

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MEVCUT DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE YÜRÜRLÜKTEN KALDIRILAN  
DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE MEVCUT BİR  
BİNANIN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Arif YANIK**

**AĞUSTOS 2008**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MEVCUT DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE YÜRÜRLÜKTEN KALDIRILAN  
DEPREM YÖNETMELİĞİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE MEVCUT BİR  
BİNANIN İNCELENMESİ**

**İnşaat Mühendisi Arif YANIK**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
‘İnşaat Yüksek Mühendisi’  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 04.07.2008  
Tezin Savunma Tarihi : 08.08.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin HÜSEM  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Selim PUL  
Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Ayhan KARADAYI**

**Enstitü Müdürü V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2008**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

“Mevcut Deprem Yönetmeliği ile Yürürlükten Kaldırılan Deprem Yönetmeliğinin Karşılaştırılması ve Mevcut Bir Binanın İncelenmesi” adlı bu çalışmayı bana öneren, çalışma boyunca çok değerli zamanını ayırarak ilgilerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Metin HÜSEM'e içtenlikle teşekkür eder, saygılarımı sunarım. Ayrıca Öğr. Gör. Ercan YOZGAT'a, Arş. Gör. Selçuk Emre GÖRKEM'e ve Arş. Gör. Mehmet Emin ARSLAN'a yardımları için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi olarak her türlü desteklerini daima hissettiğim aileme sonsuz minnettarım.

Arif YANIK

Trabzon 2008

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VI
SUMMARY .....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VIII
TABLolar DİZİNİ .....	X
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Betonarme Binaların Deprem Davranışları Hakkında Genel Bilgiler .....	2
1.2.1. Deprem .....	2
1.2.2. Deprem Etkileri Altında Bina Davranışı .....	5
1.2.3. Yer Seçimi .....	7
1.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistemin Önemi .....	8
1.3.1. Taşıyıcı Sistemin Genel Davranışı .....	10
1.3.2. Yapı Taşıyıcı Sistem Çeşitleri .....	13
1.3.2.1. Geleneksel Çerçevesel Sistemler .....	13
1.3.2.2. Betonarme Perde Sistemler .....	14
1.3.2.3. Eğik Elemanlı Sistemler .....	15
1.3.2.4. Tüp Sistemler .....	16
1.3.2.5. Karışık Sistemler .....	18
1.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Kurallar .....	19
1.4.1. Hafiflik .....	19
1.4.2. Basitlik ve Simetri .....	19
1.4.3. Düzensizlik ve Süreklilik .....	20
1.4.4. Plan ve Kesit Şekli .....	20
1.4.5. Rijitlik ve Dayanım .....	23
1.4.6. Göçme Modu .....	24

1.4.7.	Süneklik .....	25
1.4.8.	Temel Zemini ile İlgili Koşullar .....	27
1.4.9.	Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanları .....	27
1.5.	Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması .....	28
1.5.1.	Depreme Dayanıklı Binalar için Hesap Kuralları .....	29
1.5.2.	Betonarme Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları .....	35
1.5.3.	Çelik Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları .....	37
1.5.4.	Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları .....	37
1.5.5.	Temel Zemini ve Temeller için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları .....	39
1.6.	Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi .....	39
1.6.1.	Kapsam .....	39
1.6.2.	Binalardan Bilgi Toplanması .....	39
1.6.2.1.	Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı .....	39
1.6.2.2.	Bilgi Düzeyleri .....	40
1.6.2.3.	Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi .....	41
1.6.2.4.	Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi .....	42
1.6.2.5.	Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi .....	43
1.6.3.	Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri .....	44
1.6.3.1.	Kesit Hasar Sınırları .....	44
1.6.3.2.	Kesit Hasar Bölgeleri .....	44
1.6.3.3.	Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması .....	45
1.6.4.	Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar .....	45
1.6.5.	Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi .....	47
1.6.5.1.	Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi ..	47
1.6.5.2.	Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü .....	50
1.6.6.	Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi .....	51
1.6.6.1.	Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol .....	51
1.6.6.2.	Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi .....	52
1.6.6.3.	Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi .....	54
1.6.6.4.	Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi .....	57
1.6.6.5.	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi .....	57
1.6.6.6.	Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi .....	57

1.6.6.7.	Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri .....	58
1.6.6.8.	Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri .....	59
1.6.7.	Bina Deprem Performansının Belirlenmesi .....	59
1.6.7.1.	Hemen Kullanım Performans Düzeyi .....	59
1.6.7.2.	Can Güvenliği Performans Düzeyi .....	60
1.6.7.3.	Göçme Öncesi Performans Düzeyi .....	60
1.6.7.4.	Göçme Durumu .....	61
1.6.8.	Binalar için Performans Hedefleri .....	61
1.6.9.	Betonarme Binaların Güçlendirilmesi .....	62
1.6.9.1.	Kolonların Sarılması .....	62
1.6.9.2.	Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması .....	64
1.6.9.3.	Kirişlerin Sarılması .....	64
1.6.9.4.	Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi .....	65
1.6.9.5.	Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi .....	66
1.6.9.6.	Betonarme Sisteme Yeni Çerçevesler Eklenmesi .....	67
1.6.9.7.	Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması .....	68
1.7.	Konu ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar .....	68
1.8.	Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	69
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME.....	71
2.1.	İnceleme Konusu Binanın Özellikleri.....	71
2.2.	Bina Üzerinde Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi .....	75
2.3.	Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analizi .....	76
2.3.1.	Okul Binasının Fiktif Yüğü Etkisinde Kat Ötelenmelerinin Sonlu Elemanlar Yöntemini Kullanan SAP 2000 Programı ile Belirlenmesi.....	81
2.3.2.	Okul Binasının Kat Seviyelerine Gelen Eşdeğer Deprem Yüğülerinin Hesabı..	81
2.3.3.	Düşey Yüğü ve Eşdeğer Deprem Yüğüleri Altında Okul Binasının Yapısal Çözümlemesi ve Taşıyıcı Elemanların Kapasitelerinin Belirlenmesi .....	86
2.3.4.	Kiriş Kesme Kuvveti ve Etki/Kapasite Oranlarının Hesabı .....	93
2.3.5.	Kolonların Etki/Kapasite Oranları ve Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi.....	102
2.3.6.	Bulguların İrdelenmesi.....	112
3.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	114
4.	KAYNAKLAR .....	116

ÖZGEÇMİŞ

## ÖZET

Etkin deprem kuşağında bulunan ülkemizde birçok yıkıcı depremler olmuştur. Bu depremler neticesinde büyük can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Ülkemizde oluşan depremler, bina stoğumuzun büyük bir kısmının yeterli emniyete sahip olmadığını göstermiştir. Depreme dayanıklı yapı yapılması için çıkartılan yönetmeliklerin, zaman içerisinde gereksinimleri karşılayabilmeleri ve/ya da yeni ortaya çıkabilecek yapım tekniklerini içermeleri için revize edilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada 1998 yılında yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, 2007’de revize edilerek “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik” ismi ile yürürlüğe giren yönetmelik ile karşılaştırılmış, ve yönetmeliğe ilave edilen mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi koşulları dikkate alınarak mevcut bir okul binasının incelemesi doğrusal elastik yöntem ile yapılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde, betonarme binaların deprem davranışları hakkında genel bilgiler verilerek, deprem yönetmeliğinde yapılan değişiklikler ile mevcut betonarme binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi irdelenmiş, ikinci bölümünde bir okul binasının değerlendirilmesi doğrusal elastik hesap yöntemlerinden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise bu çalışmadan çıkartılabilecek bazı sonuç ve öneriler verilmiştir.

Yapılan incelemelerde, bu çalışmaya konu olan hasarsız mevcut okul binasının hedeflenen Can Güvenliği performans seviyesini sağlamadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem Yönetmeliği, Mevcut Binaların Değerlendirilmesi, Güçlendirme, Performans Analizi, Doğrusal Elastik Yöntem

## SUMMARY

### **Comparison of Existing and Previous Turkey's Earthquake Resistant Design Code and Investigating an Existing Building**

In Turkey, which is located on one of the most active faults, many destructive earthquakes occur. As a result of these earthquakes, a great many of lives and properties can be lost. These occurred earthquakes show that the most of the existing structures on the land are not safe enough. Valid codes for the construction of earthquake resistant structures require to be revised for providing the necessities in adapting the latest construction techniques. In this study, “Code about Structure in Disaster Territories” which came into force in 1998, is compared with the revised version “Code about Structure Construction in Earthquake Territories-2007”. In addition, investigation of an existing school building is carried out by using Linear Elastic Method in accordance with requirements of evaluation and strengthening of existing building which is added in new code.

The study carried out for this purpose, has three main chapters. In the first chapter, by providing the general information about the earthquake behaviors of reinforced concrete structures, the evaluation and strengthening of existing structures are studied with the changes made in earthquake code. In the second chapter, evaluation of a school building in equivalent with earthquake loading, one of the methods of linear elastic calculation method are studied. In the third part of the study, the results and suggestions are informed.

In this observations, it is seen that the undamaged existing school building which is subjected to this study, does not provide the aimed performance level of life safety.

**Key Words:** Turkey’s Earthquake Resistant Design Code, Evaluation of Existing Buildings, Strengthening, Performance analysis, Lineer elastic method.



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yer kabuğu hareketinin şematik anlatımı .....	2
Şekil 2. Türkiye deprem bölgeleri haritası .....	4
Şekil 3. Yatay yükten oluşan kat kesme kuvveti ve devirici momentin düşeyde değişimi .....	10
Şekil 4. Yatay yük altında yapının planda davranışı .....	12
Şekil 5. Kısa kolon oluşumu .....	13
Şekil 6. Hartford Plaza North / Chicago .....	14
Şekil 7. Betonarme perde sistem bir yapı .....	15
Şekil 8. Onterie Center / Chicago .....	16
Şekil 9. Tüp sistemler .....	17
Şekil 10. One Shell Square / New Orleans .....	17
Şekil 11. Betonarme perde-çerçeve sistem bir yapı .....	18
Şekil 12. Deprem etkisinde uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı planları ve çözümleri .....	21
Şekil 13. Bitişik nizam binalar arası çekişleme .....	22
Şekil 14. Yapılarda oluşan yatay yerdeğiştirmeler .....	24
Şekil 15. a) Elastik olan ve olmayan kuvvet-yerdeğiştirme bağıntısı, b) Betonarme elemanda yük-yerdeğiştirme bağıntısı .....	26
Şekil 16. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği .....	36
Şekil 17. Yığma binalar için bir doğrultudaki taşıyıcı duvarlar .....	38
Şekil 18. Kesit hasar bölgeleri .....	44
Şekil 19. İç kuvvet-plastik dönme ilişkisi .....	54
Şekil 20. Dıştan etriye ekleme yöntemi ile kirişlerin sarılması .....	65
Şekil 21. Binanın 1. kat planı .....	72
Şekil 22. Binanın boy kesiti .....	73
Şekil 23. Tipik kiriş kesiti .....	74
Şekil 24. Okul binasının modeli .....	76
Şekil 25. Kat ağırlıkları ve fiktif yüklemeler .....	80
Şekil 26. Uzun kenar doğrultusunda yükleme durumunda kat seviyelerine etkileyen deprem yükleri ve kesme kuvvetleri diyagramı .....	84

Şekil 27. Kısa kenar doğrultusunda yükleme durumunda kat seviyelerine etkiyen deprem yükleri ve kesme kuvvetleri diyagramı .....	86
Şekil 28. A-A aksı kirişleri hasar dereceleri .....	101
Şekil 29. 1-1 aksı kirişleri hasar dereceleri .....	101
Şekil 30. 2-2 aksı kirişleri hasar dereceleri .....	102
Şekil 31. A-A aksı kolonları hasar dereceleri .....	111
Şekil 32. 1-1 aksı kolonları hasar dereceleri .....	111
Şekil 33. Bina kirişlerinin hasar bölgeleri .....	112
Şekil 34. Bina kolonlarının hasar bölgeleri .....	113

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. ABYYHY-1998’de tanımlanan düzensizlik durumları .....	30
Tablo 2. DY-2007’de tanımlanan düzensizlik durumları .....	31
Tablo 3. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı .....	32
Tablo 4. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar.....	33
Tablo 5. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları.....	40
Tablo 6. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ).....	49
Tablo 7. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ).....	49
Tablo 8. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ).....	50
Tablo 9. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ) ve görelî kat ötelemesi oranları .....	50
Tablo 10. Görelî kat ötelemesi sınırları .....	51
Tablo 11. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri .....	61
Tablo 12. Binanın bazı proje bilgileri .....	71
Tablo 13. Kolon boyutları ve boyuna donatı tablosu.....	73
Tablo 14. Kiriş uç bölgelerinde donatı alanları .....	74
Tablo 15. Uzun kenar doğrultusundaki (x-doğrultusu) fiktif yükler altında kat ötelenmeleri .....	81
Tablo 16. Kısa kenar doğrultusundaki (y-doğrultusu) fiktif yükler altında kat ötelenmeleri .....	81
Tablo 17. Yapısal çözümlenmeden elde edilen kiriş uç momentleri ve kiriş uç moment kapasiteleri.....	86
Tablo 18. Kiriş kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti kapasiteleri .....	94
Tablo 19. Kirişlerde etki kapasite oranları ve hasar düzeyi .....	96
Tablo 20. 1. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki kapasite oranları ve hasar durumları .....	103
Tablo 21. 2. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki kapasite oranları ve hasar durumları .....	105
Tablo 22. 3. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki kapasite oranları ve hasar durumları .....	107

Tablo 23. 4. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki kapasite oranları ve hasar durumları .....	109
--	-----

## SEMBOLLER DİZİNİ

ABYYHY-1998 : Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
$A_0$	: Etkin yer ivmesi katsayısı
$A_c$	: Kolon brüt kesit alanı
$a$	: Derz genişliği
$a_1^{(i)}$	: (i)'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci moda ait modal ivme
BH	: Belirgin Hasar
$b$	: Kiriş genişliği ; Çelik sargıda yatay plakaların genişliği
$C_t$	: Binanın taşıyıcı sistemine bağlı olarak tanımlanan katsayı
DY-2007	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
$d$	: Kiriş veya kolonun faydalı yüksekliği
$d_{fi}$	: Binanın i'inci katında $F_{fi}$ fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
$d_i$	: Binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarındaki hesaplan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri
$(ED)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
$(ED)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$F_{fi}$	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkileyen fiktif yük
$F_i$	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde i'inci kata etkileyen eşdeğer deprem yüğü
$f_{cm}$	: Mevcut beton dayanımı
$f_e$	: Mekanik veya elektrik donanım kütle merkezine etkileyen eşdeğer deprem yüğü
$f_{yw}$	: Çelik sargıda çeliğin akma dayanımı
G	: Göçme
GÇ	: Göçme Sınırı
GV	: İleri Hasar Sınırı
$g_i$	: Binanın i'inci katındaki toplam sabit yük

$H_i$	: Binanın $i$ 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda $i$ 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği)
$H_N$	: Binanın $i$ 'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen toplam yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda $i$ 'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen toplam yükseklik)
$H_w$	: Temel üstünden veya zemin kat döşemesinden itibaren ölçülen toplam perde yüksekliği
$H$	: Kiriş yüksekliği
$h_i$	: Binanın $i$ 'inci katının kat yüksekliği
$I$	: Bina önem katsayısı
$\dot{I}H$	: İleri Hasar
$L_p$	: Plastik mafsal boyu
$L_w$	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
$l_b$	: TS 500'de çekme donatısı için verilen kenetlenme boyu
$l_n$	: Kolon veya kiriş serbest açıklığı
$M_{dep}$	: Yatay yüklerden kolon veya kiriş uç momentleri
$M_{düş}$	: Düşey yüklerden kolon veya kiriş uç momentleri
$M_{kap}$	: Kolon veya kiriş uç moment kapasiteleri
$M_{x1}$	: $x$ deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için tanımlanan birinci (hakim) moda ait etkin kütle
$MH$	: Minimum Hasar
$MN$	: Belirgin Hasar Sınırı
$N$	: Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı)
$N_D$	: Deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu düşey yükler altında kolon veya perdede oluşan aksenal kuvvet
$N_K$	: Mevcut malzeme dayanımları ile hesaplanan moment kapasitesine karşı gelen aksenal kuvvet
$n$	: Hareketli yük katılım katsayısı
$q_i$	: Binanın $i$ 'inci katındaki toplam hareketli yük
$P_{ko}$	: Kar yükü

$R$	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$r$	: Kolon veya kirişlerin etki/kapasite oranı
$r_s$	: Kolon veya kirişler için etki/kapasite oranının sınır değerleri
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$s$	: Çelik sargıda yatay plakaların aralığı
$T$	: Binanın doğal titreşim periyodu
$T_1$	: Binanın birinci doğal titreşim periyodu
$T_A, T_B$	: Spektrum karakteristik periyodları
$t$	: Çelik sargıda yatay plakaların kalınlığı
$V_{düş}$	: Düşey yüklerden oluşan kolon veya kiriş kesme kuvveti
$V_e$	: Kolon veya kiriş kesme kuvveti
$V_i$	: $i$ 'inci kata etkiyen kat kesme kuvveti
$V_j$	: Çelik sargı ile sağlanan ek kesme dayanımı
$V_r$	: Kolon veya kiriş kesme kuvveti kapasitesi
$V_t$	: Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde göz önüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti)
$V_{x1}^{(i)}$	: $x$ deprem doğrultusunda $(i)$ 'inci itme adımı sonunda elde edilen birinci (hakim) moda ait taban kesme kuvveti
$W$	: Binanın toplam ağırlığı
$W_i$	: Binanın $i$ 'inci katının kat ağırlığı
$w_e$	: Mekanik veya elektrik donanımının ağırlığı
$\alpha_m$	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı
$\alpha_s$	: Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetlerine oranı
$\lambda$	: Eşdeğer deprem yükü azaltma katsayısı
$\beta$	: Mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesinde kullanılan katsayı
$\Delta_i$	: Binanın $i$ 'inci katındaki azaltılmış görece kat ötelemesi

$(\Delta_i)_{ort}$	: Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış görelî kat ötelemesi
$\Delta F_N$	: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\Delta_1$	: Bitişik binalardan sağdaki yanî ötelenmesi
$\Delta_2$	: Bitişik binalardan sağdaki yanî ötelenmesi
$\delta_i$	: Binanın i'inci katındaki etkin görelî kat ötelemesi
$(\delta_i)_{max}$	: Binanın i'inci katındaki maksimum etkin görelî kat ötelemesi
$\eta_{bi}$	: i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
$\eta_{ci}$	: i'inci katta tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı
$\eta_{ki}$	: i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
$\rho$	: Çekme donatısı oranı
$\rho_b$	: Dengeli donatı oranı
$\rho'$	: Basınç donatısı oranı
$\theta_p$	: Plastik dönme istemi



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Yurdumuzda geçmişte birçok deprem meydana gelmiş ve büyük can ve mal kayıpları oluşmuştur. Bu depremler mevcut betonarme yapıların önemli bir bölümünün deprem güvenliği açısından yetersiz olduğunu göstermiştir. Bunun başlıca nedenleri; taşıyıcı sistem seçimindeki hatalar, tasarım deprem yükünün yetersiz olması, malzeme dayanımlarının düşük ve işçilik kalitesinin yetersiz olması ve proje ve inşaat aşamalarında yeterli denetimin olmaması olarak sayılabilir.

Ülkemizde özellikle Adapazarı ve Düzce depremlerinin ardından, mevcut betonarme yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine ve yeterli deprem güvenliğine sahip olmayan yapıların güçlendirilmesine yönelik çalışmalar pratikte yaygın olarak uygulanmaya başlamıştır. Ancak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-2007 (DY-2007) [1] yayınlanmadan önce yürürlükte bulunan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998) [2]'de mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik bir bölüm bulunmadığından, bu uygulamaların çoğu yeni inşa edilecek gibi düşünülerek yapılmaktaydı. Bu durumun oluşturduğu sakıncaları ortadan kaldırmak amacıyla yayınlanan DY-2007'ye Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi başlıklı bir bölüm (Bölüm 7) eklenmiş ve yönetmeliğin diğer bölümleri de buna paralel olarak güncellenmiştir.

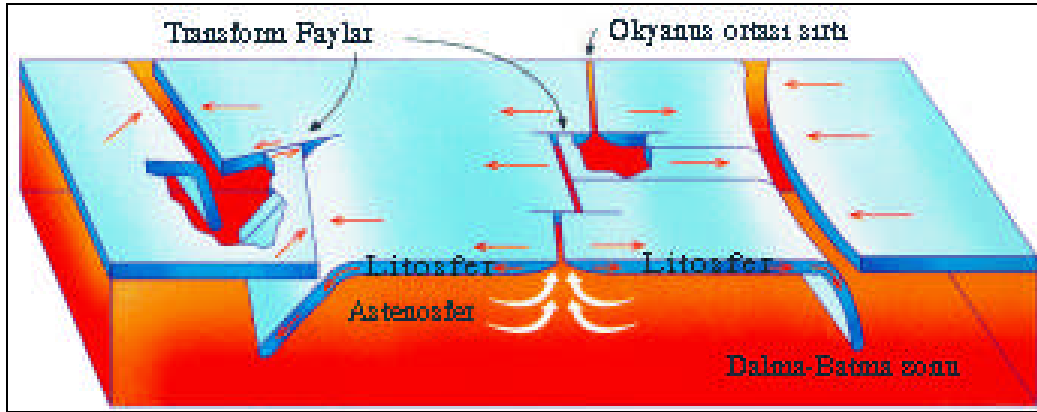
DY-2007 [1] yayınlanmadan önce pratikte belirli bir standarda bağlı olmaksızın farklı uygulamalarla gerçekleştirilen mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusu yönetmeliğin yayınlanmasıyla belirli esaslara bağlanmıştır. Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümünde ilk olarak bilgi toplanması süreci irdelenmiştir. Bu kısımda sınırlı, orta ve kapsamlı olmak üzere üç farklı bilgi düzeyi belirlenmiştir. Daha sonra ise yapı elemanlarında hasar sınırları ve hasar bölgeleri tanımlanmıştır. Bölüm 7'de ayrıca binalarda güçlendirme yöntemlerine yönelik minimum koşullarda belirtilmiştir.

## 1.2. Betonarme Binaların Deprem Davranışları Hakkında Genel Bilgiler

### 1.2.1. Deprem

Yerkabuğu içerisinde biriken enerjinin ani olarak ortaya çıkmasıyla yerkabuğunda kırılmalar meydana getirmesi ve bu kırılmalar nedeniyle oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılması ve geçtikleri ortamları sarsması olayına deprem denir. Deprem, bir elastik enerji kaynağından yayılan sismik dalgaların yeryüzünde yaptığı sarsıntı olarak da tarif edilebilir.

Depremlerin oluş nedenleri henüz tam olarak anlaşılmış olmamakla birlikte, kızgın ve erimiş magmanın soğuması ve büzülmesi nedeni ile küre çekirdeği üstünde bulunan taşküre plaklarının hareketi sonucu ani yer sarsıntıları, yani depremler meydana gelmektedir. Bu tip taşküre plaklarının hareketine tektonik deprem adı verilmektedir. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer.



Şekil 1. Yerkabuğu hareketinin şematik anlatımı [3]

Dünyanın iç yapısı konusunda, jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin desteklediği bir yeryüzü modeli bulunmaktadır. Bu modele göre, yerkürenin dış kısmında yaklaşık 70-100 km kalınlığında oluşmuş bir taşküre (Litosfer) vardır. Kıtalar ve okyanuslar bu taşkürede yer alır. Litosfer ile çekirdek arasında kalan ve kalınlığı 2900 km olan kuşağa Manto adı verilir. Manto'nun altındaki çekirdeğin Nikel-Demir karışımından oluştuğu kabul edilmektedir. Yerin, yüzeyden derine gidildikçe ısının arttığı bilinmektedir. Enine deprem dalgalarının yerin çekirdeğinde yayılamadığı olgusundan giderek çekirdeğin sıvı bir ortam olması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Taşküre'nin altında Astenosfer

denilen yumuşak Üst Manto bulunmaktadır. Burada oluşan kuvvetler, özellikle konveksiyon akımları nedeni ile taş kabuk parçalanmakta ve birçok levhalara bölünmektedir. Üst Manto'da oluşan konveksiyon akımları, radyoaktivite nedeni ile oluşan yüksek ısıya bağlanmaktadır. Konveksiyon akımları yukarıya yükseldikçe taşıyuvarda gerilmelere ve daha sonra da zayıf zonların kırılmasıyla levhaların oluşmasına neden olmaktadır. Halen on kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levhalar vardır. Bu levhalar üzerinde duran kıtalarla birlikte, Astenosfer üzerinde sal gibi yüzmekte olup, birbirlerine göre insanların hissedemeyeceği bir hızla hareket etmektedirler. Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan sıcak magmada okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır (Şekil 1). Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde sürtünmeler ve sıkışmalar olmakta, sürtünen levhalardan biri aşağıya Manto'ya batmakta ve eriyerek yitme zonlarını oluşturmaktadır. Konveksiyon akımlarının neden olduğu bu ardışıklı olay taşkürenin altında devam edip gitmektedir. İşte yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine süttündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin hemen büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır [3].

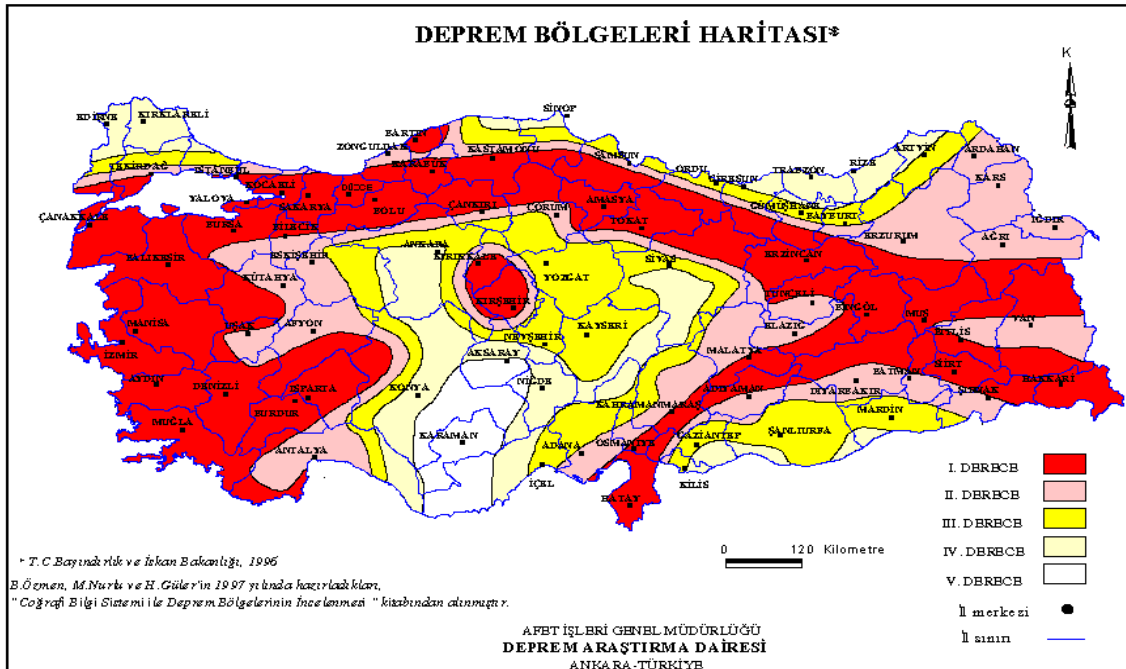
Dünyada oluşan depremlerin çoğu tektonik depremlerdir. Fakat az miktarda da olsa farklı doğal veya doğal olmayan sebeplerle oluşan deprem türleri de bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi de volkanların oluşumu ve püskürmesi ile ortaya çıkan volkanik depremlerdir. Bunlar, volkanların püskürmesiyle yani, yerin derinliklerinde bulunan ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı esnasında fiziksel ve kimyasal olaylarla oluşan gazların sebep olduğu patlamalarla oluşurlar. Volkanik depremler yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler ve genellikle fazla zarara sebep olmazlar. Ülkemizde aktif yanardağ bulunmadığından volkanik depremler olmamaktadır [4].

