenetlenmenin sağlanmasına 6zen g6sterilmeli, s6nekliği artırmak amacıyla etriye sıklalaştırmasına ve gerekli kayma dayanımının sağlanmasına dikkat edilmelidir. şekil 1.11 de kenar bir birleşimdeki donatı d6zeni g6sterilmiştir. Burada eğilme momentinin işaret değiştirebileceği g6z6n6ne alınarak kiriş alt ve 6st donatıları kolon i6inde kıvrılarak kenetlenmiş ve kolon etriyesinin i6inde bırakılmıştır.



şekil 1.11 : Kenar mesnette donatı d6zeni

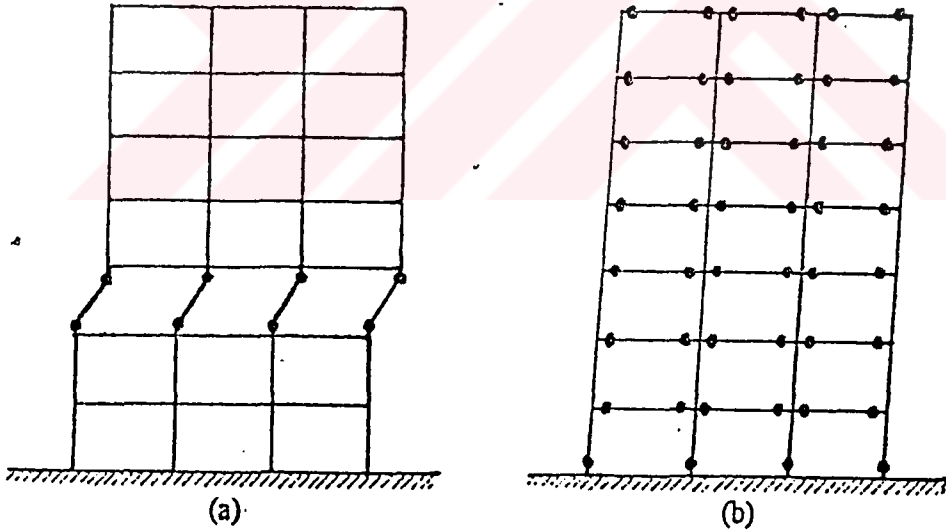
Bir d6đ6m noktasında birleşen kiriş ve kolonların davranışlarından, yatay y6k altındaki 6er6evenin g6çme bi6imi elde edilebilir. 6er6eve sistemde yatay y6k altında en 6ok zorlanan kesitler birleşim b6lgesindeki kiriş ve kolon kesitleridir. Yatay y6klerin artmasıyla bu kesitlerde b6y6k şekil değiştirmeler meydana gelir. Kesit etkilerinde 6nemli bir artış olmadan şekil değiştirmelerin arttığı bu b6lgelerde plastik mafsalların meydana geldiği kabul edilebilir. Mafsalların 6oğalıp yeter sayıya ulaşmasıyla taşıyıcı sistem g6çme mekanizmasına

geçer. Sistemin göçme biçimi mafsalların sistemde meydana gelme şekline bağlıdır. Şekil 1.12 de bir katta meydana gelebilecek çeşitli mafsallaşma türleri verilmiştir.



Şekil 1.12 : Göçme mekanizması türleri

Bunların sistemde meydana getirebileceği göçme türleri ise Şeki 1.13 de gösterilmiştir. Büyük bir deprem sonucu mafsallaşmanın öncelikle kirişlerde ortaya çıkması ve deprem enerjisinin bu suretle yutulması arzu edilir.



Şekil 1.13 : Çerçeve göçme türleri

(a) Kat kolonlarının kirişlerden önce göçmesi (b) Kirişlerin kolonlardan önce göçmesi

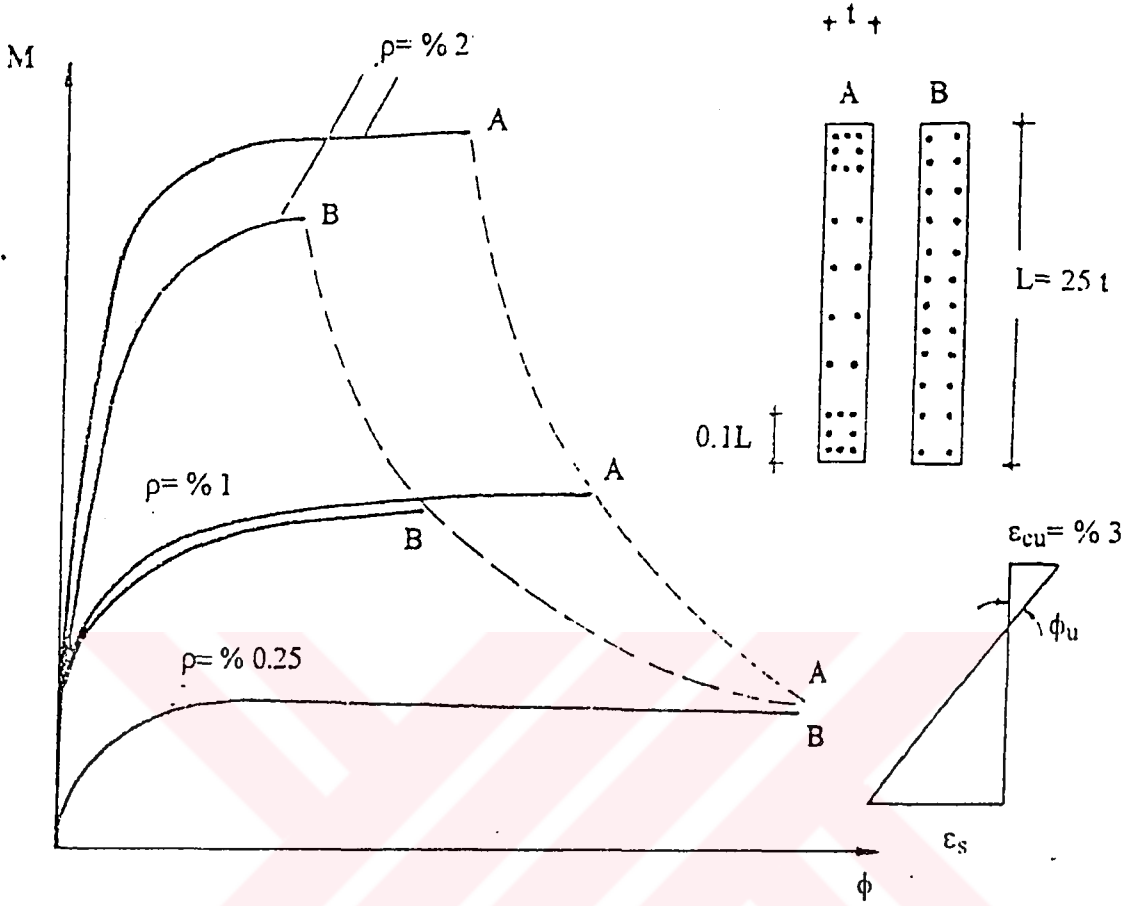
Plastik mafsallaşma, öncelikle bir katın kolonlarının alt ve üst uçlarında meydana geliyorsa az sayıda plastik mafsal oluşumu ile birbirini takip eden göçmeler büyük can kaybına neden olur. Bu düşünce ile plastik mafsalların öncelikle kolonlarda değil de

kirişlerde oluşumuna imkan verecek kuvvetli kolon-zayıf giriş oluşumuna özen gösterilmelidir. Bu şartın yerine getirilmesiyle sistemin göçme için çok sayıda plastik mafsallı oluşumu gerekli olur ve göçme çok daha sünek bir davranışla olacağı için büyük ölçüde enerji yutulmasıyla deprem etkisinin karşılanması mümkündür. Burada kullanılan kuvvetli ve zayıf eleman kavramları relatif olup zayıf elemanın dahi yönetmeliklerde öngörülen yükleme şekillerini istenen güvenlikle karşılaması gerektiği açıktır.

1.5.6- Perdeler

Perdeler yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında etkili bir şekilde kullanılırlar. Çerçevelerle birlikte kullanıldıkları gibi bağ girişleriyle birlikte perde grupları şeklinde de düzenlenebilirler. Yüksek binalarda aşırı yanal yerdeğiştirmeyi sınırlanması yönünden de tercih edilir. Perdelerin özenli bir şekilde düzenlenmesiyle toptan göçme engellenebildiği gibi yapısal olmayan hasarların da sınırlandırılması mümkündür. Dar kesitli perdeler yanal burkulma tehlikesine maruz kalabilirler ancak çok katlı yapılardaki döşemeler perdelerde yanal bir rijitlik oluşturarak bu tehlikeyi genellikle ortadan kaldırır. Perdeler, yatay yüklerden dolayı eğilme momenti ve kesme kuvveti, düşey yüklerden dolayı da normal kuvvet etkisindedirler. En çok zorlanan kesit tabanda olup eğilme momenti ve normal kuvvet etkileşimi gözönüne alınarak boyutlandırılır. Perdenin yatay yükleri karşılaması bakımından kat döşemelerine olan bağlantısı yeterli olmalıdır ve tüm yükünü zemine güvenlikle iletebilecek temel düzenine sahip olmalıdır.

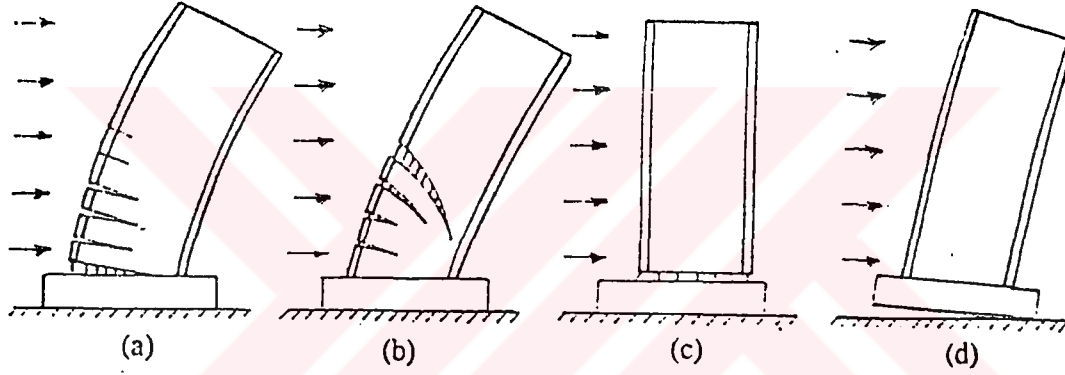
Yatay yüklerden oluşan mesnet momentlerinin çok büyük olması durumunda perde uçlarında küçük kolon şeklinde birtakım düzenlemelerle göçme momenti ve eğriliği artırılabilir (Şekil 1.14). Böyle bir düzenlemeyle eğilmeden oluşan basınç kuvvetinin önemli bir kısmının donatı tarafından karşılanması mümkün olur. Uçlarda düzenlenen küçük kolon bölgeleri ve perdenin kolonda alışlıktan daha sık bir şekilde etriyelenmesi düşey donatıların burkulmasının önlenmesi açısından önemlidir.



Şekil 1.14 : Düşey donatının göçme eğriliğine etkisi

Perde mesnedinde, perde derinliği kadar bir düşey boyda meydana gelebilecek plastikleşme bölgesinin kayma donatısıyla örgü içine alınması gerekir. Kayma göçmesi sünek olmayan bir olay olduğu için mümkün mertebe bu durumun önlenmesi gerekir. Bu amaçla donatının pekleşmesini de gözönüne alarak hesaplanan kesit eğilme dayanımının üstünde kalacak bir düşey ve yatay kayma donatısı kullanılmalı ve bu donatıların eğilme göçmesinden önce akmaya erişmemesi temin edilmelidir. Şekil 1.15 de perdelerin göçme biçimleri verilmiştir. Tabanda eğilme mafsalının diğer göçme biçimlerinden daha belirgin olarak ortaya çıkması sonucu daha fazla miktarda deprem enerjisi yutulması mümkündür. Eğik çekme gerilmelerinin sebep olacağı kayma göçmesi, iş derzi boyunca toptan kayma göçmesi ve temel dönmesi durumu önlenmelidir. Yüksek yapılarda perdelerin deprem etkisi altında iş derzi boyunca toptan kaydığı gözlenmiştir. Toptan kaymanın önlenmesi için donatının

kesitte düzgün olarak dağıtılması önerilir. Perdelerde bırakılan boşluklarla veya iki perdenin bağ kirişleriyle birleştirilmesiyle, beraber çalışan perde duvarları oluşur. Bu tür sistemlerde deprem enerjisinin bağ kirişlerinde meydana gelen hasarlarla yutulması sağlanır. Böylece perde donatısı akmaya ulaşmadan, yükün büyük bir kısmı karşılanmış ve perdelerde önemli hasar meydana gelmemiş olur. Bağ kirişi hasarı perdede meydana gelecek hasara göre çok daha kolay tamir edilebilir olduğundan uygulamada tercih edilmektedir. Bağ kirişlerinde konstrüktif olarak yerleştirilen alt-üst donatı ve etriyeye ilaveten oluşacak kesme kuvvetlerinin karşılanması için köşegen donatı düzeni öngörülmüştür. Bağ kirişlerinde sık etriye kullanımı ile kalın köşegen donatının burkulması, beton kabuğun düşmesi engellenmiş ve süneklik artırılmış olacaktır.



Şekil 1.15 : Perde göçme türleri

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

1.5.7- Döşemeler

Döşemeler, deprem etkisi altında diyafram davranışı özelliğiyle yatay yükleri karşılayarak bunları kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanlara aktarırlar. Döşemeler genel olarak düzlemi içinde rijit kabul edilirler. Bunun sonucunda yüklerin düşey elemanlara dağılımı tamamıyla bu elemanların rijitliğine bağlı olur.

Döşemelerde yatay yüklerin etkisiyle oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti tesirleri belli bir güvenlikle karşılanmalıdır. Döşeme ile düşey elemanların birleşim

bölgelerinde döşemeden bu elemanlara yük aktarımının sağlıklı bir şekilde oluşması için bu bölgelere ek donatı yerleştirilmesi gereklidir.

Yapılarda, özellikle kirişsiz döşeme durumunda, kolon ve perde etrafındaki döşeme bölgesinde kesit etkilerinde önemli artmalar oluşacağından bu etkilerin güvenli bir şekilde karşılandığının gösterilmesi gerekir. Özellikle deprem momentlerinin büyük olduğu katlarda kirişsiz döşemelerde sınırlı olan kiriş kesit büyüklüğü nedeniyle önemli sorunlar meydana gelebilir.

Döşemelerde yeralan büyük boşlukların diyafram davranışına olan etkisi gözönüne alınarak yapıdaki yük aktarma yolu kontrol edilmelidir. Özellikle perde gibi düşey taşıyıcı elemanlar etrafında büyük boşluklar varsa perdenin devrilme momentlerine karşı güvenliği kontrol edilmelidir. Yönetmelikte olumlu deprem davranışı sağlamak için konstrüktif olarak verilen minimum donatı koşullarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir.

1.5.8- Temeller

Tekil temellerin her iki doğrultuda, sürekli temellerin ise süreklilik doğrultusuna dik doğrultuda bağlantı kirişleri ile birleştirilerek deprem etkisine karşı birlikte çalışmalarını temin edilmelidir. Tekil temellerin rijitlik ve dayanım yönünde düşey taşıyıcı elemanlar vasıtasıyla aktarılan kesme kuvvetlerini ve eğilme momentlerini güvenlikle karşılaması gerekir. Devrilme kuvvetlerine karşı yetersiz kalan tekil temel oluşumundan kaçınmak gerekir.

Depremi zamana bağlı olarak nasıl oluşacağını bilinmemesi ve bu nedenle yapıya olan etkisinin belirlenmesindeki birtakım zorluklar sebebiyle depreme dayanıklı yapı tasarımı için yönetmelikte öngörülen esaslar çok sayıda kabule dayanmaktadır. Bu tür belirsizliklerin mevcut olması nedeniyle basitleştirilmiş çözümler yanında, geçmiş depremlerden elde edilen deneyimler sonucu varılan konstrüktif önlemlerin istenen dayanımın sağlanmasında önemli bir yeri vardır. Bu düşünce ile betonarme bir yapıda özen gösterilmesi gerekli durumlar kısaca aşağıda verilmiştir.

- a- Yatay yüklerin güvenli bir şekilde karşılanabilmesi için, her iki doğrultuda da çerçevelerden oluşan bir taşıyıcı sistem düzenlenmiş olmalıdır.
- b- Taşıyıcı sistemde burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi için, yüklerin en kısa yoldan zemine aktarılmasına özen gösterilmiş olmalıdır.
- c- Düşey taşıyıcı elemanlar temele kadar sürekli bir şekilde devam etmeli, bu elemanların temeli zemin durumu gözönüne alınarak belirlenmiş olmalıdır.
- d- Kiriş-kolon birleşim bölgeleri, deprem etkisinden en çok zorlanan yerler olduğundan buralarda donatıların yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve kolon etriyelerinin devamına özen gösterilmiş olmalıdır.
- e- Betondan beklenen sünek davranış için imalat esnasında betonun öngörülen dayanımı sağlamasına dikkat edilmiş olmalıdır.
- f- Deprem etkisinin en fazla alt katlarda olması sebebiyle yapım ve düzenlemede mimari istekler sonucu oluşabilecek ani rijitlik değişikliklerine izin verilmemelidir.
- g- Taşıyıcı sistemde rijitlik ve taşıyıcılığın düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla deprem hasarlarının bir bölgede yoğunlaşmayıp tüm yapıya dağılması temin edilmiş olmalıdır.
- h- Gereksiz birtakım etkilerin ortaya çıkmasını önlemek için planda simetrik olan basit bir taşıyıcı sistem seçilmiş olmalıdır.
- i- Perdelerin, planda dış kenarlara yakın yerleştirilmesi, yapının tüm plan kesitinin burulma rijitliği artırarak deprem etkilerinin daha düşük düzeyde kalmasını sağlar.
- j- Birleşen elemanların birleşim noktasına yakın bölgelerinde yapılacak etriye sıklaştırılması ile sağlanacak dayanım ve süneklik artışı sayesinde, deprem etkilerinin sebep olacağı hasar düşük düzeyde tutulabilir.
- k- Temellerin birbirine göre yerdeğiştirmesini engellemek amacıyla bağ kirişleri düzenlenmiş olmalıdır.
- l- Yapılarda kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesiyle toplam taban kesme kuvveti azaltılacağı gibi deprem esnasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması temin edilmiş olur.

BÖLÜM 2- HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

2.1- Yöntemin Esası

ATC-21 de verilen bu hızlı davranış değerlendirme yöntemi deprem etkisine karşı hassas olan yapıların belirlenmesini esas alır. Yöntemin uygulanması kolay ve nisbeten az masraflı olup taşıyıcı sistemle ilgili herhangi bir statik hesap yapılmaz. Değerlendirme sadece elde edilen bilgilerin puanlandırılması şeklindedir. Binanın yerinde incelenmesiyle tesbit edilecek taşıyıcı sistem türüne ve bulunduğu bölgeye bağlı olarak her yapı için bir Yapı Hasar Ana Puanı tesbit edilir. Deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen düşey düzensizlik, burulma, zemin durumu gibi tesirlerin azaltma puanları bu ana puandan düşülerek yapı için yapının deprem davranışını karakterize eden bir S Yapı Puanı elde edilir. Elde edilen puanın değerlendirilmesiyle binanın deprem davranışının daha ayrıntılı yöntemlerle incelenmesine gerek olup olmadığı sonucuna varılır. Yüksek yapı puanı; binanın deprem etkisine karşı yeterli bir taşıyıcı sisteme sahip olması ihtimalinin yüksekliğine karşı gelir. Puan düşükse binanın hassas ve tehlikeli bir durumda olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karar verilir.

Bu yöntem ülke genelinde yapılacak bir deprem güvenliği çalışmasında deprem etkisine karşı açık bir şekilde eksikliği bulunan mevcut binaların hızlı bir şekilde tesbit edilmesine imkan vereceğinden bir ön değerlendirme aşaması olarak kullanılabilir. Bu hızlı ön aşama sonrasında deprem davranışında şüpheli durumların mevcut olduğu binalarda daha ayrıntılı inceleme yöntemleri kullanılır. Yöntem hızlı olarak uygulandığından sonucun hassaslığı da olumsuz etkilenmektedir ve bazı durumlarda gerçekte deprem etkisine karşı hassas olan binaları gözden kaçırmak mümkündür. Bu sebeple değerlendirme sonucunda elde edilen bilgilerin bir mühendislik önsezisiyle yorumlanması önemlidir.

2.2- Yapı Türleri

Bu çalışmada gözönüne alınan yapılar için yöntemde Tablo 2.1 deki gibi bir gruplama verilmiştir.

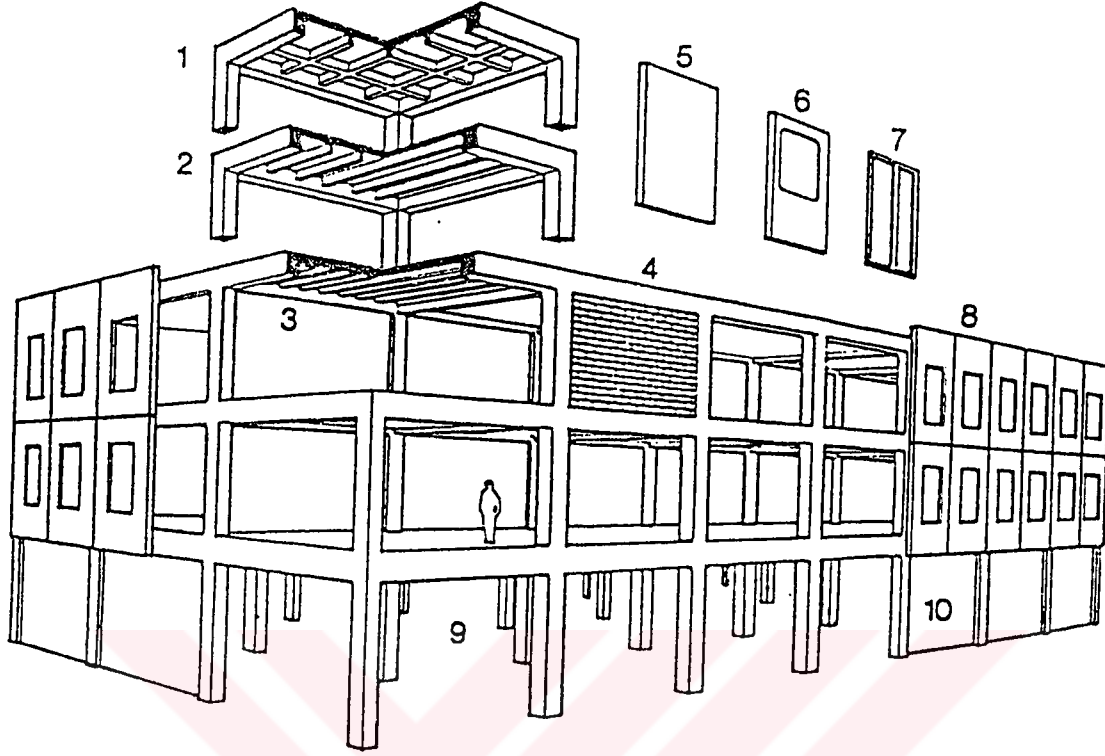
Tablo 2.1 : Yapı türleri

Yapı Türü	Genel Tanım
BÇ	Betonarme çerçevesel binalar
BP	Betonarme perdeli binalar
PR	Prefabrike binalar
YB	Yığma binalar

2.2.1- Betonarme çerçevesel binalar

Yurdumuzdaki konut ve ticari amaçlı binalarda oldukça yaygın olan yapı türüdür (Şekil 2.1). Bu tür yapılarda deprem etkisi altında oluşabilecek problemler şöyle özetlenebilir.

- Kolonlarda seyrek sargı donatısı kullanılması durumunda betonun yanıl basınç etkisi ile birlikte dayanım ve süneklik de azalacaktır.
- Donatı eklerinde yeterli aderans boyu sağlanmamışsa eleman dayanımında bu bölgelerdeki gerilme yığılmaları nedeniyle oluşacak azalma sonucu göçme meydana gelebilecektir.
- Kayma donatısının yeterli olmaması, elemanın eğilme kapasitesine ulaşmadan kayma göçmesi oluşmasına neden olur ki, bu tip göçme ani ve gevrek olup istenmeyen bir davranış türüdür.
- Sürekli kirişlerde yeterli donatı bulunmaması durumunda ters yönde yükleme etkisinde mafsal oluşabilir.
- Kiriş-kolon birleşim detaylarının uygun düzenlenmemiş olması sonucu düğüm bölgesinde göçme oluşabilir ve elemanlardan beklenen dayanıma ulaşamaz.
- Nisbeten düşük rijitliğe sahip çerçevelerde oluşacak büyük yerdeğıştirmeler sonucu çerçeveye bağı taşıyıcı olmayan elemanlarda hasar oluşur.
- Komşu binaların derz aralıklarının yeterli olmaması, deprem esnasında binaların çarpışmasına ve hasara neden olabilir.

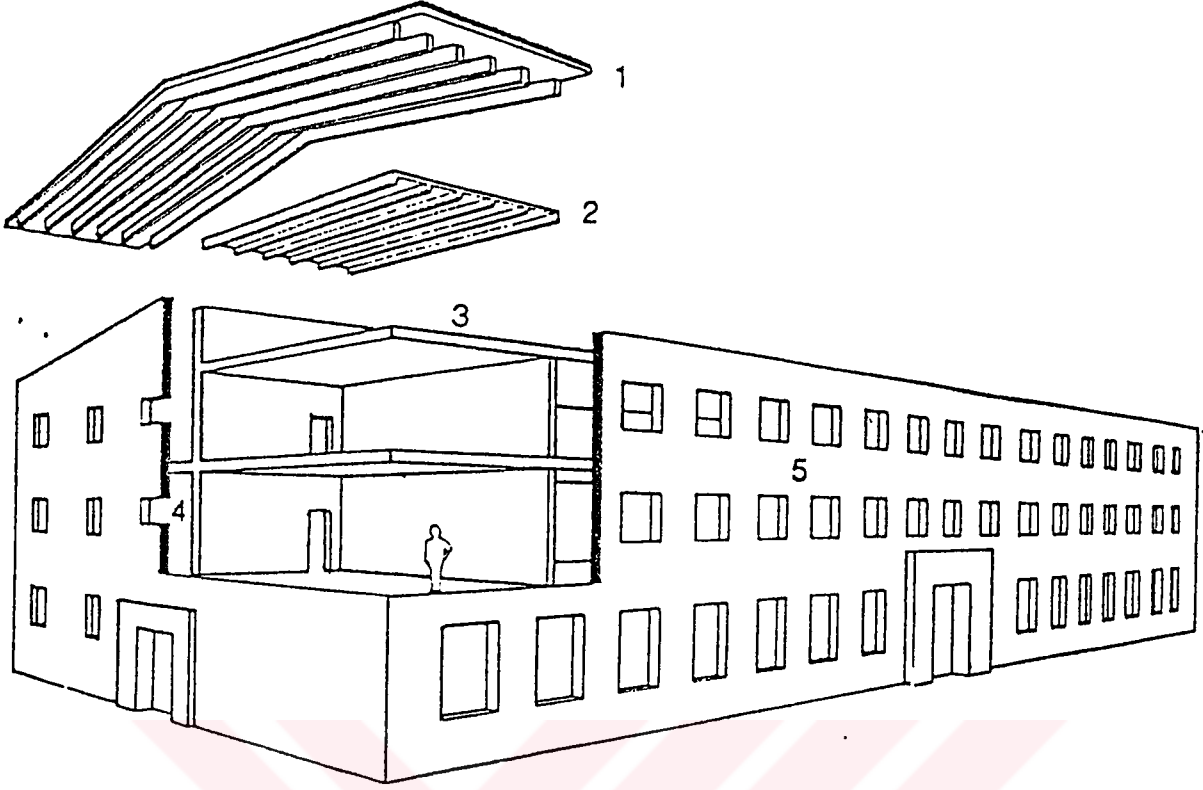


Şekil 2.1 : Betonarme çerçevesel binalar

2.2.2- Betonarme perdeli binalar

Tamamen perdeli binalar ve perdeli-çerçevesel binalar bu gruba girer. Yeni yapılan binalarda çerçevelerle birlikte perdeler gözlenirken tünel kalıp uygulamasıyla tamamı perdeli kutu sistem tarzı gelişmektedir (Şekil 2.2). Çerçevesel binalara göre daha rijit olup depremde daha iyi bir davranış gösterirler. Bu türden yüksek binalarda düşey süreksizlikler, komşu binaların çarpma etkisi ve plandaki düzensizlikler önemli hasarlara sebep olabilir. Tesbit edilen diğer hasar sebepleri şöyle özetlenebilir:

- Perdelerdeki büyük boşluklar etrafında kayma çatlakları meydana gelebilir.
- İmalat sırasında oluşan perde derzlerinde kayma göçmesi meydana gelebilir.
- Donatı ek boylarının yeterli olmaması sonucu eğilme göçmesi oluşabilir.



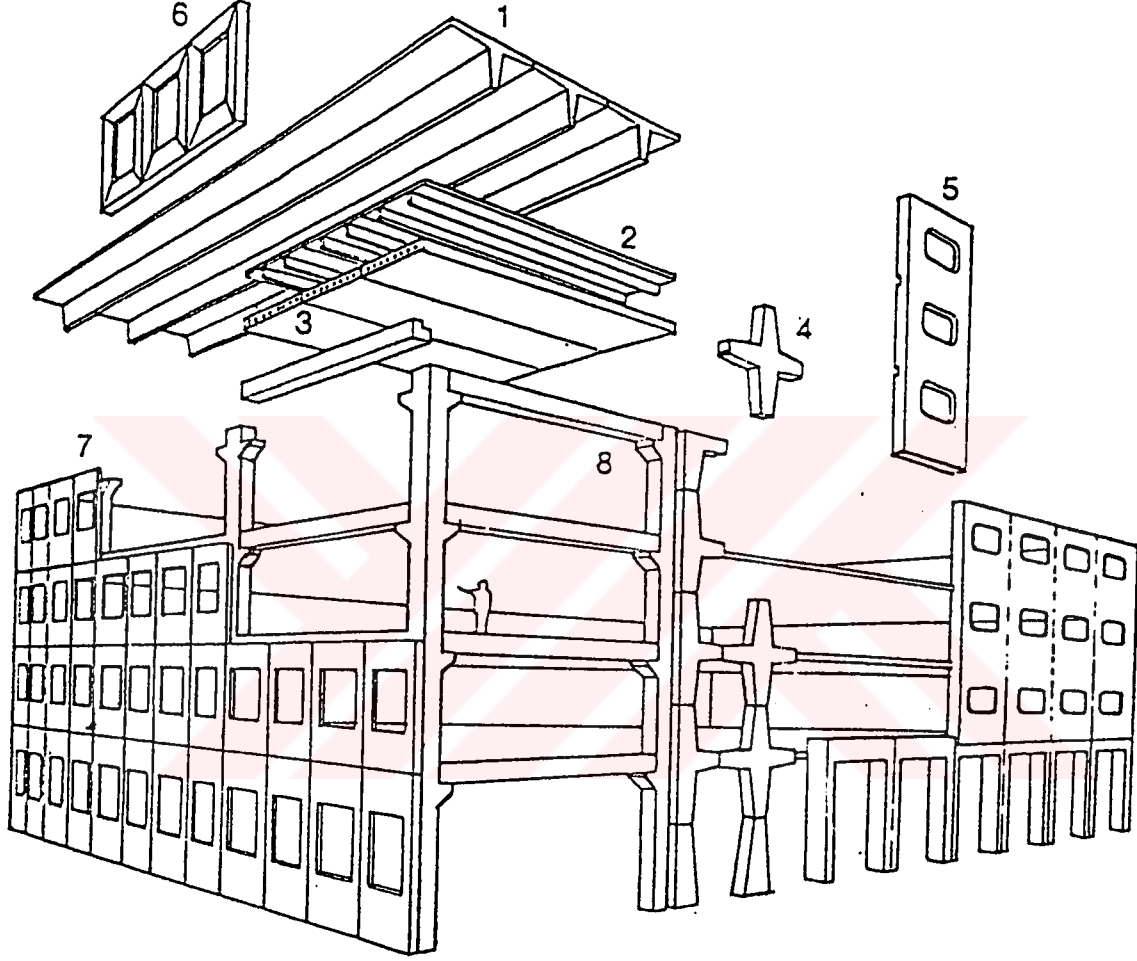
Şekil 2.2: Betonarme perdeli binalar

2.2.3- Prefabrike binalar

Prefabrike kiriş, kolon ve döşeme elemanların kombinasyonlarıyla oluşan yapı türüdür (Şekil 2.3). Prefabrike yapılarda ek yerleri en zayıf bölgeleridir. Yapının depreme karşı yeterli dayanım ve süneklige sahip olabilmesi için birleşim detaylarının uygun bir şekilde düzenlenmiş olması gerekir, aksi halde istenen yatay yük taşıma kapasitesine ulaşılmadan göçme meydana gelebilir. Prefabrike yapılara ait bazı problemler şöyle özetlenebilir :

- Prefabrike elemanlar arasındaki birleşimin zayıf olması sonucu göçme meydana gelebilir.
- İmalat yerinden montaj yerine taşınma sırasında elemanda oluşan gerilmeler sonucu istenen kapasiteye ulaşamaz.

- c) Elemanların yerleştirilmesi sırasında yeterli mesnet alanlarının sağlanmaması durumunda ezilme oluşabilir. Yatay yerdeğiştirmeyi karşılayacak mesnet genişliğinin yeterli olmaması durumunda elemanların düşmesi ve sistemin göçmesi söz konusu olabilir.



Şekil 2.3 : Prefabrike bina

2.2.4-Yığma binalar

Bu tür yapılarda duvarlar taşıyıcı elemanlardır. Pencere üstlerinde yer alan betonarme lento, yaygın bir uygulama tarzıdır. Taşıyıcı duvar üzerinde kat seviyesindeki hatıl hem duvarları birbirine bağlar ve hemde döşeme için mesnet teşkil eder. Eski binalarda

döşeme yapımında ahşap kirişlerden veya çelik profillerden faydalanılırken daha yeni yığma binalarda betonarme döşeme uygulaması görülmektedir. Bu tür yapılarda rastlanabilecek bazı önemli problemler şöyle özetlenebilir:

- a) Döşemelerin ve hatılların duvara kenetlenme şekline bir bağı olmaması sistemin en zayıf noktasıdır. Taşıyıcı duvarın göçmesi binanın tamamen göçmesine sebep olur.
- b) Döşemeler yeterince rijit değilse taşıyıcı duvar doğrultusuna dik yükleme durumunda taşıyıcı duvarın düzlemi dışındaki yerdeğiştirmeler engellenemez ve duvar kendi ağırlığı etkisinde göçer.
- c) Taşıyıcı duvarların imalinde kullanılan harcın kayma dayanımı düşükse veya zamanla zayıflamışsa büyük yükler altında hasar ve göçme meydana gelebilir.
- d) Yüksek katlı ve ince taşıyıcı duvarlı binalarda deprem sırasında duvar düzlemine dik yerdeğiştirmeler sonucu göçme meydana gelebilir.

2.3- Yöntem ve Hızlı Değerlendirme Formu

İncelenen yapının Tablo 2.1 de verilen yapı türlerinden hangisine girdiğine karar verilir. Yapı Hasar Ana Puanı yapının taşıyıcı sistemine ve bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.2 yardımıyla tesbit edilir. Bu puan, bölgede meydana gelebilecek önemli bir hasarın ihtimalini yansıtır. Önemli hasar; gerekli onarım ve güçlendirme maliyetinin, yapı değerinin yaklaşık % 60 ına vardığı hasar düzeyidir. Böyle bir durum aynı zamanda can kaybının başlayacağı durum olarak da özetlenebilir. Depreme dayanıklılığı iyi olan binalar için yüksek, hasar meydana gelebilecek binalar için düşük değerler öngörülmüştür. Deprem tehlikesinin yüksek olduğu birinci bölgeyi esas alan hızlı değerlendirme formu Tablo 2.3 de verilmiştir. Tablo 2.3 deki yapı hasar ana puanlarında Tablo 2.2 de verilen değişiklik yapılarak diğer deprem bölgeleri için de kullanılabilir. İncelenecek deprem bölgesine bağlı olarak hazırlanan bu değerlendirme formu ile büyük bir bölge taranarak daha ayrıntılı inceleme gerektiren yapılar tesbit edilir.

Bu değerlendirme formu kullanılarak taşıyıcı sistemde ve zemindeki Bölüm 2.3.10 da anlatılan olumsuz durumlar gözönüne alınarak yapının hasar ana puanında azaltma

yapılacaktır. Buradan elde edilecek sonuç puanı, S, yapının muhtemel bir depremdeki davranışını karakterize eden Yapı Puanı değeridir. Yapı Puanı S, binanın deprem dayanımının yeterlilik derecesini gösteren temel bir ölçüdür. Yüksek puan iyi, düşük puan ise muhtemelen zayıf bir deprem davranışına karşılık gelir. İkinci durumda değerlendirmenin yeniden, daha ayrıntılı olarak yapılması gerekir. Değerlendirme formunda yer alacak bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

Tablo 2.2 : Yapı türlerine ait yapı hasar ana puanları

Yapı türü		Deprem bölgesi		
		1	2 ve 3	4 ve 5
BÇ	Betonarme çerçeveli binalar	2.0	3.0	4.0
BP	Betonarme perdeli binalar	3.0	3.5	4.0
PR	Prefabrik binalar	1.5	2.0	2.5
YB	Yığıma binalar	1.0	2.0	2.5

2.3.1- Binanın yeri ve kimliği

Geniş çaplı bir bölgede yapılacak hızlı tarama çalışması sonrasında kayıt düzenliliği önemli olup bunu temin etmek üzere incelenen binanın adresi değerlendirme formunun sağüst kısmında bu bilgi için ayrılan yere açık bir şekilde yazılmalıdır. Daha sonra yapılacak ayrıntılı bir incelemede bu bilgi ile çalışmalar sistemli bir şekilde yürütülebilir.

Tablo 2.3 : Birinci deprem bölgesi için hızlı değerlendirme formu

BİRİNCİ DERECE DEPREM BÖLGESİ İÇİN HIZLI DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME FORMU					
Kroki	Adres:				
	Binanın ismi:				
	Kat adedi:		İnşa yılı:		
	Toplam kat alanı:				
	Kullanımı:				
	Düzenleyen:				
	Tarih:				
	Fotoğraf				
	Fotoğraf				
Ölçek					
KULLANIM	OLUMSUZLUKLAR	YAPI TÜRÜ			
Konut		BÇ	BP	PR	YB
Ticari	Ana Puan	2.0	3.0	1.5	1.0
Büro	Yüksek yapı	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5
İmalat	Kötü durum	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Toplantı	Düşey düzensizlik	-1.0	-0.5	-1.0	-0.5
Okul	Yumuşak kat	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0
Kamu	Burulma	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Acil servis	Planda düzensizlik	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0
Tarihi	Çarpma etkisi	-0.5	-	-0.5	-
İnsan sayısı	Kısa kolon	-1.0	-1.0	-1.0	-
	Kalın kaplama	-1.0	-	-1.0	-
0-10	Zemin durumu 2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
11-100	Zemin durumu 3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
101+	Zemin dur. 3 ve 8-20kat	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Sonuç Yapı Puanı (S) :					
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi ?		Evet		Hayır	
Yapısal olmayan hasar tehlikesi :					
Özel notlar :					

2.3.2- Araştırmacının niteliği

İlk inceleme sonrası gerekli olması durumunda yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede bu ilk çalışmayı yapan kişinin izlenimlerini öğrenmek önemlidir. Bu sebeple araştırmacının ismi, nitelikleri ve diğer bazı özellikleri formda belirtilmiş olmalıdır.

2.3.3- Kat sayısı ve toplam kat alanı

Binada meydana gelecek hasar, genellikle yapı yüksekliğiyle orantılıdır. Formda adı geçen kat sayısı, bina yüksekliği için uygun bir ölçüdür.

Bodur bina :	1-3 Kat
Orta yükseklikte bina :	4-7 Kat
Yüksek bina :	8 ve daha fazla katlı binalar

Bodur ve orta yükseklikteki binalar için elde edilen S değerleri genellikle birbirlerine çok yakın olduğu için yükseklik açısından bu binalar aynı grupta incelenebilir. Yapı hasar ana puanları Tablo 2.2 den elde edilir. Eğer bina eğimli bir arazide yapılmışsa veya farklı seviyede çatı katlarına sahipse en yüksek noktanın esas alınması önerilir. Binanın bir katının alanı, toplam kat sayısı ile çarpılarak toplam kat alanı elde edilir.

2.3.4- İnaşa yılı

Formdaki inşa yılı oldukça önemli bir bilgidir. Binanın inşa yılı bilinirse, o zamana ait inşaat teknikleri, malzeme özellikleri ve yönetmelikler hakkında isabetli tahminler yapılabilir. Bu sebeple bina yaşı, yapı türünü ve sonuç puanı belirlemede önemli bir bilgidir. İnaşatın uzun sürede tamamlanmış olabileceği veya kısım kısım yapılmış olabileceği ihtimali de gözönünde tutulmalıdır.

2.3.5- Kullanım amacı ve binadaki insan sayısı

Yapının değerlendirme formunda yer alan kullanım maksatlarından hangisi için kullanıldığına karar verilir. Kullanım maksadı gözönünde tutularak, binadaki insan sayısının; formda verilen gruptan hangisine girdiği tesbit edilir. Bir bina birden fazla kullanım amacına yönelikse mesela hem ticari hemde konut maksatlı kullanılıyorsa her ikisinde işaretlenmelidir. Yapıdaki insan sayısının yaklaşık olarak hesaplanabilmesi için konutlarda 1 kişi / 30 m², otellerde 1 kişi / 20 m², yurtlarda 1 kişi / 10 m², büro binalarında 1 kişi / 15 m², okullarda 1 kişi / 7 m² değerleri kullanılabilir.

Geniş çaplı bir bölgede yapılacak tüm inceleme ve davranış değerlendirme çalışmalarından sonra gerekli olan yapılarda birtakım güçlendirme tedbirlerinin alınması sözkonusudur. Bu güçlendirme programının da belirli bir önem sırası dahilinde yapılması gereklidir. Yapının kullanım maksadı ve buna bağlı olarak yapıdaki insan sayısı bu önem sırasının belirlenmesinde geçerli bir kıstastır. Depremden hemen sonra kullanımına ihtiyaç duyulan ve insanların yoğun bir şekilde bulunduğu binalar böyle bir güçlendirme programında birinci derecede gözönüne alınacaktır.

2.3.6- Taşıyıcı olmayan eleman hasarları

Binaya bağlantısı zayıf olan baca, parapet, çatı oluğu, dış cephe kaplama malzemesi gibi taşıyıcı olmayan elemanlar deprem esnasında taşıyıcı sistemden ayrılıp düşerek hayati tehlike arzedebilir. Bazı basit tedbirlerle ortadan kaldırılabilecek taşıyıcı olmayan elemanlara ait tehlikeli durumlar formda işaretlenmelidir.

2.3.7- Kroki, fotoğraf ve yorumlar

Bina fotoğrafının eklenmesi ve kroki çizilmesi binanın özelliklerini kolayca ortaya koyması bakımından önemlidir. Kroki, binanın yaklaşık olarak boyutlarını, o mahaldeki yerini, komşu binalara olan mesafesini de içermelidir. Ayrıca; mevcut çatlaklar, biçim problemleri gibi özel durumlara ait bilgilerde bu krokiye işlenebilir.

2.3.8- Taşıyıcı sistem tipinin belirlenmesi

Bina kaplama malzemeleri, yapısal iskeleti gizlediğinden, binanın dışından yapılacak bir incelemeyle, binaya ait taşıyıcı sistem türünü belirlemek genellikle zordur. Örnek olarak çelik bir bina ile betonarme bina dışarıdan birbirine çok benzeyebilir veya bina farklı doğrultularda farklı taşıyıcı sistemlere sahip olabilir. Bu sebeple araştırmacı çoğu kere binadaki bazı ipuçlarını kullanarak, mümkün olmayan yapı türlerini eleyerek, mümkün olan yapı türünü elde etmek durumunda kalır. Bu ipuçları şöyle ifade edilebilir.

- a) Bina yaşı
- b) Cephe tarzı
- c) Bina yüksekliği
- d) İlk kullanım maksadı

Şayet mümkün olan yapı türü birden fazlaysa veya yapı türü belirli olduğu halde, farklı doğrultularda farklı yapı türü belirleniyorsa, bütün durumları gözönüne alarak yapılacak bir inceleme sonucu elde edilecek olan en düşük yapı puanı esas alınır.

a- Bina yaşı:

Binanın yaklaşık olarak tesbit edilen yaşı sayesinde o tarihlerde kullanılan yapım teknikleri ve dolayısıyla mümkün olan yapı türü ile birlikte, projelendirmede esas alınan deprem yönetmeliğini belirlemek mümkün olabilir. Binanın mimari tarzı, yaşı tesbit etmede önemli bir ipucudur. Ancak binanın restorasyon geçirmiş olması ihtimalide gözönünde tutulmalıdır.

b- Cephe tarzı:

Taşıyıcı sistem türünün belirlenmesinde, cephe tarzından, cephedeki pencere boşlukların büyüklüğünden faydalanılabilir. Çerçevesiz binalarda cephelerde büyük pencere boşlukları ve kiriş-kolon ızgara sistemi gözlenirken kutu sistemli (tümüyle perdeli) veya yığma binalarda küçük pencere boşlukları, en az iki cephede kalın rijit perde veya taşıyıcı duvar mevcuttur.

Son zamanlarda sıkça uygulanan çok katlı işyeri binaları, iç kısımlarda, yatay yükleri karşılamak amacıyla perdelerden oluşan bir çekirdek ihtiva etmektedir ki, bu sistem çerçeve türü bir yapı olarak düşünülebilir. İç kısımda kolonların, dış çevrede taşıyıcı duvarların yer aldığı bir sistemde yatay kuvvetler bu taşıyıcı duvarlar tarafından karşılanacağından sistem taşıyıcı duvarlı bir yapı olarak düşünülmektedir. Kutu sistemler bazen yük taşımak için sadece iki esas taşıyıcı duvara sahip olacak şekilde inşa edilebilirler. Diğer duvarlar yük taşıma maksatlı olmayıp buralarda büyük boşluklara izin verilebilir. Araştırmacı yan ve arka cepheleride incelemelidir. Şayet dört dış duvardan en az ikisi, daha rijit görünüyorsa bu sistem muhtemelen bir kutu sistemdir.

c- Bina yüksekliği:

İncelenen binanın yüksekliği sayesinde bu yapıda kullanılacak taşıyıcı sistem türleri belirlenerek mümkün olmayan seçenekler elenir.

d- İlk kullanım maksadı:

İlk kullanım maksadı bilirse bu amaca uygun muhtemel taşıyıcı sistem türleri belirlenerek seçenekler elenir. Şayet bina yenilenmediyse, ilk kullanım maksadı binanın tarzından tesbit edilebilir. Binanın şimdiki kullanımının ilk kullanım maksadından farklı olabileceği düşünülmelidir.

Araştırmacı çoğu kere orjinal yapıya ait bilgileri tesbit etmek durumundadır. Ancak, yapıların restore edilmesiyle bu bilgilerin tesbiti zorlaşır. Bu durumda araştırmacı dikkatini restore edilmemiş kısımlara yöneltmelidir. Dış yenilemelerin çoğu sadece ön cephelerde yani görünen kısımlarda yapılacağından bu gibi durumlarda orjinal yapı karakterinin gözlenebileceği yan-arka veya insanların genellikle bakmadıkları cepheler incelenerek gerekli bilgiler tesbit edilebilir.

2.3.9- S yapı puanı tayini

Yapı malzemesi, taşıyıcı sistem türü ve binanın bulunduğu deprem bölgesine bağlı olarak Tablo 2.2 yardımıyla Yapı Hasar Ana Puanı belirlenir. Bölüm 2.3.10 da anlatılan yapının deprem dayanımını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin incelenen binada değerlendirilmesi yapılarak herbir faktöre ait azaltma puanı belirlenir. Daha sonra, bu faktörlerin herbirine ait azaltma puanları yapı hasar ana puanından çıkarılarak Yapı Puanı (S) elde edilir.

2.3.10- S yapı puanını etkileyen faktörler

Bu bölümde Tablo2.3 deki yapının deprem davranışını olumsuz etkileyen temel faktörler açıklanmıştır. Bu faktörlere ait puanlar yapı hasar ana puanından çıkarılarak yapı puanı elde edilir. Yapının dayanımı, yatay kuvvetleri taşıyan sistemin yeterliliğine bağlı olduğundan dayanımı etkileyen faktörler de (DEF) taşıyıcı sistem türüne bağlıdır. Değerlendirme formunda herbir yapı türü için dayanımı etkileyen faktörlere ait azaltma puanları ayrı olarak verilmiştir.

a- Yüksek yapı :

Kargir yapılarda 4, diğer yapılarda 8 den fazla kat bulunması durumunda yapı, yüksek yapı olarak kabul edilir.

b- Kötü durum :

Yapının inşasında projede esas alından daha düşük kalitede malzeme (beton) kullanımı, kötü yerleştirme, temelde düzgün olmayan oturma sonucu köşegen çatlakların oluşması, ince ve kalın agreganın ayrışması, tuz veya sülfat gibi kimyasal maddelerin etkisiyle betonun zamanla zayıflaması, donatının açığa çıkarak paslanması ve bunun dışarıdan görülmesi, kargir binalarda harcın zayıflaması gibi durumlar binanın deprem davranışını olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir. Yapıda mevcut olabilecek bu durumların

yapının deprem davranışında sebep olacağı olumsuzluk, formda bu duruma karşılık gelen azaltma puanıyla gözönüne alınabilir.

c- Düşey düzensizlik :

Binanın düşey kesitindeki süreksizlikler ve bunların sebep olduğu yük aktarma süreksizlikleri, perdelerin temele kadar devam etmeyip üst katlarda kesilmesi gibi durumlarda süreksizliğin olduğu yerlerdeki diğer elemanlarda aşırı zorlanmalar oluşacak ve bu elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşmadan önce göçme durumuyla karşılaşabileceklerdir. Bu tür durumların yapının deprem davranışında sebep olacağı olumsuzluk, değerlendirme formundaki bu duruma ait azaltma puanlarıyla dikkate alınır.

d- Yumuşak kat :

Bir katın yanal rijitliği hemen üzerindeki katınkinin %70 inden veya üstte bulunan üç katın rijitlikleri toplamının %40 ından az ise bu kat yumuşak kat olarak kabul edilir. Çeşitli mimari nedenlerle büyük pencere boşluklarına sahip yüksek zemin katlarda ve perdelerin temele kadar devam etmediği yapılarda yumuşak kat durumu sıkça görülür. Ayrıca bina bir doğrultuda düzgün bir düşey rijitlik dağılımına sahipken diğer doğrultuda yumuşak kata sahip olabilir. Yumuşak katlar genellikle relatif kat yerdeğiştirmelerindeki ani değişikliklerle tesbit edilebilir. Yapının düşey yöndeki rijitlik dağılımında belirgin bir süreksizliğin mevcut olması, bir katın rijitliğinin diğer katlarınkinden önemli şekilde az olması halinde bu duruma ait azaltma puanı formda işaretlenir.

e- Burulma :

Taşıyıcı sistemin rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezliğin büyük olması sonucu yatay deprem yükleri altında, binada deprem davranışını olumsuz yönde önemli ölçüde etkileyecek burulma etkileri oluşacaktır. Burulma etkisiyle düşey taşıyıcı elemanlar gereksiz yere aşırı zorlanacaklar ve kendilerinden beklenen dayanıma ulaşmadan hasar görebileceklerdir. Bu durum özellikle köşebaşında caddeye bakan taraflarda büyük

pencere boşlukları olan ve diğer iki cephenin boşluksuz ve rijit bir şekilde inşa edildiği binalarda meydana gelir. Bu durumun sebep olacağı olumsuzluk bu duruma ait azaltma puanıyla gözönüne alınabilir.

f- Planda düzensizlik :

Bu durum genellikle L, U, E ve T biçimindeki düzensiz planlı yapılarda görülür. Yapının düzgün bir biçime sahip olması depremdeki davranışını olumlu yönde etkiler. Düzgün bir biçime sahip olmayan bir yapı her ne kadar yönetmelikte istenen diğer şartları sağlasa bile, düzgün biçimli bir binadan beklenen davranışa erişilemez. Düzensiz biçimi binalarda farklı bölümlerin bağlantılarında meydana gelecek hasar sonucu düşey taşıyıcı elemanların kapasitelerinde önemli azalmalar oluşabilir ve kısmi veya toptan göçme durumuyla karşılaşılabilir. Böyle düzensiz biçime sahip binalarda plan düzensizliğine ait olumsuzluk azaltma puanıyla gözönüne alınır.

g- Deprem esnasında komşu binaların çarpma etkisi :

Çarpma etkisi özellikle farklı rijitlikte ve farklı seviyedeki katları olan çerçevesel komşu binalarda ortaya çıkar. Kat seviyeleri birbirinden farklı olduğundan bir yapının kat elemanları (döşeme), diğer yapının düşey taşıyıcı elemanlarını (kolon) çarpma etkisiyle zorlayacaktır. Çerçevesel yapıların haricindeki yapılarda çarpma etkisi olumsuz bir duruma yol açmayacağından yapı puanını azaltıcı bir etkiye sahip değildir. Farklı kat seviyelerine sahip komşu binalarda bu tür çarpma etkisini önlemek amacıyla her kat için komşu binalar arasında en az 10 cm lik bir mesafeye ihtiyaç vardır. Örnek olarak 4 katlı bir A binası ile 6 katlı bir B binasının komşu olması durumunda çarpma etkisinden kurtulabilmek için A binasının dördüncü katında B binası ile arasındaki mesafe en az $4 \times 10 = 40$ cm olmalıdır.

h- Kalın kaplama :

Prefabrike beton panellerle veya ağır kesme taşlarla kaplanmış yapılarda, bu kaplamaların taşıyıcı sisteme olan bağlantıları zamanla zayıflayarak muhtemel bir depremde

tehlike arzedebilirler. Bu durumun depremde sebep olacağı olumsuzluğa ait azaltma puanı yapı puanının hesabında dikkate alınmalıdır. Değerlendirme formunda basit bir takım önlemlerle ortadan kaldırılabilir bu tür tehlikelere “özel notlar” kısmında dikkat çekilmelidir.

ı- Kısa kolon :

Kolonlar genellikle tüm kat yüksekliğinde öngörülür, fakat daha sonra perde veya diğer taşıyıcı elemanların bulunması nedeniyle yükseklikleri kısalmır. Kısılma ile eğilme rijitliği artan kolonlar, projede öngörülenden daha fazla yatay yük taşımak zorunda kalırlar ki, bu da genellikle sünek olmayan bir kayma kırılması ile sonuçlanır. Kısa kolonlar yapının sünekliğini ve buna bağlı olarak deprem etkisinde yapının deprem enerjisi yutabilme yeteneğini azaltırlar.

j- Zemin durumu :

Yapının bulunduğu bölgedeki zemin durumunun deprem davranışına olan etkisi Tablo 2.4 deki azaltma puanlarıyla dikkate alınır.