Bir diğer deprem çeşidi de çöküntü depremleridir. Yeraltındaki mevcut boşlukların, mağaraların, kömür ocaklarının, kömür galerilerinin tuzlu ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukların tavanlarının çökmesiyle meydana gelirler. Ayrıca heyelanlardan dolayı da çöküntü depremleri olabilir. Çöküntü depremlerinin hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır.

Derin deniz depremlerinden sonra deniz kıyılarında oluşan deniz dalgalarının yükselmesi kıyılarda büyük hasarlara neden olmaktadır. Bu olaya Tsunami (deniz taşması)

denilmektedir. Japonya ve Güney Amerika'nın doğu kıyılarında sık görülen tsunami deprem kadar tehlikeli boyutlara ulaşan bir dalga olayıdır. Tsunami, Japonya'da 1896 yılında 30 bin kişinin ölümüne neden olmuştur.

Türkiye bir deprem ülkesidir. Yurdumuz deprem bölgesi bakımından, geçmişte meydana gelen depremlere ait kayıtlar göz önüne alınarak, beş bölgeye ayrılmıştır. Şekil 2'de Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası [5] görülmektedir. Birinci bölge, deprem tehlikesi en fazla olan kısımları gösterirken, dördüncü bölge tehlikesi en düşük olan ve beşinci bölge deprem tehlikesinin olmadığı kabul edilen yerleri içerir. Deprem tehlikesinin bulunmadığı kabul edilen yerler, Karaman ve bazı komşu illerin bir bölümünden ibarettir. Ülkemizin yüzölçümünün 2/3'ü I. ve II. Derece Deprem Bölgesinde yer almaktadır. Türkiye nüfusunun yaklaşık %44'ü I. Derece Deprem Bölgesinde, %26'sı II. Derece Deprem Bölgesinde, %15'i III. Derece Deprem Bölgesinde yaşamaktadır. Türkiye ekonomisi ve sanayisi fay hatları üzerinde kurulmuştur. Sanayi bölgelerinin %98'i ile barajların %93'ü I. ve II. Derece Deprem Bölgelerinde yer almaktadır. Türkiye, dünyadaki en etkin deprem kuşaklarından Alpin Kuşağı üzerinde bulunan Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, ve Batı Anadolu Fay Sistemi gibi çok sayıda aktif fayın bulunduğu bir ülkedir.



Şekil 2. Türkiye deprem bölgeleri haritası [5]

### 1.2.2. Deprem Etkileri Altında Bina Davranışı

Deprem sırasında yapıya etkiyecek yüklerin büyüklüklerinin gerçeğe yakın şekilde bilinmesi gerekir. Deprem etkisiyle yer kabuğunda ani ötelenmeler olur ve yapıya şok etkisi yapar. Yapı ve zemin ayrı olduklarından deprem etkisinde yapıda yer hareketine ters doğrultuda atalet kuvvetleri oluşur. Yapıların düşey yüklerle beraber yatay yükleri de güvenli bir şekilde taşıması gerekir. Yapıya etkiyen sabit düşey yüklere ilave olarak gelen düşey yükler, benzer karakterdedir. Hareketli yüklerin etkisi belirli bir zaman içerisindedir. Bu tür yüklerin etkisi altında yapıda herhangi bir hasar meydana geldiğinde, yük hemen boşaltılarak gerekli önlemler alınabilir. Deprem yükleri ise çok kısa bir zaman aralığında ani olarak gelen tesirlerdir. Bu yüklere karşı, yükleme anında müdahale edebilmek ve önlem alabilmek mümkün değildir. Depremde yapıya etkiyen yükler, zemin titreşimlerinin yapıda oluşturduğu atalet kuvvetleridir. Bu yükler yapının kütesine, yapının titreşim periyoduna, deprem yükünün sönümlemesine ait dinamik özelliklerine, zeminin dinamik özelliklerine, deprem süresi ve sıklığına bağlıdır.

Depreme dayanıklı yapının projelendirilmesi, taşıyıcı sistemin boyutlandırılması, yürürlükteki deprem yönetmeliklerine uygun yapılmalıdır. Yapının ömrü boyunca karşılaşmayacağı, yaşanmayacak yüksek bir deprem kuvvetine göre boyutlandırılması ve yönetmeliklerdeki önlemler dışında ek önlemler alınması gereksizdir. İnsanların depreme dayanıklı yapılardan başka birçok ihtiyacı da bulunduğu için betonarme yapıların büyük depremlerde hasar görmeyecek şekilde boyutlandırılması, çok özel mühendislik yapıları dışında, ekonomik olmadığı gibi mantıklı da olmamaktadır. Deprem yönetmeliklerinin bu konudaki temel felsefesi;

- a) Küçük depremlerde yapıların hiç hasar görmemesi,
- b) Orta büyüklükteki depremlerde yapıların taşıyıcı elemanlarında önemli hasarların olmaması,
- c) Büyük depremlerde ise yapıların onarılamayacak kadar ağır hasar görmeleri ancak çökerek can ve mal kaybına neden olmamaları şeklindedir [1, 2].

Deprem tesirine (yer titreşimine) karşı yapının gösterdiği davranış, yapının boyunun enine oranına, yapı elemanlarının rijitliklerinin plandaki dağılımına, malzeme cinsine, yapı ağırlığına ve bu ağırlığın yapı yüksekliğince dağılımına göre değişir. Depremde elastik yapının davranışını denetleyen dinamik özellik, hakim yanal titreşim periyodudur. Elastik davranış ile deprem etkilerinin tamamı karşılanamaz. Deprem tesirlerinin %15-25 kadar bir

miktarının elastik davranış ile karşılanması, kalanının yapının plastik şekil değiştirmeleri ve yapı ile temelinin enerji tüketmesi ile karşılanacağı kabul edilir. Temel zemini depremde oluşan titreşim hareketinden dolayı temel dönmesi ve ötelemelere maruz kalır. Temelin hareketiyle üst yapıda harekete zıt yönde atalet kuvvetleri oluşur.

Yer kabuğu sürekli olarak hareket ve titreşim halindedir. Titreşimler yer kabuğunun bazı yerlerinde çok şiddetli, bazı yerlerinde ise ancak hassas aletlerle tespit edilebilecek düzeydedir. Taşıyıcı sistemde yapının kullanım ömrü boyunca meydana gelecek en şiddetli depremden zarar görmemesini temin edecek olan sadece sistemin taşıma gücü değildir. Ayrıca yapının sünek olması da gereklidir. Deprem enerjisinin bir kısmının yapı tarafından absorbe edilmesi istenir. Yapıda kritik kesitler, kopmadan deformasyon yapabilmeli, yani enerji yutabilmeli, yapı sünek davranabilmelidir. Düktilite (süneklik) malzemenin gerilmeden dolayı yavaş yavaş akarak, göçmeden önce büyük deformasyon yapabileme özelliğidir. Depremden doğacak deplasmanlara karşı koyabilecek süneklik kapasitesine sahip ise, yapı depreme karşı koyabilecektir. Taşıyıcı sistemin stabilitesi bozulmadan, bir kesitte eğilme dayanımının az olmasından dolayı ağır hasarlar oluşmaz.

Depreme dayanıklı yapı kavramının geliştirilmesinde, deprem sırasında yapılara etki eden kuvvetlerin belirlenmesi gerekir. Bu kuvvetler altında yapının davranışına, yapının türü göz önüne alınarak karar verilir. Ayrıca ekonomik kısıtlamalar, yapıda olması gereken dayanımın, güvenliğin ve estetiğin birlikte olması ile gerçekleştirilir. Yapıların hasar görme riski ve hasar düzeyi ne kadar küçülürse yapı maliyeti de o kadar artar. Depremde yapı riskini yapının ekonomisi ile dengeleyen bir yapı tasarımı yapılması gerekmektedir.

Bir yapının tasarımı ve boyutlandırılması, genel olarak güç tükenmesi durumunda yeterli güvenliğin sağlanması ve kullanma durumunda kararlılık, çatlama ve yerdeğiştirme gibi öngörülen koşulların yerine getirilmesi olarak tanımlanabilir. Bu işlem öngörülen isteklerin belirtilmesi ve buna uygun olarak yapıda, gerekli kapasitenin sağlanması şeklinde de ifade edilebilir. Öntasarım ve boyutlandırma işleminin sonuçlarının yorumlanmasıyla ve gerekirse yapılacak düzeltmelerle işlemin tekrarı sonucunda yapının kesin boyutları elde edilir. Konu ile ilgili deneyim, bu düzeltme sürecinin kısa sürmesinde önemli olur [6].

### 1.2.3. Yer Seçimi

Bir binanın inşa edileceği zemin seçiminde gerekli özen gösterilmezse, binanın diğer aşamalarında hiçbir hata yapılmamışsa bile istenilen güvenliğin sağlanması mümkün değildir. Geçmiş yıllarda zemin incelemeleri konusuna gereken hassasiyet gösterilmemiş, inşaat alanı bile görülmeden projelerde çizelgelerde verilen zemin emniyet gerilmeleri dikkate alınarak temel sistemleri seçilmiştir. Çizelgelerde zemin emniyet gerilmesinin (emin taşıma gücünün) değişim aralığının oldukça büyük olması elde edilen sonuçların sağlıklı olmasını daha da zorlaştırmaktadır. Zemin incelemeleri konusundaki genel umursamazlık ve rastgele zemin emniyet gerilmesi kullanımı, birçok yapının yıkılmasına veya ağır hasar almasına sebep olmuştur.

Zemin incelemeleri için arazide muayene çukurları açmak, çevredeki binaların temel ve zemin bilgilerini elde etmek yararlı olabilir. Bunlar mühendise zemin için bir fikir vermesi ve yol gösterici olması açısından önemlidir. Yapılacak zemin incelemeleri; bölgenin depremselliğine, inşaatın büyüklüğüne, ağırlığına, kullanım amacına ve zemin durumuna göre değişmektedir. Zeminin deprem anındaki davranışını Sadece çizelgelerde verilen emniyet gerilmesini dikkate alarak ifade etmek gerçekçi değildir. Zira, deprem zeminin davranışını değiştirmekte, zemin tabakaları tekrarlı kayma (kesme) gerilmelerinin etkisinde de kalmaktadır. Bu sebeple deprem bölgelerinde daha detaylı zemin incelemeleri yapılmalı ve geoteknik rapor düzenlenmelidir. Geoteknik rapor düzenlenmesinde amaç, zemin tabakalarının gerilme-şekil değiştirme, mukavemet ve deprem özelliklerini deneysel verilere dayanarak incelemek ve uygun bir temel sistemi önermektir [7].

Özetle, zeminin statik ve dinamik yüklere karşı özelliklerini belirleyebilmek için yüklenme deneyleri gerçekleştirmek, zeminden numuneler alarak laboratuvarında deneye tabi tutmak, sismik deneyler ve sondajlar yapmak gerekebilir. Bu incelemelerde;

- Zemin tabakalarının cins, kalınlık ve eğimleri
- Yeraltı suyunun miktarı, seviyesi ve içerdiği zararlı maddeler
- Zeminin taşıma gücü, oturma durumu ve sıvılaşma durumu
- Zeminin sönüm özellikleri
- Gerilme-şekildeğiştirme özellikleri araştırılmalıdır.

### 1.3. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistemin Önemi

Bir yapının iskeleti olarak düşünebileceğimiz taşıyıcı sistemin seçimi ve tasarımı son derece önemlidir. Betonarme bir yapının taşıyıcı sistemi, üzerine etkiyen yükleri kendi ağırlığıyla birlikte güvenli bir şekilde zemine aktarma görevini yerine getirebilmelidir. Taşıyıcı sistem seçilirken bu görevinin yanında ekonomik, estetik ve kullanım amacına uygun olması da göz önünde bulundurulmalıdır.

Bina türünde yapıların taşıyıcı sistemleri üç grupta toplanabilir. Birinci grup düşey yüklerin doğrudan etkidiği, yatay ve yataya yakın plak ve kiriş gibi elemanların oluşturduğu kat döşemeleridir. İkinci grupta düşey ve düşeye yakın, perde, kolon gibi elemanlar sayılabilir. Üçüncü grupta yükleri zemine aktaran temeller yer alır. Birinci grup içinde sayılan ve kat döşemelerini oluşturan elemanların yalnız düşey yükleri değil, özellikle depremden oluşan yatay yükleri de perde veya kolonlara aktarma durumunda oldukları unutulmamalıdır. Bu açıdan döşeme plağının kalınlığı, bir dökümlü (monolitik) oluşu ve düşey elemanlarla bağlantısı ile ilgili yapısal kurallar göz önünde tutulmalıdır. İkinci grup olarak anılan perde ve kolonlar, kat döşemesi ile birlikte bir çerçeve sistemi oluştururlar. Kolonların ve perdelerin yükler altında davranışları oldukça farklıdır. Perdeler büyük atalet momentleri ile kolonlara göre daha rijit olduklarından yerdeğiştirmelerin sınırlandırılmasında daha etkili bir taşıyıcı sistem elemanıdır. Buna karşılık, etriyelerin sıklaştırılması ile beton yeterince kuşatılarak kolonlarda dönüşümlü yükler altında da elastik sınırın ötesinde büyük yerdeğiştirmelere ulaşılabilir. Bu ise, kolonların daha sünek bir taşıyıcı eleman olarak üretilebileceği bu nedenle de depreme dayanım açısından daha elverişli olduğu anlamına gelir. Taşıyıcı sistemde dayanım ve sünekliğin yanında, bu özelliklerin sistemde yayılı olarak bulunması ve sistemin bütünlüğünün sağlanmış olması da önemlidir. Örneğin, birleşim bölgelerinin oluşturulmasında, donatının kenetlenmesinde, kiriş-perde birleşimlerinde uyulacak kurallar bu kapsamda sayılabilir [6].

Yukarıda belirtilen özellikler, yüksekliği fazla olmayan binalarda daha sünek bir sistem olduklarından kolonlardan oluşan çerçevelerin tercih edilmesi gerektiğini, buna karşılık yatay yükten meydana gelen yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması önemli bir sorun olan yüksek binalarda, sağladıkları rijitlik dolayısıyla perdelerin kullanılması gerektiğini gösterir. Çoğunlukla yüksek binalarda da kolonlar ve perdeler birlikte kullanılır. Düşey taşıyıcı elemanları yalnız perdelerden oluşan sistemler, tünel kalıp kullanılarak, üretim hızı ve kalıptan ekonomi sağlanması amacı ile seçilebilirler [6].



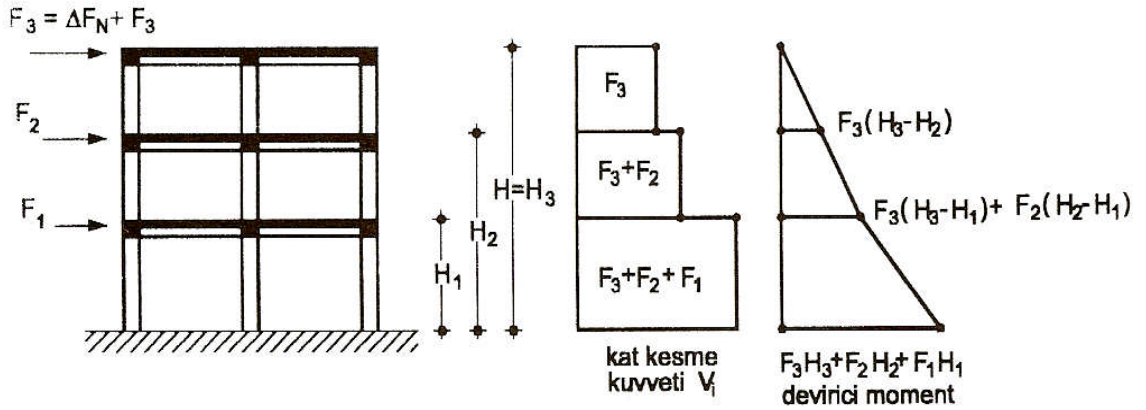
Bir betonarme taşıyıcı sistem düzenlenirken, sistem hangi tür olursa olsun, şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Yatay yüklerin güvenli bir şekilde taşınabilmesi için, yapıda her iki doğrultuda yatay yükleri karşılayacak çerçeveler meydana getirilmesi gereklidir. Burulma gibi bazı ek etkilerin meydana gelmemesi açısından taşıyıcı sistem, yükleri en kısa yoldan zemine aktaracak şekilde düzenlenmelidir.
- Temellerin zemin durumuna göre belirlenmesi, düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon ve perdelerle gerekli önemin verilmesi ve kolonların zemine kadar kesintisiz devamının sağlanması önemlidir. Kütlesi büyük olan katların zemine yakın düzenlenmesi, toplam taban kesme kuvvetini azaltacağı gibi deprem sırasında meydana gelecek atalet kuvvetlerinin yapıyı daha az zorlaması da sağlanır.
- Kolon ve perdelerin taşıyıcı sistemin her iki doğrultudaki rijitliğinin birbirine yakın olacak şekilde belirlenmesi, yapının deprem zorlanmasının her iki doğrultuda uyumlu olarak taşınmasını sağlar.
- Kolon ve kirişlerde birleşim noktalarına yakın bölgeler (sarılma bölgeleri) deprem etkisi altında fazla zorlanacağından, etriye sıklaştırması ile betonda sarılmadan dolayı güç tükenmesi şekil değiştirmesinin (sünekliğin) ve dayanımının artması sağlanabilir. Bu sayede deprem etkileriyle oluşacak hasar daha düşük düzeyde tutulabilir.
- Deprem etkisi altında en çok zorlanan yerlerden birisi de kolon-kiriş birleşim bölgeleridir. Bu bölgelerde donatı yerleştirilmesine, kenetlenmesinin sağlanmasına ve etriyelerin kolonda devam etmesine dikkat edilmelidir.
- Rijitliğin ve bununla uyumlu taşıma kapasitesinin taşıyıcı sistemde düzgün bir şekilde dağıtılmasıyla, depremden dolayı ortaya çıkan hasarların bazı bölgelerde yoğunlaşmasının önlenerek, tüm sistemde dağılmasını sağlayacağı unutulmamalıdır.
- Kirişsiz döşemeli yapılarda, döşeme ve kolonlarla oluşturulan çerçeveler yatay yüklere karşı genellikle yeterli rijitlik sağlayamadıklarından deprem perdeleri kullanılarak rijitliğin artırılması önemlidir.
- Betonun projelendirmede öngörülen dayanıma ve yeterli sünekliğe sahip olması gerekir. Deprem kuvvetinin yapı üzerinde alışılmışın üzerinde ve ani bir yükleme doğuracağı ve yapıdaki kusurların ortaya çıkacağı unutulmamalıdır.

- Temellerin birbirlerine göre farklı yerdeğiştirmelerini önleyecek temel bağ kirişleri kullanılmalı ve donatıların kenetlenmesinin temel bloğu içinde yapılması gerekir.

### 1.3.1. Taşıyıcı Sistemin Genel Davranışı

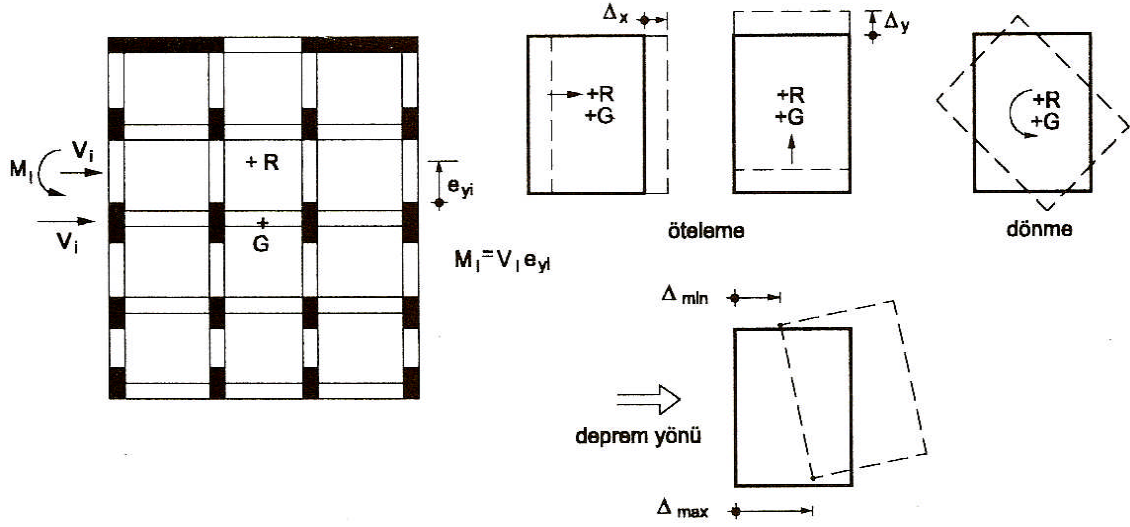
Deprem yükleri altındaki binanın davranışı bir düşey konsolunkine benzetilebilir. Etkiyen yatay kuvvet, temele taban kesme kuvveti ve devirici moment olarak iletilir. Her kata etkiyen yatay kuvvetin bilinmesi durumunda, kat kesme kuvvetleri ve devirici momentler kolayca hesaplanabilir (Şekil 3). Deprem durumunda yatay deprem ivmesi nedeniyle meydana gelen  $F_i$  atalet kuvvetlerinin, kütlelerin yoğunlaştığı kat seviyelerinde etkidiği kabul edilir. Her kata etkiyen bileşke deprem kuvvetinin ilgili katın kütle merkezinde etkidiği kabul edilebilir. Düzenli binalarda bu nokta kattan kata çok az değişir. Ancak, düşeyde düzensiz olan binalarda, bu noktanın plandaki yeri kattan kata fark edebilir. Kat kesme kuvveti  $V_i$  ise, üst kattaki deprem yüklerini dengelemek durumunda olduğu için, bunların toplamı olarak ortaya çıkar. Üst katların kütle merkezlerinin aynı düşeyde bulunduğu durumda, kat kesme kuvveti de bu noktada etkir. Her ne kadar deprem yükü bu noktada hareketin yönüne bağlı olarak herhangi bir yönde etkili olursa da, deprem yükünün ayrı ayrı binanın iki asal eksenini doğrultusunda etkidiği kabul edilir. Gerekirse herhangi bir doğrultuda etkimesini göz önüne almak amacıyla iki doğrultuda bulunan değerler uygun şekilde birleştirilir [8].



Şekil 3. Yatay yükten oluşan kat kesme kuvveti ve devirici momentin düşeyde değişimi [8]

Betonarme perdeler yapıya çerçeve sistemlere göre daha fazla rijitlik kazandıran, çeşitli geometrik şekillerde, düşey konsol davranışı gösteren, düşey düzlemsel diyaframlardır. Perdeler yüksek yapıda dayanım yanında yanal kat düzleminde döşemelerle, deplasmanları sınırlarlar. Büyük depremlerde plastik şekil değiştirmelerle yatay yüklere karşı koyarlar ve düşey yükleri de taşırlar, yapısal hasarları azaltırlar. Yüksek yapılarda yanal yer değiştirmeleri sınırlandırmaları için tercih edilirler. Perde duvarlar mümkün olduğu kadar yapının çevresinde yer almalıdır. Bu durum 5–6 katlı yapılarda geçerlidir. Çok katlı yapılarda devrilme momentleri yapının her iki yanında olduğu için perde temellerine büyük tesirler gelebilir. En büyük kesit tesirleri tabanda oluşur. Perdeler yapı içinde dağıtılarak yerleştirilmeli, simetrik olarak, çok sayıda küçük, rijitliği az perdeler teşkil edilmelidir. Perdeler yüksek rijitlikleriyle yatay tesirlerin önemli bir kısmını karşılarlar ayrıca çerçevenin yatay yer değiştirmelerini sınırlayarak taşıyıcı olan ve olmayan elemanlardaki hasarların sınırlı kalmasını sağlarlar [9].

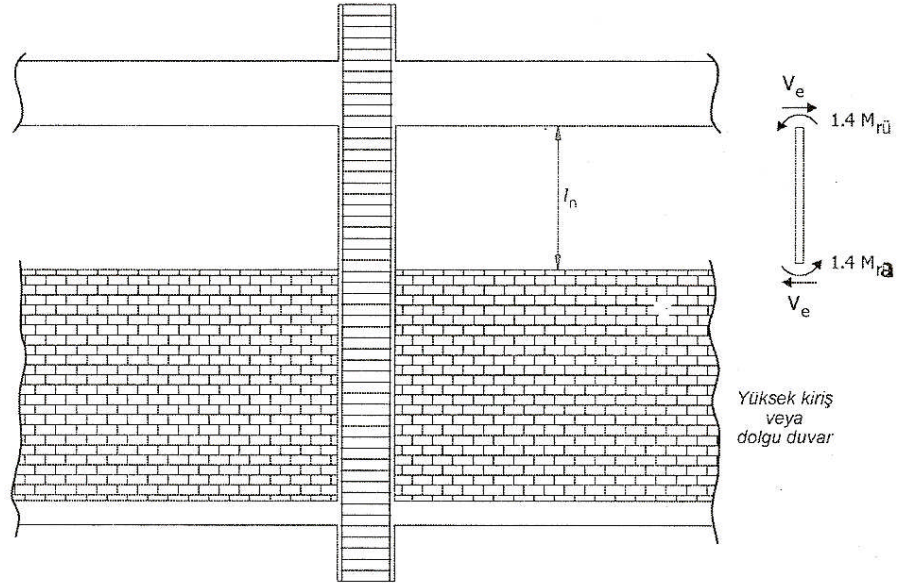
Yapıya etkiyen yatay kuvvetler altında bir kat döşemesinde alt kat döşemesine göre rölatif bir hareket ortaya çıkar. Bu hareket binanın bir asal doğrultusunda tüm kat kolonlarında aynı doğrultuda ortaya çıkarsa, kat kesme kuvvetleri kolon öteleme rijitliğiyle orantılı olur. Bu durumda kattaki kolon kesme kuvvetlerinin bileşkesi R kat rijitlik merkezi üzerinde olur. İki doğrultuda kat rijit ötelenmesi düşünülerek kat rijitlik merkezi bulunabilir. Kolonlar planda düzgün dağıtılmış ise rijitlik merkezi G kütle merkezine yakın bulunur. Ancak planda bina düzenli değilse, kolonlar ve perdeler simetrik yerleştirilmemişse, rijitlik merkezi rijit elemanların bulunduğu yere doğru kayar ve dışmerkez durum ortaya çıkar (Şekil 4). Kütle merkezinde bulunan kat kesme kuvveti bu noktaya geçirildiğinde düşey eksen etrafında ilave bir burulma momenti oluşur. Bu da, binayı planda rijitlik merkezi etrafında döndürmeye çalışırken, kolonlarda ilave kesme kuvvetleri meydana getirir.