Tablo 2.4 : Zemin durumları ve bunlara ait azaltma puanları

Zemin durumu	Azaltma puanı	Açıklama
ZD 1	0	Kaya va kaya üzerinde kalınlığı 70 m den daha az sert kil tabakası
ZD 2	-0.3	Kohezyonsuz zemin veya kaya üzerinde kalınlığı 70 m den fazla sert kil tabakası
ZD 3	-0.6	10 m den fazla yumuşak veya orta sert kil (veya belirlenemeyen zemin)
ZD3 ve 8-20 kat	-0.8	8-20 katlı binalar için ZD3 durumu

2.3.11- Elde edilen bilgilerin doğruluğu

Şayet değerlendirme formunda ele alınan konularda araştırmacının şüpheli bir tesbiti varsa bu bilgiye ait notun yanına (*) işareti konarak dikkat çekilmelidir. Ayrıca bu şüphenin sebebi özel notlar bölümünde açıklanmalıdır.

2.3.12- Özel notlar bölümü

Bu bölümde araştırmacı binanın kullanım maksadına, durumuna, bilgilerin doğruluğuna ait açıklamalarda bulunup, bina hakkındaki önerilerini sıralayabilir. Hızlı değerlendirme sonucu yapılacak daha ayrıntılı bir değerlendirmede bu özel notlar ve yorumlar gözönüne alınacaktır.

2.4- S Yapı Puanı Değerlendirilmesi

Yapıdaki deprem davranışını olumsuz etkileyen faktörlere ait azaltma puanları, başlangıçta yapı türü ve deprem bölgesine bağlı olarak tesbit edilen yapı hasar ana puanından düşölerek, her yapı için bir S Yapı Puanı elde edilir. Bu S Yapı Puanı; yapının muhtemel bir depremdaki davranışını karakterize eder. Elde edilen bu puanın yorumlanmasıyla yapının daha ayrıntılı bir incelemeye gerek duyup duymadığı sonucuna varılır. Yüksek puan; binanın deprem etkisine karşı yeterli bir taşıyıcı sisteme sahip olması ihtimalinin yüksekliğine karşı gelir. Puan düşükse binanın hassas ve tehlikeli bir durumda olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karar verilir.

Elde edilen sonuç yapı puanının düşük veya yüksek olduğuna karar verebilmek için bir kıyas değeri tanımlanması gereklidir. Yöntemde kesin olmamakla beraber 2 değeri bir sınır değer olarak verilmiştir. Bu durumda S değer 2 den küçük olan binaların, muhtemel bir depremde olumlu bir davranış göstermesini temin edebilecek modern deprem yönetmeliğindeki koşulları sağlamadığı kabul edilebilir.

Gerçekte bu sınır puanının belirlenmesi için pek çok binanın gözden geçirilerek değerlendirilmesi ve bulunan planların yorumlanması gereklidir. Daha kesin olarak; binalarda yapılacak ayrıntılı incelemelerle sınır puanı için ülkemize uygun kabul edilebilir bir değer elde edilmelidir.



BÖLÜM 3- DAVRANIŞ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

3.1- Genel

ATC-22 de verilen bu yöntemde yapı hızlı değerlendirme yöntemine kıyasla teknik olarak daha ayrıntılı incelenir. Yapının tümünün veya bazı bölümlerinin göçmesi, bazı kısımlarının koparak düşmesi, giriş ve çıkış bölümlerinin kapanması durumunda yapıda deprem güvenliğinin sağlanmadığı kabul edilir. Yöntemde bu tür olaylara yol açacak zayıf noktaların belirlenmesine çalışılır. Bu amaçla yapının zayıf noktalarını belirlemeye yönelik birtakım kriterlerden ibaret bir değerlendirme formu doldurulur. Formdaki bu kriterlerin yapıdaki durumu incelenerek sağlanması durumunda “evet”, sağlanmaması durumunda “hayır” şeklinde yapılacak bir değerlendirme sonucunda zayıf noktalar tesbit edilir ve ayrıntılı bir şekilde incelemeye gerek duyan yapı bölümleri belirlenir. Gözönüne alınan kriterin binada değerlendirilmesiyle “evet” şeklinde bir sonuç elde ediliyorsa deprem davranışı açısından bu durumun uygun olduğu söylenebilir. Kriterin binada sağlanmaması durumuna karşılık gelen “hayır” değerlendirilmesi, deprem davranışıyla ilgili bir belirsizliği ve ayrıntılı bir incelemenin gerekliliğini gösterir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta olumsuz durumdan dolayı tüm yapının değil sadece bu olumsuzluğun görüldüğü yerde ayrıntılı incelemenin yapılacağıdır. Yöntemde bu tür sorunlu elemanlar için yapılacak ayrıntılı bir incelemede gözönüne alınması gerekli hususlarada yer verilmiştir.

Mevcut binalar için bulunan sonuçların değerlendirilmesinde, geçerli olan son yönetmeliğin esaslarından biraz daha toleranslı olmak uygun olabilir. Zira mevcut yönetmeliklerin pek çoğu yeni yapılacak yapıları esas alır ve bu yapılarda uyulması gerekli kurallar öngörülür. Mevcut yapılar için yeni yapılacak binalara ait olan yönetmelik kurallarının kullanılması halinde birçok durumda onarım ve güçlendirme işlemi gerekli görülecektir. Oysa onarım ve güçlendirme işlemiyle yapının deprem davranışı olumlu yönde düzeltilse bile hiçbir zaman mevcut yönetmelik şartıyla inşa edilecek yapıdan beklenen deprem davranışına erişilemez. Güçlendirme işleminin yapıyla olan bütünleşmesi ve getireceği masrafla deprem davranışında olumlu yönde sağlanacak düzelmeye arasında fayda-maaliet analizi yapılarak elde edilecek optimum bir çözümle toplam yatay deprem yükünde

bir azaltmaya gitmek uygun olabilir. Bu şekilde bir düşünüşle toplam yatay deprem yükünde, deprem ivmesinin periyoda bağlı olduğu orta periyotlu yapılarda % 67 kısa periyotlu yapılarda ise % 85 lik bir azaltma uygulanabilir.

Yeni yapılacak yapılarda boyutlandırma esastır. Boyutlandırmada taşıyıcı sistem elastik kabul edilerek kesit etkileri hesaplanır. Hesaplarda gözönüne alınandan daha büyük deprem yükü oluşması durumunda, yönetmelikteki konstrüktif kurallara uyulmasıyla deprem enerjisinin plastik şekil değiştirmelerle yutulması sağlanır. Bu amaçla toplam yatay yük hesabında bir R davranış değiştirme katsayısı gözönüne alınır. Sistemin sünek düzenlenmesiyle deprem kuvvetlerinin azaltılacağı söylenebilir.

Mevcut yapıların değerlendirilmesinde ise yapının deprem davranışı tahmin edilmeye çalışılır. Yapıdaki zayıf noktaların ve göçme durumlarının tesbitine çalışılır. Göçme durumunun tesbiti için elemanların taşıması gerekli etki (D_e) ile taşıyabileceği etki (C_e) oranının (D_e/C_e) belirlenmesi önemlidir. Elemanda ani ve gevrek bir göçme olmaması için kesme kuvveti dayanımı eğilme dayanımında taşıyacak kesme kuvvetinden büyük olmalıdır. Göçme durumu sözkonusu olduğu için elemanın eğilme dayanımında bir artışa müsaade edilmez. Zira eğilme dayanımındaki artış, elemandaki kesme kuvvetini arttıracak ve bu artışla muhtemelen kayma dayanımı aşılanacak ve gevrek bir kırılma oluşacaktır. Bu sebeple taşınması gerekli etkinin hesabında etkinin R davranış katsayısı ile azaltılması gerekir.

İnceleme sonunda sonuçlar, dikkati çeken bütün hususlar ve “hayır” şeklindeki değerlendirmeler biraraya toplanır. Değerlendirme bir adım daha ileri götürülerek elemanlarda deprem etkisi için D_e/C_e oranı hesaplanabilir. Deprem davranışı açısından belirsizlik tesbit edilen durumlarda daha ayrıntılı bir inceleme oluşturulur. Depremden dolayı oluşan Q_E kesit etkisi davranış değiştirme katsayısı gözönüne alınarak $D_E = Q_E \times R$ olarak hesaplanır ve toplam kapasiteden sabit yükler için gerekli olan kapasite düşülerek elde edilen C_E deprem kuvveti taşıma kapasitesi ile kıyaslanır. Bu oranların büyüklüğü ile elemanın göçme türüne karar verilir.

Yöntem esas olarak aşağıdaki üç bölümden oluşmaktadır.

- a- Yapının deprem davranışının değerlendirilmesi : Bu bölüm ilk incelemeden başlar ve deprem davranışının tahmin edilmesine kadar devam eder.
- b- Binanın taşıyıcı sisteminin belirlenmesi : Taşıyıcı sistem türü belirlenir ve bu türe ait kriterlerin binadaki durumu incelenerek ilgili değerlendirme formu doldurulur. Herbir kriter için Bölüm 3.4 de verilen ve değerlendirmenin nasıl yapılacağını belirten açıklamalara uygun olarak “evet” veya “hayır” şeklinde bir değerlendirme yapılır. Bu kriter değerlendirmesi esnasında bazı basit metodlarla yatay kuvvet taşıyıcı sistemin analizi gerekebilir. Böyle bir analizin nasıl yapılacağı Bölüm 3.2.4 de açıklanmıştır.
- c- Yorumlar : Değerlendirme formunda “ hayır” şeklinde kodlanan bölümlerdeki kusurlar yorumlanarak sonuca bağlanır. “Hayır” şeklinde belirlenen ve daha detaylı bir inceleme yapılması gerekli bölümlerde incelemenin nasıl yapılacağı ve nelerin gözönüne alınacağı Bölüm 3.4 de açıklanmıştır.

3.2- Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi

Yapının deprem davranışının değerlendirilmesine yönelik çalışma sırasıyla şu bölümlerden meydana gelir.

- a- Bina yerine giderek bilgi toplama
- b- Taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve ön değerlendirme
- c- Çalışmanın derinleştirilmesi
- d- Taşıyıcı sistemin analizi
- e- Son değerlendirmenin yapılması
- f- Sonuç raporun yazılması

3.2.1- Yerinde bilgi toplama

Bina yerinde yapılacak bir ön inceleme, değerlendirme çalışmasının ilk adımını oluşturur. Bu ön araştırma safhasında yapının fotoğrafı çekilir ve genel özelliklerini ihtiva eden bir krokisi çizilir. Taşıyıcı sistemle ilgili hesap ve çizimlerin elde edilmesi, yapılan hesapların kontrolü ve hedeflenen yatay yük taşıma sınırının tesbitinde önemli kolaylık

sağlar. Yapılacak değerlendirme işleminin sağlıklı sonuçlar vermesi açısından tüm bunlara ilaveten aşağıdaki hususlarda da bilgi toplanmalıdır.

- a- Temel zeminine ait mevcut temel raporu incelenip zemin parametreleri belirlenerek Tablo 3.1 den Zemin Türü ve Tablo 3.2 den Zemin Türü Katsayısı elde edilir.
- b- Binanın daha önceki depremlerdeki davranışı hakkında bilgi toplanır.

Bina hakkındaki bu tür bilgilerin elde edilmesinde birtakım zorluklarla karşılaşılabilir. Taşıyıcı sisteme ait hesap ve çizimlerin elde edilemediği, malzeme dayanımının belirlenemediği bu gibi durumlarda daha ayrıntılı bir çalışmanın gerekliliğine elde edilecek fayda ve katlanılacak zahmet karşılaştırılarak karar verilir.

Tablo 3.1 : Zemin türleri

Zemin türü	Açıklama
S ₁	Kaya ve kaya üzerinde 60 m den daha az sıkı ve sert zemin
S ₂	Kaya üzerinde 60 m den fazla sıkı,sert ve kohezyonsuz zemin
S ₃	Yumuşak killi kısmın 10 m den az olduğu 60 m kalınlığında yumuşak ve orta sert killi zemin
S ₄	20 m den fazla yumuşak kil zemin

Tablo 3.2 : Zemin türü katsayıları

Zemin türü	S1	S2	S3	S4
Zemin türü katsayısı,S	1.0	1.2	1.5	2.0

3.2.2- Taşıyıcı sistemin belirlenmesi ve ön değerlendirme

Yapı yerinde yapılan ön araştırmada sağlanan bilgilerle ve mühendislik görüşüyle binanın taşıyıcı sisteminin Tablo 3.8 de verilen taşıyıcı sistem türlerinden hangisi olduğuna karar verilir. Bölüm 3.3 de verilen yapı türlerine ait değerlendirme formlarında bu taşıyıcı

sistem türüne ait olanı doldurulur. Böylece binanın deprem davranışı hakkında geçici bir sonuç çıkarılacak düzeye gelinmiş olunur.

3.2.3- Çalışmanın derinleştirilmesi

Bu ön çalışmadan sonra yapılacak daha ayrıntılı bir incelemenin gerçekçi sonuçlar verebilmesi açısından ön çalışmada elde edilen sonuçların ve mevcut bilgilerin kontrolü gerekebilir. Bu amaçla ;

- a- Mevcut bilgiler kontrol edilir.
- b- Gerekli olan diğer bilgiler (yerinde yapılabilecek ölçüm ve bina krokisi) toplanır.
- c- Yatay ve düşey yükleri karşılayan taşıyıcı sistemler gözden geçirilir.
- d- Varsa binayı diğer binalardan farklı kılan özel durumlar belirlenir.
- e- Değerlendirme sonucunu önemli ölçüde etkileyeceği sanılan durumlarda, elde edilecek fayda ve zahmet karşılaştırılarak gerekli olması durumunda malzeme deneyleri yapılır.

3.2.4- Taşıyıcı sistemin yatay yükler altında analizi

Değerlendirme formunda “hayır” şeklinde kusurlu olarak tesbit edilen kısımların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi bir yatay yük analizini gerektirebilir. Böyle bir durumda her eleman için tek tek hesap yapılması yerine toplu olarak tüm binanın gözönüne alınması uygun olabilir. Özel bir durum söz konusu olmadığı müddetçe taşıyıcı sistemin yatay yükler altındaki analizinin eşdeğer statik kuvvetler yöntemiyle yapılması yeterlidir.

3.2.4.1- Hesabın kapsamı

Eşdeğer statik kuvvetler yöntemiyle yapılacak bir yatay yük analizinde hesap adımları şöyle özetlenebilir:

- a- Bina ağırlığının hesabı
- b- Bina periyodunun hesabı
- c- Binaya etkiyen toplam yatay yükün hesabı

- d- Toplam yatay yükün bina yüksekliği boyunca dağıtılması, kat kesme kuvvetlerinin ve devrilme momentlerinin hesabı
- e- Kat kesme kuvvetlerinin rijitlikleri oranında düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılması
- f- Hesabı istenen elemanların kontrolü

Binanın proje aşamasında yapılmış hesapları mevcutsa bunların incelenmesi yeterli olabilir. Yeni yönetmeliğin yatay yük hesabında öngördüğü yeni katsayılardan dolayı toplam yatay yükte bir farklılık olursa da orantı kullanılarak sonuçlar kolayca elde edilebilir. Yeni yapılar için uygulanan hesap yönteminin daha önce de açıklanan optimal bir çözümü sağlaması açısından sonuçların değerlendirilmesi açısından sonuçların değerlendirilmesi sırasında bina yeni yapıymış gibi kabul edilerek elde edilen kesit etkilerinin %67 sinin (rijit yapılarda %85) gözönüne alınması öngörülmür. Yapıya ait taşıyıcı olmayan elemanların deprem esnasında bağlandıkları yerden koparak düşmeleri ve hayati tehlike oluşturma durumları da engellenmiş olmalıdır. Bu amaçla taşıyıcı olmayan elemanların, ağırlıkları oranında maruz kalacakları yatay kuvvetler etkisinde devrilme ve ankraj kontrolleri yapılmış olmalıdır.

3.2.4.2- Taşınması gerekli toplam etki

Taşıyıcı sistemdeki her eleman yerçekimi yüklerinin(sabit yük, hareketli yük ve kar yükü) ve deprem kuvvetlerinin etkilerini birarada karşılayacak durumda olmalıdır. Yapıya ait hesaplarda bu etkilerin kombinezyonuyla oluşan toplam etki gözönüne alınır. Yöntemde bu kombinezyonlar aşağıdaki şekilde verilir:

$$Q = (1.1 + 0.5 A_v) Q_D + 1.0 Q_L + 1.0 Q_S \pm (1.0 Q_E) \quad (3.1)$$

$$Q = (0.9 - 0.5A_v) Q_D \pm (1.0 Q_E) \quad (3.2)$$

Q: Toplam yük

Q_D: Sabit yük

Q_L: Hareketli yük

Q_S: Kar yükü

Q_E : Deprem etkisi olup, yapının (3.3) ifadesiyle hesaplanan toplam yatay kuvvet etkisi altında analiz edilmesiyle elde edilir.

3.2.4.3- Toplam yatay yük hesabı

Yapıya herhangi bir doğrultuda etkiyen toplam yatay deprem kuvveti V , (3.3) ifadesiyle elde edilebilir.

$$V = C_s W \quad (3.3)$$

C_s : Deprem katsayısı

W : Toplam bina ağırlığı (sabit ağırlık yanında, depo gibi yükün oldukça uzun süreli kaldığı yerlerde %25 hareketli yük eklenecektir.)

Mevcut binalar için deprem katsayısı C_s olarak yeni yönetmelikte hesaplanan C_s değerinin %67 sinin alınması öngörülmüştür.

$$C_s = 0.67 \frac{1.2 A_v S}{R T^{2/3}} = \frac{0.80 A_v S}{R T^{2/3}} \quad (3.4)$$

(3.4) ifadesiyle hesaplanan C_s değeri, (3.5) ifadesiyle verilen limit değerinin %85'inden büyük olmamalıdır.

$$C_s \leq 0.85 \frac{2.5 A_a}{R} = 2.12 A_a / R \quad (3.5)$$

A_v : Tablo 3.3 de verilen etkili en büyük hıza bağlı ivme katsayısı

A_a : Tablo 3.3 de verilen etkili en büyük ivme katsayısı olup etkili en büyük ivmenin yerçekimi ivmesine oranına eşittir.

S : Tablo 3.2 de verilen zemin türü katsayısı (Zemin türünü belirleyecek yeterli bilgi yoksa veya zemin bu dört sınıftan birine girmiyorsa S değeri olarak 1.5 alınır.)

R : Tablo 3.4 den elde edilen davranış değiştirme katsayısı olup taşıyıcı sistemde elastik şekil değiştirme enerjisinin ötesinde plastikleşme ile sağlanacak ilave enerji yutma kapasitesini gözönüne almaya yarar.

T : Yapı temel periyodu

***Periyot:** Yapı temel periyodu T aşağıdaki metodlardan biriyle elde edilebilir:

Metod A:

- a- Taşıyıcı sistemin yatay kuvvetlerin tümünü karşılayacak çerçevelerden ibaret olduğu ve bu çerçevelerin kendilerinden daha rijit elemanlara bağlı olmadığı yapılarda ;

$$T_a = C_T h_n^{3/4} \quad (3.6a)$$

C_T : Çelik çerçeveler için 0.085, betonarme çerçeveler için 0.073

h_n : Binanın temel üst seviyesinden ölçülen yüksekliği (m)

Tablo 3.3 : Deprem bölge katsayıları

Deprem bölgesi	1	2	3	4	5	6	7
A_a ve A_v	0.05	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Depremsellik indeksi	1	2	2	3	4	4	4

Tablo 3.4 : R davranış değiştirme ve C_d yerdeğiştirme büyütme katsayıları

Taşıyıcı sistem	Açıklama	R	C_d
Betonarme çerçevesel yapılar	Sünek davranış sağlanmış	8	5.5
	Sünek davranış sağlanmamış	2	2
Betonarme perdeli sistemler	Sadece perdeli sistem	4.5	4
	Perde + çerçevesel yapılar	5.5	5
Prefabrike yapılar	Sadece perdeli sistem	4	3.5
	Perde + çerçevesel yapılar	5	4.5
Yığma yapılar	Donatısız taşıyıcı duvarlar	1.25	1.25

b- Kat yüksekliğinin minimum 3m olduğu 12 veya daha az katlı çelik veya betonarme çerçevesel yapılarda ;

$$T_a = 0.10 \times N \quad (3.6 b)$$

N : Toplam kat sayısı

c- Diğer tüm binalarda ;

$$T_a = 0.09 h_n / \sqrt{L} \quad (3.6c)$$

L : Gözönüne alınan deprem doğrultusundaki bina boyu (m)

Metod B : Yapı periyodu T, taşıyıcı elemanların deformasyon karakteristiklerinin ve yapısal özelliklerinin gözönüne alındığı (3.7) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$T = 2 \Pi \sqrt{\frac{\sum (w_i d_i^2)}{g \sum (f_i d_i)}} \quad (3.7)$$

w_i : Kat ağırlıkları

f_i : w_i ağırlıklarıyla orantılı olarak (3.8), (3.9) ve (3.10) ifadeleriyle dağıtılan yatay yükler

d_i : f_i yatay kuvvetlerinin uygulanmasıyla hesap edilen yatay elastik yerdeğiştirmeler

Büyük olarak hesaplanan periyot değerleriyle deprem kuvvetleri azalacağından bu şekilde hesaplanan periyot değeri $C_a T_a$ değerini aşmamalıdır. C_a değeri Tablo 3.5 den elde edilir.

Tablo 3.5 : Hesaplanan periyodun üst sınırı için C_a katsayıları

A_v	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.05
C_a	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.7

***Farklı taşıyıcı sistemler bulunması:** Bir yapıda farklı taşıyıcı sistemlerin birarada bulunması durumunda aşağıdaki koşullar yerine getirilmelidir.

Yapıda düşey doğrultuda yapı yüksekliği boyunca farklı taşıyıcı sistemler mevcutsa dinamik hesap gereklidir. Ancak 5 veya daha az katlı yapılarla, rijit bir temel üzerine oturan esnek üst yapı durumunda eşdeğer statik kuvvetler yöntemi yeterli olabilir. Bu son durumda iki aşamalı bir analiz gerekir. ayrı ayrı düşünülen her iki kısım düzgün yapı olarak incelenebilir. Rijit temel her doğrultuda 0.06 s den daha fazla olmayan doğal bir periyoda sahip olmalıdır. Periyod, (3.7) ifadesiyle veya onun eşdeğeri olarak esnek üst yapının toplam kütlelerinin rijit temel üzerine etkilmesiyle hesaplanır. Esnek üst yapı rijit yapı tarafından yatay olarak mesnetlenmiş kabul edilerek ayrı hesaplanır. Üst yapıdan gelen reaksiyon kuvvetleri rijit temel üzerine etkiletilerek rijit temel ayrı hesaplanır.

Yapıda sadece bir doğrultuda taşıyıcı perdeler mevcutsa diğer doğrultuya ait R değeri bu doğrultudaki değerden büyük olamaz.

***Yatay kuvvetin düşeyde dağılımı :** Toplam yatay deprem kuvveti (3.8), (3.9) ve (3.10) ifadeleriyle yapı yüksekliği boyunca dağıtılır.

$$V = F_t + \Sigma F_i \quad (3.8)$$

F_t : (3.9) ifadesiyle hesaplanan, yapının en üst katına ek olarak uygulanacak yatay yük

$$F_t = 0.07 \times T \times V \quad (3.9)$$

$F_t \leq 0.25 V$ olmalıdır.

$T \leq 0.7$ s ise $F_t = 0$ alınır.

Toplam yatay kuvveten geriye kalan kısım (3.10) ifadesiyle yapı yüksekliği boyunca dağıtılır.

$$F_i = \frac{w_i h_i}{\sum (w_i h_i)} (V - F_t) \quad (3.10)$$

***Kat kesme kuvvetinin yatayda dağılımı :** Kat kesme kuvveti V_x , diyafram rijitliği gözönüne alınarak yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlara rijitlikleri oranında dağıtılır.

***Burulma momenti :** Kattaki yatay kuvvetlerin uygulama noktası ile düşey taşıyıcı elemanların rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezlikten dolayı oluşan burulma momentinin elemanlarda sebep olacağı kesme kuvveti artışı hesaplanmalıdır. Burulma momentinin önemli boyutlarda olmaması için kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezliğin küçük olması, bunun için de taşıyıcı elemanların dağılımında düzensizlik olmaması gerekir.

***Devrilme:** Yapıdaki her eleman, deprem kuvvetlerinin sebep olduğu devrilme etkilerini karşılayacak durumda olmalıdır. Her katta taşınması gereken devrilme kuvvetleri bu kat üzerinde etkiyen deprem kuvvetleri (F_t ve F_i) kullanılarak hesaplanmalıdır. Her kattaki devrilme momentlerindeki artış çeşitli düşey taşıyıcı elemanlara dağıtılmalıdır.

***P-Delta Etkisi :** Yapılar narinleştikçe yüklerin ikinci merteye etkisi artar. Birinci merteye teorisinde denge denklemleri şekil değiştirmemiş eksen üzerinde yazılır. Eleman narin veya şekil değiştirmeler büyükse denge denklemlerini şekil değiştirmiş sistem üzerinde yazmak gerekir. bu sebeple tüm yapının stabilite hesabında P-delta etkisinin sebep olduğu ek eğilme momentleri, eleman kuvvetleri ve relatif kat yerdeğiştirmelerinin gözönüne alınması

gerekir. Şayet relatif kat yerdeğiştirmesi Bölüm 3.2.4.6 da verilen hızlı yöntemle kontrol ediliyorsa P-delta etkisini dikkate almaya gerek yoktur.

***Temeller :** Yapının temeli toplam yatay kuvveti ve devrilme kuvvetlerini yapıdan zemine güvenle aktarabilecek durumda olmalıdır.

3.2.4.4- Diyaframların analizi

Mevcut binalar için yatay kuvvet katsayısı olarak yeni binalar için verilen $0.50A_v$ değerinin %67'si alınmalıdır. Bu durumda diyaframlar ağırlıklarının $0.33A_v$ katına ilaveten düşey taşıyıcı elemanlara iletecekleri yatay deprem kuvvetlerinin etkisi altında analiz edilmelidir.

3.2.4.5- Taşıyıcı olmayan elemanların analizi

Bu bölümde yatay kuvvet taşıyan sisteme ait olmayan elemanlar incelenecektir. Bu elemanlar taşıyıcı olmayan mimari, mekanik, tesisat elemanları olabileceği gibi taşıyıcı olup da yatay kuvvet taşıyan sistemin bir parçası olmayan veya bir doğrultuda taşıyıcı olduğu halde diğer doğrultuda taşıyıcı olmayan elemanlar olabilir. Taşıyıcı olmayan bu elemanların deprem esnasında bağlantılarının koparak düşmelerini, bu yüzden sebep olabilecekleri hayati tehlikeleri önlemek amacıyla karşılaşılabilecekleri muhtemel yatay deprem yükü altında tüm bağlantılarının kontrol edilmesi gerekir. gözönüne alınan her elemanın NEHRP' de öngörülenin %85'i kadar F_p yatay kuvvet taşıma kapasitesine sahip olması gerekir.

$$F_p = 0.85 (A_v \times C_c \times W_c) \quad (3.11)$$

C_c : Tablo 3.6 dan elde edilen bir katsayı

W_c : Elemanın ağırlığı

Tablo 3.6 : C_c değerleri

Taşıyıcı olmayan eleman	C _c
Dış çevre duvarları	2.4
Taşıyıcı olan veya olmayan iç bölme duvarlar	0.9
Taşıyıcı sistemin bir uzantısı olmayan sundurma , çıkma	0.9
Dış ve iç kısımlara asılı dekoratif elemanlar	2.4
Baca, kafes, kule, ayaklı depolar	2.4
Mekanik, su ve elektrik tesisatı	0.9

3.2.4.6- Yaklaşık hesap

Birçok durumda mühendis, detaylı bir analize geçmeden önce yapının rijitlik ve dayanımının yaklaşık olarak belirlenmesi için hızlı bir kontrol işlemine yönelir. Bu hızlı kontrol işleminde hesabın yaklaşıklığını gözönüne almak için (3.3) ifadesiyle elde edilen toplam yatay deprem yükü %20 arttırılmış durumdadır. Mevcut yapıların analizinde bu yöntemle zemin katın yanında diğer katlardaki relatif kat yerdeğiştirmelerinin ve ortalama kayma gerilmelerinin tesbiti mümkündür. Bu durumda bir kattaki kat kesme kuvveti değeri yaklaşık olarak (3.12) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$V_j = \frac{(n+j)}{(n+1)} \frac{W_j}{W} (1.2 V) \quad (3.12)$$

V_j : j. kattaki maksimum kat kesme kuvveti değeri

n : Toplam kat sayısı

j : Gözönüne alınan kat no.su

W_j : j. katın üstündeki tüm katlardaki deprem hesabına giren toplam sabit yük

W : Deprem hesabına giren toplam sabit yük

V : (3.3) ifadesiyle hesaplanan toplam yatay deprem kuvveti

***Relatif kat yerdeğiştirmesi :** Relatif kat yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı, d, eğilme Şekil değiştirmesi ve uç dđnemleri hesaba katılarak (3.13) ifadesiyle hesaplanabilir. Bu ifade çok açıklıklı, çok katlı dđzgđn çerçeveli yapılara uygulanabilir.

$$d = \frac{k_b + k_c}{k_b k_c} \frac{h}{12E} V_c \quad (3.13)$$

d : Relatif kat yerdeğiştirmesinin kat yüksekliğine oranı

$k_b = I / L$ (kiriş)

$k_c = I / L$ (kolon)

h : Kat yüksekliği (m)

I : Eylemsizlik momenti (m^4)

L : Eleman boyu (m)

E : Elastisite modđlđ (kgf / m^2)

V_c : Kolon kesme kuvveti (kgf)

***Kolonlarda ortalama kayma gerilmesi :** Betonarme erevelerdeki kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi, v_{ort} , (3.14) ifadesiyle hesaplanabilir. Bu ifade çerçevedeki tđm kolonların aynı rijitliğe sahip oldukları kabul edilmiştir.

$$v_{ort} = \frac{n_c}{n_c - n_f} \frac{V_j}{A_c} \quad (3.14)$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Yđkleme doğrultusundaki toplam ereve sayısı

A_c : Gđzđnđne alınan kattaki kolonların toplam kesit alanı

V_j : (3.12) ifadesiyle elde edilen J. kattaki kesme kuvveti değerı

***Perde kayma gerilmesi :** Perdelerdeki ortalama kayma gerilmesi, v_{ort} , (3.15)

ifadesiyle hesaplanır.

$$v_{ort} = V_j / A_w \quad (3.15)$$

V_j : (3.12) ifadesiyle elde edilen gözönüne alınan kattaki kesme kuvveti değeri

A_w : Plandaki yükleme doğrultusundaki yükseklik/boy oranı ≤ 2 olan perdelerin toplam kesit alanı

3.2.4.7- Eleman dayanımlarının hesabı

Eleman kapasiteleri NEHRP de verilen taşıma gücü esaslarına göre hesaplanır. Zamanla bozulma etkisinin görüldüğü elemanlarda , bu etkinin malzeme dayanımında sebep olacağı azalma, hesaplarda yaklaşık olarak gözönüne alınmalıdır.

3.2.4.8- Dinamik analiz

Yüksek, önemli geometrik ve kütleli düzensizliklerin sebep olduğu düşey düzensizliklerin mevcut olduğu veya yatay yük dağılımının eşdeğer statik yöntemdeki dağılımından farklılık gösterdiği binalarda dinamik hesap yöntemi gereklidir.

3.2.4.9- Elemanın davranış kriteri

Elemanın taşınması gerekli olan etkisi, Q , (3.1) veya (3.2) ifadeleriyle hesaplanır. C , taşınabilecek kesit etkisi ise elemanın taşıma gücü esaslarına göre dayanımı hesaplanarak bulunur.

Elemanın mevcut etkilere karşı sağlam kalarak olumlu bir deprem davranışı gösterebilmesi için sağlanması gereken temel kriter olarak (3.16) ifadesi verilmiştir.

$$Q \leq C \quad (3.16)$$

Q değerinde yapılacak değişiklik elemandan beklenen davranış türüne bağlıdır. Üç eleman davranış türü vardır.

a- Sünek davranışa sahip eleman:

Yönetmelikte öngörülen koşulları sağlayan kiriş, kolon ve çerçeveler sünek kabul edilir. Deprem yüklerinin hesabında R davranış değiştirme katsayısı kullanıldığı için Q kesit etkisi hiçbir değişiklik yapılmaksızın (3.1) ve (3.2) ifadeleriyle hesaplanır. Q kesit etkisi beklenenin üstünde olsa bile eleman sünek olduğundan elastik sınırın ötesinde yük taşımaya devam ederek bu etkiyi emniyetle karşılayabilir. Bu sebeple Q etkisinde bir artış gözönüne alınmaz.

b- Sünek olmayan eleman :

Taşıyıcı sistemin sünekliğine sahip olmayan, deprem etkisine ancak elastik davranarak karşı koyabilecek elemanlar bu gruba girer. Elemanın, elastik sınırın ötesinde bir kapasitesinin olmaması, q etkisinde beklenmeyen bir artış durumunda yetersiz kalmasına ve muhtemelen hasar görmesine neden olabilir. Bu sebeple bu tür elemanlarda taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır. Bu amaçla Q taşınması gerekli etkideki deprem katkısı terimi Q_E 'nin $0.75C_d$ ile arttırılarak gözönüne alınması gerekir. C_d , yerdeğiştirme büyütme katsayısı olup Tablo 3.4 de verilmiştir. Sonuç olarak (3.1) ve (3.2) ifadelerindeki $1.0Q_E$ terimi $0.75C_dQ_E$ terimi ile değiştirilir.

c- Yarı sünek eleman :

Davranış olarak yukarıdaki iki eleman davranış türü arasında kalan elemanlar bu gruba girer. Yük kombinasyonunda deprem etkisinin $1.0Q_E$ yerine $0.375C_dQ_E$ olarak alınması öngörülür.

Taşıyıcı sistemin önemli elemanları (3.16) ifadesini sağlıyorsa daha detaylı bir incelemeye gerek yoktur. Bu kriteri sağlamayan elemanların değerlendirilmesi aşağıdaki bölümde yapılacaktır.

3.2.4.10- Kriteri sağlamayan elemanlar hakkında değerlendirme

$Q < C$ kriterinin sağlanmadığı elemanlarda nisbeten daha riskli olanların tesbiti için şu şekilde bir analiz yürütülür. Q_E yapının yatay deprem yükleri altında analiz edilmesiyle elde edilen kesit tesiri olup taşınması gerekli azaltılmamış etki bir R davranış değiştirme katsayısı kullanılarak (3.17) ifadesiyle hesaplanır.

$$D_E = Q_E R \quad (3.17)$$

D_E deprem durumunda taşınması gerekli azaltılmamış etki olup ; kapasitedeki deprem etkisini karşılayacak kısım olan C_E ile karşılaştırılır. Kapasitedeki deprem etkisini karşılayacak olan kısım C_E ; toplam kapasiteden sabit ve hareketli yükler için gerekli olan kısımlar çıkarılarak (3.18) ifadesiyle elde edilir.

$$C_E = C - [(1.1 + A_v) Q_D + Q_L + Q_S] \quad (3.18)$$

D_E / C_E oranı elemanın plastikleşme ile sağlayabileceği taşınması gerekli deprem etkisindeki bir ölçüdür.

3.2.5- Sonuçların kontrolü ve birleştirilmesi

Analiz işlemi bittiğinde tüm sonuçlar biraraya toplanıp kontrol edilir. Değerlendirme raporunda tesbit edilen olumsuz durumlar için gerekli olan elemanlarda Q ve C değerleri karşılaştırılarak eleman davranışının yeterliliği kontrol edilir.

$Q \leq C$ kriteri elemanın yönetmelikte öngörülen koşulları sağlamasına dair bir ölçüdür. Ancak taşınması gerekli etki değeri Q nun içinde sabit ve hareketli yüklerin etkisinde mevcut olduğundan bu kriter deprem hasarı için genelde iyi bir ölçü olmayabilir. Bunun yerine ölçü olarak D_E / C_E oranının kullanılması daha uygundur.

D_E / C_E oranlarının büyükten küçüğe doğru sıralanmasıyla kritik elemanların ve taşıyıcı sistemin zayıf noktalarının tesbiti mümkündür. En büyük değere sahip eleman binadaki en zayıf elemandır. D_E / C_E oranları düşük fakat birbirine yakın olan elemanlardan oluşan bir sistemin hafif bir depreme dayanabileceği ama kuvvetli bir depremde binada önemli ölçüde hasar meydana gelebileceği söylenebilir. İnceleme sonucunda hazırlanacak raporda önemli ölçüde zayıf olan noktaların güçlendirilmesi için gerekli önerilere de yer verilmelidir.

Çalışma esnasında binada gözlenen kusurlar ve eksiklikler sebep olacakları hasarın büyüklüğüne göre sıralanırlar. Bunlar; düzeltildiğinde değerlendirme formunda “evet” olarak işaretlenecek kusurlardır. Böyle bir sıralama güçlendirme projesi esnasında deprem davranışı düzeltmek için nelere öncelik verileceğini belirlemesi açısından çok önemlidir.

3.2.6- Sonuç rapor

İncelenen her yapı için sonuç bölümünde bir rapor hazırlanır. Yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede bu rapordaki bilgilerden önemli ölçüde faydalanılabilir. Hazırlanacak olan bu raporda bulunması gerekli bilgiler şöyle özetlenebilir:

- a- Yapıya ait bilgiler ve yapının tanıtımı
- b- Yapılan incelemenin kapsamı ve Tablo 3.7 de verilen bilgi özetleme formu
- c- Ayrıntılı inceleme gerektiren yapı bölümleri ve bu değerlendirmede nelerin gözönüne alınacağı
- d- Değerlendirme formunda “hayır” olarak tesbit edilen kusurlu bölümlerin önem sırasına ait değerlendirmeler ve bunlar için alınması gerekli tedbirler

Tablo 3.7: Bilgi özetleme formu

BİNA			
Inşa yılı		Kat sayısı	
Restorasyon yılı		Kat yüksekliği	
Plandaki boyu		Toplam kat alanı	
Plandaki eni		İnceleme tarihi	
Plandaki alanı		Fotoğraf ek no	
YAPI			
En üst kat taşıyıcı sistem türü			
Ara katlardaki taşıyıcı sistem türü			
Zemin kattaki taşıyıcı sistem türü			
Temel			
Boyuna doğrult. dış duvarlar		Boşluk	
Enine doğrult. dış duvarlar		Boşluk	
Kolonlar			
Yapının genel durumu			
YATAY KUVVET TAŞIYAN SİSTEM			
	Boyuna doğrultuda		Enine doğrultuda
Taşıyıcı sistem türü			
Diyaframlar			
Düşey elemanlar			
Bağlantılar			
Diğer detaylar			
Yapı periyodu			
Azaltılmamış toplam yatay kuvvet			
Davranış değiştirme katsayısı			
A_v		A_a	
	Zemin türü		Zemin türü kats.
Taşıyıcı sistem türüne ait değerlendirme formu oluşturulması			
Muhtemel deprem hasarı			
Onarım gerektirmeyen az hasar			Önemli hasar
Kullanılırken onarılabilecek önemsiz hasar			Toptan göçme

3.3-Yapı Türleri ve Değerlendirme Formları

Bina yerinde yapılacak ön incelemeden sonra eldeki mevcut bilgilerle yapının Tablo 3.8 de verilen yapı türlerinden hangisine girdiği tesbit edilir. Bu yapı türüne ait değerlendirme formundaki kriterlerin binadaki durumları incelenerek bir durum tesbiti yapılır. Değerlendirme formlarındaki her kriter deprem hasarı ve can güvenliğini esas alır. Diğer bir deyişle muhtemel bir deprem de binanın olumlu bir davranış gösterebilmesi için tüm alt bileşenleri ile sağlanması gereken koşullardır.

Değerlendirme formunda “evet” veya “hayır” şeklinde yapılacak bir değerlendirme ile yapıdaki eksiklikler, kusurlar belirlenir. “Evet” şeklindeki bir değerlendirme, incelenen konunun binanın deprem davranışını olumsuz yönde etkileyecek bir durumda olmadığını ve bu durumda ayrıntılı bir incelemeye gerek duyulmadığını gösterir. “Hayır” ifadesi ise deprem davranışını olumsuz yönde etkileyecek bir durumun mevcut olduğunu ve yorumlar bölümünde tarif edilen bir yolla ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiğini belirtir.

Değerlendirme formunda bu şekilde tesbit edilen kusurlar, olumsuzluklar sıralanır. Deprem davranışını belirsiz olan elemanlar hakkında biraz daha fazla bilgi toplayarak Bölüm 3.4.2 deki gibi bir analiz yapmak gerekebilir. Bu analizde mevcut dayanımla gerekli dayanım karşılaştırılarak elemanın deprem davranışı için bir sonuca varılır.

3.3.1- Yapı türleri

Tablo 3.8 de verilen yapı türleri yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlara göre oluşturulmuştur. İncelemede de taşıyıcı sistemdeki bu elemanlar gözönüne alınarak yapı türü tesbit edilir. Belirgin bir taşıyıcı sistemi olmayan binalarda taşıyıcı sistem en etkin düşey taşıyıcı elemana göre belirlenir. Birden fazla taşıyıcı sistem türüne sahip yapılarda mevcut olan türlerin hepsi için inceleme yapılmalıdır.

3.3.1.1- Betonarme çerçeveli binalar

Yapı, betonarme kiriş ve kolonlardan oluşan çerçevelerden ibarettir. Cephede büyük pencere boşlukları ve kiriş-kolon ızgara sistemi gözlenir. Deprem etkisinin fazla olduğu bölgelerdeki modern tarz çerçeveli binalarda kiriş ve kolon elemanlar sünek davranışa sahip olacak şekilde detaylandırılır. Yatay yükler diyaframlar vasıtasıyla çerçevelere iletilir. Bu tür binalarda gözlenen tipik deprem hasarları ve sebepleri için Bölüm 2.2.1 e bkz

3.3.1.2- Betonarme perdeli binalar

Yatay kuvvet taşıyan sistemdeki düşey elemanlar taşıyıcı olan betonarme perdelerdir. Tamamen perdeli olabileceği gibi perde-çerçeveli sistemlere rastlamak da mümkündür. Çerçeveli binalara göre daha rijittirler. Cephe boşlukları küçüktür. Eski binalarda perde kalınlığı fazla donatı az olduğundan herhangi bir restorasyon çalışmasında perdelerde açılan boşluklarla perde kritik bir eleman haline gelmiş olabilir. Yeni binalarda perde genişliği sınırlıdır ancak bu durumda da devrilme kuvvetlerinin etkisi gözönüne alınmalıdır. Tipik deprem hasarları için Bölüm 2.2.2 ye bkz .

3.3.1.3- Perdeli prefabrike çerçeveli binalar

Bu yapı türünde prefabrike veya yerinde dökme diyaframlar görülmür. Diyaframlar prefabrike kolon ve kirişlere mesnetlendirilir. Prefabrike diyaframla kiriş-kolon düğüm noktası arası genellikle yerinde dökme betondur. Yatay yükler yerinde dökme perdelerle taşınır. Prefabrike yapılarda ek yerleri en zayıf bölgelerdir. Taşıyıcı elemanların bağlantı bölgeleri yeterli dayanıma ve yerdeğiştirme kapasitesine sahipse perdeli prefabrike çerçeveler depremde olumlu davranış sergilerler. Bu tür yapılarda gözlenen deprem hasarı ve sebepleri için Bölüm 2.2.3 e bkz .

3.3.1.4- Yığma binalar

Taşıyıcı duvarlara sahip binalardır. Bu yapı türü yapının yaşına ve bulunduğu coğrafi konuma göre oldukça farklılık gösterir. Çok katlı binalarda donatısız kargir duvarlar tarafından mesnetlenen yerinde dökme betonarme döşeme uygulaması görülmektedir. Pencere üstlerinde düzenlenen betonarme lento yaygın bir uygulama tarzıdır. Duvar üzerinde kat seviyesinden geçen hatıl duvarları birbirine bağlayıp, döşemelere mesnet teşkil ederler. Yakın zamanlarda inşa edilen kargir yapılarda çelik profillerle desteklenen betonarme döşeme tipi görülmektedir.

Döşemelerin veya döşemelere mesnet teşkil eden hatılların taşıyıcı duvarlara kenetlenme şeklinde bir bağı olmaması sistemin en sakıncalı noktasını meydana getirir. Taşıyıcı duvardaki göçme tüm yapının göçmesine neden olur. Tipik deprem hasarları için Bölüm 2.2.4 e bkz .

Tablo3.8 : Yapı türleri

YAPI TÜRÜ
Betonarme çerçevesiz binalar
Betonarme perdeli binalar
Perdeli prefabrike çerçevesiz binalar
Yığma binalar

3.3.2- Yapı türleri için değerlendirme formları

Bu bölümde incelenecek her betonarme yapı türü için doldurulacak değerlendirme formları verilmiştir. İncelenen binanın yapı türü belirlendiğinde, bu türe ait değerlendirme formu, binada yapılacak bir incelemeyle “evet=E” veya “hayır=H” şeklinde kodlanacaktır. “Evet” kodlaması incelenen konunun deprem davranışı açısından kabul edilebilir olduğunu, “hayır” ise belirsiz bir durumu ve ayrıntılı bir incelemenin gerekliliğini gösterir. Bu ayrıntılı inceleme durumunda konuya ait ifadenin yanında parantez içinde verilen bölümdeki açıklama dikkate alınır.

Tablo 3.9 : Çerçevesel betonarme binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir.(3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katının %70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin %80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30dan fazla değildir.(3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi %50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün çerçeveler temele kadar süreklidir.(3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir.(3.4.1.1)
		Komşu yapılar	Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı kat sayısı kere 5 cm mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir. (3.4.1.2)
		Betonarme bozulma	Çerçevelerdeki elemanların beton ve donatılarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir. (3.4.1.3)
BETONARME ÇERÇEVELER			
		Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan çerçeve kolonlarındaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.(3.4.2.1)
		Kat yerdeğiştirmesi	Yapılan yaklaşık hesapla kabul edilebilir kat kat yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir. (3.4.2.1)
		Kayma göçmesi yok	Çerçevelerin kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabilecekleri kayma kuvvetinden daha büyüktür.(3.4.2.1)
		Kuvvetli kolon zayıf kiriş	Kolonların moment taşıma kapasitesi kirişlerinkinden daha büyüktür.(3.4.2.1)
		Dışmerkez kolon	Kiriş-kolon eksenleri arasındaki dışmerkezlik en küçük kolon boyutunun %20 sinden daha küçüktür.(3.4.2.1)
		Kolon etriye aralığı	Çerçeve kolonlarındaki etriye aralığı kolon boyunca kolon kesit yüksekliğinin 1 /4 ünden, plastik mafsal oluşması muhtemel bölgelerde ise boyuna donatı çapının sekiz katından daha büyük değildir.(3.4.2.1)

Tablo 3.9 devamı

	Etriye kenetlenmesi	Kolon ve kirişlerde etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.2.1)
	Kolon donatı ekleri	Kolon donatı ek boyları boyuna donatı çapının 35 katından daha büyük olup ek boyunca boyuna donatı çapının 8 katından daha sık etriye ile sarılmıştır.
	Kiriş donatısı	Kiriş boyunca alt ve üstte en az ikişer çubuk sürekli olarak devam etmektedir. Birleşim bölgelerinde pozitif veya negatif moment için gereken donatının en az %25 i eleman boyunca sürekli devam etmektedir.(3.4.2.1)
	Kiriş donatısı ekleri	Kiriş boyunca donatı ekleri kiriş boyunun dörtte biri civarındaki bölgede yapılmıştır.(3.4.2.1)
	Kiriş etriyeleri	Kiriş etriyeleri aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsallara oluşabilecek bölgelerde ise boyuna donatı çapının 8 katından daha azdır.(3.4.2.1)
	Kiriş pilye donatısı	Çerçevelerdeki kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamıştır.(3.4.2.1)
	Birleşim yeri etriyesi	Kiriş-kolon birleşim bölgesinde kolon donatısı devam etmektedir.(3.4.2.1)
DIYAFRAMLAR		
	Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.(3.4.4)
	Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.(3.4.4)
BAĞLANTILAR		
	Betonarme kolon filizler	Betonarme kolonlardaki tüm boyuna donatılar temele kadar devam ederek burada temele kenetlenmiştir.(3.4.5.3)

Tablo 3.10 : Betonarme perdeli binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir.(3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin %70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin %80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30dan fazla değildir.(3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi %50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün çerçeveler temele kadar süreklidir.(3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi sözkonusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir.(3.4.1.1)
		Perde beton çatlakları	Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1mm. den az olup çatlaklar X şeklinde değildir.(3.4.1.3)
		Betonarmede bozulma	Perdelerdeki beton ve donatı kısımlarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir.(3.4.1.3)
PERDELER			
		Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan çerçeve kolonlarındaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.(3.4.2.1)
		Perde donatısı	Perde donatısı oranı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30cm. den azdır.(3.4.3.1)
		Devrilme	Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür.(3.4.3.1)
		Başlık donatısı	Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır.(3.4.3.1)
		Boşluk donatısı	Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir. (3.4.3.1)
		Perde bağ kirişleri	Bağ kirişlerindeki etriye aralığı giriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.3.1)

Tablo 3.10 devamı

DİYAFRAMLAR		
	Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.(3.4.4)
	Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.(3.4.4)
	Perdeye komşu boşluklar	Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun % 25 inden daha azdır.(3.4.4)
BAĞLANTILAR		
	Kesme kuvveti aktarımı	Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur.(3.4.5.2)
	Perde filizleri	Bütün perde düşey donatısı temele kadar süreklidir ve burada temele kenetlenmiştir.(3.4.5.3)

Tablo 3.11 : Perdeli yerinde dökme prefabrike çerçevesel binalar için değerlendirme formu
(E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir.(3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katının %70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin %80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30dan fazla değildir.(3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi %50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün çerçeveler temele kadar süreklidir.(3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi sözkonusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir.(3.4.1.1)
		Perde beton çatlakları	Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1mm. den az olup çatlaklar X şeklinde değildir.(3.4.1.3)
		Betonarmede bozulma	Perdelerdeki beton ve donatı kısımlarında gözle görülür bir bozulma mevcut değildir.(3.4.1.3)
PREFABRİKE ÇERÇEVE			
		Prefabrike çerçeve	Prefabrike elemanlar yatay yük taşımıyor.
		Prefabrike elemanlar	Betonarme perdeli prefabrike yapılarda prefabrike çerçeve elemanları arasındaki ankraj çubukları bağlanan elemanların kuvvet taşıma kapasitesini arttırabilir.(3.4.2.2)
PERDELER			
		Kayma gerilmesi	Yaklaşık hesapla bulunan çerçeve kolonlarındaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.(3.4.2.1)
		Perdeler	Perdeler yerinde dökme betonarmedir.(3.4.3.2)
		Perde donatısı	Perde donatısı oranı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30cm. den azdır.(3.4.3.1)

Tablo 3.11 devamı

	Devrilme	Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür.(3.4.3.1)
	Başlık donatısı	Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır.(3.4.3.1)
	Boşluk donatısı	Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir.(3.4.3.1)
	Perde bağ kirişleri	Bağ kirişlerindeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. (3.4.3.1)
DİYAFRAMLAR		
	Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.(3.4.4)
	Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.(3.4.4)
	Perdeye komşu boşluklar	Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun % 25 inden daha azdır.(3.4.4)
	Diyafram Kirişleri	Diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca sürekli uzanan kirişler mevcuttur.
BAĞLANTILAR		
	Kolon-kiriş birleşimi	Çerçeve kirişleri konsollu kolonlara oturuyor ve konsol oturma boyu 8 cm. den fazla. Konsollar kolona kaynakla bağlı değildir.(3.4.5.4)
	Perde ankraji	Düzlemi dışındaki kuvvetlerin etkisini karşılamak amacıyla dış kısımdaki perdeler her kat seviyesinde diyaframlara ankre edilmiştir.(3.4.5.1)
	Kesme kuvveti aktarımı	Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur.(3.4.5.2)
	Perde filizleri	Bütün perde düşey donatısı temele kadar sürekli ve burada temele kenetlenmiştir.(3.4.5.3)

Tablo 3.12 : Yığma binalar için değerlendirme formu (E=Evet, H=Hayır)

E	H	YAPI	
		Zayıf kat	YKTS'deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının % 80 inden az değildir.(3.4.1.1)
		Yumuşak kat	YKTS'deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katının %70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin %80 inden az değildir. (3.4.1.1)
		Geometri	Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara plandaki boyutlarındaki değişiklik %30dan fazla değildir.(3.4.1.1)
		Kütle	Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi %50 den fazla değildir. (3.4.1.1)
		Düşey süreksizlik	Bütün taşıyıcı duvarlar temele kadar süreklidir.(3.4.1.1)
		Burulma	Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir.(3.4.1.1)
		Komşu yapılar	Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm. mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir.(3.4.1.2)
		Yığma duvarda bozulma	Kargir bölümlerde gözle görülür bir bozulma yoktur.
TAŞIYICI YIĞMA DUVARLAR			
		Kayma gerilmesi	Yapılan yaklaşık hesaplar sonucu taşıyıcı yığma duvarlarda kabul edilebilir kayma gerilmeleri elde edilmiştir.(3.4.3.3)
		Yığma duvar yükseklik/kalınlık oranı	Duvarların yükseklik / kalınlık oranları <ul style="list-style-type: none"> • Tek katlı binalarda $Y / K < 14$ • Çok katlı binalarda <ul style="list-style-type: none"> En üst katta $Y / K < 9$ Diğer katlarda $Y / K < 20$ (3.4.3.3)
DIYAFRAMLAR			
		Plandaki düzensizlikler	Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.(3.4.4)
		Boşluk donatısı	Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.
BAGLANTILAR			
		Yığma duvar ankraji	Yığma duvarlar ankraj veya metal diyaframlara bağlanmıştır. Duvarlara etkiyen düzlem dışı kuvvetler için diyafram ve duvara çelik bağlantı elemanları yerleştirilmiştir.(3.4.5.1)
		Ankraj aralığı	Döşemelerden dış taşıyıcı duvarlara yapılan ankrajların aralığı 1m. veya daha azdır.(3.4.5.1)

3.4- Yorumlar ve Açıklamalar

3.4.1- “Yapı” bölümü

Bu bölümde değerlendirme formundaki YAPI ile ilgili bölümdeki kriterlere ve bunların deprem davranışına yaptıkları etkiye yer verilmiştir. Kriterlerin binadaki durumlarının incelenmesiyle “E” veya “H” şeklinde değerlendirme sonuçları elde edilecektir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi “Evet” sonucu incelenen konunun deprem davranışı açısından kabul edilebilir olduğunu gösterir. “Hayır” sonucu ise deprem davranışı açısından belirsizliği ve ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğini işaret eder. Bu bölümde “hayır” şeklinde sonuçlanan kriterler için ayrıntılı inceleme yöntemlerine de yer verilmiştir. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı gibi değerlendirme formunda “evet” olarak işaretlenen konularda ayrıntılı bir işleme daha gerek yoktur.

***Yük aktarma yolu :** Yatay kuvvet taşıyıcı sistem yapıdaki yükleri en kısa yoldan zemine aktarabilecek şekilde düzenlenmiş olmalıdır. Deprem kuvvetleri diyaframlar vasıtasıyla perde ve çerçeve gibi düşey taşıyıcı elemanlara oradan da temele iletilir. Yük aktarma yolunda herhangi bir süreksizlik olmamalıdır.

***Hiperstatik bağlılık derecesi :** Hiperstatiklik derecesi ne kadar fazlaysa yapının deprem davranışı o kadar iyi olacaktır. Hiperstatiklik derecesi fazlaysa yapıdaki bir elemanın veya bağlantının zarar görmesi durumunda yapının yatay stabilitesinde olumsuzluk meydana gelmeyecek ve bu özellik sayesinde devreye girecek diğer elemanlarla yapının stabilitesi korunmuş olacaktır. İzostatiklik ötesindeki fazla bağlılık olarak da isimlendirilebilecek bu özellik yapının R davranış değiştirme katsayısını da etkiler . Sistem ne kadar fazla bağlı ise R o kadar büyük olacaktır. Prefabrike yapılarda bu bağlılık az olduğundan R katsayısı olumsuz etkilenmektedir.