Şekil 4. Yatay yük altında yapının planda davranışı

Perdelerin rijitliklerinin kolonlara oranla çok daha fazla olması nedeniyle, perdelerin plandaki yerleri önemlidir. Yapının kütle merkezinden uzak olmaları ve simetrik dağılmış olmamaları, yapıda burulma meydana getirecek bir moment kolu oluşturur. Perdeler genellikle yapıda asansör boşlukları ve merdiven kenarlarına yerleştirilmektedir. Burada mümkün olduğunca yapının R rijitlik merkezinin G kütle merkezine yakın olması sağlanmalıdır.

Taşıyıcı sistemin tasarımı aşamasında dikkate alınmayan, ancak yapıım aşamasında genellikle aydınlatma amacıyla açıklık boyunca bırakılan boşluklar, kısa kolon adı verilen problemi ortaya çıkarır (Şekil 5). Bu durumda kolonlar tabandan boşluk seviyesine kadar desteklenmekte ve kolonun serbest boyu kısalarak rijitliği artmaktadır. Kolonlara etkiyen kesme kuvveti, yatay öteleme rijitliğiyle dağıtıldığından rijitliğin artmasıyla kolonlara öngörülenden daha fazla yatay yük gelmektedir. Ancak tasarımda kolon için bu kadar büyük kesme kuvvetleri öngörülmediğinden kolon bu kesme kuvvetini taşıyamaz. Burada alınması gereken önlemler, kısa kolon davranışının oluşmaması için rijit dolgu duvarı ile kolonlar arasında uygun derz oluşturularak duvar örme veya kolon ile duvar arasına ezilebilir bir malzeme konması ile kolonların serbest şekilde değişirmesinin sağlanması veya pencere vb. boşlukların kenarlarına kolonlardan itibaren yeteri kadar duvar örülmesi olarak sayılabilir.



Şekil 5. Kısa kolon oluşumu

### 1.3.2. Yapı Taşıyıcı Sistem Çeşitleri

Yapılarda genellikle kullanılan yapı taşıyıcı sistem çeşitleri burada kısaca açıklanmıştır.

#### 1.3.2.1. Geleneksel Çerçevesel Sistemler

Kolonlar ile kirişler ve döşemelerin birdökümlü olarak inşa edilmesiyle çerçeve adı verilen taşıyıcı sistem elde edilir. Çerçeve sistemlerde yatay yükler, sağlanan kolon ve kiriş sürekliliği sayesinde rahatça taşınırlar. Bu sistemler, yatay yüklerin etkisinde büyük miktarda yer değiştirme yapmaktadırlar. Bu nedenle çerçeve sistemlerde gevrek kesme kırılmalarına genellikle rastlanmaz. Projelendirme safhasında, donatı ve yer değiştirme hesapları dayanım ve rijitlik konusunda yeterli fikir verirken diğer bir önemli özellik olan süneklik, etriye ve donatı düzeniyle ilgili kurallara uyulmasıyla sağlanabilir. Bunun için kolon ve kirişler için ilgili bölümlerde verilen konstrüktif kurallara uyulması, sistemin deprem davranışı bakımından hayati önem taşır. En sünek yapı taşıyıcı sistemi çerçeve sistemlerdir. Elastik enerjiyi tüketme güçleri azdır, fakat yüksek miktarda plastik enerjiyi tüketme gücüne sahiptirler. Yapım maliyetleri de diğer sistemlere oranla düşüktür. Şekil 6'da geleneksel çerçevesel sistem bir yapı görülmektedir.



Şekil 6. Hartford Plaza North / Chicago [10].

### 1.3.2.2. Betonarme Perde Sistemler

Düşey taşıyıcı elemanlar olan perde duvarlar, döşeme ve kirişlerden aldıkları yatay ve düşey yükleri zemine aktarmakta ve deprem etkisi altında yapının yatay ötelenmesini sınırlandırmaktadırlar. Genel olarak en rijit sistem, betonarme perde sistemlerdir. Bununla beraber süneklik düzeyinin artan rijitlikle beraber azaldığını unutmamak gerekir. Elastik enerji tüketme kapasiteleri çerçeve sistemlere göre önemli oranda yüksektir. Plastik enerji tüketme kapasiteleri düşüktür. Perde duvarlarda yatay ötelenmeler yapı yüksekliğiyle artmaktadır. Ancak çerçeve sistemlere göre ötelenmeler yine de küçük değerlerde kalmaktadır.

Perde duvarlı sistemler içinde tehlikeli maddelerin depolandığı, hassas cihazların bulunduğu yapılarda ve insanların yoğun olarak kullandığı kamu binalarında tercih edilmektedir. Az katlı yapılarda, çerçeve sistemlere göre sünekliğinin düşük olması ve yapı maliyetinin yüksek olması dezavantaj oluşturmaktadır. Şekil 7’de betonarme perde sistem bir yapı görülmektedir.



Şekil 7. Betonarme perde sistem bir yapı

### 1.3.2.3. Eğik Elemanlı Sistemler

Bu sistemler, çerçeve sistemlere çeşitli şekillerde ilave edilen taşıyıcı eğik elemanların kullanılmasıyla meydana gelmektedir (Şekil 8). Çerçeve sistemlerin en zayıf yönü olan ve çerçeve sisteme sahip yapıların yıkılmalarına sebep olan rölatif kat ötelenmeleri, çekme ve basınç etkisinde kalan farklı düzenlenmiş eğik elemanlar sayesinde sınırlandırılmaktadır. Bu sistemler süneklik bakımından betonarme perde sistemlerden üstündür. Eğik elemanlı sistemlerde, eğik elemanların doğru düzenlenmemesi durumunda istenmeyen burkulma modlarının oluşabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Rijit ya da mafsallı çerçeve yapılarda yatay yükler eğik elemanlar tarafından karşılanır. Bunlar kolonlarla beraber kafes kiriş gibi davranmaktadır. Binaya gelen yatay yükler (basınç ve çekme) yatay bileşenler tarafından karşılandığı için, eğik elemanlı sistemler, yatay yük altında yüksek dayanım gösterebilmektedir. Betonarme eğik elemanlarda tek diyagonallerin uygulanabildiği gibi çift diyagonaller de uygulanabilmektedir. Bu durumda bu diyagonaller kesme kuvvetlerine karşı basınç elemanları gibi davranmaktadırlar [9].

Eğik elemanların kullanımı, özellikle kapı, pencere gibi boşlukların bırakılmasında zorluk oluşturabileceğinden, sınırlı olmaktadır. Eğik elemanlar binanın diğer

fonksiyonlarına engel olmayacak şekilde yapıya yerleştirilmelidirler. Diğer taraftan bunların düzenlenmesinde, yatay yüklerin yön değiştirme ihtimalinin dikkate alınması ve çerçeve ile birleşim türünün uygun seçilmesi de gerekmektedir.



Şekil 8. Onyiah Center / Chicago [10].

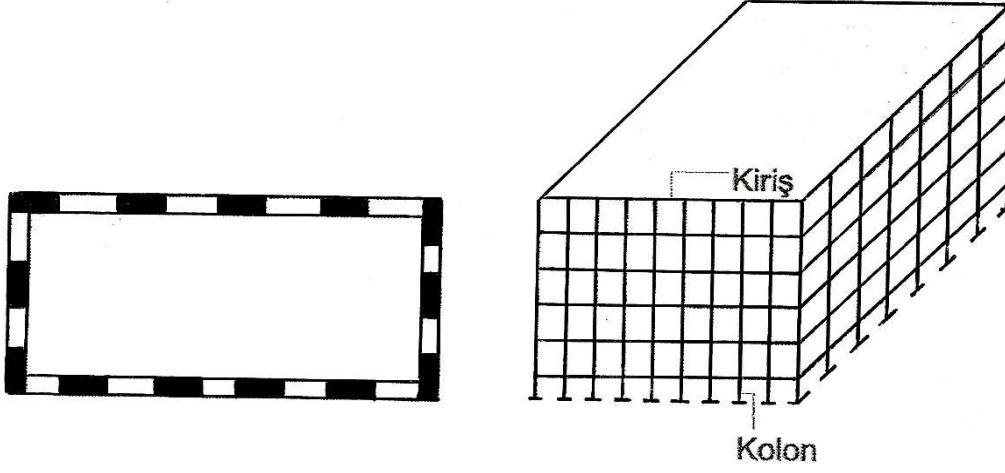
#### 1.3.2.4. Tüp Sistemler

Tüp elemanların kullanılmasıyla oluşturulan taşıyıcı sistemlerdir. Tüp sistemin yatay yük taşıyıcı elemanları boşluklu dikdörtgen halka tüp olarak düşünülebilen ve yapının dış yüzüne küçük aralıklarla yerleştirilen kolonlar ve bu kolonları kat seviyelerinde bağlayan kirişlerden oluşan elemanlardır (Şekil 9). Bu sistemler, rijitlikleri bakımından çerçeve sistemlerle betonarme perde sistemler arasındadır

On beş kattan yüksek yapılarda, çerçeve sistemlerde çeşitli olumsuzluklar, eleman boyutlarındaki büyümeler, yatay yüklerin karşılanmasındaki zorluklar, maliyetlerdeki artışlar, üç boyutlu yeni yapı sistemlerinin gelişmesine neden olmuştur. Delikli içi boş, dikdörtgen kesit, daire kesit şeklinde birbirine yakın iç ve dış kolonlardan oluşan çerçeveli tüp veya çerçeveli boru türü sistemlerdir. Yapının tüm çevresi üç metreden daha az



aralıklarla konulmuş kolon ve bunları bağlayan kirişlerden teşkil edilen dikdörtgen kesitli kutuya benzer yapıya tüp çerçeve denilir. Yapı çevresini oluşturan tüp duvarları yüksek ana kirişlere bağlanır. Sık kolon ve kat kirişlerinin birleşmesi ile oluşan çerçevelerden taşıyıcı sistem oluşur [9]. Şekil 10'da tüp sistemden oluşan bir yapı görülmektedir



Şekil 9. Tüp sistemler



Şekil 10. One Shell Square / New Orleans [10].

### 1.3.2.5. Karışık Sistemler

Yukarıda kısaca bahsedilen sistemlerin iki veya daha fazlasının bir arada kullanılmasıyla oluşan sistemlerdir. Uygulamada en yaygın olarak kullanılanı betonarme perde-çerçeve sistemlerdir. Bütün deprem bölgeleri için önerilen betonarme perde-çerçeve sistemlerde, çerçevelerin ve betonarme perdelerin yatay yükler etkisi altında farklı yerdeğiştirmeler yapabilecekleri unutulmamalıdır.

Betonarme perdeli-çerçeve sistemler hem ekonomik hem de ötelenmelerinin sınırlı olması açısından çok daha elverişlidirler. Ancak betonarme perdelerin simetrik konumda olmaları ve perde-çerçeve bağlantısının yeterli olması gerekmektedir. Betonarme perde çerçeve sistemli yapılarda perdelerin yapı içerisinde uygun bir şekilde dağıtılması halinde önce betonarme perdeler ancak betonarme perdelerin zarar görmesi nedeni ile zayıflamasından sonra mevcut çerçeve sistemi ikinci bir depreme dayanma elemanı olarak devreye girip betonarme perdeli yapılarda betonarme perdenin sakıncasını azaltmaktadır. Hafif depremlerde ise betonarme perdeler, yapının yatay ötelenmelerinin büyük değerler kazanmasını engelleyerek, yapıdaki eşyaların ve taşıyıcı olmayan elemanların zarar görmesini önlemektedir. Betonarme perdeler yapının elastik enerji tüketme gücünü sağlarken, çerçeveler de kalıcı deformasyonla plastik enerji tüketme gücünü sağlamaktadır. Bu betonarme perde-çerçeve sistemli yapıların bir üstünlüğü olmaktadır [11]. Şekil 11’de betonarme perde-çerçeve sistem bir yapı örneği görülmektedir.



Şekil 11. Betonarme perde-çerçeve sistem bir yapı

#### **1.4. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Kurallar**

Geçmişte yaşadığımız depremlerde elde edilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımının daha mimari tasarım aşamasında başladığını, deprem anında oluşan hasarların bazen doğrudan seçilen mimariye bağlı olduğunu göstermektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında, taşıyıcı sistem seçimi yalnızca inşaat mühendislerine kalmış bir konu olmayıp mimari tasarımda mimarlarında bu konu üzerinde hassasiyetle durmaları gerektirmektedir.

Yapıların deprem güvenliğinin sağlanmasında, önce yapı taşıyıcı sisteminin tasarımının özenle yapılmış olması gerekmektedir. İyi bir tasarım sonucu oluşturulan yapı taşıyıcı sisteminin yapısal çözümlerini dikkate alan davranışıyla, deprem anındaki davranışı birbirine çok yakın olmaktadır. Yapı elemanlarının dayanımları, taşıyıcı sistemin dayanımı için gerekli olduğu gibi elemanların birleşim bölgelerinin uygun olarak düzenlenmesi de projelendirmede öngörülen dayanımların oluşabilmesi açısından çok önemlidir. Yapının deprem güvenliğinin sağlanmasında taşıyıcı sistem tasarımının dikkatli olarak yapılması çoğu zaman çözümlenmeden bile daha önemli olmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı taşıyıcı sisteminin seçiminde mimari projede şu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

##### **1.4.1. Hafiflik**

Depremden dolayı yapıya etkileyen yatay kuvvetler, yapının ve elemanlarının kütleleriyle doğru orantılıdır. Yani yapının kütlesi ne kadar büyükse yapıya etkileyen yatay kuvvetlerde o denli büyüktür. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımında, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlar mümkün olduğu kadar hafif seçilmelidirler. Yapıda önemli bir işlevi olmayan elemanlardan kaçınılmalı ve yapıya gereksiz yük gelmesine engel olunmalıdır.

##### **1.4.2. Basitlik ve Simetri**

Yapıların, deprem performansları üzerine yapılan araştırmalar yapı ne kadar basit olursa depreme karşı davranışının o kadar iyi olduğunu göstermektedir. Zira basit bir yapının deprem etkisi altındaki davranışı da basit olduğundan, deprem anındaki davranışını

tahmin etmek ve buna göre çözümlene yapma daha kolay olmaktadır. Karmaşık olan yapıları modellemek ve ek olarak ortaya çıkan burulma etkisini dikkate almak, daha uzun ve yorucu işlemleri gerektirmektedir. Ayrıca basit bir yapının detaylarının çizimi daha kolay olmakta ve yapımında hata yapma olasılığı da çok daha az olmaktadır.

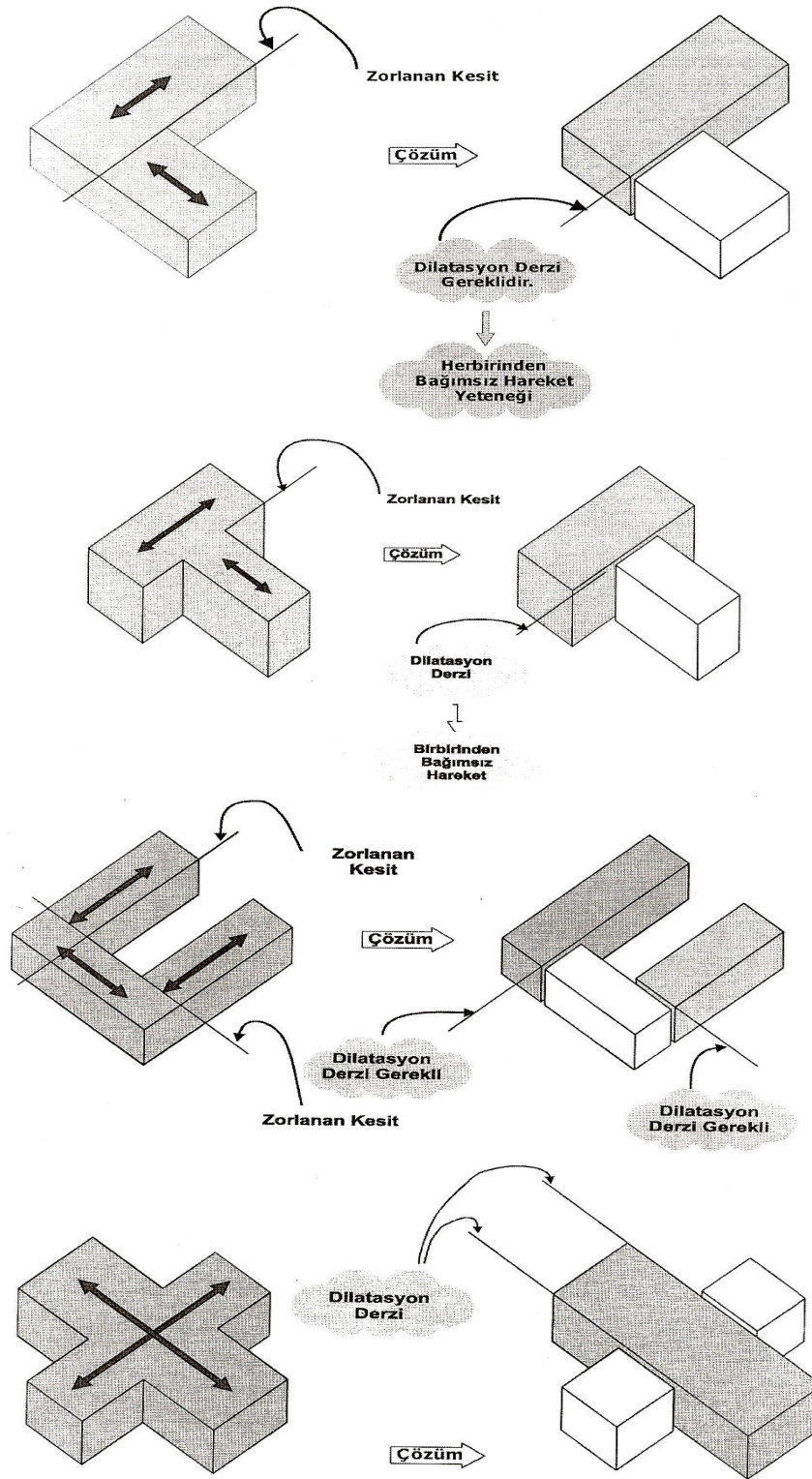
Benzer nedenlerden dolayı yapının simetrik olması da istenmektedir. Simetrik olmayan yapılarda gerek yük dağılımının gerekse rijitlik, dayanım ve sünekliliğin belirlenmesi zor olacağından, yıkıcı etkilere yol açabilen burulma etkilerinin oluşmasına neden olabilecektir.

### **1.4.3. Düzgünlük ve Süreklilik**

Yapı taşıyıcı sisteminde yatay ve düşey doğrultuda bulunan elemanların düzgün ve sürekli olarak düzenlenmeleri önemlidir. Bu elemanların düzgün olarak düzenlenmesi, belirli bölgelerin aşırı zorlanmaya maruz kalmasını önlemektedir. Bu nedenle kolon ve betonarme perde gibi düşey taşıyıcı elemanlar temelden çatıya kadar sürekli olmalı, dış merkez mesnetlenmelerden kaçınılmalıdır. Kolon- kiriş birleşim bölgelerinde kirişlerin kolona mesnetlenmesi olabildiğince merkezi olarak yapılmalı böylece betonarme elemanlarda, yerleşim bölgelerinde kesit etkilerinin geçişini sağlayan donatı düzeninin iyi olmasına yardımcı olunmalıdır. Taşıyıcı sistemin sürekli olarak seçilmesiyle, deprem anında elastik davranışın ötesindeki taşıma kapasitesi artırılır ve adaptasyonun oluşmasına da yardımcı olunur. Ayrıca adaptasyon dolayısıyla oluşacak plastik mafsalların sayısı artırılmış olacak ve enerjinin yutulan kısmı büyütülecektir.

### **1.4.4. Plan ve Kesit Şekli**

Yaşanılan depremlerden edinilen bilgiler plandaki kesiti H, I, T, L, Y olan binaların depremlerden daha çok hasar gördüklerini ortaya koymaktadır. Plandaki şekli, + olan bir yapı simetrik olsa bile düzensiz yapı grubuna girmektedir. Böyle durumlarda yapı kısımları derzlerle birbirinden ayrılmalı, her bir kısmın farklı bir yapı olarak davranması ve birbirinden etkilenmemesi sağlanmalıdır (Şekil 12). Derz genişliği çarpma düzeyinde, sağdaki ve soldaki yapıların yanal ötelenmeleri toplamından daha büyük olmalıdır.



Şekil 12. Deprem etkisinde uyumsuz kütle hareketi gösteren yapı planları ve çözümleri

$\Delta_1$  ve  $\Delta_2$  sağdaki ve soldaki binaların yanal ötelenmelerini göstermek üzere derz genişliği;

$$a = \alpha (\Delta_1 + \Delta_2) \quad (1)$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada;

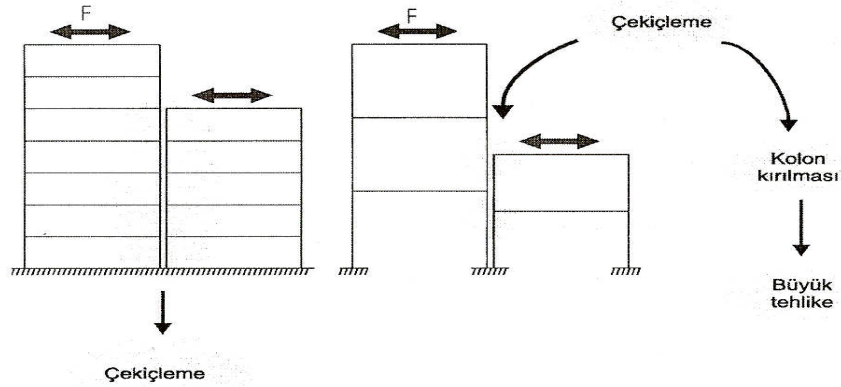
komşu bitişik binalar veya bina blokları kat döşemeleri aynı seviyede ise;  $\alpha = R/4$

komşu bitişik binalar veya bina blokları kat döşemeleri farklı seviyede ise;  $\alpha = R/2$

alınır.

Deprem derzi denilen dilatasyon aynı zamanda, yüksekliği 6 m'ye kadar olan yapılarda en az 30 mm genişlikte olmalı ve yapı yüksekliği arttıkça her 3 m'de 10 mm artırılmalıdır.

Hesaplanan bu iki değerden büyük olan alınır. Yapılar arasında yeterli genişlikte derz bırakılmaması durumunda, deprem anında yapıların hareketiyle çekiçleme olayı meydana gelir. Yapıların veya blokların kat düzlemlerinin aynı seviyede olmaması durumunda bu olay daha tehlikeli bir hal alır (Şekil 13).



Şekil 13. Bitişik nizam binalar arası çekiçleme

Planda uzun olan yapılar, kısa olanlara göre zemin özelliklerinin değişiminden daha çok etkilenirler. Özellikle tekil temele sahip uzun yapılar zemin değişimlerine daha hassas olmaktadır. Düşey kesitte de yapının plandaki boyutunun ani değişiminden kaçınılmalıdır. Ayrıca büyük yükseklik/genişlik oranından da kaçınılması gerekir. Zira yapının narinliği arttıkça deprem etkileri daha da önemli olmakta, yüksek modların davranışa olan etkisi artmakta, narinlikten dolayı depremde meydana gelen devrilme momentleri büyümekte, dolayısıyla da planda bina çevresinde bulunan dış kolonlar daha fazla zorlanmaktadır.

### 1.4.5. Rijitlik ve Dayanım

Yapının rijitliğini değiştirerek deprem anında oluşabilecek yerdeğiştirmeleri azaltmak mümkün olduğundan, hem taşıyıcı sistemde hem de taşıyıcı olmayan kısımlarda oluşabilecek hasarların azaltılması mümkün olabilmektedir. Zira yapı elemanlarının rijitliklerini uygun seçerek titreşim periyodu belirli bir aralığa getirilip deprem etkilerini azaltmak mümkün olabilmektedir. Bunun için ilk yapılacak işlemler, zeminin hakim periyodu ile yapının periyodunu birbirinden uzak tutarak rezonans olayını engellemektir. Örneğin derin tabakalar halinde yumuşak zeminin bulunduğu, uzun zemin periyodlarının hakim olduğu bölgelerde, kısa periyodlu rijit, az katlı yapılar inşa etmek daha uygundur. Buna karşılık, yüksek frekansın yani kısa periyodun hakim olduğu kaya bölgelerde yüksek periyodlu, çok katlı yapılar inşa etmek uygun olmaktadır.

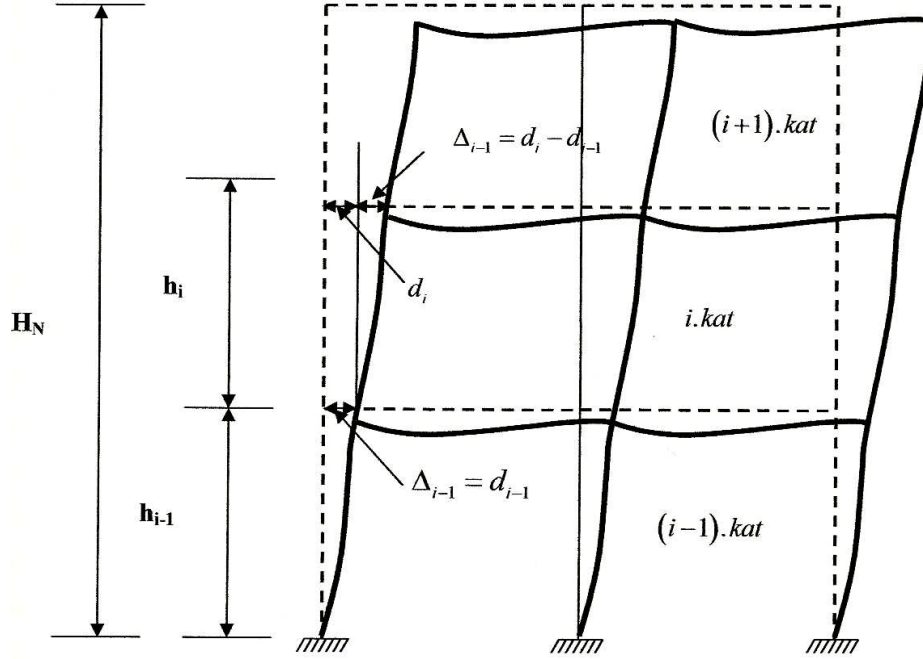
Önceleri yapının rijitliğinin belirli bir aralıkta tutulmasıyla depremden daha az etkileneceği düşüncesi hakim olduğundan, yapıların zemin kat rijitlikleri düşük tutularak ve tehlikeli katlar (yumuşak kat) oluşturulmaktaydı. Bu şekilde yapının kısa periyodlu zemin hareketinden korunacağı düşünülüyordu. Daha sonraları yapılan çalışmalarla ve geçirilen depremlerde elde edilen tecrübeler neticesinde bu uygulamanın kaçınılması gereken bir durum olduğu ortaya konulmuştur.