3.4.1.1- Biçim

Yapının düzgün bir biçime sahip olması depremdeki davranışı olumlu yönde önemli ölçüde etkiler. Düzgün bir biçime sahip olmayan bir yapı her ne kadar yönetmeliklerde istenen şartları sağlasa bile düzgün biçimli bir binadan beklenen davranışa erişemez. Bina şeklinin düzgünlüğünde ve simetrisinde süreksizlik olmamalıdır.

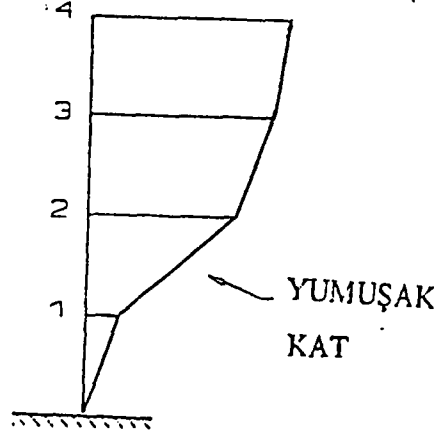
***Zayıf kat :** YKTS' deki düşey elemanların dayanımlarında önemli süreksizlikler mevcut değildir. Herhangi bir katın dayanımı üstündeki katın dayanımının %80 inden az değildir.

Bu ifadenin doğru olmaması durumunda yapıda zayıf kat durumu mevcuttur. Zayıf katları açık bir şekilde gözle görmek mümkün değildir. Bunun için kat dayanımları hesaplanır ve birbiriyle kıyaslanır. Bir katın dayanımı gözönüne alınan doğrultudaki kat kesme kuvvetini karşılayan düşey elemanların kayma dayanımlarının toplamı olarak hesaplanır. Zayıf kat oluşumuna çerçeve kolonlarının dayanımlarındaki olumsuzluk yol açar.

İzlenecek yol : Her katın dayanımı kontrol edilir. Zayıf katlardaki taşıyıcı elemanlar P-delta etkisi gözönüne alınarak incelenir. Bölüm 3.2.4.9 de anlatıldığı şekilde gevrek elemanlar için taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır.

***Yumuşak kat :** YKTS' deki düşey elemanların rijitliklerinde önemli süreksizlikler mevcut değildir. Bir katın yanal rijitliği üstündeki katınkinin % 70 inden veya üstteki üç katın ortalama rijitliğinin % 80 inden az değildir.

Bu ifadenin doğru olmaması durumunda yapıda yumuşak kat durumu mevcuttur. Dış cephesindeki sıkça boşluklar olan, zemin katı yüksek büro binaları ve otellerde bu duruma genellikle rastlanır. Yumuşak katlar genellikle relatif kat yerdeğiştirmelerindeki ani değişikliklerle tesbit edilir. Bu nedenle rijitlik hesaplarıyla birlikte Şekil 3.1 deki gibi relatif kat yerdeğiştirmelerini gösteren bir diyagram çizilir ve yerdeğiştirmeler kıyaslanır.



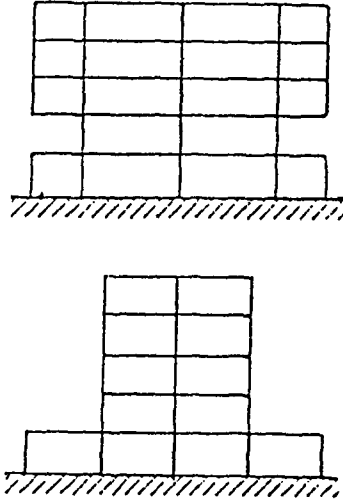
Şekil 3.1 : Kat yerdeğiştirme diyagramı

Yumuşak katla zayıf kat arasındaki fark rijitlik ve dayanım kavramları arasındaki farktan ileri gelmektedir. Mesela, bir kolonun rijitliği azken kayma dayanımı fazla veya bunun tersi olarak rijitken dayanımı zayıf olabilir. Yumuşak kat oluşumuna genellikle kolonların rijitliklerindeki olumsuzluklar sebep olur.

İzlenecek yol : Her katın rijitliği hesaplanır. Yumuşak katlardaki taşıyıcı elemanlar P-delta etkisi de gözönüne alınarak kontrol edilir. Bölüm 3.2.4.9 da anlatıldığı şekilde gevrek elemanlar için, taşınması gerekli etkide bir artış gözönüne alınmalıdır.

***Geometri :** Yapıda önemli geometrik düzensizlikler mevcut değildir. YKTS'nin bir kattan diğer komşu katlara geçişte plandaki boyutlarındaki değişiklik %30 dan fazla değildir.

Bu ifade doğru değilse yapıda geometrik bir süreksizlik etkisi mevcuttur. Zemin katından sonra mimari sebeplerle içeriye doğru çekilerek yükselen yapılar bu etkinin sıkça rastlandığı örneklerdir (Şekil 3.2). Yatay boyutlardaki değişiklikten kasıt YKTS'in boyutlarındaki değişiklik olup mimari alandaki değişiklikler dikkate alınmaz.

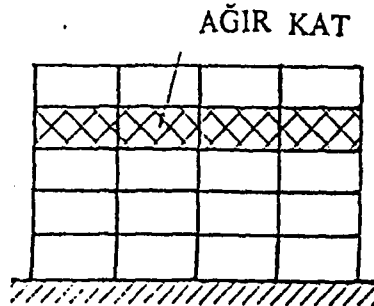


Şekil 3.2 : Geometri düzensizliği

İzlenecek yol : Geometrik düzensizliğe rastlanan yapılarda YKTS'deki elemanlar toplam yatay kuvvetin dağılımını daha gerçekçi olarak gözönüne alan dinamik hesap yöntemiyle kontrol edilir.

***Kütle:** Yapının kütle dağılımında önemli bir düzensizlik yoktur. Çatı haricinde bir kattan sonraki bir kata geçişte etkili kütle değişimi %50 den fazla değildir.

Bu ifade doğru değilse yapıda bir kütle düzensizliği etkisi mevcuttur (Şekil 3.3). Etkili kütlede sabit ağırlıkla birlikte bütün bölümlerin ve kalıcı teçhizatın etkisi birlikte düşünülür. Çatı katları incelemeye dahil edilmez.

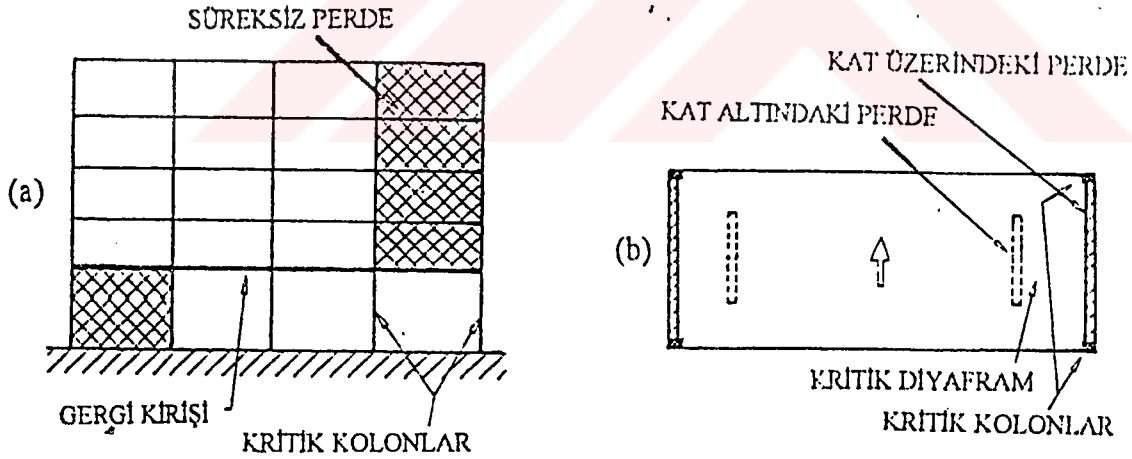


Şekil 3.3: Kütle düzensizliği

İzlenecek yol : Kütle düzensizliği olan yapılarda YKTS'deki elemanlar yatay kuvvetin dağılımının daha gerçekçi bir yaklaşımla gözönüne alındığı dinamik hesap yöntemiyle kontrol edilir.

***Düşey süreksizlik :** Bütün perdeler, taşıyıcı duvarlar ve çerçeveler temele kadar süreklidir.

Bu ifade doğru değilse yatay kuvvet taşıyan sistemde bir düşey süreksizlik etkisi mevcuttur. Temele kadar devam etmeyen perde duvarları yaygın olarak rastlanan bir düşey süreksizlik örneğidir. Süreksizliğin başladığı seviyede perdedeki yatay kuvvet alt katta yer alan başka elemanlara iletilecektir. Elemanların aynı düzlemde olması durumunda bu iletim bir gergi kirişi ile (Şekil 3.4.a), farklı düzlemde olmaları durumunda bir diyafram bağlantısı ile (Şekil 3.4.b) sağlanacaktır. Perde devrilme kuvvetleri perdeye mesnet teşkil eden kolonları da etkiler. Perde, yönetmelikte öngörülenden daha fazla kapasiteye sahipken perdeye mesnet teşkil eden kolonlar şayet minimum kapasiteye göre boyutlandırılmışlarsa tehlike mevcuttur.



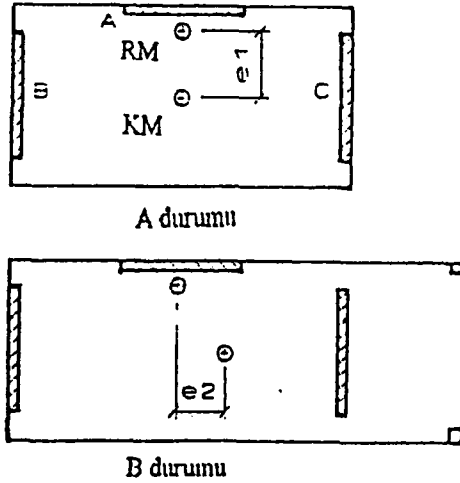
Şekil 3.4 : Düşey süreksizlik türleri

Birinci olumsuzluk; perdeyi mesnetleyen kolonların dayanımından dolayı oluşur. Bu durumda kolonların kapasitelerinin sabit ve hareketli yüklere ilaveten devrilme kuvvetlerini de karşılayıp karşılayamayacağı kontrol edilir. İkinci olumsuzluk ise, gergi kirişi veya bağlantı diyaframlarının dayanımından dolayı oluşur. Bu durumda da elemanın kesildiği

seviyedeki gergi kirişi veya diyaframın alt kattaki düşey taşıyıcı elemanlara yük aktarabilme özelliği kontrol edilmelidir.

***Burulma :** Yatay yük taşıyan elemanlar yapıda dengeli bir biçimde dağılmış olup önemli bir burulma etkisi söz konusu değildir. Kat rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafe gözönüne alınan doğrultuya dik bina boyutunun %20 sinden fazla değildir.

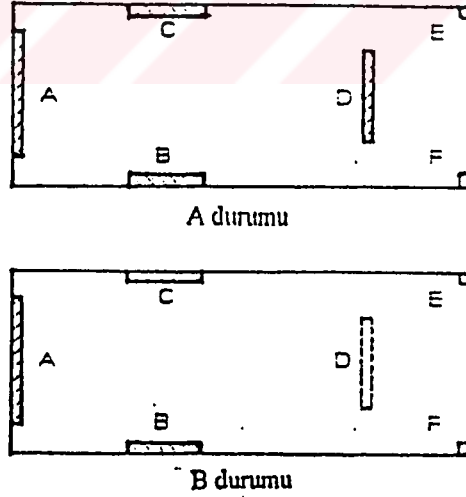
Dışmerkezlilik %20 den fazla olursa yapıda önemli burulma etkileri oluşur. Şekil 3.5.a daki binada rijitlik merkezi A perdesine yakınken kütle merkezi diyaframın ortasında yer almaktadır. Yatay yükün binanın uzun doğrultusunda etkimesi durumunda kütle merkezi (deprem yüklerinin uygulama noktası) ile rijitlik merkezi arasındaki e_1 dışmerkezliği yapıda bir burulma momenti oluşturacaktır. Deprem kuvvetinin tamamına yakını A perdesi tarafından karşılanırken burulma momenti B ve C perdelerinde birbirine eşit ve zıt yönlü kuvvetler oluşturacaktır. Dolayısıyla bu iki perde birbirine zıt yönde yerdeğiştirme yapacak ve diyaframda dönme etkisi oluşacaktır. Kısa doğrultudaki yükleme durumunda B ve C perdeleri aynı rijitlikteyseler yapı simetriye sahiptir ve rijitlikmerkezi ile kütle merkezi arasında herhangi bir dışmerkezlik söz konusu değildir. Bu durumda yapıda herhangi bir burulma momenti oluşmaz. Deprem kuvvetleri B ve C perdeleri tarafından eşit olarak karşılanacak ve diyaframda dönme etkisi oluşmayacaktır. Şayet B ve C perdeleri aynı rijitliğe sahip değilseler B ve C perdeleri deprem kuvvetini eşit olarak karşılarlarken farklı miktarda yerdeğiştirme yapacaklardır. Bu da diyaframda bir dönme etkisi oluşturacaktır.



Şekil 3.5 : Burulma etkisi

Şekil 3.5b deki binada Şekil 3.5a daki durumdan farklı olarak diyafram sağ tarafa doğru devam etmektedir. Bu durumda kütle merkezi de sağ tarafa kayacaktır ve kısa doğrultudaki yüklemde e_2 dışmerkezliği oluşacaktır. Burulma momenti etkisinden dolayı perdeler yatay kuvveti eşit olarak karşılayamaz ve diyaframda dönme etkisi oluşur.

Şekil 3.6a daki binada Şekil 3.5a ve Şekil 3.5b den farklı olarak daha büyük burulma etkisi oluşacaktır. A perdesi D perdesinden daha rijittir. Kısa doğrultudaki yüklem durumunda rijitlik merkezi A perdesine daha yakındır ve önemli bir burulma etkisi sözkonusudur. Perdelerin hepsi burulma momenti etkisini karşılamaya çalışacaktır. B,C ve D perdeleri az rijitliğe sahip olduğundan diyaframda dönme etkisi oluşacaktır. Bu durumda iki önemli meseleyle karşılaşılır. Birincisi, E ve F'deki kolonlar şayet yatay kuvvet taşıyan sistemin elemanları olarak boyutlandırmada gözönüne alınmamışlarsa bu noktadaki yerdeğiştirme etkisinden dolayı oluşacak kolon momentleridir. İkincisi, kısa doğrultudaki yüklemde yapı stabilitesi D perdesine bağlıdır. Şekil 3.6b de D perdesinin olmadığı durumda yapıda çok büyük bir dışmerkezlik oluşacak ve B ve C perdelerinde çökme meydana gelecektir.



Şekil 3.6 : Burulma etkisi

Diyaframda önemli bir dönme etkisi mevcutsa tehlikeli elemanlar özellikle yatay kuvvet taşıyan sistemin bir parçası olarak düşünülmeyen diyaframları mesnetleyen

kolonlardır. Birinci olumsuzluk; yatay kuvvet taşıyan sistemdeki perde ve çerçeve elemanlarının rijitliği, dayanımı ve yerleştirilmesi hususlarında gözlenir. İkinci olumsuzluk ise; diyaframdaki dönmelerden dolayı oluşan yerdeğiştirmelerin zorladığı, yatay kuvvet taşıyan elemanlar olarak düşünölmeyen kolonlarda gözlenir.

İzlenecek yol: Burulma etkisinde düşey elemanların ve diyaframların yeterliliğı kontrol edilir. Ortalama relatif kat yerdeğiştirmesine burulmadan dolayı oluşan yerdeğiştirme eklenecek maksimum kat yerdeğiştirmesi hesaplanır. Beklenen kat yerdeğiştirmesi altında tüm düşey elemanların yük taşıma özelliğini sürdürübilmesi gerekir. Kolonlardaki P-delta etkisi de gözönüne alınmalıdır.

3.4.1.2-Komşu yapılar

***Komşu yapılar:** Yükseklik veya kat sayısı olarak yarı veya daha az yükseklikte çok yakın komşu yapı yoktur. Eğer komşu yapı kat sayısı kere 5 cm. mesafede ise çok yakın olarak kabul edilir.

Kat seviyeleri birbirinden farklı olan binalarda bir yapının döşemesi diğerk yapının kolonlarına çarpma etkisi uygular. Ayrıca binalardan biri diğerkine göre daha yüksekse alçaktaki bina yüksek olan binanın üst bölümlerinin oturduğu bir kısım gibi davranabilir. Bu durumda yüksek olan bina alçak binanın üst seviyesinde bir rijitlik süreksizliğı ile karşılaşırken alçak olan binada beklenmeyen yükler oluşabilir. Olumsuzluk; binalar arasındaki mesafenin azlığından kaynaklanır. Yapıda bu tür bir durumun mevcut olması durumunda sözkonusu tehlike, yapılacak ayrıntılı bir incelemede gözönüne alınmak üzere raporda belirtilir.

3.4.1.3- Malzeme durumu

Yapı malzemelerinde zamanla oluşan bozulma yatay ve düşey taşıyıcı sistemin kapasitesini önemli ölçüde etkiler. Yapıda oluşan lekelenmeler bu durumu tesbit için ipucu olabilir. Mimari kaplama malzemeleri bu lekelerin dolayısıyla bozulma etkisi oluşan yerlerin

tesbitini zorlaştırır. Bu durumda bozulma derecesinin tesbiti için araştırmacı çatı arası gibi bu tür kaplama malzemelerinin kullanılmasına gerek olmayan yerleri incelemek zorunda kalabilir.

***Betonarme bozulma:** Çerçeve elemanlarındaki donatı çeliği veya betonda gözle görülebilir bir bozulma yoktur.

Suyun etkisiyle donatının paslanması ve betonun bozulması yapı elemanlarının dayanımında bir azalmaya sebep olabilir. Yapıda bu tür bir bozulma etkisi gözleniyorsa yapılacak ayrıntılı bir incelemede, eleman dayanımlarında dikkate alınacak bir azalmayla yapı elemanları kontrol edilir.

***Perde beton çatlakları:** Perdelerdeki köşegen çatlakların genişlikleri 1mm den daha az olup çatlaklar X şeklinde değildir.

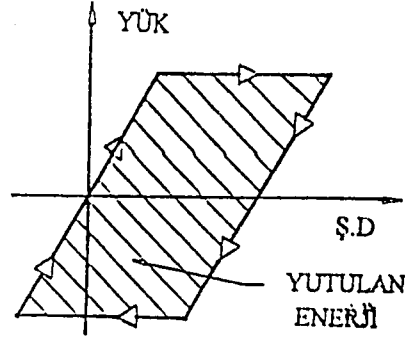
Perdelerdeki geniş çatlaklar geçmişteki bir deprem, temeldeki bir oturma veya diğer etkilerle oluşan tehlikeyi gösterir. Bu tür çatlakların gözlenmesi durumunda çatlakların sebebi ve boyutları tesbit edilerek perdeler, dayanımdaki bir azalmayla kontrol edilir.

***Yığma duvarda bozulma:** Kargir bölümlerde gözle görülür bir bozulma yoktur. Kargir elemanların dayanımı birleşim malzemesine bağlı olduğundan birleşim harcındaki bozulmanın sebebi ve boyutları incelenerek dayanımdaki azalma miktarı tesbit edilir.

3.4.2- “Yatay kuvvet taşıyan çerçeveler” bölümü

Çerçevelerde deprem esnasında plastik mafsalları ile büyük miktarda enerji yutulabilir. Bir çerçeve elemanının idealize edilmiş yük-değiştirme diyagramı Şekil 3.7 de verilmiştir. Eleman yükleme başlangıcından itibaren akma sınırına kadar elastik olarak şekil değiştirir. Bundan sonra yük azaltılmaya kadar elastik olmayan şekil değiştirme yapar. Yük sıfıra indiğinde elemanda halen plastik şekil değiştirme etkisi mevcuttur. Ters yönde yükleme yapıldığında eğrinin diğer yarısı tamamlanır ve başlangıç noktasına gelir.

Elemanların akma şekil değiştirmesi sayesinde yutulan enerji bu diyagramın alanı ile hesaplanır.



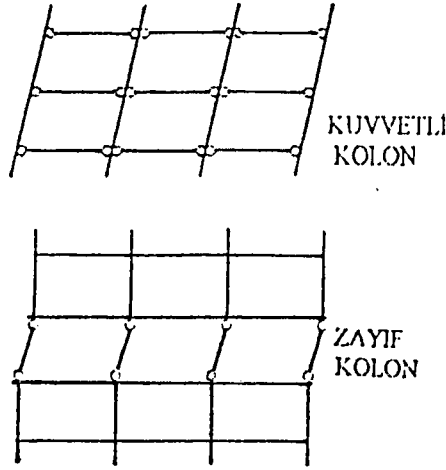
Şekil 3.7: Çerçevelerin yük-şekil değiştirme bağıntısı

Deprem esnasındaki ileri-geri yerdeğiştirmeler esnasında bu elastik olmayan davranışı sağlayarak sünek çerçeveler oluşturmak mümkündür. Çerçevelerin sünek davranabilmesi için ;

- a- plastik mafsall oluşumu
- b- kiriş-kolon düğüm noktalarının etkiyen kuvvetleri karşılayabilmesi
- c- kolonlardan önce kirişlerde plastik mafsall oluşumu sağlanmalıdır.

Bir çerçevenin yük taşıma sınırı plastik mafsalların oluşum şekline bağlıdır. Yükler arttıkça plastik mafsall önce herhangi bir kolonun bir ucunda daha sonra diğer ucunda oluşuyorsa yeteri kadar kolonda oluşan plastik mafsallarla sistem çökme mekanizmasına ulaşacaktır (Şekil 3.8).

Plastik mafsall ilk önce kirişlerde meydana geldiğinde yine bir mekanizma durumu oluşabilir ama, çökmeye sebep olacak kadar plastik mafsall oluşumuna pek sık rastlanmaz.



Şekil 3.8: Plastik mafsallaşma ile oluşabilecek mekanizma türleri

3.4.2.1- Betonarme çerçeveler

Betonarme çerçeveli yapılar perdeli yapılara göre daha az rijittir. Bunun sonucunda P-delta etkilerine ve yapısal olmayan hasarlara sebep olacak büyük relatif kat yerdeğiştirmeleri gözlenir. Bir kolonun kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabileceği kesme kuvvetinden daha az ise kolonda gevrek kırılma oluşacaktır. Yönetmeliğin öngördüğü kayma donatısı sağlanarak bu durum engellenmelidir. Betonarme bir çerçevenin sünek bir davranışa sahip olması için;

- a- Kirişlerde, kolonlarda ve düğüm noktalarında öngörülen miktarda etriye kullanımı ile gevrek kırılma önlenmelidir. Bu elemanlarda uygun miktarda etriye kullanımı ile elemanın kayma dayanımının eğilme dayanımında taşıyabileceği kesme kuvvetinden fazla olması sağlanacaktır. Betonarme çerçevelerde karşılaşılan en yaygın eksiklik elemanın dayanımına ulaşmadan kayma dayanımına ulaşması sonucu oluşan gevrek kırılmadır.
- b- Plastik mafsall oluşacağı tahmin edilen yerlerde beton sargı donatısı kullanımı ile dayanım ve süneklik artırılarak plastik mafsall oluşumuna imkan verilmelidir. Betonun etkili bir şekilde sarılabilmesi ve enine basınç gerilmelerinin oluşabilmesi için elemanda uygun miktarda ucu 135° kanca yapılmış etriye kullanımı gereklidir.

- c- Plastik mafsâl oluşacak kiriş uçlarında uygun miktarda boyuna donatı kullanarak kirişin pozitif moment taşıma kapasitesine erişmesi sağlanmalıdır.
- d- Eleman boyutlarının orantılı seçilmesiyle ve uygun miktarda donatı kullanımı ile kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumunun oluşması sağlanmalıdır.

***Kayma gerilmesi:** Yaklaşık hesapla bulunan kolonlardaki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla kolonlardaki ortalama kayma gerilmesi hesaplanır. Ortalama kayma gerilmesi 4 kgf/cm^2 den fazla ise yapı, yatay kuvvet dağılımını daha gerçekçi olarak gözönüne alan yöntemlerden biriyle incelenmelidir.

***Kat yerdeğiştirmesi:** Yapılan yaklaşık hesapla kabul edilebilir kat yerdeğiştirmeleri elde edilmiştir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla kabul edilebilir.kat yerdeğiştirmeleri hesaplanır. Hasaplanan relatif kat yerdeğiştirmesi periyodu 0.7 s den az olan binalarda kat yüksekliğinin 0.004 katından veya periyodu 0.7s den fazla olan binalarda 0.003 katından fazla ise çerçvelere geleceği tahmin edilen yatay yük dağılımı altında tam bir çerçeve analizi yapılmalıdır.

***Dışmerkez kolon:** Kiriş-kolon eksenleri arasındaki dışmerkezlik en küçük kolon boyutunun %20 sinden daha küçüktür.

Dışmerkezliğin %20 den fazla olması durumunda düğüm noktasında yüksek burulma momentleri oluşacaktır. Bu durumda yapılacak bir çerçeve analizinde düğüm noktalarındaki burulma momentlerinin meydana getireceği ilave kayma gerilmeleri gözönüne alınır.

***Kayma göçmesi yok:** Çerçevelerin kayma dayanımı eğilme dayanımında taşıyabilecekleri kayma kuvvetinden daha büyüktür.

Eğer eleman eğilme dayanımından önce kayma dayanımına ulaşırsa gevrek göçme oluşur. Gerekli olan kayma kapasitesi, M_p plastik momenti ile ilgilidir. Bu M_p momenti kiriş veya kolonun taşıyabileceği en büyük momenttir ve elemandaki çekme çubuklarının akmaya eriştiği kabul edilerek yaklaşık olarak hesaplanır. Şekil 3.9 da görüldüğü gibi elemanın eğilme dayanımında taşıyabileceği maksimum kesme kuvveti, L eleman boyu olmak üzere (3.19) ifadesiyle hesaplanır. V_e elemanın V kayma dayanımı ile kıyaslanır. V_e / V oranı ≤ 1 olmalıdır.

$$V_e = 2 M_p / L \quad (3.19)$$



Şekil 3.9: Eğilme dayanımında taşınacak maksimum kesme kuvveti

***Kuvvetli kolon-zayıf kiriş:** Kolonların moment taşıma kapasitesi kirişlerinkinden daha büyüktür.

Toplam kiriş momenti kapasitesi ile toplam kolon momenti kapasitesi kıyaslanır. Kıyaslanan moment kapasiteleri M_p plastik momentleridir. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumunun sağlanabilmesi için (3.20) ifadesi sağlanmalıdır.

$$\frac{\Sigma M_{p,kiriş}}{\Sigma M_{p,kolon}} \leq 1.2 \quad (3.20)$$

***Etriye kenetlenmesi:** Kolon ve kirişlerde etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir. Deprem esnasında enerji yutma özelliğinden mümkün olduğunca fazla faydalanmak için etriye kenetlenmesine dikkat edilmelidir. Tam verim almak için plastik mafsall oluşması muhtemel yerlerde etriyeler kesit iç kısmına ankre edilmelidir.

***Kolon etriye aralığı:** Çerçeve kolonlarındaki etriye aralığı kolon boyunca kolon kesit yüksekliğinin dörtte birinden, plastik mafsall oluşması muhtemel bölgelerde ise boyuna donatı çapının sekiz katından daha büyük değildir. Etriye aralıkları fazla olursa sünek olmayan kırılma meydana gelebilir. Ayrıca kayma kapasitesinde de azalma oluşur.