Bir deprem sırasında, zemin katın kendi yatay yüküne ilave olarak diğer katlarında yatay yüklerini de taşıması gerektiğinden, bu kattaki deprem etkisi diğer katlardan genellikle daha büyük olmaktadır. Bu nedenle bu kattaki elemanların hem dayanımlarının hem de rijitliklerinin diğer katlardakilerden daha büyük olması gerekmektedir. Ancak kullanım amacı ve bazı mimari nedenlerden dolayı zemin katın hacimlerinin geniş, taşıyıcı elemanlarının narin, bölme duvarlarının az olması istenebilmektedir. Bu durumda gerekli olan ile istenilenlerin dengelenebilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Rijitliğin yeterli ve istenilen seviyede olup olmadığı, yapıda meydana gelen yerdeğiştirmelerle belirlenir. Yeterli ve istenilen rijitliğe sahip yapıların yerdeğiştirme değerleri Deprem Yönetmeliği'nde belirtilen sınırlar arasında olmalıdır.  $d_i$  ve  $d_{i-1}$  yapının  $i$ 'inci ve  $i-1$ 'inci katlarındaki herhangi bir kolon veya perdenin uçlarındaki hesaptan elde edilen yatay yerdeğiştirmeleri göstermek üzere, ardışık iki kat arasındaki görelî kat ötelemesi (yerdeğiştirme farkları);

$$\Delta_{i-1} = d_i - d_{i-1} \quad (2)$$

bağıntısı ile belirlenmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Yapılarda oluşan yatay yerdeğiştirmeler

DY-2007'ye göre, her bir deprem doğrultusu için binanın herhangi bir i'inci katındaki kolon veya perdelerde, Denk. 3 ile hesaplanan  $\delta_i$  etkin görelî kat ötelemelerinin kat içerisindeki en büyük değeri  $(\delta_i)_{\max}$  Denk. 4'de verilen koşulu sağlamalıdır.

$$\delta_i = R\Delta_i \quad (3)$$

$$\frac{(\delta_i)_{\max}}{h_i} \leq 0.02 \quad (4)$$

#### 1.4.6. Göçme Modu

Projelendirmede boyutlar seçilirken, deprem etkisine karşılık özellikle düşey taşıyıcı elemanların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya stabilite kaybı gibi ani göçmelerden uzak kalınmak istenmektedir. Bu nedenle taşıyıcı sistemin üzerine etkiyen yükler altında elastik olmayan davranışı göz önüne alınarak, göçme durumunun



belirlenmesi gerekmektedir. Kolon davranışı kirişe göre daha gevrek olduğundan ve kolonlar düşey taşıyıcı elemanlar olduğundan göçme anında kolon mekanizması yerine kiriş mekanizması oluşumu, yani plastik mafsalların kolonlar yerine kirişlerde oluşması istenmektedir. Bunun için kolonlar kirişlere göre daha kuvvetli yapılmalıdır. Diğer bir deyişle, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamının, kirişlerin taşıma gücü momentlerinin toplamından büyük olması istenir.

Çerçevesel sistem tasarımında kolon boyutları mümkün olduğunca büyük seçilmelidir. Kolon enkesitinin büyütülmesi, ikinci mertebe etkilerini ve katlar arası yanal yer değiştirmeyi azaltmaktadır.

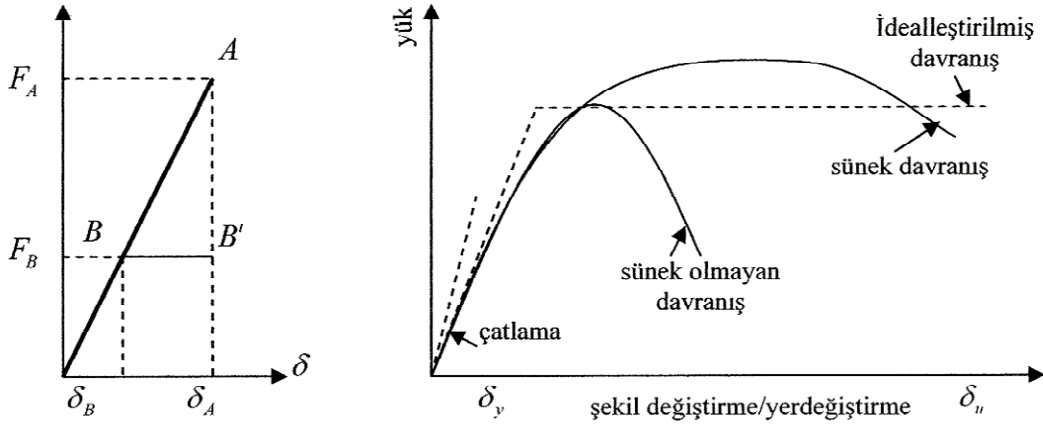
#### **1.4.7. Süneklik**

Bir yapının, bir elemanının veya bir kesitinin, deprem anında ortaya çıkan enerjinin büyük bir kısmını elastik sınırın ötesinde elastik olmayan davranışları ile dayanımında esaslı bir kayba uğramadan yutma kabiliyetine süneklik denir.

Seyrek olarak oluşacak şiddetli deprem etkisini yapının elastik davranışının ötesinde şekildeğiştirme yaparak karşılaması öngörüldüğünden elastik olmayan davranış önem kazanmaktadır. Bir yapı sünekse, deprem anında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük bir kısmı elastik sınırın ötesinde büyük genlikli titreşimlerle, yapının dayanımında önemli bir kayıp olmadan yutulmaktadır. Bu yolla depremin dinamik etkisi elastik ve geri dönüşümlü olmayan enerji türüne dönüşerek sönmelenmektedir. Bir doğrultuda yükleme durumunda sünme bölgesinin uzun olması ve tekrarlı yön değiştiren yükleme durumunda ortaya çıkan çevrimlerin geniş olması ile süneklik artar. Süneklik, güç tükenmesi esnasında elastik olmayan büyük şekildeğiştirme veya yer değiştirmelerin ortaya çıkması olarak da görülebilir. Örneğin, basit eğilme etkisindeki bir betonarme kesitin boyutlandırılmasında güç tükenmesi sırasında kesit donatısının elastik bölgeyi geçip, akmaya ulaşmasıyla büyük plastik uzamalar yapması da bir süneklik koşulu olarak kabul edilebilir. Donatının akmaya ulaşmasını sağlamak için kesitteki donatı oranına bir üst sınır getirilebilir. Bir kesitin dönme şekil değiştirmesi göz önüne alınarak, kesit dönme sünekliği tanımlanabileceği gibi, bir taşıyıcı eleman veya taşıyıcı sistem için uygun şekil veya yerdeğiştirme alınarak süneklik tanımlanabilir.

Depremlerden sonra yapılan incelemelerde bir kesitte yeterli eğilme momenti dayanımı bulunmamasının, taşıyıcı sistemi, bütünlüğü bozulmamak koşuluyla her zaman ağır hasara

veya göçmeye götürmediği belirlenmiştir. Ayrıca kesme kuvveti etkisinin karşılanamamasından ortaya çıkan elastik ötesi şekil değiştirmelerin önemli hasarlara neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar, az, orta ve çok katlı binaların tipik bir depremde zorlanması durumunda çözümlenmenin elastik veya elastik ötesi davranış esas alınarak yapılmasına bağlı olmaksızın aynı mertebede yatay yer değiştirmenin meydana geldiğini göstermiştir. Şekil 15’de görüldüğü gibi her iki durumda A ve B’ gibi farklı noktalara erişilmesine karşılık, büyüklüğü aynı mertebeden  $\delta_A$  gibi bir yatay yerdeğiştirme ortaya çıkmaktadır. Verilen bir depremde taşıyıcı sistemin tamamen elastik davranış gösterdiğinin kabulü durumunda yönetmeliklerde öngörülen yüklerin kullanılmasına göre 3 ila 8 kat arasında değişen kesit etkileri ortaya çıkar. Bunun sonucu olarak yapılan incelemeler, dikkati dayanımdan elastik ötesi davranışa kaydırmıştır. Büyük elastik ötesi yer değiştirmelerin meydana gelmesi veya taşıyıcı sistemin sünek olması ile depremde ortaya çıkan enerjinin sönmülenebileceği ve elemanlar arası yardımlaşma ile daha büyük deprem etkilerine karşı konulabileceği öne çıkmıştır. Fakat elastik ötesi şekil değiştirmeler her zaman güvenilecek bir özellik değildir. Yerine göre bir kısmı süneklik sağlarken bir kısmı da meydana gelen büyük ikinci mertebeye etkileri sebebiyle sistemin göçmesine neden olabilir.



Şekil 15. a) Elastik olan ve elastik olmayan kuvvet-yerdeğiştirme bağıntısı, b) Betonarme elemanda yük-yerdeğiştirme bağıntısı

Eksenel yük düzeyi yükseldikçe, betonarme kesitin sünekliği azalır. Bu sebeple, eksenel yük düzeyi çok düşük olan kirişlerin sünekliği kolonlarınkine oranla daha yüksektir. Bu durum göz önünde bulundurularak, betonarme çerçeve sistemlerin

tasarımında plastik mafsalların kirişlerde oluşması istenir. Deprem Yönetmeliği'ndeki kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu, kirişlerin kolonlardan daha sünek bir davranış sergilemesinden kaynaklanmaktadır.

Plastik mafsal, kirişlerin uç bölgelerinde oluşur. Plastik mafsal oluşan kesitlerin deformasyon kapasiteleri, etriye sıklaştırması yapılarak arttırılabilir. Bu sebeple kiriş uç bölgelerinin Deprem Yönetmeliği'nde öngörülmuş olan kurallara göre sarılması gerekmektedir. Yönetmelik, bu sargı bölgesinin uzunluğunu, kolon yüzünden itibaren kiriş derinliğinin iki katı olacak şekilde öngörmektedir. Yani plastik mafsal noktasal değil, bu bölgede yayılıdır.

#### **1.4.8. Temel Zemini ile İlgili Koşullar**

Yapıların normal kullanım koşullarını sağlaması için yapı temel zemininin dayanımının yüksek olması, izin verilenden fazla farklı oturma ile aşırı oturma yapmaması gibi bazı koşulların sağlanması gerekmektedir. Temel zemininin dayanımının aşılması durumunda yapı güvenliği tehlikeye girip göçme meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yapı taşıyıcı sistemi seçiminde temel zemininin gerekli koşulları sağlaması gerekir. Temel zemini olarak kaya zemin gibi dayanımı yüksek olan zeminlerin seçilmesi daha uygun olmaktadır. Ayrıca deprem sırasında suya doygun kumlu zeminlerde meydana gelebilecek zemin sıvılaşması gibi durumlarında dikkate alınması gerekmektedir.

#### **1.4.9. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanları**

Taşıyıcı olmayan yapı elemanları yapıyla ya tam olarak ayrık inşa edilmeli veya tam olarak birlikte çalışacak şekilde inşa edilmelidirler.

Sonuç olarak depreme dayanıklı yapı tasarımında şu noktalara dikkat edilmelidir:

- Yapı planda ve düşey kesitte mümkün olduğunca basit düzenlenmelidir.
- Deprem etkisini taşıyacak elemanlar, planda burulma olmayacak şekilde düzenlenmelidirler.
- Yapı elemanları gerekli ve yeterli dayanımları yanında sünek olmalıdırlar.
- Bina temeli, sağlam ve düzgün özellikli zemine oturmalıdır.

- Yapıda meydana gelen şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler güvenliği tehlikeye sokmamalı ve kullanımı engellememelidir.

### 1.5. Deprem Yönetmeliklerinin Karşılaştırılması

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DY-2007) [1]'deki en önemli değişiklik, Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi başlıklı yeni bir bölümün (Bölüm 7) yönetmeliğe eklenmesidir. Daha önceleri mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili bir bölüm yönetmeliğimizde bulunmamaktaydı. Mevcut binaların değerlendirilmesi, yeni yapılacak binalar ile ilgili tanımlanan esaslar çerçevesinde yapılmaktaydı. Geçmiş yıllardaki yönetmeliklere göre inşa edilmiş bir bina, tasarım açısından deprem yüklerini sağlıklı olarak taşıyabilse dahi, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 (ABYYHY-1998) [2] hükümleri doğrultusunda incelendiğinde çoğunlukla yetersiz olarak nitelendirilmekte ve güçlendirme kararı verilebilmekteydi. Yönetmeliğe eklenen bu yeni bölüm, daha önceleri farklı uygulamalarla sürdürülen mevcut binaların deprem performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusundaki esasları belirlemiştir.

ABYYHY-1998 üç kısım halinde düzenlenmişti. Kısım I-Genel Kurallar da; yönetmeliğin kapsamı ve üzerine bina yapılamayacak arazi belirtilirken, Kısım II-Su Baskını ve Yangın Afetinden Korunma ve Kısım III-Deprem Afetinden Korunma olarak sıralanmıştır.

DY-2007 ise kısımlara ayrılmamıştır. Yönetmeliğin bölümleri sırasıyla; Genel Hükümler (Bölüm 1), Depreme Dayanıklı Binalar için Hesap Kuralları (Bölüm 2), Betonarme Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları (Bölüm 3), Çelik Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları (Bölüm 4), Yığma Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları (Bölüm 5), Temel Zemin ve Temeller için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları (Bölüm 6) ve Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi (Bölüm 7) dir.

ABYYHY-1998 depremin yanı sıra sel, çığ ve kaya düşmesi gibi diğer doğal afetleri de kapsamaktaydı. Ancak bu afetlerle ilgili hükümler son derece kısıtlı olarak yer almaktaydı ve yönetmeliğin çok büyük bölümü depreme karşı yapı tasarımını kapsamaktaydı. Esasında sel, çığ ve kaya düşmesi gibi doğal afetlere yapı tasarımı ile önlem almak mümkün değildir. Bu tür sakıncalı alanlar gerekli hidrolojik ve jeolojik etütlerle belirlenir

ve bu alanlara yapı yapılması planlama önlemleri ile engellenir. Deprem dışındaki diğer doğal afetler ile ilgili yapılaşma hükümleri DY-2007'den çıkarılarak İmar Kanunu'nun ilgili yönetmeliklerine gönderilmiş ve 2007 Yönetmeliği "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" adını alarak gerçek kimliğine ve kapsamına sahip olmuştur [13].

Yeni yönetmelikte Ahşap bina ve bina türü yapılara uygulanacak minimum koşul ve kurallara yer verilmemiştir. Yönetmelik hükümleri betonarme ( yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir. Eski yönetmelikte ayrı bir bölüm olarak bulunan kerpiç yapılara ilişkin ilke ve kurallar yeni yönetmelikte kargir yapılar bölümü içerisinde bulunmaktadır.

Her iki yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır [1, 2].

DY-2007'de yer alan bazı sınır değerler ve hesaplama şekilleri yeniden düzenlenmiş, birçoğuyusa ABYYHY-1998'deki haliyle korunmuştur. Bazı ifadeler ve tanımlar ise anlam karmaşasına yol açılmaması için ve farklı yorumlanmaması için daha net bir biçimde yazılmıştır.

Aşağıda yönetmelikte yapılan başlıca değişiklikler DY-2007'deki bölüm başlıklarına göre irdelenmiştir.

### **1.5.1. Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları**

Her iki yönetmelikte de döşeme sistemlerinin deprem kuvvetlerinin taşıyıcı sistem elemanları arasında güvenle aktarılmasını sağlayacak rijitlik ve dayanıma sahip olması öngörülürken, yeni yönetmelikte ayrıca yeterli rijitlik ve dayanımın olmadığı durumlarda döşemelerde uygun aktarma elemanları düzenlenmesi istenmiştir.

Deprem yönetmeliğinde, düzensiz binalar kısmında tablo ile verilen düzensizlik durumlarına ilişkin koşullardan A4 türü düzensizlik yönetmelikten çıkarılmıştır. ABYYHY-1998'de taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu A4 türü düzensizlik

olarak yer almaktaydı. Tablo 1’de 1998 ve Tablo 2’de 2007 Deprem Yönetmeliği’nde yer alan düzensizlik durumları görülmektedir.

B2-Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (yumuşak kat) durumu ise eski yönetmelikte rijitlik düzensizliği katsayısı  $\eta_{ki}$ ’nin 1.5’ten fazla olması olarak açıklanmışken yeni yönetmelikte katsayının 2.0’dan büyük olmasıdır. Ayrıca  $\eta_{ki}$ ’nin hesaplanmasında kullanılan ortalama görelî kat ötelemesi oranı  $(\Delta_i)_{ort}$  yerine  $(\Delta_i/h_i)_{ort}$  olarak verilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

B1 türü düzensizliğin bulunduğu binalarda aranan kolon ortasında da etriye sıklaştırması koşulu yeni yönetmelikte yer almamaktadır.

Tablo 1. ABYYHY-1998’de tanımlanan düzensizlik durumları

<b>A - PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI</b>	<b>B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI</b>
<p><u>A1 - Burulma Düzensizliği:</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı <math>\eta_{bi}</math>’nin 1.2’den büyük olması durumu [<math>\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} &gt; 1.2</math>] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlilik etkileri gözönüne alınarak, 6.7’ye göre yapılacaktır.</p>	<p><u>B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :</u> Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı’nın, bir üst kattaki etkili kesme alanı’na oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı <math>\eta_{ci}</math>’nin 0.80’den küçük olması durumu. [<math>\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} &lt; 0.80</math>] Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: <math>\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k</math></p>
<p><u>A2 - Döşeme Süreksizlikleri:</u> Herhangi bir kattaki döşemede; I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3’ünden fazla olması durumu, II - Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III - Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	<p><u>B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :</u> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı <math>\eta_{ki}</math>’nin 1.5’tan fazla olması durumu [<math>\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} &gt; 1.5</math>] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlilik etkileri de gözönüne alınarak 6.7’ye göre yapılacaktır.</p>
<p><u>A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması:</u> Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumu</p>	<p><u>B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:</u> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu</p>
<p><u>A4 – Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması:</u> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu</p>	

Tablo 2. DY-2007’de tanımlanan düzensizlik durumları

A- PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI	B- DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
<p><b>A1 - Burulma Düzensizliği:</b> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı <math>\eta_{bi}</math>'nin 1.2'den büyük olması Durumu [<math>\eta_{bi} = (\Delta_i)_{max} / (\Delta_i)_{ort} &gt; 1.2</math>] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak, 2.7'ye göre yapılacaktır.</p>	<p><b>B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :</b> Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı <math>\eta_{ci}</math>'nin 0.80'den küçük olması durumu. [<math>\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} &lt; 0.80</math>] Herhangi bir katta etkili kesme alanının tanımı: <math>\Sigma A_e = \Sigma A_w + \Sigma A_g + 0.15 \Sigma A_k</math></p>
<p><b>A2 - Döşeme Süreksizlikleri:</b> Herhangi bir kattaki döşemede; I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olması durumu, II — Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu, III — Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu</p>	<p><b>B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat):</b> Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği <math>\eta_{ki}</math> 'nin 2.0'den fazla olması durumu [<math>\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort} &gt; 2.0</math> veya <math>\eta_{ki} = (\Delta_i/h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort} &gt; 2.0</math>] Görelî kat ötelemelerinin hesabı, <math>\pm</math> %5 ek dışmerkezlik etkileri de gözönüne alınarak 2.7'ye göre yapılacaktır.</p>
<p><b>A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması:</b> Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu</p>	<p><b>B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği:</b> Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu</p>

Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına eski yönetmelikte belirli şartlar altında (kolonlarda düşey yüklerin ve iç kuvvetlerin %50 arttırılması şartıyla) izin verilirken, DY-2007’de buna hiçbir şekilde izin verilmez.

Farklı deprem doğrultularında farklı süneklik katsayıları (R) kullanabilmeye izin verilmiştir. ABYYHY-1998’e göre değeri küçük olan R katsayısının tüm binaya uygulanması istenmekteydi.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısında (R), bazı binalar için değişikliğe gidilmiştir. Bu değişiklikler karşılaştırmalı olarak Tablo 3’te görülmektedir.

Tablo 3. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı

BİNA TAŞIYICI SİSTEMİ	1998-Deprem Yönetmeliği		2007-Deprem Yönetmeliği	
	Süneklik düzeyi normal sistemler	Süneklik düzeyi yüksek sistemler	Süneklik düzeyi normal sistemler	Süneklik düzeyi yüksek sistemler
<b>1. Yerinde dökme betonarme binalar</b>				
1.1. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	4	8	4	8
1.2. Deprem yüklerinin tamamının bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı binalar	4	7	4	7
1.3. Deprem yüklerinin tamamının boşluksuz perdelerle taşındığı binalar	4	6	4	6
1.4. Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	4	7	4	7
<b>2. Prefabrike betonarme elemanlar</b>				
2.1. Deprem yüklerinin tamamının bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen çerçevelerle taşındığı binalar	3	6	3	7
2.2. Deprem yüklerinin tamamının üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	-	5	-	3
2.3. Deprem yüklerinin tamamının prefabrike veya yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdelerle taşındığı, çerçeve bağlantıları mafsallı olan prefabrike binalar	-	4	-	5
2.4. Deprem yüklerinin, bağlantıları tersinir momentleri aktarabilen prefabrike çerçeveler ile yerinde dökme boşluksuz ve/veya bağ kirişli (boşluklu) perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar	3	5	3	6
<b>3. Çelik binalar</b>				
3.1. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar	5	8	5	8
3.2. Deprem yüklerinin tamamının üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşındığı tek katlı binalar	4	6	-	4
3.3. Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar				
a) çaprazların merkezi olması durumu	3	-	4	5
b) çaprazların dış merkez olması durumu	-	7	-	7
c) betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	6	4	6
3.4. Deprem yüklerinin çerçeveler ile birlikte çaprazlı çelik perdeler veya yerinde dökme betonarme perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar				
a) çaprazların merkezi olması durumu	4	-	5	6
b) çaprazların dış merkez olması durumu	-	8	-	8
c) betonarme perdelerin kullanılması durumu	4	7	4	7



Süneklik düzeyi yüksek betonarme boşluksuz perdeli-çerçevesi sistemlerde verilen süneklik katsayısının (R) doğrudan alınarak kullanılmasının koşulu olarak  $\alpha_M \leq 0.75$  koşulu yeni yönetmelikte  $\alpha_S \leq 0.75$  olarak değiştirilmiştir. Burada;

$\alpha_M$  : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen eğilme momentleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam devrilme momentine oranı

$\alpha_S$  : Süneklik düzeyi yüksek perdelerin tabanında elde edilen kesme kuvvetleri toplamının, binanın tümü için tabanda meydana gelen toplam kesme kuvvetine oranıdır.

Betonarme binaların  $H_N \leq 25$  m olmak şartıyla taşıyıcı sisteminin sadece süneklik düzeyi normal çerçevelerden oluşmasına izin verilirken, yapılan değişiklik ile aynı şartlar altında çelik binalara da izin verilmektedir.

DY-2007’de  $H_W / L_W \leq 2.0$  olan perdelerde hesaplanmış olan iç kuvvetlerin 2’den büyük olmamak üzere  $[3 / (1 + H_W / L_W)]$  katsayısı ile çarpılarak büyütülmesi istenmektedir. Yani kat yüksekliği 3 m olan bir binada, plandaki boyu 2 m olan bir perdede hesaplanan iç kuvvetler 1.2 ile çarpılmalıdır. Aynı örnek bina için plandaki boyu 1.5 m’den fazla olan perdelerde bu işlem yapılmalıdır.

Kolonları üstten mafsallı tek katlı çerçevelerden oluşan binalarda yapımına daha öncede izin verilen asma katların yeni yönetmelikte, binanın oturma alanının %25’inden büyük olmaması istenmiştir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalara ilişkin tabloda binaların yükseklik sınırlamalarında bazı değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler karşılaştırmalı olarak Tablo 4’de görülmektedir.

Tablo 4. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar

Deprem Bölgesi	Bina Türü	1998-Deprem Yönetmeliği	2007-Deprem Yönetmeliği
		Toplam Yükseklik Sınırı	Toplam Yükseklik Sınırı
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı binalar	$H_N \leq 25$ m	$H_N \leq 25$ m
1, 2	Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğin olmadığı binalar	$H_N \leq 60$ m	$H_N \leq 40$ m
3, 4	Tüm binalar	$H_N \leq 75$ m	$H_N \leq 40$ m

Eski yönetmeliğe göre eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın N’inci katı tepesine etkiyen ek eşdeğer deprem yükü;

$H_N \leq 25$  m için,

$$\Delta F_N = 0 \quad (5)$$

$H_N > 25$  m için,

$$\Delta F_N = 0.07 T_1 V_t \leq 0.2 V_t \quad (6)$$

ile belirlenirken, yeni yönetmelikte;

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (7)$$

ile belirlenmektedir.

Eşdeğer deprem yükü yönteminde binanın birinci doğal titreşim periyodu belirlenirken, binanın taşıyıcı sistemine bağlı olarak tanımlanan  $C_t$  katsayısı yeni yönetmelikte kullanılmamaktadır.

Güncel yönetmeliğe göre mod birleştirme yöntemi ile hesaplanan büyüklüklerin alt sınırlarının belirlenmesinde kullanılan katsayı olan  $\beta$ , A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda 0.90, bu düzensizliklerden hiç birinin bulunmaması durumunda ise 0.80 alınmalıdır. Önceki yönetmeliğe göre bu değerler sırasıyla 1.00 ve 0.90 olarak kullanılmaktaydı.

Binalarda balkon, parapet, baca, vb konsol olarak binanın taşıyıcı sistemine bağlı, ancak bağımsız çalışan yapısal çıkıntılar ile cephe, ara bölme panoları, vb yapısal olmayan tüm mimari elemanlara uygulanacak; mekanik ve elektrik donanımlar ile bunların bina taşıyıcı sistem elemanlarına bağlantılarının hesabında kullanılacak eşdeğer deprem yükleri;

Eski yönetmelikte,

$$f_e = w_e A_0 I (1 + H_i / H_N) \quad (8)$$

Yeni yönetmelikte,

$$f_e = 0.5 A_0 I w_e (1 + 2H_i / H_N) \quad (9)$$

ile hesaplanmaktadır.

### 1.5.2. Betonarme Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

DY-2007'ye göre deprem bölgelerinde yapılacak hiç bir betonarme binada C20'den düşük dayanımlı beton kullanılamaz. Önceki yönetmelikte bu sınır C16 (taşıyıcı sistemi sadece süneklik düzeyi yüksek çerçevelerden oluşan binalar ile bina önem katsayısı 1.4 ve 1.5 olan binalar için C20) olarak geçerliydi.