***Kolon donatı ekleri:** Kolon donatı ek boyları boyuna donatı çapının 35 katından büyük olup ek boyunca boyuna donatı çapının 8 katından daha sık etriye ile sarılmışlardır. Kısa ekler kolonda tehlikeye yol açabilir. Bu durumda büyük yerdeğiştirme yapan binalarda beton kısmın dökülmesiyle daha da ağırlaşabilir.

***Kiriş donatısı:** Kiriş boyunca alt ve üstte en az ikişer çubuk sürekli olarak devam etmektedir. Birleşim bölgelerinde pozitif veya negatif moment için gereken donatının en az %25 i eleman boyunca sürekli devam etmektedir.

Deprem momentlerinin sabit ve hareketli yüklerden oluşacak momentlerden daha büyük olabileceği düşünülerek açıklıkla mesnet arasında devam eden donatı düzeni öngörülür.

***Kiriş donatı ekleri:** Kiriş boyuna donatı ekleri kiriş boyunun dörtte birlik bölgesi civarında yapılmıştır. Kiriş-kolon düğüm noktalarında yerleştirilen alt donatı için kısa basınç donatısı ekleri kirişlerin akma gerilmesi altındaki seviyelerde plastik mafsallaşmasına yol açarak en büyük akma momentine ulaşmayı engeller.

***Kiriş etriyeleri:** Kiriş etriyeleri aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından ve plastik mafsall oluşabilecek bölgelerde ise boyuna donatı çapının 8 katından daha azdır. Kiriş etriye

arahlığı sık olmazsa tekrarlanan yüklemeler altında kirişlerin akma momenti altında çalışma özelliği devam edemiyebilir.

***Kiriş pilye donatısı:** Çerçevelerdeki kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmamıştır. Deprem yükleri ters yönde etkidiğinde kayma donatısı olarak kullanılan pilyeler bir işe yaramayacaktır. Bu sebeple kirişlerde kayma donatısı olarak pilye kullanılmaz.

***Birleşim yeri etriyesi:** Kiriş-kolon birleşim bölgesinde kolon etriyesi devam etmektedir. Düğüm noktası donatısız olursa bu düğüm noktasına bağlanan elemanların beklenen dayanıma erişmeleri mümkün olmayabilir. Bu durum düğüm noktasında gevrek kırılmaya yol açar. Planda çevre kısmında yeralan düğüm noktalarının üç, köşede yeralan düğüm noktalarının ise sadece iki elemanla tutulması mümkün olduğundan bu tür düğüm noktalarında bu duruma özellikle dikkat edilmelidir. Düğüm noktasının taşıyabileceği V_e kesme kuvveti ile düğüm noktasındaki V_j kesme kuvveti kıyaslanır. $V_j / V_e \leq 1$ olmalıdır.

3.4.2.2-Prefabrike betonarme çerçeveler

***Prefabrike çerçeve:** Prefabrike elemanlar yatay yük taşıyor.

Prefabrike çerçeveler deprem kuvvetlerini karşılayabilir ancak bu kuvvetleri taşımak için gerekli tüm detaylar sağlanamayabilir. Bağlantı noktaları yeterli süneklikte olmayabilir. Bu sebeple çerçevelerin yeterliliği kontrol edilir.

***Prefabrike bağlantılar:** Betonarme perdeli yapılarda prefabrike elemanlar arasındaki ankraj çubukları bağlanan elemanların kuvvet taşıma kapasitesini arttırabilir.

Prefabrike elemanlar arasındaki düğüm noktaları sünek davranışa sahip olmayabilir. Bu durumda bu noktaya bağlanan elemanlar kendilerinden beklenen dayanıma ulaşamazlar. Muhtemelen beklenen yük seviyesinin altında gevrek kırılma meydana gelebilir. Kayma kapasitesi düğüm noktası donatısı dikkate alınmaksızın Bölüm 3.4.2.1 deki gibi hesaplanır. Eğilme kontrolü için düğüm noktası vasıtası ile kirişden kirişe yük aktarma yolu tesbit edilir. Oluşan gerilmeler kontrol edilir.

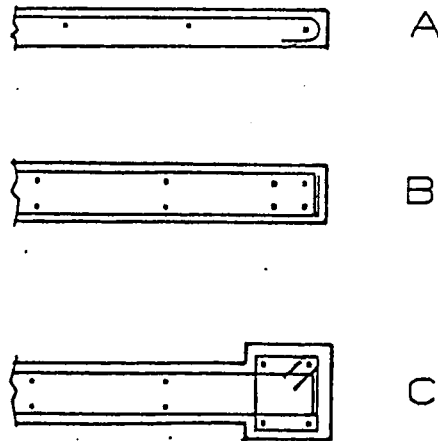
3.4.3- “Perde” bölümü

Boyu yüksekliğine kıyasla daha fazla olan perdelerde kayma etkisi hakim olup uçlarda önemsiz eğilme gerilmeleri oluşur. Yüksekliği daha fazla olan perdelerde ise eğilme etkisi hakimdir. Perdelerde iki türlü etki oluşur:

Depremın perdeye paralel doğrultuda etkimesi durumunda perde düzleminde taşınacak kayma kuvveti ve depremin bu doğrultuya dik etkimesi durumunda perde düzlemi dışında taşınacak kuvvet. Bu bölümde düzlem içindeki etkiler incelenecektir.

3.4.3.1-Betonarme perdeler

Uzun perdeli binalarda gerilmeler genellikle düşüktür. Fakat dış çevresinde boşlukların fazla olduğu binalarda perdeler narinleşir ve gerilme etkileri büyür. Devrilme kuvvetleri tasarımda kabul edilenden fazla olursa ve kesit çok ince ise; perde basınç yüzünde burkulma kırılması veya çekme yüzündeki donatı ekleri basınç donatısı eki olarak yapılmışsa çekme tarafında çekme kırılması oluşabilir. Şekil 3.10 da perdelerin en çok zorlanan yerleri olan perde kesit uçlarında düzenlenen başlık donatısı biçimleri görülmektedir. Önemli olan diğer bir husus da perdenin kayma dayanımının eğilme dayanımında oluşacak kayma kuvvetinden büyük olması gerektiğidir. Aksi halde gevrek kırılma etkisi ile karşılaşılır ki, bu durum arzu edilmez.



Şekil 3.10: Perde başlık elemanları

***Kayma gerilmesi:** yaklaşık hesapla bulunan perdelerdeki kayma gerilmeleri kabul edilebilir düzeydedir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla perdelerdeki ortalama kayma gerilmesi hesaplanır. Şayet V_{ort} 3.5 kg/cm^2 den fazla ise daha detaylı bir incelemeye gerek vardır.

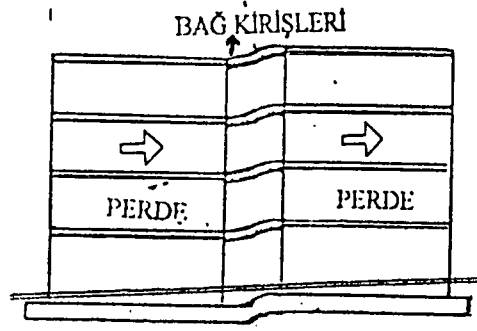
***Devrilme:** Tüm perdelerin yükseklik / boy oranı 4 den küçüktür. Yüksek, narin perdelerin devrilmeye karşı dayanımları sınırlıdır.

Mevcut devrilme kuvvetlerine karşı perde dayanımı hesaplanır. Üst kattan gelen devrilme kuvvetini ilave etmeksizin kat yüksekliği ile kat kesme kuvvetinin çarpımıyla oluşan eğilme momentini kullanarak devrilme kuvvetlerini hesaplamak sıkça yapılan bir hatadır. Kayma dayanımının eğilme dayanımında oluşacak kesme kuvvetinden büyük olması gerekir.

***Perde bağ kirişleri:** Bağ kirişlerindeki etriye aralığı kiriş yüksekliğinin yarısından azdır ve etriyeler kesitin iç kısmında 135° kanca ile kenetlenmektedir.

Birden fazla perde kat seviyelerinde birbirine bağlanarak birlikte tek bir perde gibi çalışması sağlanabilir (Şekil 3.11). Deprem esnasında bağ kirişlerinde oluşacak hasarla önemli miktarda enerji karşılanması amaçlanır. Perdelerde oluşacak şekil değiştirmeler bağ kirişlerinde büyük kayma kuvvetleri ve eğilme momentleri meydana gelir. Kiriş yüksekliği sınırlı ve genişliği perdeden daha az ise yeterli miktarda donatı yerleştirmek zorlaşır. Depremde bağ kirişleri çok ciddi hasar görürse bağ kirişleriyle birbirine bağlı tek bir perde durumu muhtemelen stabilitesi zayıf birbirinden bağımsız bir çift perde durumuna dönüşecektir.

Kirişin eğilme dayanımındaki kesme kuvveti ile kayma dayanımı karşılaştırılarak küçük olana göre kiriş uçlarının moment taşıma kapasitesi hesaplanır. Perdenin yük taşıma kapasitesine olumlu katkıda bulunan bu momentler veya kesme kuvvetleri altında perdeler birbirinden bağımsız olarak düşünülerek analiz edilir.



Şekil 3.11: Bağ kirişleriyle bağlı perdeler

***Başlık donatısı:** Bütün perdelerin başlık elemanları, aralığı boyuna donatı çapının 8 katından daha büyük olmayan etriyelerle sarılmıştır.

Başlık elemanlarının yeterli bir şekilde düzenlenmemesi durumunda perdenin yatay kuvvet dayanımında ciddi bir azalma olabilir. Projede, basınca çalışan eleman olarak düzenlenen başlık kısmı depremde çekme etkisinde kalabilir. Bu sebeple başlık kısmındaki donatı bindirme boyları daha uzun tutulmalıdır.

***Perde donatısı:** Perde donatısı oramı her iki doğrultuda da 0.0025 den az değildir ve donatı ara mesafesi 30 cm den azdır. Elastik olmayan davranışın sağlanabilmesi için minimum donatı şartı sağlanmalıdır.

***Boşluk donatısı:** Bütün boşlukların etrafına özel boşluk donatısı yerleştirilmiştir.

Klasik örgü donatısı küçük boşluklar için yeterlidir. Boşluk etrafındaki kayma ve eğilme gerilmesi küçükse “küçük boşluk” kabulü uygundur. Gerilmeler büyükse boşluk, büyük olarak kabul edilmelidir.

3.4.3.2- Betonarme perdeli prefabrike yapılar

***Perdeler:** Perdeler yerinde dökme betonarmedir.

Prefabrike perdeli yapılarda bağlantılar genellikle gevrek davranış gösterirler. Bağlantılar perdelerin akma sınırı üstündeki taşıma kapasitesine ulaşmasını engelleyebilir. Bu durumda bağlantı noktasına birleşen elemanlar kontrol edilir.

3.4.3.3- Taşıyıcı yığma duvarlar

***Kayma gerilmesi:** Yapılan yaklaşık hesaplar sonucu taşıyıcı yığma duvarlarda kabul edilebilir kayma gerilmeleri elde edilmiştir.

Bölüm 3.2.4.6 da verilen yaklaşık hesapla yığma duvardaki ortalama gerilmeler hesaplanır. İzin verilen gerilmeler dolu tuğla duvar için 0.7kgf/cm^2 , boşluklu duvar için 0.5kgf/cm^2 , çimentolu duvar için 0.9kgf/cm^2 dir. Şayet ortalama gerilemeler izin verilen gerilemelerden daha büyükse ayrıntılı bir incelemeye gerek vardır.

***Yığma duvar yükseklik / kalınlık oranı:** Duvarların yükseklik / kalınlık oranları;

- a- Tek katlı binalarda $Y / K < 14$
- b- Çok katlı binalarda
 - En üst katta $Y / K < 9$
 - Diğer katlarda $Y / K < 20$ dir.

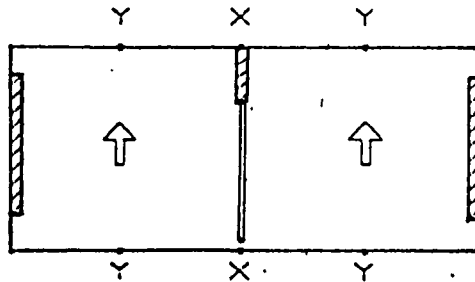
Taşıyıcı duvarların stabilitesi yükseklik/kalınlık oranına bağlıdır. Düzlemi dışındaki yüklerin etkisinde taşıyıcı duvarın dayanımında eksiklik olmamalıdır. Taşınması gerekli düzlem dışındaki etkiler altında taşıyıcı duvar kontrol edilir.

3.4.4- “Diyaftram” bölümü

Deprem yükleri düşey taşıyıcı elemanlara diyaftramlar vasıtasıyla iletilir. Diyaftramlar genel olarak kendi düzlemi içinde rijit kabul edilir. Bu sebeple yatay yükün düşey elemanlara paylaştırılması sadece bu elemanların rijitliğine bağlıdır.

Diyaftram göbek kısmı kayma kuvvetlerini karşılarken bunun alt ve üst kısımlarında eğilme gerilmeleri etkilidir. Yatay yüklerin karşılanmasında diyaftram davranışının sağlanması için bu elemanların sürekliliğinde bir kesinti olmaması ve bağlantı noktalarının iyi düzenlenmesi gerekir. Teorik olarak elastik kabul edilen döşemelerde yatay yük düşey elemanların rijitliklerinde bağımsız olarak dağıtılır. Bu durumda döşemeler düşey elemanlara mesnetli basit kiriş şeritleri olarak davranır. Şayet diyaftram rijitse hesap elastik mesnetli sürekli kiriş gibi yapılabilir. Diyaftramı yatay olarak mesnetleyen perde veya çerçevelerin rijitliğine kıyasla diyaftramın elastik veya rijit olduğu tesbit edilebilir.

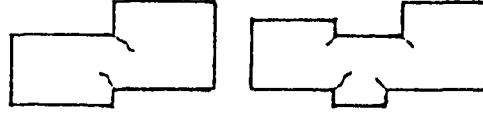
Şekil 3.12 de iki açıklıklı bir diyaftram verilmiştir. Diyaftram X-X ile işaretlenen ara mesnet üzerinde devam ediyorsa maksimum diyaftram kuvvetleri bu noktalarda meydana gelecektir. Şayet bu ara mesnet üzerinde diyaftram sürekli olarak devam etmiyorsa diyaftramlar ayrı ayrı birer basit kiriş gibi davranacaktır ve en büyük diyaftram kuvvetleri her bir basit kirişin açıklık ortası olan Y noktalarında meydana gelecektir. Uç dönmelerinden dolayı X noktalarında hasar meydana gelecektir.



Şekil 3.12: Diyaftram mesnetlenme biçimleri

***Plandaki düzensizlikler:** Plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde ve kapalı köşelerde oluşacak gerilme yığılmasını karşılayacak önemli bir çekme dayanımı mevcuttur.

Plan düzensizliklerine ait örnekler Şekil 3.13 de verilmiştir. Şayet köşelerde yeterli çekme dayanımı mevcut değilse buralarda oluşacak gerilme yığılmalarından dolayı hasar meydana gelebilir. Sıkça görülen bir diğer düzensizlik döşeme kalınlığındaki değişikliklerdir. E, T, X, ve L şekilli binalarda bina bölümlerinin herbiri farklı serbest bir titreşme moduna sahiptir. Bu durum boyutlandırmada gözönüne alınmamış olabilir. Bu sebeple diyafram köşelerinde büyük çekme kuvvetleri oluşabilir.

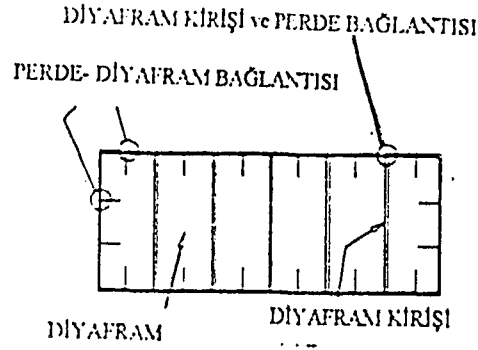


Şekil 3.13: Plan düzensizlikleri

***Diyafram kirişleri:** Diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca sürekli uzanan kirişler mevcuttur.

Perdelere gelen düzlem dışı kuvvetler diyaframlar tarafında kesme kuvveti olarak diyaframı mesnetleyen perde ve çerçevelere aktarılırlar. Yetersiz şekilde düzenlenen prefabrike diyaframlar bu işlevi yerine getirebilecek çekme dayanımına sahip olmayabilirler. Diyafram kirişi, diyafram kalınlığı içerisinde diyafram genişliği boyunca uzanan ve perde yüklerini toplayan gizli bir kiriştir. (Şekil 3.14). Diyafram-perde ve gizli kiriş-perde bağlantısı uygun şekilde düzenlenmelidir. Bu ankraj düzgün olmazsa perde diyaframından ayrılacak ve muhtemelen göçme meydana gelecektir.

Perde ankraj kuvvetleri hesaplanıp her elemanda bu kuvvetin karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilir.

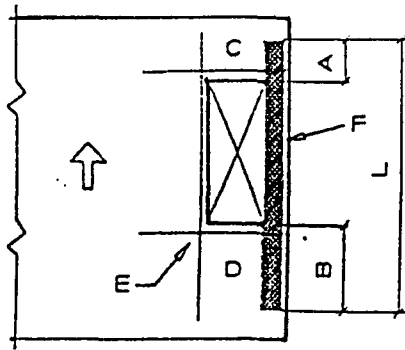


Şekil 3.14: Diyafram kirişleri ve bağlantıları

***Boşluk donatısı:** Binanın plandaki genişliğinin yarısından daha büyük boşluklu tüm diyaframlarda boşluk etrafında donatılar mevcuttur.

Projede düzgün bir şekilde detaylandırılmayan büyük diyafram boşlukları tehlike arzederler. Diyaframın boşluk çevresinden gerilme aktarabilme özelliği kontrol edilir.

***Perdeye komşu boşluklar:** Perdeye bitişik diyafram boşluğunun boyu perde boyunun %25 inden daha azdır. Bu ifadenin doğru olmaması durumunda iki problemle karşılaşılır. Birincisi, boşluk boyu uzunsa bu noktada diyaframdan perdeye kesme kuvveti aktarmak imkansızlaşır, ikincisi ise deprem kuvvetlerinin perdeye dik gelmesi durumunda perdenin yatay mesnet koşulundaki eksikliklerdir. Şekil 3.15 de diyaframdaki boşluk sebebi ile kesme kuvvetinin aktarılacağı L boyu A+B'ye inmiştir. C ve D bölgelerindeki gerilme artışı sebebi ile boşluk köşelerinde donatı gereklidir.



Şekil 3.15: Perdeye komşu boşluklar

Diyaframden perdeye yük aktarma yolu tesbit edilir. Aktarılabacak kuvvetlerden dolayı oluşacak gerilmelere karşı dayanım kontrol edilir.

3.4.5- “Bağlantılar” bölümü

Bu bölümde perde-çerçeve-diyafram ve perde-çerçeve-temel bağlantıları incelenecektir. Bağlantılar için gözönüne alınması gereken dört durum vardır:

- a- Deprem doğrultusuna dik perdelerin yatay olarak mesnetlenmesi
- b- Diyaframlarda deprem doğrultusuna paralel perde ve çerçevelere kesme kuvveti aktarılması
- c- Perde ve kolonların temele bağlantısı
- d- Göçmesiyle sistemi tehlikeye sokacak bağlantı elemanlarının birbirleriyle irtibatı

3.4.5.1- Normal kuvvet ankrajı

Diyaframa iyi ankre edilmemiş perdeler deprem esnasında yapıdan ayrılabilir ve çökme meydana gelebilir.

***Perde ankrajı:** Düzlemi dışındaki kuvvetlerin etkisini karşılamak amacıyla dış çevredeki perdeler her kat seviyesinde diyaframlara ankre edilmiştir.

Perdeye dik doğrultuda gelen kuvvetler altında perdede devrilme etkisi oluşmaması için diyafram bağlantısı yeterli olmalıdır.

***Yığma duvar ankrajı:** Yığma duvarlar ahşap veya metal diyaframlara bağlanmıştır. Duvarlara etkiyen düzlem dışı kuvvetler için diyafram ve duvara çelik bağlantı elemanları yerleştirilmiştir.

Diyaframlarda çelik ankraj çubukları ve bağlantı elemanlarının olmaması durumunda yeterli dayanım ve süneklik sağlanmayabilir. Yığma duvar ankrajı duvarın taşınması gerekli etki altında kontrol edilir.

***Ankraj aralığı:** Döşemelerden dış taşıyıcı duvarlara yapılan ankrajların aralığı 1m. veya daha azdır.

Yetersiz ankraj aralığı taşıyıcı duvara etkiyen düzlem dışı yükler sonucu duvarın ve bitişik döşemenin kısmen çökmesine neden olur.

3.4.5.2- Kesme kuvveti aktarımı

Yatay dayanımın sağlanabilmesi açısından diyaframdan perdelere kesme kuvveti aktarımı çok önemlidir. Şayet yük aktarımı yetersizse perde ve çerçeveler kendilerinden beklenen davranışı gösteremezler. Perde ve çerçevelere gelen yatay kuvvet dağılımı projede esas alınandan farklılık gösterir ve binanın tümünde dayanımda bir azalma oluşur.

***Kesme kuvveti aktarımı:** Perdeye yük aktarımını sağlayacak diyafram donatıları mevcuttur.

Perdelere beklenen davranışın sağlanabilmesi için diyafram bağlantılarının yeterli olması gerekir. Bağlantı, perdeler içine yerleştirilmiş çelik çubuklarla yapılabilir. Diyaframdaki mevcut donatının yeterliliği kontrol edilir.

3.4.5.3- Düşey elemanların temel bağlantısı

Düşey elemanların temele olan bağlantısı yetersiz olduğundan elemanın yatay yükleri zemine aktarma kapasitesinde bir azalma olacaktır.

***Betonarme kolon filizleri:** Betonarme kolonlardaki tüm boyuna donatılar temele kadar devam edip burada temele kenetlenmiştir.

***Perde donatısı:** Perdelerde düzenlenen kolon donatılarında dahil olmak üzere bütün perde düşey donatısı temele kadar sürekli ve burada temele kenetlenmiştir.

3.4.5.4-Kolon-kiriş birleşimi

Çerçeve kirişleri konsollu kolonlara oturuyor ve konsol oturma boyu 8 cm'den fazladır. Perdelerin dayanımına ve temel şartlarına bağlı olarak depremde büyük kat yerdeğiştirmeleri meydana gelebilir. Kirişlerin kolonlardaki konsollara oturması durumunda konsol oturma boyu bu büyük kat yerdeğiştirmeleri sonucu elemanlarda oluşacak yerel yerdeğiştirmeleri karşılayacak büyüklükte olmalıdır.

Hesaplanan relatif kat yerdeğiştirmesi altında kirişlerin kolona oturma boyları kontrol edilir.

3.4.6-“Temel” bölümü

Temellerde herhangi bir oturma etkisi gözlenmiyorsa yapı temelinin sabit ve hareketli yükler altında yeterli olduğu kabul edilir ve nisbeten küçük deprem yükleri altında yeterli kapasiteye sahip olabilir. Bu sebeple yüklerin perde veya çerçeveler vasıtasıyla zemine iletilmesinden sonrası için herhangi bir değerlendirme ifadesine yer verilmemiştir. Ancak bununla birlikte incelemede aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir:

- a- Çerçeve kolonları vasıtasıyla aktarılan kesme kuvvetleri ve momentler için küçük tekil temeller rijitlik ve dayanım olarak yetersiz olabilir.
- b- Küçük tekil temeller devrilme kuvvetlerine karşı yetersiz kalabilir.
- c- Tekil temeller arasındaki bağlantılarda deprem kuvvetlerini karşılama kapasitesi yönünde eksiklikler olabilir.

BÖLÜM 4- DEPREM DAVRANIŞI İÇİN İNDEKSLEME YÖNTEMİ

4.1-Genel

Burada açıklanan yöntem; Japonyada geliştirilmiş olan “Standart for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Building (1990)” da verilen ilkeler doğrultusunda elde edilecek olan “Deprem Davranış İndeksi” ile yapının deprem davranışının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Yöntemin uygulanmasından önce binanın yaşı, boyutları ve taşıyıcı sistemi doğru bir şekilde tesbit edilmelidir. Bu yöntem; taşıyıcı sistemi perdeli veya perdesiz çerçevelerden oluşan altı ve daha az katlı yapılara uygulanabilir. Taşıyıcı sistemi yıpranmış, 30 yıldan daha yaşlı, çeşitli bozulmalara maruz kalmış, yangın geçirmiş, malzeme kalitesi çok düşük, taşıyıcı sistemi belirsiz yapılara uygulanması uygun değildir.

Binanın muhtemel bir depremdeki davranışının tesbitinde kullanılacak olan deprem davranış indeksinin, taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar için üç ayrı inceleme seviyesinde elde edilmesi mümkündür. Birinci inceleme seviyesi hızlı bir ön inceleme hassaslığında olup ikinci ve üçüncü seviyelerde daha ayrıntılı inceleme ve hesaplar yapılmaktadır. Buna mukabil olarak da yüksek seviyelerde elde edilen sonuçlara olan güven artmaktadır.

4.2- Deprem Davranış İndeksi

Yöntemde bir yapının deprem etkisindeki davranışının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere aşağıdaki iki indeks tanımlanmıştır:

- a- Yapıya ait deprem davranış indeksi, I_S
- b- Taşıyıcı olmayan elemanlara ait deprem davranış indeksi, I_N

4.3- Yapıya Ait Deprem Davranış İndeksi

Yapının deprem davranış indeksi I_S , her kat ve her doğrultu için ayrı ayrı olmak üzere (4.1) ifadesiyle hesaplanır. Yüksek indeks değerleri binanın muhtemel bir depremde olumlu bir davranış gösterebilmesi ihtimalinin yüksekliğine karşılık gelir.

$$I_S = E_0 S_D T \quad (4.1)$$

E_0 : Yapının deprem davranış ana indeksi

S_D : Yapının taşıyıcı sisteminin tasarım ve boyutlamasına ait indeks

T : Yapının taşıyıcı sisteminin zamanla bozulmasına ait indeks

İndeksin birinci, ikinci ve üçüncü seviyede olmak üzere farklı üç seviyede incelenmesi mümkün olup her üç seviyede de (4.1) ifadesi kullanılır. Yüksek seviyelerde inceleme daha ayrıntılı olduğu için elde edilen sonuçlara olan güven daha fazladır. Herbir inceleme seviyesindeki kabuller ve dikkate alınan ayrıntılar aşağıda açıklanmıştır.

a- Birinci inceleme seviyesi:

Çerçevelerin taşıma gücü; kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarından faydalanarak basitçe hesaplanır. S_D ve T indeksleri de benzer şekilde basitçe hesap edilir. Bu seviyedeki inceleme perdelerin nisbeten çok olduğu binalarda uygundur. Perde sünekliliğinin çerçeve sünekliliğini önemli ölçüde etkilediği kabul edilir.

Perdesiz çerçevelerden oluşan bir yapının deprem davranışının gerçek davranışın oldukça altında tahmin edilebileceğine dikkat edilmelidir. Bu durumda gerçekte güvenli olan bir yapının güvensiz olarak tesbiti sözkonusudur. Böyle perdesiz sistemlerde bu durumla karşılaşılabilmesi gözönüne alınarak bu seviyedeki bir incelemeyle yetinmeyip yapının daha ayrıntılı olan diğer seviyelerde de incelenmesi gerekebilir.

b- İkinci inceleme seviyesi:

Bu seviyede kolon ve perdelerin taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri taşıma gücü esasları kullanılarak hesap edilir. E_0 ana indeksi, düşey taşıyıcı elemanların göçme türü gözönüne alınarak elde edilir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilebilir. Diğer iki indeks, S_D ve T , birinci seviyeye göre daha ayrıntılı hesaplarla bulunur. Bu inceleme seviyesi özellikle zayıf kolon-kuvvetli kirişli sistemlere uygun olup elde edilen sonuç birinci seviyeden elde edilen kıyasla daha güvenlidir.

c- Üçüncü inceleme seviyesi:

E_0 ana indeksinin hesabında düşey taşıyıcı elemanlarının göçme türlerinin yanısıra kirişlerin davranışı ve perde temelindeki dönme de dahil olmak üzere yapının mümkün olan tüm göçme mekanizmaları gözönüne alınır. S_D ve T hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir.