Kendiliğinden yerleşen beton tanımı yönetmeliğe girmiş ve bu tür betonlarda vibratör kullanılmasına gerek olmadığı da belirtilmiştir.

Etriye, çiroz ve döşeme donatıları dışında nervürlü donatı kullanılamaz hükmü getirilmiştir.

Betonarme binaların yapımında kullanılan donatı çeliğinin deneysel olarak bulunan ortalama kopma dayanımı, akma dayanımının en az 1.25 katı olmalıdır yerine bu değer düşürülerek en az 1.15 katı olmalıdır koşulu getirilmiştir.

S420'den daha yüksek dayanımlı donatı çeliğinin kullanılmasına izin verilen donatılar arasına etriyelerde dahil edilmiştir.

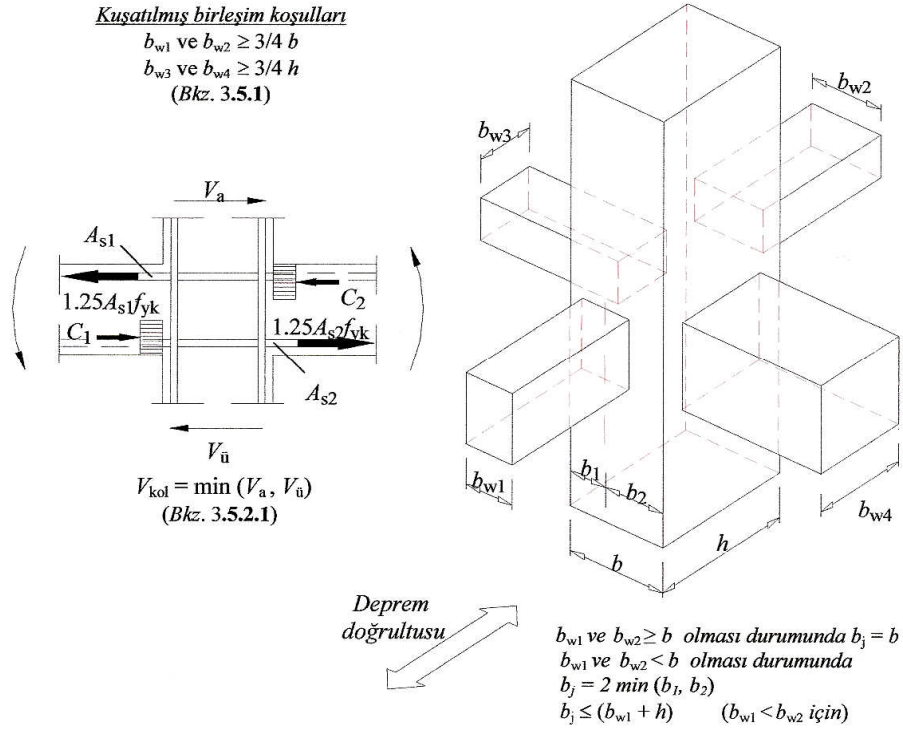
Kaynaklı ve manşonlu ek ve bağlantılarda, kaynak yapılacak donatı çeliğinin karbon eşdeğerinin TS-500 [14]'de verilen sınır değerle kontrol edilmesi istenmiştir.

Kolonlarla ilgili enine donatı koşullarında, konsol kolonlardan bahsedilmiş ve bu tür kolonlarda sarılma bölgesinin kolon alt ucunda kolon büyük boyutunun en az iki katı kadar oluşturulması gerektiği tarif edilmiştir.

Kolon enine donatısı, ABYYHY-1998'e göre temelin içinde en az kolonun dar kenar boyutunun iki katı uzunlukta devam etmeliydi. Fakat yeni yönetmelikte bu kriter değiştirilmiş ve 300 mm'den ve en büyük boyuna donatı çapının 25 katından az olmaması istenmiştir.

Süneklik düzeyi yüksek kirişleri için, her iki taraftan kirişlerin kolonlara birleşmesi durumunda kiriş alt donatıları, açıklığa komşu olan kolon yüzünden itibaren TS-500 [14]'de verilen kenetlenme boyu  $l_b$  kadar uzatılmalıdır. Ayrıca bu uzunluk yeni yönetmeliğe göre  $50\phi$ 'den az olmamalıdır.

Süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kesme kuvveti hesaplanırken, kolona saplanan kirişlerin genişliğinin kolon genişliğinden fazla olması durumu ilk kez dikkate alınmıştır ( $b_{w1}$  ve  $b_{w2} \geq b$  olması durumu) (Şekil 16).



Şekil 16. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği

Süneklik düzeyi normal olan kolonlar için sarılma bölgesindeki enine donatı aralığı kriterleri, en küçük enkesit boyutunun 1/3'ünden, en küçük boyuna donatı çapının 8 katından ve 150 mm'den az olmalı şeklinde net olarak ortaya konmuştur.

Süneklik düzeyi normal kirişler için enine donatı koşulları, kesme güvenliği açısından daha elverişsiz bir değer elde edilmedikçe, etriye aralıkları kiriş yüksekliğinin 1/3'ünü, en büyük boyuna donatı çapının 10 katını ve 200 mm'yi aşmayacaktır. ABYYHY-1998'de ise kiriş yüksekliğinin 1/4'ü ve en küçük boyuna donatı çapının 8 katı üst sınır olarak verilmiştir.

Yenilenen yönetmelikte betonarme uygulama projesi çizimlerine ilişkin kurallar kısmında, temelden çıkan kolon ve perde filiz donatıları ve bunlarla ilişkili enine donatının sayısı, çap, aralık ile açıklıklarının çizimde özellikle gösterilmesi istenmiştir.

### 1.5.3. Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

DY-2007’de Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları bölümü yürürlükten kaldırılan yönetmeliğe göre oldukça genişletilmiş, ayrıca kiriş-kolon birleşim detayları ile ilgili koşullar ek halinde ayrıntılı olarak sunulmuştur.

ABYYHY-1998’de kaynaklı birleşimlerle ilgili koşullar bulunmamaktaydı ve doğrudan TS 3357 (Çelik Yapılarda Kaynaklı Birleşimlerin Hesap ve Yapım Kuralları-Nisan 1979)’ye atıf yapılmaktaydı. Yenilenen yönetmelikte ise bulonlu ve kaynaklı birleşimlerle ilgili kurallar verilmiş ve verilen bu kuralların dışında kalan hususlar için TS 3357’deki kurallara uyulması istenmiştir. Ayrıca yapı çeliklerinde aranan özellikler ve standartlar da yönetmelik içerisinde açıklanmıştır.

Çerçeve sistemlerin kiriş ve kolonlarının sağlaması gereken enkesit koşulları yönetmeliğe girmiştir. Daha önceden çerçevelerin boyutlandırılması için TS 4561 (Çelik Yapıların Plastik Teoriye Göre Hesap Kuralları-Ekim 1985) işaret edilmekteydi. Sadece 1-2 katlı binaların tasarımı için taşıma gücü yöntemine göre hesabında kullanılabilen TS 4561’e yeni yönetmelikte atıf yapılmamaktadır.

Çelik binaların taşıyıcı sistemlerinden çelik çaprazlı perdeler, çaprazların düzenine göre merkezi ve dışmerkez olarak ayrı ayrı irdelenmiştir. Yönetmeliğe göre; çaprazların çerçeve düğüm noktalarına merkezi olarak bağlandığı Merkezi Çelik Çaprazlı Perdeler, süneklik düzeyi yüksek veya süneklik düzeyi normal sistem olarak boyutlandırılabilirler. Buna karşılık, çaprazların çerçeve düğüm noktalarına dışmerkez olarak bağlandığı Dışmerkez Çelik Çaprazlı Perdeler, süneklik düzeyi yüksek sistem olarak boyutlandırılmalıdır.

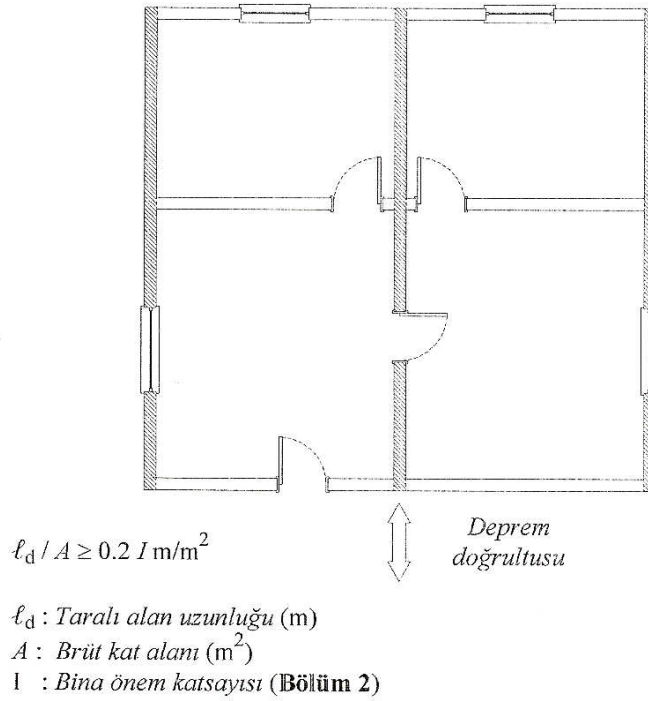
### 1.5.4. Yığma Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

ABYYHY-1998’de ayrı bir bölüm olarak bulunan Kerpiç Yapılar ile ilgili tasarım kuralları, yeni yönetmelikte Yığma Binalara dahil edilerek ayrı bir bölüm olmaktan çıkarılmıştır. Böylece genel olarak daha düşük minimum koşullar sağlaması istenen kerpiç yapılar için bazı yönlerden yığma binalarla aynı koşulları taşıması sağlanmıştır.

Yığma binalar için zorunlu olmayan deprem hesabı, yeni yönetmeliğe göre zorunlu olarak yapılmalıdır. Ayrıca deprem hesabı yapılması durumunda kullanılacak deprem yükü azaltma katsayısı  $R_a(T_1)$  azaltılarak 2.0 olarak öngörülmüştür.

Yeni yönetmelikte yığma binalar için yığma duvar gerilmelerinin hesabı için koşullar verilerek tasarımda bunların da sağlanması istenmiştir (kerpiç binalar için geçerli değildir).

Planda birbirine dik doğrultuların her biri boyunca uzanan taşıyıcı duvarların, pencere ve kapı boşlukları sayılmaksızın toplam uzunluğunun brüt kat alanına (konsol döşeme alanları hariç) oranının, I bina önem katsayısını göstermek üzere;  $(0.20 I) \text{ m/m}^2$ 'den az olmaması öngörülmüştür (Şekil 17). Bu oran yürürlükten kaldırılan yönetmelikte; yığma binalar için  $(0.25 I) \text{ m/m}^2$ , kerpiç binalar için ise  $0.25 \text{ m/m}^2$  idi. Yani taşıyıcı duvar uzunluklarının bir miktar daha fazla olması istenmekteydi.



Şekil 17. Yığma binalar için bir doğrultudaki taşıyıcı duvarlar

Kerpiç yapılar hariç yığma yapılarda, taşıyıcı duvarların izin verilen en büyük desteklenmemiş uzunluğu birinci derece deprem bölgeleri için 5.5 m olarak korunurken diğer deprem bölgeleri için 7.0 m yerine 7.5 m olmasına izin verilmiştir.

Kerpiç duvarlı binalarda, önceki yönetmeliğe göre kapı boşluklarına düşeyde 2.10 m'ye kadar izin verilirken artık 1.90 m ile sınırlandırılmıştır.

### **1.5.5. Temel Zemini ve Temeller İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları**

Yönetmeliğin bu bölümü hemen hemen eski yönetmeliğin aynısıdır. Yalnız zemin dayanma (istinat) yapılarına ilişkin koşullarda, kaymaya karşı güvenlik katsayısı en az 1.0 ve devrilmeye karşı güvenlik katsayısı en az 1.2 olarak belirlenmiştir. Bu değerler eski yönetmelikte, kaymaya karşı güvenlik katsayısı en az 1.1 ve devrilmeye karşı güvenlik katsayısı en az 1.3 olarak verilmekteydi.

## **1.6. Mevcut Betonarme Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi**

### **1.6.1. Kapsam**

Deprem bölgelerinde bulunan mevcut ve güçlendirilecek tüm binaların ve bina türü yapıların deprem etkileri altındaki davranışlarının değerlendirilmesinde uygulanacak hesap kuralları, güçlendirme kararlarında esas alınacak ilkeler ve güçlendirilmesine karar verilen binaların güçlendirme tasarımı ilkeleri yönetmelikte Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi başlıklı Bölüm 7'de tanımlanmıştır. Bina da hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın deprem performansı yönetmeliğin bu bölümünde verilen yöntemlerle belirlenemez. Ancak, binada hasara neden olan bir deprem sonrasında hasarlı binanın güçlendirilmesi ve daha sonra güçlendirilmiş binanın deprem performansının belirlenmesi için bu bölümde verilen esaslar uygulanır.

### **1.6.2. Binalardan Bilgi Toplanması**

#### **1.6.2.1. Binalardan Toplanacak Bilginin Kapsamı**

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

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

### 1.6.2.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesiyle elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak bilgi düzeyi katsayıları tanımlanır. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları Tablo 5’de verilmiştir. Bilgi düzeyleri sırasıyla sınırlı, orta ve kapsamlı olarak sınıflandırılır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır.

- Sınırlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir. Sınırlı bilgi düzeyi; hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık, belediye yönetim binaları ve afet yönetim merkezleri gibi Deprem Sonrası Hemen Kullanımı Gereken Binalar ile okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kıışlalar, cezaevleri ve müzeler gibi İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar için uygulanamaz.
- Orta bilgi düzeyi’nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer projeler mevcut ise, sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.
- Kapsamlı bilgi düzeyi’nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

Tablo 5. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00



### 1.6.2.3. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

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

b) Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı kabul edilir. Bu kabulün doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların her birinden %10 ve kirişlerin her birinden %5 oranında elemanın pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespit edilir. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan eleman yüzeyleri daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılmalıdır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenmelidir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleşme katsayısı kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenmelidir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenir.

c) Malzeme Özellikleri: Kolonlardan veya perdelerden TS 10465 (Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini-Kasım 1992)'de belirtilen koşullara göre her katta en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılır ve bu karotlardan elde edilen en düşük basınç dayanımı mevcut beton dayanımı olarak alınır. Donatı sınıfı, yüzeyi sıyrılan elemanlarda gözle yapılan incelemeyle tespit edilecek ve bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı kabul edilir. Bu inceleme sırasında donatısında korozyon gözlenen elemanlar, planda işaretlenerek ve eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır.

#### 1.6.2.4. Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

a) Bina Geometrisi: Betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projeye uygun olup olmadığı kontrol edilir. Proje yoksa, saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılır. Elde edilen bilgiler, tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var, yok) belirlenir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenir.

b) Eleman Detayları: Binanın betonarme projeleri veya imalat çizimleri mevcut değilse, yukarıda açıklanan sınırlı bilgi düzeyindeki koşullar geçerlidir ancak donatı kontrolü yapılacak kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %25'inden ve kiriş sayısının %10'undan az olamaz. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için sınırlı bilgi düzeyindeki işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanlarda uygulanır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı, kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1.0'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenir.

c) Malzeme Özellikleri: Kolonlardan veya perdelerden her katta toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam dokuz adetten az olmamak üzere, her 400 m<sup>2</sup>'den bir adet beton örneği (karot) TS 10465'e uygun şekilde alınarak deney yapılır. Eleman kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilerek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak alınır. Bu incelemede, donatısında

korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenir ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır.

#### **1.6.2.5. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi**

a) Bina Geometrisi: Betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projeye uygun olup olmadığı kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılır ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenir. Komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var, yok) belirlenir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas bir şekilde tanımlanması için gerekli bilgileri içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılan yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenir.

b) Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için orta bilgi düzeyindeki işlemler, aynı sayıdaki betonarme elemanda uygulanır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden donatı gerçekleştirme katsayısı, kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1.0'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenir.

c) Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam dokuz adetten az olmamak üzere, her 200 m<sup>2</sup>'den bir adet beton örneği (karot) TS 10465'e uygun şekilde alınarak deney yapılır. Eleman kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri mevcut beton dayanımı olarak alınır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilip, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılır, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekil değiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı mevcut çelik dayanımı olarak alınır. Uygun değilse, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapıp, elde edilen en elverişsiz

değerler eleman kapasite hesaplarında mevcut çelik dayanımı olarak kullanılır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenerek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınır.

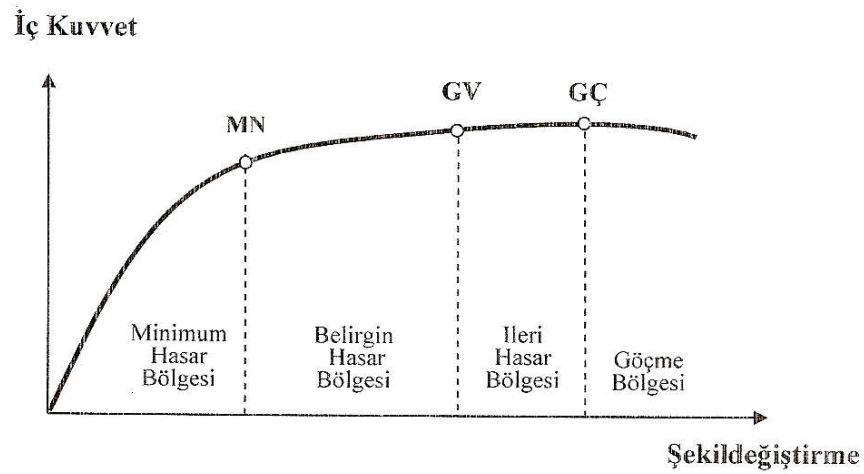
### 1.6.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

#### 1.6.3.1. Kesit Hasar Sınırları

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

#### 1.6.3.2. Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitlerin hasarları MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde ve GÇ'yi aşan elemanlar ise Göçme Bölgesi'nde yer alırlar (Şekil 18).



Şekil 18. Kesit hasar bölgeleri

### 1.6.3.3. Kesit ve Eleman Hasarlarının Tanımlanması

Doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri ile hesaplanan iç kuvvetlerin ve/veya şekil değiştirmelerin, kesit hasar sınırlarına karşı gelmek üzere tanımlanan sayısal değerler ile karşılaştırılmasıyla, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilir. Eleman hasarı, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir.

### 1.6.4. Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Mevcut veya güçlendirilmiş binaların deprem performansını belirlemek için doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri kullanılabilir. Ancak, teorik olarak farklı yaklaşımları esas alan bu yöntemlerle yapılacak performans değerlendirmelerinin birebir aynı sonucu vermesi beklenmemelidir. Buradaki genel ilke ve kurallar her iki türdeki yöntemler içinde geçerlidir.

- Deprem etkisinin tanımında elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılır, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde gerekli değişiklikler yapılır. Bu değişiklikler Binalar için Hedeflenen Performans Düzeyleri kısmında verilecektir. Deprem hesabında yönetmelikte tanımlanan Bina Önem Katsayısı uygulanmaz ( $I=1.0$ ).
- Binaların deprem performansı, yapıya etkileyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilir.
- Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilir.
- Zemin parametreleri yönetmeliğin ilgili bölümünden alınır.
- Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yer değiştirme ve şekil değiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanmalıdır.
- Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanır, ayrıca dışmerkezlik uygulanmaz.

- Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre bilgi düzeyi katsayıları aracılığıyla hesaplara yansıtılır.
- Kısa kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boylarıyla tanımlanırlar.
- Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınabilir.
- Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramları tanımlanırken, analizde beton ve donatı çeliğinin bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınır. Ayrıca betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.0003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi 0.01 alınabilir.
- Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlama kesite ait etkin eğilme rijitlikleri;

Kirişlerde,

$$(EI)_e = 0.40 (EI)_0 \quad (10)$$

kolon ve perdelerde,

$$N_D / (A_c f_{cm}) \leq 0.10 \quad \text{ise} \quad (EI)_e = 0.40 (EI)_0 \quad (11)$$

$$N_D / (A_c f_{cm}) \geq 0.40 \quad \text{ise} \quad (EI)_e = 0.80 (EI)_0 \quad (12)$$

olarak kullanılır.

- Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılabilir.
- Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyu yersiz ise, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatının akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılabilir.

### 1.6.5. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Binaların deprem performanslarının belirlenmesi için kullanılan doğrusal elastik hesap yöntemleri, Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemidir.

Eşdeğer deprem yüğü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 m'yi ve toplam kat sayısı 8'i geçmeyen, ayrıca ek dışmerkezlilik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı  $\eta_{bi} < 1.4$  olan binalara uygulanır. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) Denk. 13'e göre hesabında  $R_a = 1$  alınır.  $\lambda$  katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınır.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_d(T_1)} \geq 0.10 A_0 IW \lambda \quad (13)$$

Mod birleştirme yöntemi ile mevcut binalar için hesap yapılırken Denk. 13'de  $R_a = 1$  alınır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan moda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınır.

#### 1.6.5.1. Betonarme Binaların Yapı Elemanlarında Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

a) Doğrusal elastik hesap yöntemleri ile betonarme sünek elemanların hasar düzeylerinin belirlenmesinde kiriş, kolon ve perde elemanlarının ve güçlendirilmiş dolgu duvarı kesitlerinin etki/kapasite oranları ( $r$ ) olarak ifade edilen sayısal değerler kullanılır.

b) Betonarme elemanlar, kırılma türü eğilme ise "sünek", kesme ise "gevrek" olarak sınıflandırılır.

Kolon, kiriş ve perdelerin sünek eleman olarak sayılabilmeleri için bu elemanların kritik kesitlerinde eğilme kapasitesi ile uyumlu olarak hesaplanan kesme kuvveti  $V_e$ 'nin, mevcut malzeme dayanımı değerleri kullanılarak TS 500'e göre hesaplanan kesme kapasitesinin  $V_r$ 'yi aşmaması gerekir.  $V_e$ 'nin hesabı yönetmelikte süneklik düzeyi yüksek kolon, kiriş ve perdeler için verilen şekilde yapılacaktır. Denk. 14'e göre yapılan perdeler için  $V_e$ 'nin hesabında  $\beta_v = 1$  alınır (yeni binalarda  $\beta_v = 1.5$ ).

$$V_e = \beta_v \frac{(M_p)_t}{(M_d)_t} V_d \quad (14)$$

Kolon, kiriş ve perdelerde  $V_e$ 'nin hesabında pekleşmeli taşıma gücü momentleri yerine taşıma gücü momentleri kullanılır. Düşey yükler ile birlikte  $R_a = 1$  alınarak depremden hesaplanan toplam kesme kuvvetinin  $V_e$ 'den küçük olması durumunda ise,  $V_e$  yerine bu kesme kuvveti kullanılır.

Yukarıda verilen süneklik koşullarını sağlamayan betonarme elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanır.

c) Sünek kiriş, kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında  $R_a=1$  alınarak hesaplanan kesit momentinin kesit artık moment kapasitesine bölünmesiyle elde edilir. Etki/kapasite oranının hesabında, uygulanan deprem kuvvetinin yönü dikkate alınmalıdır.

Kesit artık moment kapasitesi, kesitin eğilme momenti kapasitesi ile düşey yükler altında kesitte hesaplanan moment etkisinin farkıdır. Kiriş mesnetlerinde düşey yükler altında hesaplanan moment etkisi, yeniden dağılım ilkesine göre en fazla %15 oranında azaltılabilir.

Kolon ve perde kesitlerinin etki/kapasite oranları, yönetmelik ekinde verilen şekilde hesaplanabilir.

Sarıma bölgesindeki enine donatı koşulları bakımından yönetmelikte süneklik düzeyi yüksek kolonlar için verilen donatı koşullarını sağlayan betonarme kolonlar, süneklik düzeyi yüksek kirişler için verilen enine donatı koşullarını sağlayan kirişler ve uç bölgelerinde süneklik düzeyi yüksek perdeler için verilen donatı koşullarını sağlayan perdeler "sargılanmış", sağlamayanlar ise "sargılanmamış" eleman sayılır. Sargılanmış elemanlarda sargı donatılarının yönetmeliğe göre özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmiş olması zorunludur.

d)  $H_w/l_w \leq 2.0$  koşulunu sağlayan betonarme perdelerin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranı, deprem etkisi altında hesaplanan kesme kuvvetinin kesme kuvveti dayanımına oranıdır. Köşegen çubuklar ile modellenen güçlendirilmiş dolgu duvarlarında oluşan kesme kuvvetleri, çubuğun aksel kuvvetinin yatay bileşeni olarak göz önüne alınır. Güçlendirilmiş dolgu duvarlarının kesme kuvveti dayanımının hesabı yönetmelik ekinde verilmiştir.



e) Hesaplanan kiriş, kolon ve perde kesitlerinin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlarının etki/kapasite oranları ( $r$ ), Tablo 6-9'da verilen sınır değerler ( $r_s$ ) ile karşılaştırılarak elemanların hangi hasar bölgesinde olduğuna karar verilir. Tablolardaki ara değerler için doğrusal enterpolasyon uygulanır.

Ancak  $H_w/l_w \leq 2.0$  koşulunun sağlandığı betonarme perdelerde, Tablo 8'de verilen ( $r_s$ ) sınır değerleri  $[(1 + H_w/l_w) / 3] \geq 0.5$  katsayısı ile çarpılarak küçültülmelidir.

Betonarme binalardaki güçlendirilmiş dolgu duvarlarının hasar bölgelerinin belirlenmesinde ayrıca Tablo 9'da verilen görel kat öteleme oranı sınırları göz önüne alınır. Görel kat öteleme oranı, ilgili katta hesaplanan en büyük görel kat ötelemesinin kat yüksekliğine bölünmesiyle elde edilir.

Tablo 6. Betonarme kirişler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ )

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

Tablo 7. Betonarme kolonlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ )

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

Tablo 8. Betonarme perdeler için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ )

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Perde Uç Bölgesinde Sargılama			
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde tüm sınır durumları için birleşime etki eden ve yönetmeliğin süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşim bölgelerine ilişkin hesaplanan kesme kuvvetlerinin verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Birleşim kesme kuvvetinin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanır

Tablo 9. Güçlendirilmiş dolgu duvarlar için hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ) ve görelî kat ötelemesi oranları

$l_{duvar} / h_{duvar}$ oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı ( $r_s$ )	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

### 1.6.5.2. Görelî Kat Ötelemelerinin Kontrolü

Doğrusal elastik yöntemlerle yapılan hesapta her bir deprem doğrultusunda, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdelerin görelî kat ötelemeleri, her bir hasar sınırı için Tablo 10'da verilen değeri aşmamalıdır. Aksi halde yukarıda yapılan hasar değerlendirmeleri göz önüne alınmaz. Tablo 10'da,  $\delta_{ji}$  i'inci katta j'inci kolon veya perdenin alt ve üst uçları arasında yerdeğiştirme farkı olarak hesaplanan görelî kat ötelemesini,  $h_{ji}$  ise ilgili elemanın yüksekliğini göstermektedir.

Tablo 10. Göreli kat ötelemesi sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GC
$\delta_{ji} / h_{ji}$	0.01	0.03	0.04

### 1.6.6. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri ile Belirlenmesi

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, yönetmeliğin bu bölümünde tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleriyle karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirilmesi yapılır.

DY-2007 kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

#### 1.6.6.1. Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol

Artımsal itme analizi kullanılarak yapılacak doğrusal elastik olmayan performans değerlendirilmesinde izlenecek adımlar aşağıda özetlenmiştir:

a) Artımsal itme analizinden önce, kütlelerle uyumlu düşey yüklerin göz önüne alındığı bir doğrusal olmayan statik analiz yapılarak bu analizin sonuçları, artımsal itme analizinin başlangıç koşulları olarak dikkate alınır.

b) Artımsal itme analizinin artımsal eşdeğer deprem yüğü yöntemi ile yapılması durumunda, koordinatları "modal yerdeğiştirme-modal ivme" olarak tanımlanan birinci (hakim) moda ait modal kapasite diyagramı elde edilir. Bu diyagram ile birlikte, elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrumda yapılması gereken

değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait modal yerdeğiştirme istemi belirlenir. Son aşamada, modal yerdeğiştirme istemine karşı gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

c) Artımsal itme analizinin artımsal mod birleştirme yöntemi ile yapılması durumunda, göz önüne alınan bütün modlara ait “modal kapasite diyagramları” ile birlikte modal yerdeğiştirme istemleri de elde edilip, bunlara bağlı olarak taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme (plastik dönmeler) ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

d) Plastikleşen (sünek) kesitlerde hesaplanmış bulunan plastik dönme istemlerinden plastik eğrilik istemleri ve 1.6.6.6’ya göre toplam eğrilik istemleri elde edilir. Daha sonra bunlara bağlı olarak betonarme kesitlerde betonda ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme istemleri hesaplanır. Bu istem değerleri, kesit düzeyinde çeşitli hasar sınırları için 1.6.6.7’de tanımlanan ilgili birim şekildeğiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılarak kesit düzeyinde sünek davranışa ilişkin performans değerlendirmesi yapılır. Analiz sonucunda elde edilen kesme kuvveti istemleri ise, 1.6.6.8’de tanımlanan kapasitelerle karşılaştırılıp kesit düzeyinde gevrek davranışa ilişkin performans değerlendirilmesi yapılmalıdır.

### **1.6.6.2. Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi**

a) Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesi için, literatürde geçerliliği kanıtlanmış modeller kullanılabilir. Ancak, mühendislik uygulamalarındaki yaygınlığı ve pratikliği nedeniyle aşağıdaki kısımlarda doğrusal elastik olmayan analiz için yığılı plastik davranış modeli esas alınmıştır. Basit eğilme durumunda plastik mafsal hipotezi’ne karşılık gelen bu modelde, çubuk eleman olarak idealleştirilen kiriş, kolon ve perde türü taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekildeğiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsal boyu olarak adlandırılan plastik şekildeğiştirme bölgesi’nin uzunluğu ( $L_p$ ), çalışan doğrultudaki kesit boyutu ( $h$ )’nin yarısına eşit alınır ( $L_p = 0.5 h$ ).  $H_w/I_w \leq 2.0$  olan perdelerde, eğilme etkisi altında plastik şekildeğiştirmeler göz önüne alınmaz.

b) Sadece eksenel kuvvet altında plastik şekildeğiştirme yapan elemanların plastik şekildeğiştirme bölgelerinin uzunluğu, ilgili elemanın serbest boyuna eşit alınır.

c) Yığılı plastik şekildeğiştirmeyi temsil eden plastik kesit'in, teorik olarak yukarıda tanımlanan plastik şekildeğiştirme bölgesinin tam ortasına yerleştirilmesi gerekir. Ancak pratik uygulamalarda aşağıda belirtilen yaklaşık idealleştirmelere izin verilebilir:

Kolon ve kirişlerde plastik kesitler, kolon-kiriş birleşim bölgesinin hemen dışına, diğer deyişle kolon veya kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulabilir. Ancak, düşey yüklerin etkisinden ötürü kiriş açıklıklarında da plastik mafsalların oluşabileceği göz önüne alınmalıdır.

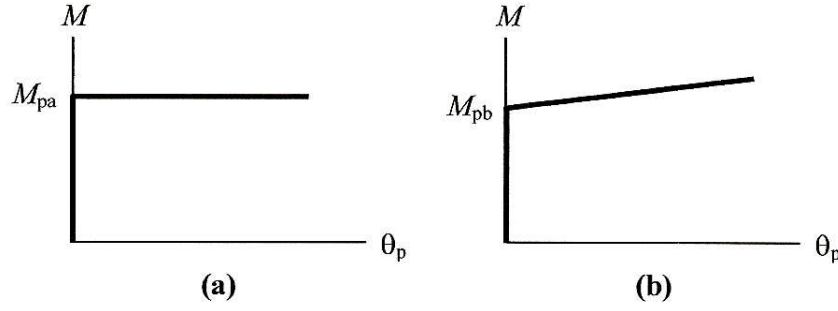
Betonarme perdelerde, plastik kesitlerin her katta perde kesiminin alt ucuna konulmasına izin verilebilir. U, T, L veya kutu kesitli perdeler, bütün kolları birlikte çalışan tek perde olarak idealleştirilmelidir. Binaların bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunması durumunda, bu perdelerden üst katlara doğru devam eden perdelerin plastik kesitleri bodrum üstünden başlamak üzere konulmalıdır.

d) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisinde plastikleşen betonarme kesitlerin akma yüzeyleri olarak yönetmelikte tanımlanan koşullara göre belirlenen etkileşim diyagramları kullanılacaktır. Akma yüzeyleri, uygun biçimde doğrusallaştırılarak iki boyutlu davranış durumunda akma çizgileri, üç boyutlu davranış durumunda ise akma düzlemleri olarak modellenebilir.

e) İtme analizi modelinde kullanılacak plastik kesitlerin iç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntıları ile ilgili olarak aşağıdaki paragraflar dikkate alınmalıdır:

İç kuvvet-plastik şekildeğiştirme bağıntılarında pekleşme etkisi (plastik dönme artışına bağlı olarak plastik momentin artışı) yaklaşık olarak terk edilebilir (Şekil 19a). Bu durumda, bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında, iç kuvvetlerin akma yüzeyinin üzerinde kalması koşulu ile plastik şekildeğiştirme vektörünün akma yüzeyine yaklaşık olarak dik olması koşulu göz önüne alınmalıdır.

Pekleşme etkisinin göz önüne alınması durumunda (Şekil 19b), bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki kesitlerde plastikleşmeyi izleyen itme adımlarında iç kuvvetlerin ve plastik şekildeğiştirme vektörünün sağlanması gereken koşullar, ilgili literatürden alınan uygun bir pekleşme modeline göre tanımlanabilir.



Şekil 19. İç kuvvet-plastik dönme ilişkisi

f) Güçlendirilen herhangi bir dolgu duvarı, kendisini çevreleyen kolon ve kirişlerle birlikte iki ucu mafsallı köşegen eşdeğer basınç ve/veya çekme çubuğu olarak yukarıda (b) maddesine göre idealleştirilir. İtme analizinde elasto-plastik (pekleşmesiz) bir eleman olarak modellenen eşdeğer çubuğun başlangıçtaki doğrusal elastik davranışına ilişkin aksel rijitliği ile aksel akma dayanımı yönetmelik ekinde verilen şekilde belirlenir. Duvar için tanımlanan kesme dayanımı, köşegen eşdeğer basınç çubuğunun aksel akma dayanımının yatay bileşenidir.

### 1.6.6.3. Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile İtme Analizi

a) Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizinin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

b) Artımsal eşdeğer deprem yüğü yönteminin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının  $\eta_{bi} < 1.4$  koşulunu sağlaması gerekir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

c) Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınmalıdır.

d) Yukarıda tanımlanan sabit yük dağılımına göre yapılan itme analiziyle, koordinatları “tepe yerdeğiştirmesi-taban kesme kuvveti” olan itme eğrisi elde edilir. Tepe yerdeğiştirmesi, binanın en üst katındaki kütle merkezinde, göz önüne alınan x deprem doğrultusunda her itme adımında hesaplanan yerdeğiştirme. Taban kesme kuvveti ise, her adımda eşdeğer deprem yüklerinin x deprem doğrultusundaki toplamıdır. İtme eğrisine uygulanan koordinat dönüşümü ile, koordinatları “modal yerdeğiştirme-modal ivme” olan modal kapasite diyagramı aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal ivme  $a_1^{(i)}$  aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$a_1^{(i)} = \frac{V_{x1}^{(i)}}{M_{x1}} \quad (15)$$

(i)'inci itme adımında birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal yerdeğiştirme  $d_1^{(i)}$ 'nin hesabı için ise, şu bağıntıdan yararlanılabilir:

$$d_1^{(i)} = \frac{u_{xN1}^{(i)}}{\Phi_{xN1} \Gamma_{x1}} \quad (16)$$

Birinci (deprem doğrultusunda hakim) moda ait modal katkı çarpanı  $\Gamma_{x1}$ , yönetmelikte Mod Birleştirme Yöntemi içerisinde verilen ve x deprem doğrultusunda taşıyıcı sistemin başlangıç adımındaki doğrusal elastik davranışı için tanımlanan  $L_{x1}$  ve  $M_1$ 'den yararlanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\Gamma_{x1} = \frac{L_{x1}}{M_1} \quad (17)$$

e) Yukarıdaki (c)'ye alternatif olarak, artımsal itme analizi sırasında eşdeğer deprem yükü dağılımı, her bir itme adımında öncekilere göre değişken olarak göz önüne alınabilir. Bu durumda yük dağılımı, her bir itme adımı öncesinde taşıyıcı sistemde oluşmuş bulunan tüm plastik kesitler göz önüne alınarak hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) titreşim mod şeklinin genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olarak tanımlanmalıdır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri yukarıda (c)'deki gibi tanımlanır.

f) İtme analizi sonucunda yukarıda (d)'ye göre elde edilen modal kapasite diyagramı ile birlikte, yönetmelikte tanımlanan elastik davranış spektrumu ve farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde 1.6.8. Binalar için performans hedefleri bölümüne göre yapılan değişiklikler göz önüne alınarak, birinci (hakim) moda ait maksimum modal yerdeğiştirme, diğer deyişle modal yerdeğiştirme istemi hesaplanır. Tanım olarak modal yerdeğiştirme istemi,  $d_1^{(p)}$ , doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{d1}$ 'e eşittir:

$$d_1^{(p)} = S_{d1} \quad (18)$$

Doğrusal olmayan (nonlinear) spektral yerdeğiştirme  $S_{d1}$ 'in belirlenmesine ilişkin işlemler yönetmelikte bilgilendirme eki olarak verilmiştir.

g) Son itme adımı  $i = p$  için Denk. 18'e göre belirlenen modal yerdeğiştirme istemi  $d_1^{(p)}$ 'nin Denk. 16'da yerine konması ile,  $x$  deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirmesi istemi,

$$u_{xN1}^{(p)} = \Phi_{xN1} \Gamma_{x1} d_1^{(p)} \quad (19)$$

Buna karşı gelen diğer tüm istem büyüklükleri (yerdeğiştirme, şekildeğiştirme ve iç kuvvet istemleri) mevcut itme analizi dosyasından elde edilir veya tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar yapılacak yeni bir itme analizi ile hesaplanır.



#### 1.6.6.4. Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal mod birleştirme yönteminin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekliyle orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak mod birleştirme yönteminin artımsal olarak uygulanmasıdır. Ardışık iki plastik kesit oluşumu arasındaki her bir itme adımında, taşıyıcı sistemde “adım adım doğrusal elastik” davranışın esas alındığı bu tür bir itme analizi yöntemi DY-2007 ekinde yer almaktadır.

#### 1.6.6.5. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yönteminin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

#### 1.6.6.6. Birim Şekildeğiştirme İstemlerinin Belirlenmesi

Doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerine göre yapılan hesap sonucunda çıkış bilgisi olarak herhangi bir kesitte elde edilen  $\theta_p$  plastik dönme istemine bağlı olarak plastik eğrilik istemi, şu bağıntı ile hesaplanır:

$$\phi_p = \frac{\theta_p}{L_p} \quad (20)$$

Amaca uygun olarak seçilen bir beton modeli ile pekleşmeyi de göz önüne alan donatı çeliği modeli kullanılarak, kesitteki aksenal kuvvet istemi altında yapılan analizden elde edilen iki doğrulu moment-eğrilik ilişkisi ile tanımlanan  $\phi_y$  eşdeğer akma eğriliği, Denk.

20 ile tanımlanan  $\phi_p$  plastik eğrilik istemine eklenerek, kesitteki  $\phi_t$  toplam eğrilik istemi elde edilir:

$$\phi_t = \phi_y + \phi_p \quad (21)$$

Betonarme sistemlerde betonun basınç birim şekildeğiştirme istemi ile donatı çeliğindeki birim şekildeğiştirme istemi, Denk. 16 ile tanımlanan toplam eğrilik istemine göre moment-eğrilik analizi ile hesaplanır.

#### 1.6.6.7. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

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

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

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

$$(\varepsilon_{cu})_{MN} = 0.0035 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{MN} = 0.010 \quad (22)$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GV} = 0.0035 + 0.01 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.0135 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GV} = 0.040 \quad (23)$$

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

$$(\varepsilon_{cg})_{GC} = 0.004 + 0.014 (\rho_s / \rho_{sm}) \leq 0.018 \quad ; \quad (\varepsilon_s)_{GC} = 0.060 \quad (24)$$

Gözönüne alınan enine donatıların özel deprem etriyeleri ve çirozları olarak düzenlenmesi zorunludur.

#### **1.6.6.8. Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Kesme Kuvveti Kapasiteleri**

Kolon-kiriş birleşim bölgeleri dışında tüm betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının gevrek kırılma kontrollerinde kullanılacak kesme kuvveti dayanımları TS 500'e göre belirlenir. Kesme kuvveti dayanımı hesabında mevcut dayanım değerleri kullanılır. Kesme kuvveti dayanımının kesme kuvveti isteminden küçük olduğu elemanlar, gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanır.

Betonarme kolon-kiriş birleşimleri için yönetmeliğin süneklik düzeyi yüksek çerçeve sistemlerinde kolon-kiriş birleşim bölgelerine ilişkin hesaplanan kesme kuvvetlerinin verilen kesme dayanımlarını aşmaması gerekir. Kesme kuvveti isteminin kesme dayanımını aşması durumunda, kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek olarak hasar gören eleman olarak tanımlanır.

#### **1.6.7. Bina Deprem Performansının Belirlenmesi**

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Doğrusal elastik ve elastik olmayan hesap yöntemlerinin uygulanması ve eleman hasar bölgelerine karar verilmesi ile bina deprem performans seviyesi belirlenir.

##### **1.6.7.1. Hemen Kullanım Performans Düzeyi**

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

### 1.6.7.2. Can Güvenliği Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören elemanlar varsa, güçlendirilmeleri kaydıyla şu koşulları taşıyan binaların Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir:

a) Herhangi bir katta, uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, ikincil (yatay yük taşıyıcı sisteminde yer almayan) kirişler hariç olmak üzere, kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesi'ne geçebilir.

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

c) Diğer taşıyıcı elemanların tümü Minimum Hasar Bölgesi veya Belirgin Hasar Bölgesi'ndedir. Ancak, herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin ikisinde birden Minimum Hasar Sınırı aşılmış olan kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetlerinin, o kattaki tüm kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine oranının %30'u aşmaması gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denk. 25'in sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

$$(M_{ra}+M_{rii}) \geq 1.2(M_{ri}+M_{rj}) \quad (25)$$

### 1.6.7.3. Göçme Öncesi Performans Düzeyi

Gevrek olarak hasar gören tüm elemanların Göçme Bölgesi'nde olduğunun göz önüne alınması şartıyla, şu koşulları sağlayan binaların Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu kabul edilir.

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

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

gerekir (Doğrusal elastik yöntemle hesapta, alt ve üst düğüm noktalarının ikisinde birden Denk. 25'in sağlandığı kolonlar bu hesaba dahil edilmezler).

c) Bu binanın mevcut haliyle kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalıdır.

#### 1.6.7.4. Göçme Durumu

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

#### 1.6.8. Binalar İçin Performans Hedefleri

Deprem Yönetmeliği'nde, yeni yapılacak binaların hedeflenen performans seviyesi için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem etkisi esas alınmaktadır. Bu deprem düzeyine ek olarak, mevcut binaların değerlendirilmesinde ve güçlendirilmesinde kullanılmak üzere iki farklı deprem etkisi daha tanımlanmıştır. Mevcut veya güçlendirilecek binaların deprem performanslarının belirlenmesinde esas alınacak deprem düzeyleri ve bu deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen minimum performans hedefleri

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

### 1.6.9. Betonarme Binaların Güçlendirilmesi

Deprem hasarlarına neden olacak kusurların giderilmesi, deprem güvenliğini arttırmaya yönelik olarak yeni elemanlar eklenmesi, kütle azaltılması, mevcut elemanların deprem davranışlarının geliştirilmesi, kuvvet aktarımında sürekliliğin sağlanması türündeki işlemler binaların güçlendirilmesi kapsamındadır.

Güçlendirme uygulamaları, her taşıyıcı sistem türü için iki farklı kapsamda değerlendirilir:

- Binanın kolon, kiriş, perde, birleşim bölgesi gibi deprem yüklerini karşılayan elemanlarında dayanım ve şekildeğiştirme kapasitelerinin artırılmasına yönelik olarak uygulanan işlemler, eleman güçlendirmesi olarak tanımlanır.
- Taşıyıcı sistemin dayanım ve şekildeğiştirme kapasitesinin artırılması ve iç kuvvetlerin dağılımında sürekliliğin sağlanması, binaya yeni elemanlar eklenmesi, birleşim bölgelerinin güçlendirilmesi, deprem etkilerinin azaltılması amacıyla binanın kütesinin azaltılması işlemleri sistem güçlendirmesi olarak tanımlanır.

Burada uygulamada sıklıkla kullanılan eleman ve sistem güçlendirme yöntemleri verilecektir. Ancak burada kapsanmayan güçlendirme türleri, bu tekniklerin genel yaklaşımına ve ilkelerine uyarak uygulanabilir.

#### 1.6.9.1. Kolonların Sarılması

Kolonların sünekliğini arttırmaya yönelik olarak kesme ve basınç dayanımlarının artırılması, bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için bazı yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler kolonların eğilme kapasitesini arttıramaz.

- Betonarme Sargı: Mevcut kolonun pas payı sıyrılarak veya yüzeyi örselenerek uygulanır. Betonarme sargı gerek yatay, gerekse düşey donatının yerleştirilmesi, beton dökülmesi ve minimum pas payının sağlanması için yeterli kalınlıkta olmalıdır. En az sargı kalınlığı 100 mm'dir. Betonarme sargı alt kat döşemesinin üstünde başlar ve üst kat döşemesinin altında sona erer. Eksenel basınç dayanımının artırılması amacıyla yapılan sargıda, sargı betonu içindeki enine donatı için kolonun tüm yüksekliği boyunca Ø8'den küçük çaplı donatı kullanılmaz. Kolon boyunca etriye, çiroz veya spiral aralığı, en küçük enkesit boyutunun yarısından ve 200 mm'den fazla olmaz. Etriye kollarının ve/veya

çirozların arasındaki yatay uzaklık; a, etriye çapının 25 katından daha fazla olmaz. Sarılmış kolonun kesme ve basınç dayanımlarının hesabında, sarılmış brüt kesit boyutları ile manto betonunun tasarım betonu kullanılır, ancak bulunan dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılır.

- Çelik Sargı: Dikdörtgen betonarme kolonların köşelerine dört adet boyuna köşebent yerleştirilmesi ve köşebentlerin belirli aralıklarla düzenlenen yatay plakalarla kaynaklanmasıyla oluşturulur. Köşebentler ile betonarme yüzeyler arasında boşluk kalmamalıdır. Yatay plakalar dört yüzeyde sürekli olmalıdır. Çelik sargının kolon eksenel yük kapasitesini artırması için korniyerlerin alt ve üst döşemeler arasında sürekli olması ve döşemelere başlık plakaları ile basınç aktarımının sağlandığı hesaplarla gösterilmelidir. Gerekirse köşebentlere ön yükleme yapılarak, mevcut betonarme kolon kesitinin düşey yüklerden kaynaklanan eksenel basınç yükü azaltılabilir. Çelik sargı ile sağlanacak ek kesme dayanımı;

$$V_j = \frac{t_j b d}{s} f_{yw} \quad (26)$$

denklemler ile hesaplanır. Burada  $t_j$ , b ve s sırasıyla yatay plakaların kalınlığı, genişliği ve aralığı; d ise kesitin faydalı yüksekliğidir. Çelik sargı ile bindirmeli eklerin zayıflıklarının giderilmesi için sargı boyunun bindirme bölgesi boyundan en az %50 uzun olması ve çelik sargının donatı bindirme bölgesinde kolonun karşılıklı yüzlerinde düzenlenen minimum 16 mm çapında iki sıra bulonlu ankraj ile sıkıştırılması gerekir. Bindirme ekinin kolonun alt ucunda yapılmış olması durumunda en az iki sıra bulonlu ankraj alt döşemenin sırasıyla 250 mm ve 500 mm üzerinde yapılır.

- Lifli Polimer (LP) Sargı: Lifli polimer tabakasının kolonların çevresine, lifler enine donatılara paralel olacak şekilde, sarılması ve yapıştırılması ile sargılama sağlanır. Betonarme kolonların süneklik kapasitesi, kesme ve basınç dayanımları ile boyuna donatı bindirme boyunun yetersiz olduğu durumlarda lifli polimer sargısı ile donatı kenetlenme dayanımı artırılır. Lifli polimer sargılama ile yapılan güçlendirmelerde tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalı ve sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. Lifli polimer sargısı, dikdörtgen kolonlarda kolon köşeleri en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılarak uygulanır. Bu uygulama üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun gerçekleştirilmelidir. Lifli polimer

ile sargılanan kolonlarda elde edilen kesme, aksenal basınç ve kenetlenme dayanımlarının artışı ile süneklik artışının hesap yöntemleri yönetmelik ekinde verilmiştir.

### **1.6.9.2. Kolonların Eğilme Kapasitesinin Arttırılması**

Kolonların eğilme kapasitesini arttırmak için kolon kesitleri büyütülebilir. Bu işlemle aynı zamanda kolonun kesme ve basınç kuvveti kapasiteleri de arttırılır. Kolonun büyütülmesiyle eklenen boyuna donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanmalıdır. Boyuna donatılar, kat döşemelerinde açılan deliklerden geçirilmelidir. Kolon-kiriş birleşim bölgelerinde, kirişler delinerek veya kirişlere ankraj yapılarak gerekli enine donatı konulmalıdır. Kolonun büyütülen kesiti yönetmelikteki yeni tasarım için tanımlanan süneklik düzeyi yüksek kolonlar için enine donatı koşullarını sağlamalıdır. Büyütülen kolon kesitinin pas payı, eklenen düşey ve yatay donatıyı örtmek için yeterli kalınlıkta olmalıdır. Yeni betonun eski betonla aderansının sağlanması için mevcut kolonun yüzeyindeki sıva tabakası sıyrılır ve beton yüzeyi pürüzlendirilir. Büyütülmüş kolon kesitinin eğilme, kesme, basınç dayanımının ve eğilme rijitliğinin hesabında brüt kesit boyutları ve eklenen kesit betonunun tasarım özellikleri esas alınır ve elde edilen rijitlik ve dayanımlar 0.9 ile çarpılarak azaltılır.

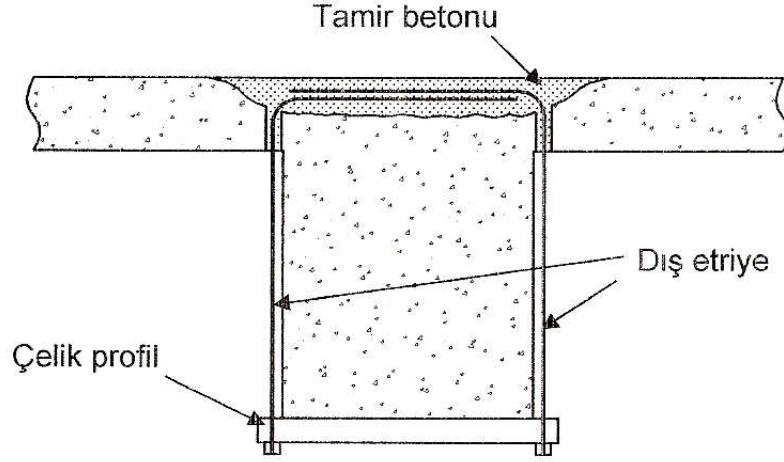
### **1.6.9.3. Kirişlerin Sarılması**

Betonarme kirişlerin sarılması, kirişlerin kesme dayanımlarının ve bazı durumlarda süneklik kapasitelerinin arttırılmasını sağlar. Burada açıklanacak olan yöntemler ile kirişlerin eğilme kapasitesi arttırılamaz.

- Dıştan Etriye Ekleme: Kesme dayanımı yetersiz olan kiriş mesnet bölgelerinde, gerekli sayıda etriye çubuğu kirişin iki yüzüne Şekil 20’de gösterildiği gibi dıştan eklenir. Kiriş altına yerleştirilen bir çelik profile bulonla bağlanan çubuklar, üstteki döşemede açılan deliklerden geçirilerek döşeme üst yüzeyinde açılan yuvanın içine bükülerek yerleştirilir. Daha sonra betonda açılan boşluklar beton ile doldurulur. Bu yöntem aynı esaslarla farklı detaylar kullanılarak da uygulanabilir. Kirişlerin dıştan eklenen etriyeler ile arttırılan kesme dayanımı TS 500’e göre hesaplanır. Dıştan



eklenen etriyelerin sargılama etkisi yoktur, kiriş kesitinin sünekliğini arttırmaz. Bu uygulamada profil ve bulonlar dış etkilere karşı korunmalıdır.



Şekil 20. Dıştan etriye ekleme yöntemi ile kirişlerin sarılması

- Lifli Polimer ile Sarma: Lifli polimer sargılama ile kiriş sünekliğinin ve kesme dayanımının artırılmasında tam sargı (tüm kesit çevresinin sarılması) yöntemi kullanılmalıdır. Lifli polimer ile güçlendirilen kiriş kesme dayanımı DY-2007 ekinde yer almaktadır. Süreksiz (şeritler halinde) lifli polimer kullanılması durumunda şeritlerin aralıkları ( $w_f + d/4$ ) değerini geçmemelidir. Lifli polimer sargısı kirişlerde köşelerin en az 30 mm yarıçapında yuvarlatılmasıyla uygulanır. Sargı sonunda en az 200 mm bindirme yapılmalıdır. Lifli polimer ile sarma uygulaması, üretici firma tarafından önerilen yöntemle uygun gerçekleştirilmelidir.