4.3.1- E_0 deprem davranış ana indeksi

Yapının deprem davranış ana indeksi E_0 , Taşıma gücü indeksi C ve süneklik indeksi F yardımıyla hesap edilir. Elde edilen sonuçlar dayanım ve süneklikle birlikte E_0 davranış ana indeksi değerinde arttığı şeklindedir.

Birinci inceleme seviyesi: Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.1 deki düşey taşıyıcı eleman sınıflandırmasına uyacak şekilde gruplandırılır.

Tablo 4.1 : Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (birinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği > 2
Kısa kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≤ 2
Perde	Başlıklı veya başlıksız perde

a-Taşıyıcı sistemde kısa kolon olmaması durumu:

Taşıyıcı sistemde Tablo 4.1 deki kısa kolon tanımına uyan herhangi bir eleman yoksa yapıya ait E_0 deprem davranış ana indeksi (4.2) ifadesiyle hesaplanır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 C_c) F_w \quad (4.2)$$

n : Bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : Gözönüne alınan kat

C_w : Perdelerin taşıma gücü indeksi olup (4.7) ifadesi ile hesaplanır.

C_c : Kolonların taşıma gücü indeksi olup (4.8) ifadesi ile hesaplanır.

a_1 : Yerdeğiştirme uyum katsayısı (= 0.7 ; =1.0 eğer $C_w = 0$ ise)

F_w : Perde süneklik indeksi (=1.0)

b- Taşıyıcı sistemde kısa kolon olması durumu :

Kısa kolonlarda genellikle eğilme kapasitesine ulaşılmadan kesme kuvveti dayanımlarının sona ermesiyle oluşan ani ve gevrek kırılma durumu gözlenir. Bu ise deprem davranışı açısından tehlikeli olan ve arzu edilmeyen bir durumdur. Bu sebeple yapıda Tablo 4.1 deki kısa kolon tanımına uyan elemanların mevcut olması durumunda E_0 indeksi aşağıdaki gibi hesaplanır.

Kısa kolonların dikkate alınmasıyla 4.3 ifadesi hesaplanır. Daha sonra kısa kolonlar ihmal edilerek 4.2 ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak elde edilen değerlerin büyüğü alınır.

Şayet bir kısa kolon aynı zamanda “riskli bir kolon” olarak tesbit edilmişse, E_0 indeksi yalnızca 4.3 ifadesi ile hesaplanmalıdır. Bir kolonun taşıma gücünü kaybetmesiyle kolon civarındaki yapı kısımlarında örneğin döşemede herhangi bir göçme durumunun oluşması sözkonusu ise bu kolon “riskli kolon “ olarak dikkate alınmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc} \quad (4.3)$$

C_{sc} ; kısa kolon taşıma gücü indeksi olup 4.9 ifadesiyle hesaplanır.

a_2 ve a_3 ; yerdeğiştirme uyum katsayıları olup sırasıyla 0.7 ve 0.8 olarak alınabilir.

F_{sc} ; kısa kolon süneklik indeksi olup 0.8 olarak alınabilir.

İkinci inceleme seviyesi : Bu inceleme seviyesi birinci seviyeden daha ayrıntılı olup taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.2 deki düşey taşıyıcı eleman sınıflandırmasına uyacak şekilde gruplandırılır.

E_0 indeksinin hesabında kullanılacak olan C taşıma gücü indeksi ve F süneklik indeksi sırasıyla Bölüm 4.3.1.1 ve 4.3.1.2 de anlatıldığı gibi hesaplanır. Düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme tipleri herbir grupta belirtilmiş olarak elde edilen sonuçlar F süneklik indeksine göre maksimum üç grupta toplanır.

Tablo 4.2 : Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (İkinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Kolon s	Göçme tipi : Kayma göçmesi
Kolon ss	Göçme tipi : Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon
Perde m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Perde s	Göçme tipi : Kayma göçmesi

a- Taşıyıcı sistemde aşırı gevrek kolon (kolon ss) olmaması durumu:

Taşıyıcı sistemde, Tablo 4.2 de “kolon ss” olarak isimlendirilen, göçme tipi kayma göçmesi olan kısa kolonların mevcut olmaması durumunda yapılan E_0 indeksi olarak (4.4)

ve (4.5) ifadeleriyle hesaplanan değerlerin büyük olanı alınır. Bazı durumlarda yapıda aşırı gevrek kolon olmadığı halde daha önce açıklanan özel riskli kolonlar mevcut olabilir. Bu durumda E_0 indeksi (4.5) ifadesiyle hesaplanmalıdır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + E_3^2} \quad (4.4)$$

$$E_i = C_i F_i$$

C_1 : Eleman F süneklik indeksi oldukça küçük olan birinci grup taşıma gücü indeksi

C_2 : Eleman F süneklik indeksi orta büyüklükte olan ikinci grup taşıma gücü indeksi

C_3 : Eleman F süneklik indeksi oldukça büyük olan üçüncü grup taşıma gücü indeksi

F_1, F_2, F_3 : Sırasıyla herbir grubun süneklik indeksine karşılık gelir.

Şayet yapıda özel riskli kolonlar mevcutsa ;

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) F_1 \quad (4.5)$$

a_2 ve a_3 : Tablo 4.3 ve 4.4 yardımıyla belirlenecek yerdeğiştirme uyum katsayıları

Tablo 4.3 : (4.5) ifadesindeki a_2 değerleri

İkinci grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	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 4.4 : (4.5) ifadesindeki a_3 değerleri

Üçüncü grup elemanları	Birinci grup elemanları	
	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	-

b- Taşıyıcı sistemde aşırı gevrek kolon olması durumu :

E_0 indeksinin tesbitinde aşırı gevrek kolonların davranışının taşıyıcı sistemin davranışına olan etkisini gözönüne alabilmek için üç ayrı hesaplama yapılır. Önce aşırı gevrek kolonları ihmal edilen yapıda (4.4) ve (4.5) ifadeleri daha sonra bu kolonlar dikkate alınarak (4.5) ifadesi hesaplanır. E_0 indeksi olarak, hesaplanan bu indeks değerleri arasında büyük olanı alınır.

Aşırı gevrek kolonlar aynı zamanda özel riskli kolonlar durumundaysa E_0 indeksi bu kolonlar dikkate alınarak (4.5) ifadesiyle hesaplanmalıdır. Ancak aşırı gevrek kolonların haricindeki bir kolon özel riskli kolon durumundaysa ve göçme tipi kayma göçmesi ise E_0 indeksi olarak (4.5) ifadesine gevrek kolonların dikkate alınmasıyla ve ihmal edilmesiyle hesaplanacak değerler arasında büyüğü alınır.

Üçüncü inceleme seviyesi : Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlar Tablo 4.5 deki sınıflandırmaya benzer şekilde gruplandırılır. C taşıma gücü indeksi ve f süneklik indeksi sırasıyla Bölüm 4.3.1.1 ve 4.3.1.2 de tarif edildiği gibi hesaplanır. Düşey elemanlar için önceden tahmin edilen göçme tipleri herbir grupta belirtilmiş olarak elde edilen sonuçlar F süneklik indeksine göre maksimum üç grupta toplanır.

E_0 deprem davranış ana indeksinin hesabında ikinci inceleme seviyesine ait aynı ifade kullanılabilir. Bununla birlikte eğer yapının göçme türü; kiriş ucu, perde alt noktası ve

perde temeli üst noktasındaki eğilme göçmelerinden birine giriyorsa (4.4) veya (4.5) ifadelerinden biriyle hesaplanacak E_0 indeksi (4.6) ifadesiyle düzeltilmelidir.

$$E_0 = E_0 (2/3) \left[(2n + 1) / n + 1 \right] \quad (4.6)$$

Sağ taraftaki E_0 değeri (4.4) veya (4.5) ifadesiyle hesaplanan değerdir.

Tablo 4.5 : Düşey taşıyıcı elemanların sınıflandırılması (Üçüncü inceleme seviyesi)

ELEMAN	TANIM
Kolon m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Kolon s	Göçme tipi : Kayma göçmesi
Kolon ss	Göçme tipi : Kayma göçmesi ve temiz yüks. / kesit yüks. ≤ 2 olan aşırı gevrek kolon
Perde m	Göçme tipi : Eğilme göçmesi
Perde s	Göçme tipi : Kayma göçmesi
Kolon mb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin eğilme dayanımı belirler.
Kolon sb	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini kirişlerin kayma dayanımı belirler.
Perde upl	Yatay kuvvet taşıma kapasitesini temelin zeminden ayrılma etkisi belirler.

4.3.1.1- C taşıma gücü indeksinin hesabı

Birinci inceleme seviyesi : C taşıma gücü indeksinin hesabı (4.7 - 4.9) ifadeleri kullanılarak her kat ve her doğrultuda ayrı ayrı yapılır.

$$C_w = (30A_{w1} + 20A_{w2} + 10A_{w3}) f_{cd} / (200W) \quad (4.7)$$

$$C_c = (10A_{c1} + 7A_{c2}) f_{cd} / (200W) \quad (4.8)$$

$$C_{sc} = 15 A_{sc} f_{cd} / (200W) \quad (4.9)$$

C_w : Perdelerin taşıma gücü indeksi

C_c : Kolonların taşıma gücü indeksi

C_{sc} : Kısa kolon taşıma gücü indeksi olup, bunlara ait tanımlar tablo 4.1 de verilmiştir.

A_{w1} : İki tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

A_{w2} : Bir tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

A_{w3} : Başlıksız perdelerin toplam kesit alanı (cm^2)

Burada başlıklı perde tabiriyle perde uçlarında kolon şeklinde bir eleman düzenlenmiş olması kastedilmektedir. Perde uçlarında oluşacak büyük eğilme momentlerini karşılamak amacıyla düzenlenen bu kolon elemanların deprem davranışına olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. (4.7) ifadesinden de görüldüğü gibi iki tarafı başlıklı perdelerin etkisi aynı alandaki başlıksız perdeler göre üç kat arttırılmıştır.

A_{c1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm^2)

A_{c2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm^2)

A_{sc} : Kısa kolonların (Temiz yüks. / Kesit yüks. ≤ 2) toplam kesit alanı (cm^2)

f_{cd} : Betonun proje basınç hesap gerilmesi (kgf/cm^2) olup şayet dayanım birtakım malzeme deneylerinin sonucunda elde edilmişse hesaplarda proje dayanımı yerine bu deney dayanımı kullanılır.

W : Gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı (kgf) olup genellikle birim kat alanı için $1200 \text{ kgf} / m^2$ alınarak hesaplanır.

İkinci inceleme seviyesi: Taşıyıcı sistemdeki düşey elemanların eğilme ve kayma dayanımı hesaplanarak her eleman için beklenen göçme tipine karar verilir ve bu elemanlar tablo 4.2 de verilen şekilde sınıflandırılır. Daha sonra düşey taşıyıcı elemanların Bölüm 4.3.1.2 de tarif edildiği şekilde F süneklik indeksleri hesaplanır ve elemanlar indeksin

değerine göre maksimum üç grupta toplanır. Herbir grubun C taşıma gücü indeksi grup elemanlarının toplam taşıma gücünün gözönüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığına bölünmesiyle elde edilir.

Herhangi bir düşey taşıyıcı elemanın taşıma gücü (4.10 - 4.19) ifadeleri kullanılarak hesaplanabilir. Bu ifadelerdeki beton dayanımı olarak şayet özel deneyler yapılmamışsa proje dayanımı esas alınabilir. Donatı için aynı durum sözkonusu ise; yuvarlak donatı çubukları için dayanım sınırı olarak 3000 kgf / cm^2 değeri uygundur. Burulmuş tor çelik donatıları için ise bu dayanım sınırına 500 kgf / cm^2 değeri eklenir. elemanların dayanım hesaplarında mevcut çatlaklar ve betonun zamanla bozulma etkisi ihmal edilir. Bu tür etkilerin dayanımda sebep olacağı azalma T zamana bağlı bozulma indeksi altında I_s deprem davranış indeksine yansıtılmaktadır.

a- Düşey taşıyıcı elemanların eğilme etkisindeki taşıma güçlerinin hesabı:

a1- Kolon:

Eğer $N_{\max} > N > 0.4 b h f_{cd}$ ise ;

$$cM_u = (0.8 A_s f_{yd} h + 0.12 b h^2 f_{cd}) (N_{\max} - N_{\min}) / (N_{\max} - 0.4 b h f_{cd}) \quad (4.10)$$

Eğer $0.4 b h f_{cd} > N > 0$ ise;

$$cM_u = 0.8 A_s f_{yd} h + 0.5 N h (1 - N / (b h f_{cd})) \quad (4.11)$$

Eğer $0 > N > N_{\min}$ ise;

$$cM_u = 0.8 A_s f_{yd} h + 0.4 N h \quad (4.12)$$

N_{max} : Kolonun aksenal basınç dayanımı [= $b h f_{cd} + A_{st} f_{yd}$, (kgf)]

N_{min} : Kolonun aksenal çekme dayanımı [= $- A_{st} f_{yd}$, (kgf)]

N : Kolonun aksenal yükü (kgf)

A_s : Çekme donatısı alanı (cm^2)

A_{st} : Boyuna doğrultudaki toplam donatı alanı (cm^2)

b : Kolon basınç yüzü genişliği (cm)

h : Kolon kesit yüksekliği (cm)

f_{yd} : Boyuna doğrultudaki donatıya ait dayanım sınırı (kgf / cm^2)

f_{cd} : Beton basınç dayanımı (kgf / cm^2)

a2- Bitişik perdeli kolon:

Bu ifadeyle kolona bitişik perdeler kastedilmekte olup (Şekil 4.1) bu tür elemanların eğilme dayanımı (4.13) ifadesiyle hesaplanacaktır.



Şekil 4.1 : Bitişik perdeli kolon

$$cM_u = (0.9 + \beta) A_s f_{yd} h + 0.5N \left\{ 1 + 2 \beta - \left(N / b_c h f_{cd} \right) \left(1 + A_s f_{yd} / N \right)^2 \right\} \quad (4.13)$$

$$p_t = A_s / (b h)$$

$$b_e = A / L_w \text{ (cm)}$$

A : Kenar perdeler de dahil toplam kesit alanı (cm^2)

β : Kolonun basınç tarafındaki perde boyunun kolon kesit yüksekliğine oranı

L_w : Kenar perdeler de dahil toplam kesit derinliği (cm)

a3- Başlıklı perde:

$$wM_u = A_{st} f_{yd} I_w + 0.5 A_w f_{ywd} I_w + 0.5 N I_w \quad (4.14)$$

A_{st} : Perdenin çekme tarafındaki uç kolonun boyuna doğrultudaki donatı alanı (cm^2)

I_w : Uç kolonların merkezleri arasındaki uzaklık (cm)

A_w : Perde toplam düşey donatı alanı (kgf/cm^2)

f_{ywd} : Perde düşey donatı dayanım sınırı (kgf/cm^2)

N : Uç kolonlardaki de dahil toplam sabit yük (kgf)

b- Düşey taşıyıcı elemanların kayma dayanımlarının hesabı:**b1- Kolon:**

$$c V_{su} = \left(\frac{0.053 p_t^{0.23} (180 + f_{cd})}{M / (Vd) + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w f_{ywd} + 0.1 \sigma_0} \right) b j \quad (4.15)$$

d ; çekme donatısı merkezinin en dış beton basınç lifine uzaklığı (cm) olup sınırlayıcı olarak $M / (V d) \geq 1$ olmalıdır.

p_t ; sadece bu ifadede olmak üzere % lik bir değerdir.

p_w : Kolon kayma donatısı oranı

f_{ywd} : Kolon kayma donatısı dayanım sınırı (kgf/cm^2)

$\sigma_0 = N / (b h)$ (kgf/cm^2)

b2- Bitişik perdeli kolon:

$$c V_{su} = \left(\frac{0.053 p_{te}^{0.23} (180 + f_{cd})}{M / (Vd_e) + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_{we} f_{ywd} + 0.1 \sigma_{oe}} \right) b_e j_e \quad (4.16)$$

$$p_{te} = a_s / (b_e d_e)$$

A_s : Kolon çekme donatısı alanı (cm^2)

b_e : (4.13) de tanımlı

d_e : Kolon çekme donatısı merkezinin en dış beton basınç lifine uzaklığı (cm)

$$p_{we} f_{ywd} = p_w f_{ywd} (b/b_e) + p_{sh} f_{yd} (b/b_e)$$

p_{sh} : Perde yatay donatı oranı

f_{yd} : Perde donatı dayanım sınırı

$$\sigma_{0e} = N / (b_e j_e) \quad (kgf/cm^2)$$

j_e ; Betonarme kesitte kuvvet kolu olup (7/8) de olarak alınabilir.

b3- Başlıklı perde:

Uç kolonlara sahip perdelerin kayma taşıma gücü, (4.15) ifadesi kullanılarak hesaplanabilir.

$$P_t = 100.A_s.b_e / L$$

A_s : Perdenin çekmeye çalışan ucundaki kolonda boyuna doğrultudaki donatı alanı

$$b_e : A / L$$

A : Uç kolonlarda dahil toplam perde kesit alanı (cm^2)

L : En dış basınç lifinin en dış çekme lifine uzaklığı (cm)

$$p_w = A_w / (b_e s)$$

A_w : Perde yatay donatı alanı (cm^2)

s : Perde yatay donatı aralığı (cm)

$$\sigma_0 = N / (b_e / L) \quad (kgf/cm^2)$$

N : Sınır kolonların toplam sabit yükü

M / V : (4.19) ifadesiyle hesaplanan moment / kesme kuvveti oranı

$$b = b_e d = L.j$$

Boşluklu bir perdenin kayma taşıma gücü; boşluksuz perde taşıma gücü değerinin (4.17) de verilen bir azaltma katsayısı ile çarpılmasıyla hesaplanır.

$$r = 1 - \max \left[\sqrt{(h_i l_i) / (h L_w)}, l_i / L_w \right] \quad (4.17)$$

$$\left[\sqrt{(h_i l_i) / (h L_w)} \right] \text{ ve } \left[l_i / L_w \right] < 0.4 \text{ olmalıdır.}$$

Eşdeğer boşluk oranı;

h_i : boşluğun düşey boyutu

l_i : Boşluğun yatay boyutu, L_w ise uç kolonların merkezleri arasındaki uzaklıktır.

c- Bir elemanda eğilme dayanımında oluşacak kesme kuvveti ve göçme türü

Bir kolon veya perdede eğilme dayanımında oluşacak yatay kesme kuvveti (4.18) ve (4.19) ifadeleriyle hesaplanır.

c1- Kolon:

$$c V_{mu} = (wM_{ut} + wM_{ub}) / h_0 \quad (4.18)$$

h_0 : Kolon temiz yüksekliği

wM_{ut} ve wM_{ub} ; sırasıyla kolonun üst ve alt noktasındaki eğilme momenti taşıma gücü olup (4.10 – 4.13) ifadeleriyle hesaplanır.

c2- Perde:

$$wV_{mu} = 2 wM_u / h_w \quad (4.19)$$

wM_u : (4.14) ifadesiyle hesaplanan eğilme momenti taşıma gücü

h_w : İncelenen perdenin en alt noktasından en üst noktasına kadar olan yükseklik

Perde çok katlı ve gözönüne alınan kat en üst katsa (4.19) ifadesinin sağ tarafındaki 2 katsayısı kaldırılmalıdır.(4.18) veya (4.19) ifadeleriyle elde edilen eğilme göçmesindeki yatay kesme kuvveti (4.15), (4.16) veya (4.17) ifadeleriyle elde edilen kayma, taşıma gücünden az ise, düşey elemanın göçme tipi eğilme göçmesi olarak belirlenir. Aksi halde eğer eğilme göçmesindeki kesme kuvveti kayma taşıma gücünden daha büyükse eleman eğilme dayanımına ulaşmadan kayma dayanımının aşılmasıyla oluşacak ani ve gevrek bir kayma göçmesi tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Üçüncü inceleme seviyesi: Esasen ikinci seviyede yapılan inceleme yeterlidir. Bununla birlikte kirişlerde ve perde temelinin zeminden ayrılama etkisiyle perdelerdeki mümkün olan tüm göçme mekanizmaları da hesaba katılmalıdır. Bir kirişin eğilmedeki taşıma gücü (4.20) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Kirişin kayma taşıma gücü ise (4.15) ifadesindeki eksenel yük terimi ihmal edilerek hesaplanır.

$$M_u = 0.9 A_{st} f_{yd} d \quad (4.20)$$

A_{st} : Kiriş toplam çekme donatısı alanı (kirişe paralel donatıları dahil)

a- Yatay kuvvet taşıma kapasitesi ve göçme türü:

a1- Çerçeve: Bir çerçevenin göçme türü aşağıdaki şekilde tesbit edilir.

- i) Bir düğüm noktasında birleşen her elemanın, eğilme göçmesindeki yatay kesme kuvveti ile kayma taşıma güçleri kıyaslanarak göçme türü belirlenir ve düğüm noktasındaki her elemanın eğilme momenti hesaplanır.
- ii) Bir düğüm noktasındaki toplam kiriş moment kapasitesi ile toplam kolon moment kapasitesi kıyaslanır ve buna göre göçme türü belirlenir. Eğer kiriş kapasitesi büyükse zayıf kolon-kuvvetli kiriş düzeni, aksi takdirde zayıf kiriş-kuvvetli kolon düzeni ortaya çıkar.
- iii) Şayet zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumu sözkonusu ise kolon uçlarının eğilme kapasiteleri esas alınarak taşınabilecek maksimum kesme kuvveti hesap edilir.

iv) Kirişlerin toplam eğilme momenti düğüm noktasının alt ve üst uçlarındaki kolonlar rijitlikleri oranında dağıtılır. Kuvvetli kolon-zayıf kiriş durumuyla kirişlerde oluşacak plastik mafsallaşma ile meydana gelebilecek bir göçme durumu söz konusu ise cV_u yatay kuvvet taşıma kapasitesi (4.21) ifadesiyle hesaplanır.

$$cV_u = \frac{\text{Kolonun alt ve üst noktalarındaki eğilme momentleri toplamı}}{\text{Kolonun alt ve üst uçları arasındaki mesafe}} \quad (4.21)$$

c2- Perde: Bir perdenin göçme mekanizmasına ait yatay kuvvet taşıma kapasitesi olarak, perde kayma taşıma gücü, perde eğilme taşıma gücü ve temeldeki ayrılma etkisinde mümkün olan yatay kuvvet taşıma kapasiteleri karşılaştırılıp en küçüğü alınır.

4.3.1.2- F süneklik indeksinin hesabı

Birinci inceleme seviyesi: Tablo 4.6 da verilen değerler Tablo 4.1 de tanımlanan her bir düşey elemana ait süneklik indeksleridir. Görüldüğü gibi kısa kolonlarda kayma göçmesi hakim olduğundan düşük bir süneklik indeksi verilmiştir.

Tablo 4.6 : F süneklik indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon	1.0
Kısa kolon	0.8
Perde	1.0

İkinci inceleme seviyesi: Tablo 4.7 de verilen değerler Tablo 4.2 deki düşey elemanlara karşılık gelen süneklik indeksleridir.

Tablo 4.7 : F süneklik indeksi değreleri (İkinci inceleme seviyesi)

ELEMAN	F indeksi değeri
Kolon m	4.22 nolu ifadeyle hesaplanır
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde M	4.24 nolu ifadeyle hesaplanır
Perde s	1.0

Tablo 4.7 de "kolon m" olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu kolonlarda süneklik indeksi (4.22) ifadesiyle hesaplanır.

$$F = \phi \sqrt{2\mu - 1} \quad (4.22)$$

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

μ ; (4.23) ifadesiyle hesaplanan eleman sneklidir ve $1 \leq \mu \leq 5$ olmalıdır.

$$\mu = \mu_0 - k_1 - k_2 \quad (4.23)$$

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

$k_1 = 2.0$ (Sargı donatısı aralığı basınç donatısı çapının 8 katından az ise $k_1 = 0$ alınabilir.)

$$k_2 = 30 (cV_{mu} / b h f_{cd} - 0.2) \geq 0$$

Aşağıdaki durumlardan birine giren bir kolonun süneklik indeksi en fazla 1.0 olmalıdır.

$$i) \quad N_s / (b h f_{cd}) > 0.4$$

Burada N_s ; Yatay kuvetten gelen etki de dahil olmak üzere kolona gelen aksenal yüktür. Normal kuvvet arttıkça sünekliliğin azalacağı gözönüne alınarak aksenal yükün verilen sınırdan daha fazla olması durumunda süneklik indeksine de bir sınır getirilmiştir.

$$ii) \quad cV_{mu} / (b h f_{cd}) > 0.2$$

cV_{mu} ; eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetidir. Bu değer artmasıyla birlikte elemanın kayma dayanımının aşılması mümkün olabilir ve bu sebeple ani ve gevrek bir kayma göçmesi ile karşı karşıya kalınabilir. Bu sebeple eğilme dayanımında taşınacak kesme kuvvetinin fazla olması durumunda süneklik indeksine bu şekilde bir sınırlama getirilmiştir.

$$iii) \quad \text{Kolon çekme donatısı oranı} > 0.01$$

Fazla miktarda donatı kullanımı sebebiyle donatının akmaya ulaşmaması ve bu sebeple göçmenin ani ve gevrek bir göçme olması sözkonusu olduğundan donatı miktarı için verilen bir sınıra karşılık süneklik indeksi de sınırlandırılmıştır.

Tablo 4.7 de “perde m” olarak tanımlanan ve eğilme göçmesinin hakim olduğu perdelerin süneklik indeksi (4.24) ifadesiyle hesaplanabilir.

$$F = 1.0 \left[\text{Eğer } w V_{su} / w V_{mu} < 1.2 \text{ ise} \right]$$

$$F = 10 \left(w V_{su} / w V_{mu} \right) - 11 \quad (4.24)$$

$$F = 2.0 \left[\text{Eğer } w V_{su} / w V_{mu} > 1.3 \text{ ise} \right]$$

Üçüncü inceleme seviyesinde: Tablo 4.8 de verilen değerler tablo 4.5 de tanımlanan düşey elemanlara karşılık gelen süneklik indeksleridir.

Tablo 4.8 : F süneklik indeksi değerleri (Üçüncü inceleme seviyesi)

ELEMAN	F İndeksi değeri
Kolon m	4.22 nolu ifadeyle hesaplanır
Kolon s	1.0
Kolon ss	0.8
Perde m	4.24 nolu ifadeyle hesaplanır
Perde s	1.0
Kolon mb	3.0
Kolon sb	1.5
Perde upl	3.0

4.3.2- S_D tasarım ve boyutlandırma indeksi

Taşıyıcı sistem düzensizliği, kütle ve rijitlik dağılımı gibi etkilerin binanın deprem davranışına olan etkisi S_D indeksi ile gözönüne alınır.

Birinci inceleme seviyesi: S_D tasarım ve boyutlandırma indeksinin bu inceleme seviyesindeki hesabında binada incelenecek durumlar genel olarak aşağıda verilmiştir.

- i) Plandaki düzensizlik
- ii) Plandaki boy / genişlik oranı
- iii) Genleşme derzlerindeki derz aralığı
- iv) Boşluk ve dışmerkezlik oranı
- v) Bodrum kat mevcudiyeti
- vi) Kat yüksekliklerindeki düzensizlik

S_D İndeksi bu inceleme seviyesinde (4.25) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Bu ifadede yer alan, incelenen her bir duruma ait G_i değerleri ve bunların deprem davranışını etkileme değerleri olan R_i değerleri tablo 4.9 da verilmiştir.

$$S_{D1} = q_{1a} \cdot q_{1b} \dots \dots \dots q_{1h}$$

$$q_{1i} = 1.0 - (1.0 G_i) R_{1i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h \quad (4.25)$$

$$q_{1i} = 1.2 - (1.0 G_i) R_{1i} \quad i = g$$

İkinci inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde S_D indeksinin hesabında birinci seviyedekine ilaveten aşağıdaki durumlar da incelenmelidir.