#### 1.6.9.4. Dolgu Duvarlarının Güçlendirilmesi

Bodrum hariç olmak üzere en fazla üç katlı binalarda uygulanmak üzere, temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki dolgu duvarlarının rijitliği ve kesme dayanımı, yönetmelik bilgilendirme ekinde tanımlanan yöntemlerle artırılabilir.

### 1.6.9.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerin Yerinde Dökme Betonarme Perdeler ile Güçlendirilmesi

Yanal rijitliğin ve dayanımının yetersiz olduğu betonarme taşıyıcı sistemler, yerinde dökme betonarme perdelerle güçlendirilebilir. Betonarme perdeler mevcut çerçeve düzlemi içinde veya çerçeve düzlemine bitişik olarak düzenlenebilir.

- Çerçeve Düzlemi İçinde Betonarme Perde Eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler çerçeve aksının içinde düzenlenir, ayrıca temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Bu amaçla, perde uç bölgesindeki boyuna donatıların ve gerektiği durumda perde gövdesindeki boyuna donatıların perde yüksekliği boyunca sürekliliği sağlanmalıdır. Perdeler, içinde buldukları çerçeveye ankraj çubuklarıyla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile eklenen betonarme perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Arayüzlerdeki kayma gerilmelerinin çerçeve elemanları boyunca dağılımı bilinen mekanik prensiplere uygun hesaplanır. Ankraj çubuklarının tasarımında TS 500'deki sürtünme kesmesi esasları kullanılır. En küçük ankraj çubuğu çapı 16 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en büyük çubuk aralığı 40 cm olmalıdır.

Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda yönetmeliğin tasarım kuralları kısmındaki süneklik düzeyi yüksek perdeler için perde uç bölgelerindeki donatı koşulları sağlanmalıdır. Perde ucunda mevcut kolon var ise mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon kesiti yukarıda açıklandığı şekilde büyütülerek veya mevcut kolona bitişik perde içinde gizli kolon düzenlenerek perde uç bölgesi oluşturulur. Her iki durumda da perde uç bölgesine eklenecek düşey donatıların katlar arasında sürekliliği sağlanmalıdır. Perdenin altına, deprem sırasında oturma veya farklı oturmalarından ötürü üstyapıda hasara neden olmayacak biçimde, oturduğu zeminin özellikleri gözönüne alınarak zemin mekaniği ve temel inşaatı ilkelerine göre temel yapılmalıdır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemiyle birlikte çalışması için gereken önlemler alınır.

- Çerçeve Düzlemine Bitişik Betonarme Perde Eklenmesi: Betonarme sisteme eklenecek perdeler dış çerçeve aksının dışında, çerçeveye bitişik olarak düzenlenir, ayrıca temelden başlayarak perde üst kotuna kadar sürekli olmalıdır. Perdeler bitişik oldukları çerçeveye ankraj çubuklarıyla bağlanarak birlikte çalışmaları sağlanmalıdır. Ankraj çubukları, mevcut çerçeve elemanları ile sisteme eklenen dışmerkezli perde elemanı arasındaki arayüzlerde deprem kuvvetleri altında oluşan kayma gerilmelerini karşılamak için yeterli dayanıma sahip olmalıdır. Ankraj çubuklarının tasarımında, yukarıda belirtilen koşullar geçerlidir.

Perde ucunda mevcut kolon bulunmaması durumunda yönetmeliğin tasarım kuralları kısmındaki süneklik düzeyi yüksek perdeler için perde uç bölgelerindeki donatı koşulları sağlanmalıdır. Perde ucunda mevcut kolon var ise mevcut kolondan uç bölgesi olarak yararlanılabilir. Gerekli durumlarda mevcut kolon kesiti yukarıda açıklandığı şekilde büyütülerek veya mevcut kolona bitişik perde içinde gizli kolon düzenlenerek perde uç bölgesi oluşturulur. Perdenin altına, deprem sırasında oturma veya farklı oturmalardan ötürü üstyapıda hasara neden olmayacak biçimde, oturduğu zeminin özellikleri gözönüne alınarak zemin mekaniği ve temel inşaatı ilkelerine göre temel yapılmalıdır. Perde temeli, perde tabanında oluşan iç kuvvetleri temel zeminine güvenle aktaracak şekilde boyutlandırılır. Perde temelinde oluşabilecek dış merkezliği azaltmak amacıyla perde temeli komşu kolonları içerecek şekilde genişletilerek mevcut kolonların aksenal basınç kuvvetlerinden yararlanılabilir. Perde temelinin mevcut temel sistemiyle birlikte çalışması için gereken önlemler alınır.

#### **1.6.9.6. Betonarme Sisteme Yeni Çerçeveler Eklenmesi**

Mevcut betonarme sistemin dışına yeni çerçeveler eklenerek yatay kuvvetlerin paylaşımı sağlanabilir. Sisteme eklenecek çerçevelerin temelleri mevcut binanın temelleri ile birlikte düzenlenmelidir. Yeni çerçevelerin mevcut binanın taşıyıcı sistemi ile birlikte çalışması için bu çerçeveler mevcut binanın döşemelerine gerekli aktarımı sağlayacak şekilde bağlanmalıdır.

### **1.6.9.7. Betonarme Sistemin Kütlesinin Azaltılması**

Kütle azaltılması bir yapı güçlendirme yöntemi değildir. Ancak yapıya etki eden düşey yüklerin ve deprem kuvvetlerinin kütle ile orantılı olarak azalacak olması yapı güvenliğini arttıracaktır. Azaltılacak veya kaldırılacak kütle ne kadar yapı üst kotlarına yakın ise, deprem güvenliğini arttırmadaki etkinliği de o kadar fazla olur. En etkin kütle azaltılması türleri; binanın üst katının veya katlarının iptal edilerek kaldırılması, mevcut çatının daha hafif bir çatı ile değiştirilmesi, çatıda bulunan su deposu vb. tesisat ağırlıklarının zemine indirilmesi, ağır balkon, parapet, bölme duvarı, cephe kaplamaları gibi elemanların daha hafif elemanlarla değiştirilmesidir.

### **1.7. Konu ile İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar**

Coleman ve Spacone (2001), yapı elemanlarının üzerlerine gelen yük altında kapasite eğrilerini çizmişlerdir. Plastik mafsalların oluşumu kolon ve kiriş örnekleriyle gösterilmiştir.

Ghobarah (2001), deprem mühendisliğinde performans esaslı tasarım üzerinde durmuştur. Özellikle 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremlerinde yaşam emniyeti dikkate alınarak tasarlanan binaların önemli derecede hasar görmeleri nedeniyle büyük ekonomik kayıpların oluşmasının, bazı ülkelerde mevcut standartların değişmesine neden olduğunu belirtmiştir. Böylece performans esaslı tasarım üzerinde daha fazla durulmuştur. Ağır hasarlı yapıların onarım ve kullanım kayıplarının birleştirilmesiyle oluşan maliyetleri azaltmak için farklı performans düzeylerini düşünmeye ihtiyaç vardır.

Meral (2004), genel olarak Türk Deprem Yönetmeliklerini karşılaştırarak, farklılıklarını irdelemiştir.

İrtem vd. (2004), çalışmalarında performans hedeflerinin değerlendirilmesini amaçlamış ve duvarların etkisinin bina taşıyıcı sisteminde göz önünde bulundurulduğu ve ihmal edildiği iki farklı durum için elde edilen analiz sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Analiz sonuçlarına göre, taşıyıcı sistemde duvarların göz önüne alınması ile yapı performansının ihmal edilemeyecek düzeyde arttığı ve yapı davranışının değiştiği görülmüştür. Yapının performans değerlendirmesini yapabilmek için FEMA 356 ve ATC 40 kriterlerini kullanmışlardır.

Öztürk ve Yüceer (2006), mevcut betonarme binaların güvenlik düzeylerinin belirlenerek, performans yaklaşımı ile güçlendirilmeleri konusunu teorik ve uygulamalı olarak incelemişlerdir. Ayrıca çalışmada konu ile ilgili Türk Deprem Yönetmeliği ve diğer ülke yönetmeliklerindeki bilgiler değerlendirilmiştir.

Sucuoğlu (2006), 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan performans esaslı hesap yöntemlerini değerlendirmiş ve bu yöntemlerin içerdiği temel kavramları, yöntemlerin uygulanmasındaki zorlukları ve zayıf yönlerini irdelemiştir.

Yüceer (2006), çalışmasında 5 katlı bir okul binasının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle analizlerini yapmış ve analizlerle bulduğu sonuçları karşılaştırarak yapının performansını değerlendirmiştir.

Öztürk (2006), betonarme bir yapının mevcut durumunu doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler kullanarak karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Doğrusal yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemine göre değerlendirilmiş ve güçlendirilmiş olan mevcut yapı için bu çalışma ile elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Gün (2007), mevcut binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi ile ilgili yürürlüğe giren yeni esaslar ve analiz yöntemlerini değişik örnekler üzerinde irdelemiştir.

Şengöz (2007), çalışmasında 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan mevcut bina değerlendirme ve güçlendirme yöntemlerinin arsalarındaki farklılıkları araştırmıştır.

Uygun ve Celep (2007), yaptıkları çalışmada yeni tasarımın önemli şartlarını sağlayacak şekilde bir bina tasarlamış ve bu binayı mevcut kabul ederek doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle incelemişlerdir. Ayrıca mevcut binada doğrusal olmayan dinamik analiz kullanarak, bunun doğrusal olmayan statik itme analizi ile uyumu tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar gözden geçirildiğinde doğrusal yöntemin deprem güvenliği bakımından daha tutucu değerler verdiği görülmüştür. Bu değerlendirmede, her iki yöntemin sonuçlarının birbirine yaklaştırılması yönünden tartışılmasının önemli olduğu vurgulanmıştır.

## **1.8. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı**

Mart 2007'de yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te ilk kez mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve deprem güvenliği yetersiz binaların güçlendirilmesi konusu Türk Deprem Yönetmeliği'ne girmiştir. Böylece, daha önceleri yeni yapılacak binalar gibi düşünülen ve farklı yorumlar

getirilen performans değerlendirilmesi ve g¼c¼lendirme işlemleri belirli kurallara bağlanmıştır.

Bu çalışmada, ilk b¼l¼mde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda bazı genel bilgilerden bahsedilmiş, Deprem Y¼netmelięi'nde yapılan başlıca değişiklikler ve y¼netmelięe ilk kez dahil edilen Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve G¼c¼lendirilmesi b¼l¼m¼ açıklanmıştır. Mevcut bir betonarme binanın y¼netmelikte yer alan doğrusal elastik y¼ntem ile performansı değerlendirilmiştir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

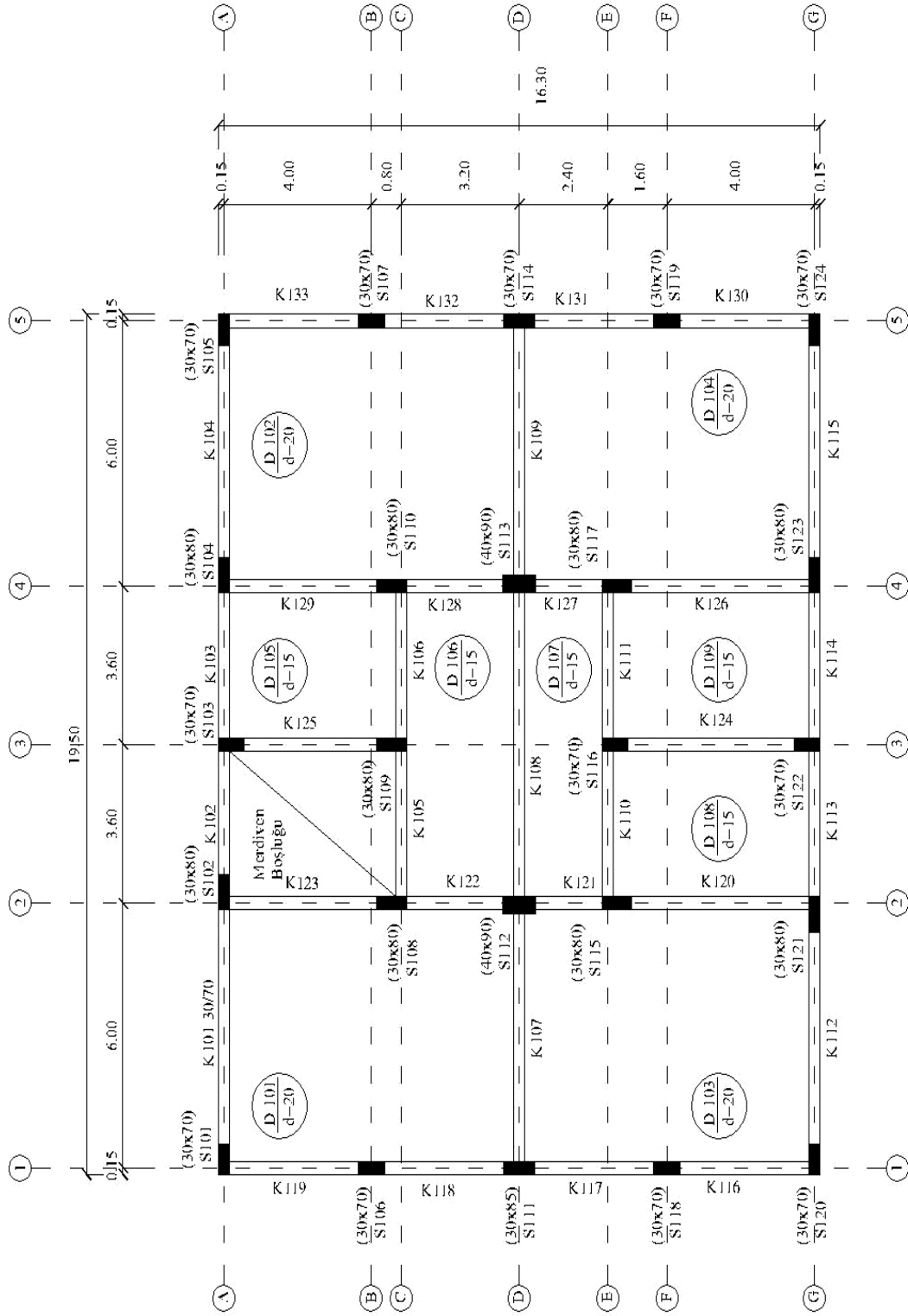
1998 yılında yürürlüğe giren Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te belirtilen hususların zaman içerisinde eksiklikleri ve/ya da bazı değişiklikler yapılması gereği görülmüş ve revize edilerek 2007'de Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik adıyla yürürlüğe girmiştir. Bu bölümde yürürlüğe giren yeni yönetmelik dikkate alınarak, 1988 yılında projesi yapılan ve halen kullanılmakta olan hasarsız bir çerçevesel sistem bir okul binasının incelemesi yapılmış ve binanın deprem performansı doğrusal elastik yöntem ile belirlenmiştir.

### 2.1. İnceleme Konusu Binanın Özellikleri

Deprem performansının belirlenmesi için seçilen okul binasının taban alanı 317 m<sup>2</sup>'dir. Bu binanın 1. kat planı Şekil 21'de ve binanın boy kesiti Şekil 22'de verilmiştir. Bina zemin kat ve üç normal kat olmak üzere toplam dört kattan meydana gelmektedir ve 16.30 m x 19.50 m boyutlarına sahiptir. Yapıda üst katlarda çıkma bulunmamaktadır. Bina projesinden elde edilen diğer özellikler Tablo 12'de, kolon boyutları ve boyuna donatı tablosu ise Tablo 13'te verilmektedir.

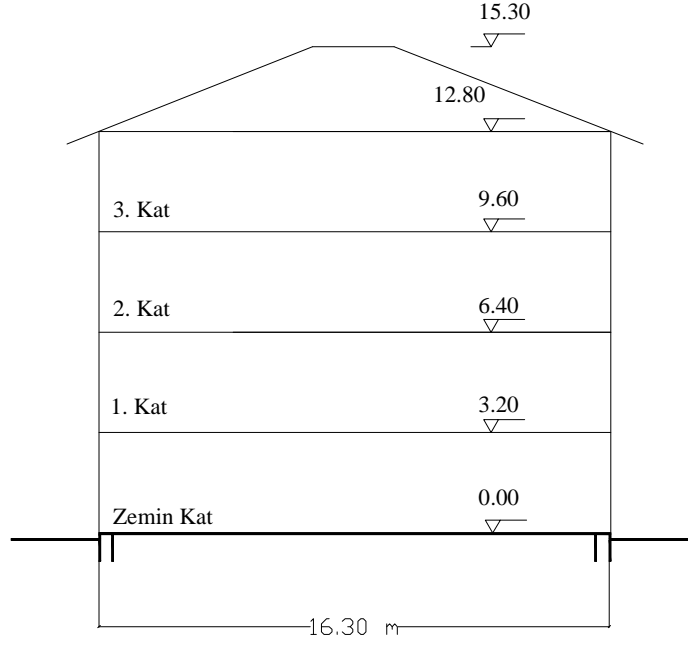
Tablo 12. Binanın bazı proje bilgileri

<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Betonarme Çerçevesel Sistem
<b>Kat Adedi</b>	4
<b>Kat Yüksekliği</b>	3.2 m (tüm katlarda)
<b>Projede Beton Sınıfı</b>	C16
<b>Projede Çelik Sınıfı</b>	S220 (BÇ I)



Şekil 21. Binanın 1. kat planı



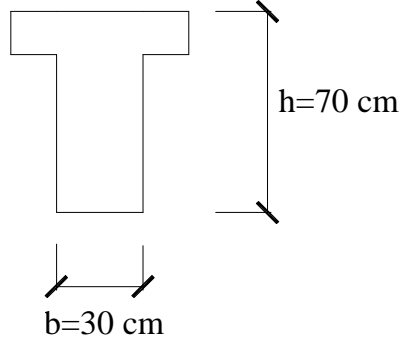


Şekil 22. Binanın boy kesiti

Tablo 13. Kolon boyutları ve boyuna donatı tablosu

Kat	Kolon No	Boyut	Donatı
Tüm Katlar	S01, S03,S05, S06, S07, S16, S18, S19, S20, S22, S24	30 x 70 cm	6Ø16 2Ø14
	S02, S04, S08, S10, S15, S17, S21, S23	30 x 80 cm	6Ø18 4Ø16
	S09	30 x 80 cm	8Ø16
	S11, S14	30 x 85 cm	6Ø18 4Ø16
	S12, S13	40 x 90 cm	10Ø16 4Ø14

Bina taşıyıcı sisteminin tüm kirişleri tüm katlarda aynı boyutlara sahiptir (30 x 70 cm). Kiriş kesiti Şekil 23'de görülmektedir. Ayrıca kiriş donatıları tüm katlarda aynı olmak üzere Tablo 14'de verilmiştir. Kolon ve kirişlerde birleşim bölgelerinde sargılama (etriye sıklaştırması) yoktur.



Şekil 23. Tipik kiriş kesiti

Tablo 14. Kiriş uç bölgelerinde donatı alanları (mm<sup>2</sup>)

Kiriş No	Sol uç bölgesi		Sağ uç bölgesi		Kiriş No	Sol uç bölgesi		Sağ uç bölgesi	
	Üst	Alt	Üst	Alt		Üst	Alt	Üst	Alt
<b>K01</b>	381	310	537	310	<b>K18</b>	537	310	537	310
<b>K02</b>	537	310	537	310	<b>K19</b>	537	310	381	310
<b>K03</b>	537	310	537	310	<b>K20</b>	381	310	537	310
<b>K04</b>	537	310	381	310	<b>K21</b>	537	310	537	310
<b>K05</b>	381	310	537	310	<b>K22</b>	537	310	537	310
<b>K06</b>	381	310	537	310	<b>K23</b>	537	310	381	310
<b>K07</b>	381	310	381	310	<b>K24</b>	381	310	381	310
<b>K08</b>	537	310	537	310	<b>K25</b>	381	310	381	310
<b>K09</b>	381	310	537	310	<b>K26</b>	381	310	537	310
<b>K10</b>	381	310	537	310	<b>K27</b>	537	310	537	310
<b>K11</b>	537	310	381	310	<b>K28</b>	537	310	537	310
<b>K12</b>	381	310	537	310	<b>K29</b>	537	310	381	310
<b>K13</b>	537	310	537	310	<b>K30</b>	381	310	537	310
<b>K14</b>	537	310	537	310	<b>K31</b>	537	310	537	310
<b>K15</b>	537	310	381	310	<b>K32</b>	537	310	537	310
<b>K16</b>	381	310	537	310	<b>K33</b>	537	310	381	310
<b>K17</b>	537	310	537	310					

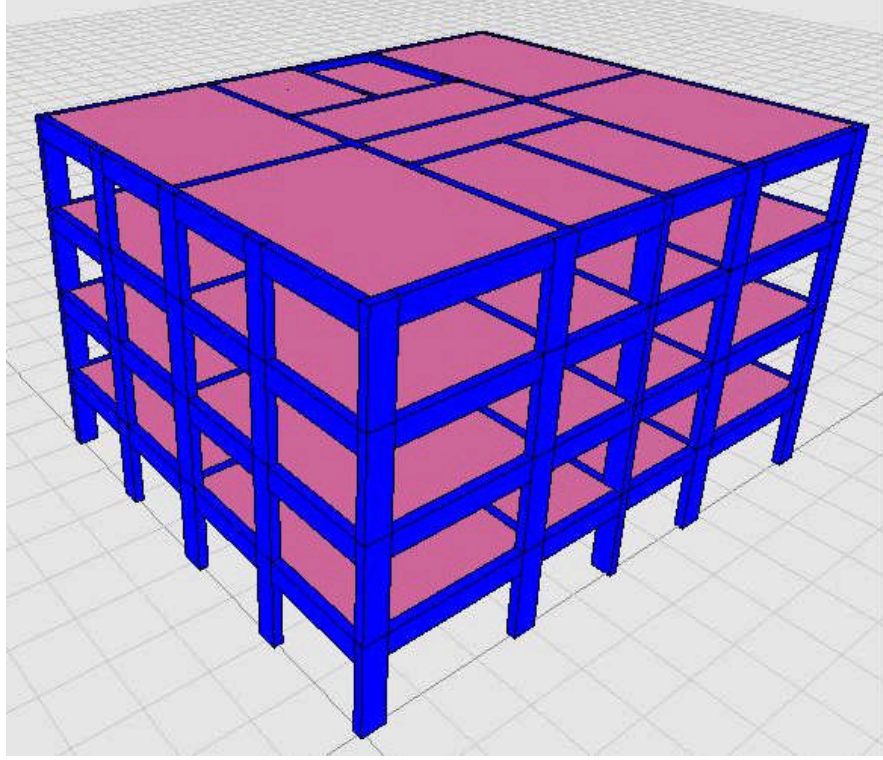
## 2.2. Bina Üzerinde Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Bina üzerinde DY-2007’de “Binalardan Bilgi Toplanması” başlığıyla verilen Madde 7.2’deki kurallara uygun olarak, gerekli bilgiler toplanmıştır. Buna göre;

Projeler	: Mevcut
Bilgi Düzeyi	: Kapsamlı bilgi düzeyi
Bilgi Düzeyi Katsayısı	: 1.0
Mevcut Malzeme Dayanımları	
Beton	: 11 N/mm <sup>2</sup>
Çelik	: S220
Bina Önem Katsayısı (I)	: 1.0 (yönetmelik gereği mevcut binalarda)
Zemin Sınıfı	: Z3
Deprem Bölgesi	: 3
Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n)	: 0.6 (okul binası için)
Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı (R <sub>a</sub> )	: 1
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	: 1
Hedeflenen Performans Düzeyi	: Can Güvenliği (CG)
Etkin yer ivmesi katsayısı (A <sub>0</sub> )	: 0.20

çalışmaya konu olan okul binasının taşıyıcı sistem modeli Şekil 24’de görülmektedir.

Bina için Can Güvenliği performans düzeyi, her katta kirişlerin en fazla %30’unun ileri hasar bölgesine geçmesine izin vermektedir. Kolonlarda ise bazıları ileri hasar bölgesine geçebilir ancak ileri hasar durumundaki kolonların kesme kuvvetleri toplamı, toplam kesme kuvvetinin %20’sini geçemez. Diğer taşıyıcı elemanların tümü minimum veya belirgin hasar bölgesinde olmalıdır [1].



Şekil 24. Okul binasının modeli

### 2.3. Binanın Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Analizi

Bu çalışmanın konusu olan okul binası için Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri'nden biri olan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılmıştır. Deprem Yönetmeliği'ne göre; toplam yüksekliği 25 m'yi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan ayrıca burulma düzensizliği  $\eta_{bi} < 1.4$  olan binalarda Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılabilir.