- i) Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki dışmerkezlikten dolayı burulma etkisi
- ii) Bir katın kütle / rijitlik oranının üstündeki katın kütle / rijitlik oranından çok farklı olması halinde meydana gelebilecek yumuşak kat durumu.

S_D indeksi bu inceleme seviyesinde (4.26) ifadesi kullanılarak hesaplanır. Yapıda incelenen durumlara ait G_i ve R_i değerleri Tablo 4.9 dan alınabilir.

$$S_{D2} = q_{2a} \cdot q_{2b} \dots \dots \dots q_{2j}$$

$$q_{2i} = 1.0 - (1.0 G_i) R_{2i} \quad i = a, b, c, d, e, f, h, i, j \quad (4.26)$$

$$q_{2i} = 1.2 - (1.0 G_i) R_{2i} \quad i = g$$

Üçüncü inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde S_D indeksi olarak ikinci inceleme seviyesinde hesaplanan indeks alınabilir.

Tablo 4.9 : S_D tasarım ve boyutlandırma indeksi hesabı için G_i ve R_i değerleri

Seviye	İncelenen maddeler	G_i			R_i	
		1.0 ↑	0.9 ↑	0.8 ↑	R_{1i} ↓	R_{2i} ↓
1. ve 2.	a	a_1	a_2	a_3	1.0	0.5
	b	$b < 5$	$5 < b < 8$	$8 < b$	0.5	0.25
	c	$c > 0.8$	$0.8 > c > 0.5$	$0.5 > c$	0.5	0.25
	d	$d > 1/100$	$1/100 > d > 1/200$	$1/200 > d$	0.5	0.25
	E	$e < 0.1$	$0.1 < e < 0.3$	$0.3 < e$	0.5	0.25
	f	$f_1 < 0.4$ $f_2 < 0.1$	$f_1 < 0.4$ $0.1 > f_2 > 0.3$	$0.4 < f_1$ $0.3 < f_2$	0.25	0.00
	g	$g > 1.0$	$1.0 > g > 0.5$	$0.5 > g$	1.0	1.0
	h	$h > 0.8$	$0.8 > h > 0.7$	$0.7 > h$	0.5	0.25
2.	I	$i < 0.1$	$0.1 < i < 0.15$	$0.15 < i$	--	1.0
	j	$j < 1.2$	$1.2 < j < 1.7$	$1.7 < j$	--	1.0

a: Binanın plandaki düzensizliği

a_1 : Yaklaşık olarak simetrik düzen ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 10 undan daha küçük

a_2 : L, T, veya U şeklinde plan ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 30 undan daha küçük

a_3 : Yukarıdaki tanımlara girmeyen karmaşık plan

b: Binanın plandaki uzun boyutunun kısa boyutuna oranı

c: Binanın plandaki genişliklerinden en küçük olanının, ana genişliğine oranı

$$c = C_1 / C_0$$

d: Genleşme derzi aralığının, katın zeminden yüksekliğine oranı

e: Orta boş avlu alanının toplam kat alanına oranı

f₁(f₂): Orta boş avlu alanının ağırlık merkezi ile kat alanının ağırlık merkezinin ara mesafesinin plandaki kısa (uzun) bina boyutuna oranı

g: Bodrum kat alanının birinci kat alanına oranı

h: Üst kat yüksekliğinin gözönüne alınan kat yüksekliğine oranı

i: Dışmerkezlik oranı

$$i = e / \sqrt{B^2 + L^2}$$

e: Ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafe

B: Binanın plandaki kısa boyutu

L: Binanın plandaki uzun boyutu

j: Üst kat rijitlik / kütle oranının, gözönüne alınan katın rijitlik / kütle oranına oranıdır.

4.3.3- T zamanla bozulma indeksi

Eleman dayanımı, rijitliği, sünekliği gibi yapının deprem davranışını etkileyen özelliklerin hesabında herhangi bir çatlak veya şekil değiştirmenin etkisi gözönüne alınmamaktadır. Zira, henüz bu tür etkileri gözönüne alabilen basit bir hesap tarzı geliştirilmemiştir. Bu yöntemde bu tür çatlak, şekil değiştirmeye yerdeğıştirmelerin deprem davranışına olan etkisi T zamanla bozulma indeksi ile gözönüne alınmaktadır.

Birinci inceleme seviyesi: Bu inceleme seviyesinde binada yapılacak araştırmada Tablo 4.10 yardımıyla bulunacak en küçük değer T zamanla bozulma indeksi olarak belirlenir.

Tablo 4.10 : T zamanla bozulma indeksi değerleri (Birinci inceleme seviyesi)

İnceleme Konusu	Gözlenen Durum	T
Şekil ve yerdeğiştirme	Binada düşeyden sapma veya farklı oturma etkileri var	0.7
	Bina dolgu zemine oturuyor	0.9
	Kiriş veya kolonlarda gözle görülebilir şekil değiştirmeler var	0.9
	Şekil ve yerdeğiştirme yok	1.0
Perde veya kolonlarda çatlak	Yağmur sızıntısı var, donatılarda paslanma gözleniyor	0.8
	Kolonlarda gözle görülebilir eğik çatlaklar var	0.9
	Perdelerde çok miktarda gözle görülebilir çatlaklar var	0.9
	Yağmur sızıntısı var ama donatıda paslanma yok	0.9
	Perde veya kolonlarda çatlak yok	1.0
Yangın	Bina yangın geçirmiş fakat onarım görmemiş	0.7
	Bina yangın geçirmiş ve onarılmış	0.8
	Yangın durumu yok	1.0
Kullanım durumu	Kimyasal maddeler söz konusu	0.8
	Kimyasal maddeler sözkonusu değil	1.0
Binanın yaşı	30 yıldan fazla	0.8
	20 yıldan fazla	0.9
	20 yıldan az	1.0
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	İç duvarlarda fazla bozulma var	0.9
	Bozulma sözkonusu değil	1.0

İkinci inceleme seviyesi: T zamanla bozulma indeksi bu inceleme seviyesinde (4.27) ifadesin kullanılarak hesaplanır.

$$T = (T_1 + T_2 + \dots + T_N) / N \quad (4.27)$$

T_i : İncelenen her bir katın T değerine tekabül eder ve (4.28) ifadesiyle hesaplanır.

$$T_i = (1 - p_1) (1 - p_2) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4.28)$$

p_1 , çatlak ve şekil değiştirme p_2 ise bozulma etkilerini içeren faktörlerdir.

N: İncelenen toplam kat sayısı

p_1 ve p_2 ;Tablo 4.11 de verilen binadaki mevcut olan durumlara ait puanların toplamı olarak hesaplanır. Şayet önemli etkiler mevcut değilse bunlar sıfır olarak alınabilir.

Üçüncü inceleme seviyesinde: Bu seviyede T indeksi ikinci inceleme seviyesindeki gibi hesaplanır. Ancak; eğer elemanın dayanım ve süneklik hesabında çatlak ve şekildeğiştirme etkileri detaylı bir incelemeyle gözönüne alınıyorsa, T indeksini hesaplamaya gerek yoktur.

Tablo 4.11 . T zamanla bozulma indeksi hesabında gözlenen durumlara ait puanlar

ELEMEN	Elemandaki A veya B durumunun derecesi	A durumu			B durumu		
		Şekil, yerdeğiştirme ve çatlaklar (p_1 değeri)			Bozulma (p_2 değeri)		
		a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2
Döşeme	Toplam döşemenin 1/3' ünden fazla	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam döşemenin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
	Toplam döşemenin 1/9'undan az	0.002	0.001	0	0.002	0.001	0
Kiriş	Toplam kirişin 1/3'ünden fazla	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.001
	Toplam kirişin 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
	Toplam kirişin 1/9'undan az	0.006	0.002	0	0.006	0.002	0
Kolon ve Perde	Toplam elemanların 1/3'ünden fazla	0.150	0.046	0.011	0.150	0.046	0.011
	Toplam elemanların 1/3'ü ile 1/9'u arasında	0.050	0.015	0.004	0.050	0.015	0.004
	Toplam elemanların 1/9'undan az	0.017	0.005	0.001	0.017	0.005	0.001
p_1 ve p_2 değerleri	Alt toplam						
	Toplam	$p_1=$			$p_2=$		

4.4- Taşıyıcı Olmayan Elemanlara Ait Deprem Davranış İndeksi

Bir binanın muhtemel bir depremdeki davranışı yapısal sistemin yanında taşıyıcı olmayan elemanların deprem etkisindeki davranışında bağlıdır. Yapının deprem etkisinde olumlu bir davranış göstermesine karşılık taşıyıcı olmayan elemanların (baca, parapet, dış cepheye asılı elemanlar v.s.) hasar görmesiyle meydana gelebilecek can kayıplarının önlenmesi amacıyla taşıyıcı olmayan elemanların da deprem etkisindeki davranışının incelenmesi gereklidir. Bu amaçla yöntemde, yapıya ait deprem indeksinin yanında taşıyıcı olmayan elemanlar için de bir I_N deprem davranış indeksi tanımlanmıştır. İndeksin belirlenmesinde taşıyıcı olmayan bir elemanın deprem esnasında koparak düşmesiyle sebep olacağı can kaybı tehlikesi esas alınır.

4.4.1- Birinci inceleme seviyesi

Taşıyıcı olmayan elemanlara ait I_N deprem davranış indeksi bu inceleme seviyesinde dış duvardaki ençok teşkil eden eleman esas alınarak (4.29) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_N = 1 - B H \quad (4.29)$$

B: (4.30) ifadesiyle hesaplanan yapının inşa kalitesine bağlı indeks

H: Tablo 4.14 ile belirlenen, elemanın vereceği zararın etki derecesine bağlı indeks

$$B = f + (1 - f) t \quad (4.30)$$

F: Taşıyıcı olmayan elemanla taşıyıcı sistem arasındaki esnekliği gösteren katsayı

t: Taşıyıcı olmayan elemanın durum katsayısı

t ve f değerleri sırasıyla Tablo 4.12 ve 4.13 den alınabilir.

Tablo 4.12 : Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısının değerleri (Birinci seviyede)

Taşıyıcı Olmayan Eleman	Taşıyıcı Sistem	
	g_{s1}	g_{s2}
g_{s1}	0.5	1.0
g_{s1}	0	0.5

g_{s1} : Esasen kısa kolonlarda meydana gelen, sünekliği oldukça küçük olan taşıyıcı sistem durumu

g_{s2} : Perdesiz, sünekliği oldukça büyük olan taşıyıcı sistem durumu

g_{n1} : Taşıyıcı olmayan elemanın ve taşıyıcı sistemle bağlantısının sünekliğinin küçük olması durumu (Beton ve Cam blok duvarlar v.b).

g_{n2} : Taşıyıcı olmayan elemanın ve bağlantısının sünekliğinin büyük olması durumu (Metal panel duvarlar ve bağlantının beton duvarlar içine ankre edilmiş metal çubuklarla yapılması durumu v.b).

Tablo 4.13 : t durum katsayısı değerleri (Birinci seviyede)

Geçmişte yaşanan bir tehlike ve hasar mevcutsa	$t=1.0$
Geçmişte yaşanan bir tehlike ve hasar yoksa	$t=0.5$

Tablo 4.14 : H etki derecesi indeksi değerleri (Birinci seviyede)

Dış duvar çevresinin durumu	Koruma önlemi	
	Var	Yok
Dış duvar sokağa, bina girişi veya çıkışına bakıyorsa	1.0	0.3
Diğer durumlar	0.5	0.1

4.4.2- İkinci inceleme seviyesi

I_N indeksi bu seviyede (4.31) ifadesiyle her katta ve her çerçeve doğrultusunda ayrı ayrı hesaplanır.

$$I_N = 1 - \frac{B_j W_j H_j L_j}{L_j} \quad (4.31)$$

B_j : Yapının inşaa kalitesine bağlı indeks

W_j : Taşıyıcı olmayan perde duvar alanına bağlı indeks

H_j : Zararın etki derecesine bağlı indeks

L_j : Birim duvar uzunluğu

B indeksi (4.30) ifadesiyle hesaplanabilir. Ancak bu ifadede bulunan f ve t katsayıları sırasıyla Tablo 4.15 ve Tablo 4.16 ile elde edilir.

Tablo 4.15 : Birleşim esnekliğini gösteren f katsayısı değerleri (İkinci seviyede)

Taşıyıcı olmayan eleman	Taşıyıcı sistem			
	g_{s1}	g_{s2}	g_{s3}	g_{s4}
g_{n1}	0.3	0.8	0.9	1.0
g_{n2}	0	0.3	0.8	0.9
g_{n3}	0	0	0.3	0.8
g_{n4}	0	0	0	0.3

g_{s1} : Taşıyıcı sistem sünekliği oldukça küçük (Taşıyıcı sistemin aşırı gevrek kısa kolonlardan meydana gelmesi durumu)

g_{s2} : Taşıyıcı sistem sünekliği küçük (Taşıyıcı sistemin göçme türü kayma göçmesi olan perde ve kolonlardan ibaret olması durumu)

g_{s3} : Taşıyıcı sistem sünekliği büyük (Taşıyıcı sistemin göçme türü eğilme göçmesi olan kolon ve perdelerden ibaret olması durumu)

g_{s4} : Taşıyıcı sistem sünekliği oldukça büyük (Taşıyıcı sistemin esasen eğilmeye çalışan kolon ve perdelerden ibaret olması durumu)

g_{n1} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği oldukça küçük (Beton ve cam panel duvarlar gibi taşıyıcı olmayan eleman kullanılması durumu)

g_{n2} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği küçük (Seramik ve mermer gibi kaplama malzemesi kullanılması durumu)

g_{n3} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği oldukça büyük (Metal panel duvarlar durumu)

g_{n4} : Taşıyıcı olmayan eleman sünekliği yeterince büyük (Taşıyıcı olmayan betonarme yerinde döküm duvarlar durumu)

Tablo 4.16 : t durum katsayısı değerleri (İkinci seviyede)

Geçmişte yaşanan tehlike ve onarım durumu	Bina yaşı		
	3'den az	3-10	10'dan fazla
Tehlike yaşanmış ama onarılmış	1.0	1.0	1.0
Kayıt edilmiş tehlike belirsiz	0.2	0.3	0.5
Tehlike yaşanmamış veya tamamen onarılmış	0	0.2	0.5

Taşıyıcı olmayan perde duvar gibi elemanların alanıyla alakalı olan W indeksi 4.32 ifadesiyle hesaplanır.

$$W = a + b (h_1 / h_s) \quad (4.32)$$

$$a = 0.5$$

$$b = 0.5$$

h_1 : Taşıyıcı olmayan elemanın kullanıldığı alanın düşey boyu

h_s : Tipik kat yüksekliği (3.5m olarak alınabilir)

Taşıyıcı olmayan elemanların hasar derecesiyle ilişkisi olan H indeksi (4.33) ifadesiyle hesaplanır.

$$H = \sum e_k c_k \quad (4.33)$$

İfadenin sağ tarafındaki toplam; taşıyıcı olmayan elemandan bir birim yatay iki birim düşey çıkmakla elde edilen kat seviyelerindeki ve zemin kattaki alanda gözönüne alınır. e_k ve c_k değerleri sırasıyla Tablo 4.17 ve Tablo 4.18 den elde edilir.

Tablo 4.17 : (4.33) ifadesindeki e_k değerleri

Çevre	e_k değeri
Yaya yolu	1.0
Özel yol, avlu, veranda	0.7
İnsanların yaklaşabilecekleri açık boşluk	0.2
İnsanların yaklaşamayacakları açık boşluk	0

Tablo 4.18 : (4.33) ifadesindeki c_k değerleri

Koruma durumu	c_k değeri
Çekme kat veya saçak etkisiyle korunmuş alan	0
Saçak veya balkon altındaki alan	0
Taşıyıcı olmayan elemanın bulunduğu kattaki gibi aynı yatay alan	0.5
Diğer durumlar	1.0

(Bu tablodaki alan ifadesiyle taşıyıcı sistemden 1 birim yatay 2 birim düşey çıkmakla elde edilen kat seviyelerindeki ve zemin kattaki alan kastedilmektedir.)

4.4.3- Üçüncü inceleme seviyesi

Binanın yerinde incelenmesiyle ikinci inceleme seviyesindeki benzer işlemler yapılır.

4.5- I_{s0} Deprem Davranışı Karşılaştırma İndeksi

Yöntemde yapının deprem davranışının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere bir I_{s0} deprem davranışı karşılaştırma indeksi verilmiştir. Bu I_{s0} indeksi (4.34) ifadesiyle hesaplanır.

$$I_{s0} = E_s Z G U \quad (4.34)$$

E_s ; ana karşılaştırma indeksi olup gözönüne alınan icelme seviyesine uygun olarak Tablo 4.19 dan alınabilir.

Tablo 4.19 : Her bir inceleme seviyesindeki E_s ana karşılaştırma indeksi değerleri

İnceleme seviyesi	E_s
Birinci	0.8
İkinci	0.6
Üçüncü	0.6

Z; deprem bölgesi indeksi olup 0.7 den az olmamalıdır.

G; zemin indeksi olup, zemin-yapı etkileşimi ve zeminin büyütme etkisini içeren bir değerdir.

U; kullanım indeksi olup yapının önem katsayısına bağlı olarak belirlenir. Depremden hemen sonra kullanımına gerek olan yapılar için 1.25 tavsiye edilir.

(4.34) ifadesinin ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde kullanılabilmesi için (4.35) de verilen şartın sağlanmış olması gerekir.

$$1.25 > C_T S_D > 0.3 \quad (4.35)$$

Eğer $C_T S_D$ çarpımı 1.25'den fazla olursa (4.34) ifadesinin kullanımına gerek kalmadan yapının güvenliği olduğu kabul edilebilir.

C_T ; kümülatif dayanım indeksi olup (4.36) ifadesiyle hesaplanır.

S_D ; tasarım ve boyutlandırma indeksi olup (4.26) ifadesiyle hesaplanır.

$$C_T = \frac{n+1}{n+i} (C_1 + a_2 C_2 + a_3 C_3) \quad (4.36)$$

4.6- Yapının Deprem Davranışının Değerlendirilmesi

Binada yapılan inceleme sonucu elde edilen I_s deprem davranış indeksi Bölüm 4.5 deki I_{s0} deprem davranış karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılır. Mümkün olan durumlar (4.37) ifadesinde verilmiştir

$$I_s \geq I_{s0} \quad (4.37-a)$$

$$I_s < I_{s0} \quad (4.37-b)$$

I_s : (4.1) ifadesiyle hesaplanan yapının deprem davranış indeksi

I_{s0} : (4.34) ifadesiyle hesaplanan yapının deprem davranışını karşılaştırma indeksi

(4.37-a) durumu; binanın muhtemel bir depremde olumlu bir deprem davranışı göstereceğine, toptan göçmeye karşı güvenli olduğuna (4.37-b) durumu ise deprem davranışının yetersiz olduğuna ve daha ayrıntılı bir inceleme yapılması gerektiğine karşılık gelir. Bu kriterden elde edilecek sonuçlara ne derece güvenileceği yapılan incelemenin hangi seviyede yapıldığına bağlıdır. Birinci seviyede yapılan bir inceleme sonucunda elde edilecek sonucun pek hassas olmadığını gözönüne almak gerekir. bu sebeple verilecek kararın ekonomi ve can güvenliği hususlarında sebep olabileceği olumsuzlukları gidermek amacıyla

incelemenin birinci seviyeden daha yüksek seviyelerde yapılması gerektiği açıktır. Yüksek seviyelerde yapının deprem davranışının yetersiz olduğu belirleniyorsa ayrıntılı bir şekilde yapılacak tam bir çerçeve analiziyle güçlendirme çalışmasının gerekliliğine karar verilebilir. Elde edilen sonuçlar bir takım sayılardan ibaret olup yöntemin gerçeğe yakın sonuçlar verebilmesi, inceleme sonuçlarının mühendis tarafından yorumlanmasına bağlıdır. Ekonomi ve can güvenliği hususlarını sağlayacak optimum bir çözüm çerçevesinde, sonuç belirlemede, elde edilen sayıların kıyaslanmasına ilaveten inceleme esnasında yapıda gözlenen genel izlenimlere de yer verilmelidir.



BÖLÜM 5- SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deprem mühendisliğinin amacı, deprem etkisiyle oluşan yapı hasarlarını ve can kayıplarını önlemektir. Yurdumuzun içinde bulunduğu önemli deprem kuşağı ve özellikle 1992 Erzincan depremiyle yaşanan ağır sonuçlar gözönüne alındığında ülkemizdeki yapıların, deprem mühendisliğinin bu amacı doğrultusunda sağlayabilecekleri deprem güvenliklerini tesbit etmek önemlidir. Özellikle, tasarım ve inşa esnasında yürütülmesi gereken mühendislik kontrollerin yetersiz olması genellikle binalarda yapılacak bu tür bir deprem güvenliğini tesbit çalışmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu düşünce ile, ülkemizdeki yapılacak yeni yapıların depremde olumlu bir davranış göstermesini temin edebilecek olan taslak yönetmeliğe uygunluğunun yanısıra, mevcut binalarda bu deprem yönetmeliğinde verilen ve deprem güvenliği amacına yönelik esaslarının ne derece sağlandığını kontrol etmek durumundayız.

Bu tez çalışmasında, mevcut betonarme binaların deprem etkisindeki güvenliklerinin belirlenmesine yönelik olarak birbiriyle ayrıntıya girme yönünden farklı üç yöntem incelenmiş ve ülkemizde yapılabilecek bir deprem güvenlik araştırması gözönüne alınarak elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

ATC-21 de verilen Hızlı değerlendirme Yöntemi deprem açısından önemli olabilecek etkilerin yapıdaki durumun kontrol edilmesiyle uygulanan ve hızlı bir şekilde sonuç alınabilen bir yöntemdir.

Yöntemin uygulanmasıyla depreme karşı dayanımında açık bir şekilde eksikliği bulunan binalar belirlenir. Nisbeten az masraflı olup uygulanması oldukça kolaydır. Bu yöntem, ülkemizde oluşturulacak belirli bir merkez tarafından yapılacak bölgeleme çalışmasından sonra, her bölgedeki ilk bakışta deprem dayanımında eksikliği bulunan binaların tesbitine imkan verir. Mevcut yapılar bu şekilde bir ön inceleme işlemine tabi tutularak deprem güvenliği oldukça zayıf olan binalar belirlenebilir.

Yöntemde bu şekilde yapılacak bir ön inceleme çalışmasında güvenlik kriterinde kullanılacak ve yapının muhtemel bir depremdeki davranışını temsil edecek bir S yapı hesabı açıklanmalıdır. Deprem güvenliği S yapı puanının bir sınır değerle kıyaslanmasıyla belirlenmektedir. Bu yöntemin ülkemizde sağlıklı sonuçlar verebilmesi amacıyla karşılaştırmada kullanılacak yapı puanı değerinin ülkemiz şartlarına uygun olması gerektiği açıktır. Bu amaçla yöntemin belirli bir pilot bölgede uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar, yapılacak ayrıntılı inceleme sonuçlarıyla kıyaslanarak bu değer için ülkemiz şartlarına uygun olarak tesbiti gereklidir. Yapılacak bu tür bir çalışma sonrasında elde edilen karşılaştırma değeri kullanılarak ülkemizde ayrıntılı inceleme gerektiren binaların tesbiti mümkündür.

Hızlı değerlendirme yöntemi sonrasında daha ayrıntılı bir inceleme gerektiren yapılarda ATC-22 de verilen Davranış Değerlendirme Yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem hızlı değerlendirme yöntemine göre teknik olarak daha ayrıntılıdır. Yöntem, temel olarak tüm binanın değil, sadece olumlu deprem davranışını sağlamaya yönelik olarak verilen bir takım kriterlerin sağlanmadığı yapı bölümlerinin ayrıntılı incelenmesini öngörmektedir. Olumlu davranış temin edecek kriterler, modern deprem yönetmeliğindeki esaslara paralel olarak verilmiştir. Gözönüne alınan yapı bölümünün süneklik ölçüsü kriterlerin özünü oluşturmaktadır.

Yöntemde çeşitli taşıyıcı sistem türleri için değerlendirme formları oluşturulmuştur. Yapılacak yaklaşık hesaplarla ve gözlemlerle, ilgili değerlendirme formu doldurularak yapılacak daha ayrıntılı bir incelemede hangi husuların gözönüne alınacağı tesbit edilir. Yapıdaki olumsuz deprem davranışına sahip yapı bölümlerinin tesbit edilmesiyle muhtemel bir güçlendirme veya onarım çalışmasında dikkatlerin hangi noktalara toplanacağını kestirmek mümkün olur.

Bu davranış değerlendirme yönteminin uygulanması sonucunda daha ayrıntılı bir inceleme gerekliliği tesbit ediliyorsa yapılabilecek tam bir çerçeve analizinden önce, yapının deprem davranışı indeksleme yöntemiyle tesbit edilebilir. Standart for Evaluation of Seismic Capacity of existing Reinforced Concrete Building adlı Japon yönetmeliğinde verilen ve

eleman dayanımlarını ayrıntılı bir şekilde dikkate alınan Deprem Davranışı İçin İndeksleme Yöntemi kullanılarak yapının deprem davranışı hakkında bir sonuca varılabilir.

Birinci, ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde olmak üzere farklı üç hassaslık seviyesinde öngörülen ve eleman dayanımlarını ve sünekliklerini dikkate alarak taşıyıcı sistem ve taşıyıcı olmayan elemanlar için tesbit edilecek deprem davranış indeksi bir deprem davranışı karşılaştırma indeksi ile kıyaslanarak yapının deprem davranışı belirlenmeye çalışılır. Yöntemde özellikle deprem davranışına karar vermede kullanılacak olan karşılaştırma indeksinin hesabında yer alan alt indeks değerlerinin ülkemize uygunluğu kontrol edilmelidir. Daha öncede belirtildiği gibi bu yöntemle elde edilen sonuçlar ve tam bir çerçeve analizi sonuçları kıyaslanarak bu alt indeks değerleri ülkemize uygun olarak belirlenebilir. Ülkemiz şartlarına uygun alt indeks değerlerinin kullanımıyla yapılacak deprem davranış belirleme çalışmasında elde edilen sonuçlara olan güven inceleme seviyesinin yüksekliğiyle artmaktadır.

Tüm bu yöntemlerin uygulanması sonucunda yapı için olumsuz bir deprem davranışı tesbit edilmişse yapının deprem etkisine karşı hassas olduğu düşünülerek, verilebilecek kesin bir güçlendirme kararından önce ayrıntılı bir çerçeve analizi yapmak gereklidir.

Burada verilen yöntemler ayrıntılı bir tam çerçeve analizi öncesinde kullanılacak ön inceleme niteliğindedir.

KAYNAKLAR

Celep,Z., Kumbasar,N., (1993), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık. İstanbul.

FEMA, (1988a), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, ATC-21, Federal Emergency Management Agency, FEMA 154, Washington.

FEMA, (1988b), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation, Federal Emergency Management Agency, FEMA 155, Washington.

FEMA, (1989), NEHRP Handbook for the Seismic Evaluation of Existing Buildings (Preliminary), ATC-22, Federal Emergency Management Agency, FEMA 178, Washington.

Ohkubo, M., (1991), Current Japanese System on Seismic Capacity and Retrofit Techniques for Existing Reinforced Concrete Buildings and Post-Earthquake Damage Inspection and Restoration Techniques, Report No: SSRP-91/02, California.

TMMOB, (1996), Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik(1996), TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 385, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	21.12.1973	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1987-1990	Hayrullah Kefoğlu Lisesi
Lisans	1991-1995	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümü
Yüksek Lisans	1995-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Yapı Programı
Çalıştığı Kurumlar	1991-1994 1998-Devam ediyor	İşhakoğlu Boya-Kimya San.A.ř Gürel Yapı ve Malzemeleri Ticaret A.ř.