Alınan değerler:

- Betonarme birim ağırlığı:  $25 \text{ kN/m}^3$
- Tesviye betonu + döşeme kaplaması + tavan sıvası:  $1.50 \text{ kN/m}^2$
- Cüruf dolgu birim ağırlığı:  $12 \text{ kN/m}^3$
- Projeye göre cüruf dolgu yüksekliği: 25 cm
- Sıva birim ağırlığı:  $20 \text{ kN/m}^3$
- Sıva kalınlığı: 2 cm
- Normal delikli tuğla birim ağırlığı:  $13.50 \text{ kN/m}^2$
- Dış duvar kalınlığı: 29 cm
- İç duvar kalınlığı: 19 cm

- Çatı ağırlığı hesabı:

Okul binasının yapıldığı yerin rakımı 35 m olduğundan TS 498'de verilen kar yükü bölgesi III olarak alınmıştır. Buna göre kar yükü  $P_{ko} = 0.75 \text{ kN/m}^2$ 'dir. DY-2007 Madde 2.7.1.2'ye göre deprem yüklerinin belirlenmesinde kullanılacak çatı katı ağırlığının hesabında kar yüklerinin %30'u sabit yük olarak alınmaktadır.

$$\text{Kar yükü: } 0.30 \times 0.75 = 0.225 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Çatı kerestesi: } 0.29 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Çatı kiremiti: } 0.59 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Çatı ağırlığı: } 0.22 + 0.29 + 0.59 = 1.50 \text{ kN/m}^2$$

- TS 498'e göre hareketli yükler:

$$\text{Sınıflar için } q = 3.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Koridor ve merdivenler için } q = 5.0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Çatıda ve düşük döşemelerde } q = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

Kat ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılacak değerler:

- Kiriş birim boy ağırlığı:  
 $0.30 \times 0.70 \times 25 = 5.25 \text{ kN/m}$
- Kattaki kirişlerin toplam uzunluğu (boşluklar ihmal edilerek):  
 $(4) \times 16.00 + (1) \times 4.80 + (1) \times 5.60 + (3) \times 19.20 + (2) \times 7.20 = 146.40 \text{ m}$
- Sınıf döşemeleri (d=20 cm)  $\text{m}^2$  ağırlığı + tesviye + kaplama + tavan sıvası:  
 $0.20 \times 25 + 1.50 = 6.50 \text{ kN/m}^2$
- Kattaki sınıf döşemelerinin toplam alanı:  
 $(4) \times 8.00 \times 6.00 = 192.00 \text{ m}^2$
- Diğer döşemeler (d=15 cm)  $\text{m}^2$  ağırlığı + tesviye + kaplama + tavan sıvası:  
 $0.15 \times 25 + 1.50 = 5.25 \text{ kN/m}^2$
- Kattaki diğer döşemelerin toplam alanı:  
 $(2) \times 3.60 \times 5.60 + (1) \times 7.20 \times 2.40 + (1) \times 7.20 \times 3.20 = 80.64 \text{ m}^2$
- Düşük döşeme (d=15 cm)  $\text{m}^2$  ağırlığı + cüruf dolgu + tesviye + kaplama + tavan sıvası:  
 $0.15 \times 25 + 0.25 \times 12 + 1.50 = 8.25 \text{ kN/m}^2$
- Kattaki düşük döşemelerin toplam alanı:  
 $3.60 \times 4.80 = 17.28 \text{ m}^2$
- Dış duvar birim boy ağırlığı + sıva:  
 $0.29 \times (3.20 - 0.70) \times 13.5 + 2 \times 0.02 \times 2.50 \times 20 = 11.79 \text{ kN/m}$

- Dış kirişlere oturan toplam duvar uzunluğu:  
 $(2) \times 19.20 + (2) \times 16.00 = 70.40 \text{ m}$
- İç duvar birim boy ağırlığı + sıva:  
 $0.19 \times (3.20 - 0.70) \times 13.50 + 2 \times 0.02 \times 2.50 \times 20 = 8.41 \text{ kN/m}$
- İç kirişlere oturan toplam duvar uzunluğu:  
 $(2) \times 16.00 + 5.60 + 4.80 + 19.20 + (2) \times 7.20 = 76.00 \text{ m}$
- 30 x 70 cm boyutlarındaki kolonların birim boy ağırlığı:  
 $0.30 \times 0.70 \times 25 = 5.25 \text{ kN/m}$
- 30 x 80 cm boyutlarındaki kolonların birim boy ağırlığı:  
 $0.30 \times 0.80 \times 25 = 6.00 \text{ kN/m}$
- 30 x 85 cm boyutlarındaki kolonların birim boy ağırlığı:  
 $0.30 \times 0.85 \times 25 = 6.37 \text{ kN/m}$
- 40 x 90 cm boyutlarındaki kolonların birim boy ağırlığı:  
 $0.40 \times 0.90 \times 25 = 9.00 \text{ kN/m}$
- Merdivenin bir kattaki toplam ağırlığı (sahanlık kirişi dahil):  
 $110 + 8 = 118 \text{ kN}$

$$W_i = g_i + n \cdot q_i \quad (27)$$

\* Hesaplamalarda son kat tabliyesi boşluksuz  $d= 15 \text{ cm}$  olarak alınmıştır. Son katta  $1.50 \text{ kN/m}^2$  (tesviye betonu + döşeme kaplaması) alınmamış,  $1.50 \text{ kN/m}^2$  çatı yükü dikkate alınmıştır.

Kat ağırlıklarının hesabı:

$$W_4 = [307.21 \times 5.25 + 0.6 \times 307.21 \times 2.0] + [146.40 \times 5.25] + 118/2 + [0.5 \times \{11 \times (2.50/2) \times 5.25 + 9 \times (2.50/2) \times 6.00 + 2 \times (2.50/2) \times 6.37 + 2 \times (2.50/2) \times 9.00\}]$$

$$W_4 = 1981.50 + 768.60 + 59.00 + 83.43$$

$$W_4 = 2892.53 \text{ kN}$$

$$W_3 = [70.40 \times 11.79 + 76.00 \times 8.41] + [\{192.00 \times 6.50 + 80.64 \times 5.25 + 17.28 \times 8.25\} + 0.6 \times \{192.00 \times 3.50 + (80.64 + 17.28) \times 5.00 + 17.28 \times 2.00\}] + [146.40 \times 5.25] + 118 + [2 \times 0.5 \times \{11 \times (2.50/2) \times 5.25 + 9 \times (2.50/2) \times 6.00 + 2 \times (2.50/2) \times 6.37 + 2 \times (2.50/2) \times 9.00\}]$$

$$W_3 = 1469.18 + 2531.61 + 768.60 + 118.00 + 178.11$$

$$W_3 = 5065.50 \text{ kN}$$

$$W_2 = [70.40 \times 11.79 + 76.00 \times 8.41] + [\{192.00 \times 6.50 + 80.64 \times 5.25 + 17.28 \times 8.25\} + 0.6 \times \{192.00 \times 3.50 + (80.64 + 17.28) \times 5.00 + 17.28 \times 2.00\}] + [146.40 \times 5.25] + 118 + [2 \times 0.5 \times \{11 \times (2.50/2) \times 5.25 + 9 \times (2.50/2) \times 6.00 + 2 \times (2.50/2) \times 6.37 + 2 \times (2.50/2) \times 9.00\}]$$

$$W_2 = 1469.18 + 2531.61 + 768.60 + 118.00 + 178.11$$

$$W_2 = 5065.50 \text{ kN}$$

$$W_1 = [70.40 \times 11.79 + 76.00 \times 8.41] + [\{192.00 \times 6.50 + 80.64 \times 5.25 + 17.28 \times 8.25\} + 0.6 \times \{192.00 \times 3.50 + (80.64 + 17.28) \times 5.00 + 17.28 \times 2.00\}] + [146.40 \times 5.25] + 118 + [2 \times 0.5 \times \{11 \times (2.50/2) \times 5.25 + 9 \times (2.50/2) \times 6.00 + 2 \times (2.50/2) \times 6.37 + 2 \times (2.50/2) \times 9.00\}]$$

$$W_1 = 1469.18 + 2531.61 + 768.60 + 118.00 + 178.11$$

$$W_1 = 5065.50 \text{ kN}$$

Kat ağırlıkları belirlendikten sonra yapının birinci periyodu belirlenir. DY-2007'ye göre, periyodu belirleyebilmek için fiktif yüklemeler ( $F_{fi}$ ) etkisinde kat ötelenmelerinin ( $d_{fi}$ ) belirlenmesi gerekir. Fiktif yükler;

$$F_{fi} = \frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^N w_j h_j} \quad (28)$$

bağıntısıyla belirlenebilmektedir. Buna göre;

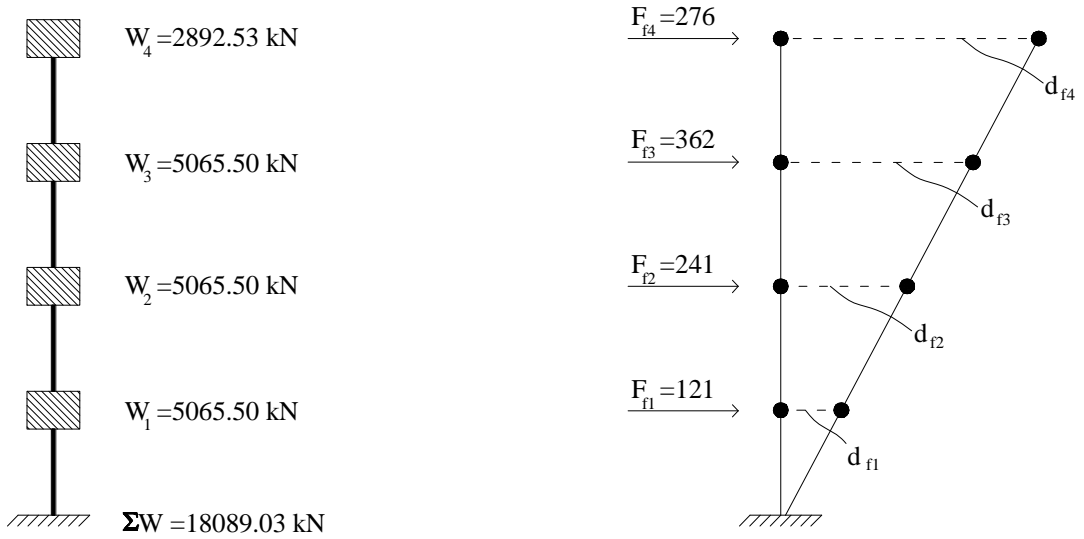
$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n W_j \cdot h_j &= 5065.50 \times 3.2 + 5065.50 \times 6.4 + 5065.50 \times 9.6 + 2892.53 \times 12.8 \\ &= 134281.98 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$F_{f4} = \frac{2892.53 \times 12.80}{134281.98} = 0.276$$

$$F_{f3} = \frac{5065.50 \times 9.60}{134281.98} = 0.362$$

$$F_{f2} = \frac{5065.50 \times 6.40}{134281.98} = 0.241$$

$$F_{f1} = \frac{5065.50 \times 3.20}{134281.98} = 0.121$$



Şekil 25. Kat ağırlıkları ve fiktif yüklemeler

Şekil 25’de kat ağırlıkları ve katlara etkileyen fiktif yükler görülmektedir. Sonuç olarak elde edilecek olan periyodu değiştirmeyeceği için fiktif yükler 1000 ile çarpılarak büyük değerler elde edilmiştir.

Binanın birinci periyodunu belirleyebilmek amacıyla yukarıda belirlenen fiktif yükler etkisinde kat seviyelerinde oluşan kat ötelenmelerinin ( $d_{fi}$ ) belirlenmesi gerekmektedir. DY-2007’ye göre, kat ötelenmeleri bilgisayar programları yardımıyla hesaplanmalıdır. Çünkü iki farklı doğrultu için çok açıklıklı ve çok katlı bir binanın fiktif yükler altındaki kat ötelenmelerinin (deplasmanlar) el ile hesaplanması oldukça zordur. Bu çalışmada SAP 2000 programı ile kat ötelenmeleri belirlenmiştir.



### 2.3.1. Okul Binasının Fiktif Yükler Etkisinde Kat Ötelenmelerinin Sonlu Elemanlar Yöntemini Kullanan SAP 2000 Programı ile Belirlenmesi

Okul binasının yukarıda hesaplanan fiktif yükler altında kat ötelenmeleri SAP 2000 paket programı yardımı ile belirlenmiştir. Okul binasının taşıyıcı sistemi kolon-kiriş çerçeve sisteme sahiptir. Taşıyıcı sistemde betonarme perde bulunmamaktadır. Kat döşemeleri plak döşemedir. Modellemede çerçeve elemanlar çubuk (frame) eleman, kat döşemeleri ise kabuk (shell) eleman olarak seçilmiştir. Yapılan çözümlemede elde edilen kat ötelenmeleri Tablo 15 ve Tablo 16'da verilmektedir.

Tablo 15. Uzun kenar doğrultusundaki (x-doğrultusu) fiktif yükler altında kat ötelenmeleri (cm)

Kat	$d_{fi}$
4	0.0179
3	0.0156
2	0.0113
1	0.0052

Tablo 16. Kısa kenar doğrultusundaki (y-doğrultusu) fiktif yükler altında kat ötelenmeleri (cm)

Kat	$d_{fi}$
4	0.0094
3	0.0082
2	0.0059
1	0.0027

### 2.3.2. Okul Binasının Kat Seviyelerine Gelen Eşdeğer Deprem Yüklerinin Hesabı

Okul binasının fiktif yükler etkisinde yapılan yapısal çözümlemesi sonucunda elde edilen kat ötelenmelerine bağlı olarak, binanın uzun kenar doğrultusundaki ve kısa kenar doğrultusundaki birinci periyodu (doğal periyod) hesaplanır.

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N w_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}}} \quad (29)$$

Uzun kenar doğrultusu (x-doğrultusu) için,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{(5065.50 \times 0.0052^2 + 5065.50 \times 0.0113^2 + 5065.50 \times 0.0156^2 + 2892.53 \times 0.0179^2) / 9.81}{121 \times 0.0052 + 241 \times 0.0113 + 362 \times 0.0156 + 276 \times 0.0179}}$$

$$T_1 = 0.92 \text{ s}$$

Kısa kenar doğrultusu (y-doğrultusu) için,

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{(5065.50 \times 0.0027^2 + 5065.50 \times 0.0059^2 + 5065.50 \times 0.0082^2 + 2892.53 \times 0.0094^2) / 9.81}{121 \times 0.0027 + 241 \times 0.0059 + 362 \times 0.0082 + 276 \times 0.0094}}$$

$$T_1 = 0.67 \text{ s}$$

şeklinde belirlenmiştir. Buna göre binanın toplam eşdeğer deprem yükünün belirlenmesi işlemi her iki doğrultu için ayrı ayrı yapılır.

Uzun kenar doğrultusu (x-doğrultusu):

- Spektrum Katsayısı  $S(T)$ ;

$$T > T_B \text{ olduğundan } S(T) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (30)$$

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{0.60}{0.92} \right)^{0.8}$$

$$S(T) = 0.71$$

bulunur.

- Spektral ivme katsayısı;

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (31)$$

$$A(T) = 0.2 \times 1.0 \times 0.71$$

$$A(T) = 0.142$$

- Bu değerler göz önüne alınarak binaya gelen taban kesme kuvveti (toplam eşdeğer deprem yükü), yapı toplam ağırlığı  $\Sigma W = 18089.03$  kN olmak üzere;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \lambda \geq 0.10 A_0 IW \quad (32)$$

DY-2007'ye göre, toplam eşdeğer deprem yükünün mevcut binalar için hesabında  $R_a=1$  alınır ve denklemin sağ tarafı  $\lambda$  katsayısı ile çarpılır.  $\lambda$  katsayısı iki kata kadar olan binalar için 1.0, üç ve daha fazla katlı binalar için 0.85 olarak verilmiştir.

$$V_t = \frac{18089.03 \times 0.142}{1} \times 0.85 \geq 0.10 \times 0.2 \times 1 \times 18089.03$$

$$V_t = 2183.35 \geq 361.78$$

$$V_t = 2183.35 \text{ kN}$$

olarak bulunur. Daha sonra katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi için,

$$\Delta F_N = 0.0075 N V_t \quad (33)$$

ile tanımlanan ek eşdeğer deprem yükü hesaplanır.

$$\Delta F_N = 0.0075 \times 4 \times 2183.35$$

$$\Delta F_N = 65.50 \text{ kN}$$

- Kat seviyelerine etkiyen deprem yükü;

$$F_i = (V_t - \Delta F_N) \frac{w_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^N w_j \cdot h_j} \quad (34)$$

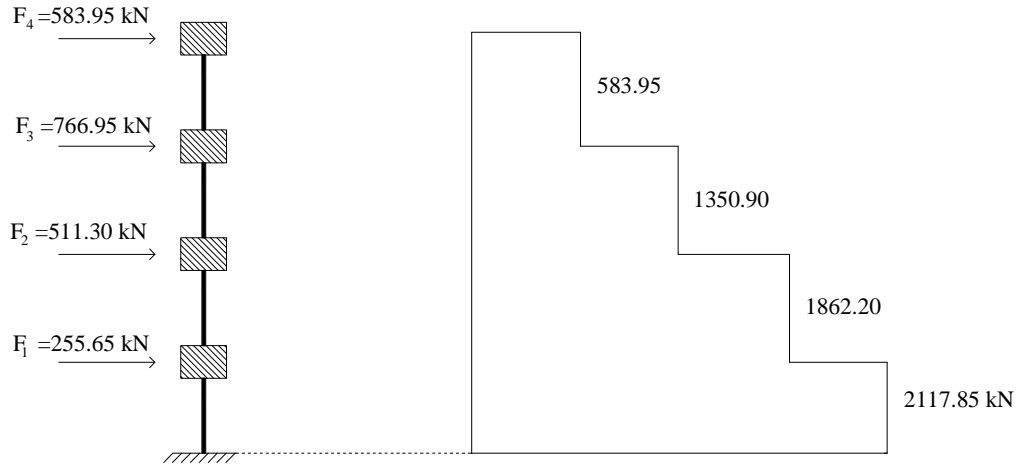
bağıntısıyla hesaplanarak, Şekil 26’da kesme kuvveti diyagramı ile birlikte verilmiştir.

$$F_1 = 255.65 \text{ kN}$$

$$F_2 = 511.30 \text{ kN}$$

$$F_3 = 766.95 \text{ kN}$$

$$F_4 = 583.95 \text{ kN}$$



Şekil 26. Uzun kenar doğrultusunda yükleme durumunda kat seviyelerine etkiyen deprem yükleri ve kesme kuvvetleri diyagramı

Kısa kenar doğrultusu (y-doğrultusu):

- Spektrum Katsayısı  $S(T)$ ;

$T > T_B$  olduğundan,

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{0.60}{0.67} \right)^{0.8}$$

$$S(T) = 0.91$$

bulunur.

- Spektral ivme katsayısı;

$$A(T) = 0.2 \times 1 \times 0.91$$

$$A(T) = 0.182$$

- Bu değerler göz önüne alınarak binaya gelen taban kesme kuvveti (toplam eşdeğer deprem yükü), yapı toplam ağırlığı  $\Sigma W = 18089.03$  kN olmak üzere;

$$V_t = \frac{18089.03 \times 0.182}{1} \times 0.85 \geq 0.10 \times 0.2 \times 1 \times 18089.03$$

$$V_t = 2798.37 \geq 361.78$$

$$V_t = 2798.37 \text{ kN}$$

hesaplanmıştır. Daha sonra katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi için ek eşdeğer deprem yükü hesaplanır.

$$\Delta F_N = 0.0075 \times 4 \times 2798.37$$

$$\Delta F_N = 83.95 \text{ kN}$$

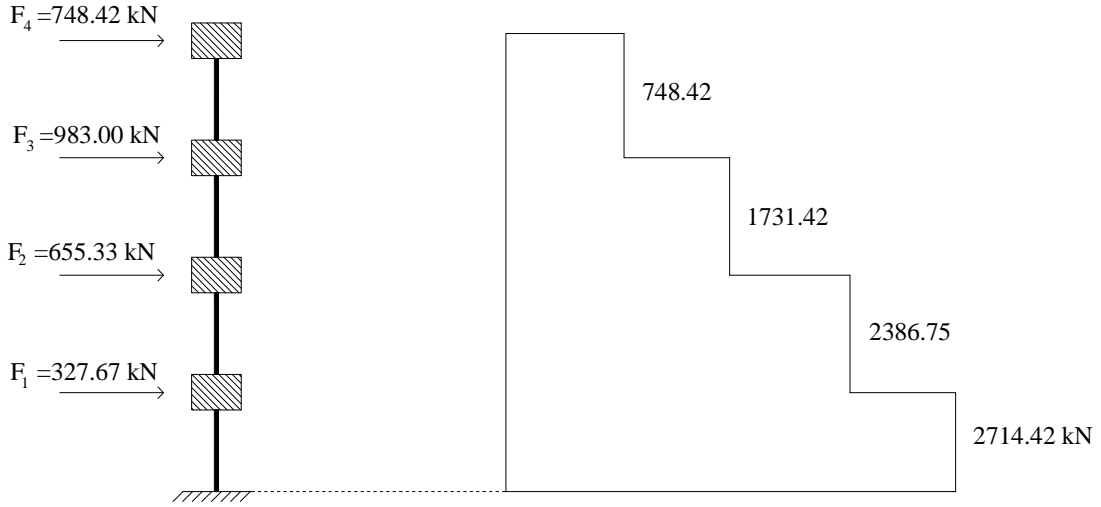
Kat seviyelerine etkiyen eşdeğer deprem yükleri ve kesme kuvveti diyagramı Şekil 27'de verilmektedir.

$$F_1 = 327.67 \text{ kN}$$

$$F_2 = 655.33 \text{ kN}$$

$$F_3 = 983.00 \text{ kN}$$

$$F_4 = 748.42 \text{ kN}$$



Şekil 27. Kısa kenar doğrultusunda yükleme durumunda kat seviyelerine etkiyen deprem yükleri ve kesme kuvvetleri diyagramı

### 2.3.3. Düşey Yükler ve Eşdeğer Deprem Yükleri Altında Okul Binasının Yapısal Çözümlemesi ve Taşıyıcı Elemanların Kapasitelerinin Belirlenmesi

Binanın düşey yükler altında ( $g + 0.6q$ ) ve eşdeğer deprem yükleri altında SAP 2000 programı ile yapısal çözümlemesi yapılmış ve kesit etkileri ile kiriş uçlarında moment taşıma kapasiteleri belirlenerek Tablo 17’de birlikte verilmiştir.

Tablo 17. Yapısal çözümlemeden elde edilen kiriş uç momentleri ve kiriş uç moment kapasiteleri (kNm)

Eleman	$M_{düs}$	$M_{dep}$	$M_{kap} (üst)$	$M_{kap} (alt)$
<b>K101 SOL</b>	33.66	227.70	66.43	54.32
<b>K101 SAĞ</b>	38.21	222.67	92.59	54.32
<b>K102 SOL</b>	10.96	220.02	92.59	54.32
<b>K102 SAĞ</b>	8.26	95.64	92.59	54.32
<b>K103 SOL</b>	7.76	91.87	92.59	54.32
<b>K103 SAĞ</b>	12.56	220.69	92.59	54.32
<b>K104 SOL</b>	37.30	223.08	92.59	54.32
<b>K104 SAĞ</b>	32.78	227.12	66.44	54.32
<b>K105 SOL</b>	20.73	122.79	66.44	54.32
<b>K105 SAĞ</b>	12.50	90.39	92.59	54.32
<b>K106 SOL</b>	12.87	88.85	66.44	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K106 SAĞ</b>	19.31	120.51	92.59	54.32
<b>K107 SOL</b>	27.37	124.96	66.44	54.32
<b>K107 SAĞ</b>	66.54	148.18	92.59	54.32
<b>K108 SOL</b>	52.39	129.59	92.59	54.32
<b>K108 SAĞ</b>	51.94	129.63	92.59	54.32
<b>K109 SOL</b>	66.47	148.28	92.59	54.32
<b>K109 SAĞ</b>	27.12	124.91	92.59	54.32
<b>K110 SOL</b>	19.83	120.00	66.44	54.32
<b>K110 SAĞ</b>	12.76	80.59	92.59	54.32
<b>K111 SOL</b>	12.85	80.58	92,59	54.32
<b>K111 SAĞ</b>	19.70	120.00	66.44	54.32
<b>K112 SOL</b>	33.81	228.82	66.44	54.32
<b>K112 SAĞ</b>	37.42	225.38	92.59	54.32
<b>K113 SOL</b>	13.90	222.42	92.59	54.32
<b>K113 SAĞ</b>	8.75	92.62	92.59	54.32
<b>K114 SOL</b>	8.74	92.62	92.59	54.32
<b>K114 SAĞ</b>	13.93	222.42	92.59	54.32
<b>K115 SOL</b>	37.39	225.38	92.59	54.32
<b>K115 SAĞ</b>	33.84	228.82	66.44	54.32
<b>K116 SOL</b>	3.49	99.90	66.44	54.32
<b>K116 SAĞ</b>	21.28	146.05	92.59	54.32
<b>K117 SOL</b>	19.08	188.59	92.59	54.32
<b>K117 SAĞ</b>	13.60	199.85	92.59	54.32
<b>K118 SOL</b>	15.31	199.90	92.59	54.32
<b>K118 SAĞ</b>	17.52	188.62	92.59	54.32
<b>K119 SOL</b>	22.33	145.98	92.59	54.32
<b>K119 SAĞ</b>	2.80	99.87	66.44	54.32
<b>K120 SOL</b>	22.54	101.02	66.44	54.32
<b>K120 SAĞ</b>	59.27	143.30	92.59	54.32
<b>K121 SOL</b>	15.12	255.15	92.59	54.32
<b>K121 SAĞ</b>	8.43	273.26	92.59	54.32
<b>K122 SOL</b>	13.49	254.96	92.59	54.32
<b>K122 SAĞ</b>	16.62	242.27	92.59	54.32
<b>K123 SOL</b>	32.49	154.31	92.59	54.32
<b>K123 SAĞ</b>	9.00	110.71	66.44	54.32
<b>K124 SOL</b>	33.91	178.77	66.44	54.32
<b>K124 SAĞ</b>	32.47	174.58	66.44	54.32
<b>K125 SOL</b>	17.50	206.19	66.44	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K125 SAĞ</b>	14.50	198.69	66.44	54.32
<b>K126 SOL</b>	22.44	101.00	66.44	54.32
<b>K126 SAĞ</b>	59.45	143.26	92.59	54.32
<b>K127 SOL</b>	15.09	255.10	92.59	54.32
<b>K127 SAĞ</b>	8.59	273.23	92.59	54.32
<b>K128 SOL</b>	14.78	254.64	92.59	54.32
<b>K128 SAĞ</b>	16.99	241.78	92.59	54.32
<b>K129 SOL</b>	43.47	154.68	92.59	54.32
<b>K129 SAĞ</b>	14.10	105.54	66.44	54.32
<b>K130 SOL</b>	3.21	99.84	66.44	54.32
<b>K130 SAĞ</b>	21.69	145.96	92.59	54.32
<b>K131 SOL</b>	18.57	188.50	92.59	54.32
<b>K131 SAĞ</b>	14.15	199.74	92.59	54.32
<b>K132 SOL</b>	14.74	199.79	92.59	54.32
<b>K132 SAĞ</b>	17.98	188.53	92.59	54.32
<b>K133 SOL</b>	21.82	145.82	92.59	54.32
<b>K133 SAĞ</b>	3.11	99.77	66.44	54.32
<b>K201 SOL</b>	35.35	200.02	66.44	54.32
<b>K201 SAĞ</b>	37.55	196.69	92.59	54.32
<b>K202 SOL</b>	7.56	201.04	92.59	54.32
<b>K202 SAĞ</b>	11.53	93.09	92.59	54.32
<b>K203 SOL</b>	11.71	89.22	92.59	54.32
<b>K203 SAĞ</b>	7.92	201.20	92.59	54.32
<b>K204 SOL</b>	35.87	197.36	92.59	54.32
<b>K204 SAĞ</b>	35.10	199.60	66.44	54.32
<b>K205 SOL</b>	16.97	115.56	66.44	54.32
<b>K205 SAĞ</b>	16.99	87.25	92.59	54.32
<b>K206 SOL</b>	18.04	85.51	66.44	54.32
<b>K206 SAĞ</b>	15.15	113.34	92.59	54.32
<b>K207 SOL</b>	31.38	116.29	66.44	54.32
<b>K207 SAĞ</b>	66.53	135.91	92.59	54.32
<b>K208 SOL</b>	51.37	120.36	92.59	54.32
<b>K208 SAĞ</b>	50.92	120.38	92.59	54.32
<b>K209 SOL</b>	66.58	136.00	92.59	54.32
<b>K209 SAĞ</b>	31.16	116.24	92.59	54.32
<b>K210 SOL</b>	17.23	112.94	66.44	54.32
<b>K210 SAĞ</b>	15.41	78.11	92.59	54.32
<b>K211 SOL</b>	15.50	78.10	92.59	54.32



Tablo 17'nin devamı

<b>K211 SAĞ</b>	17.10	112.94	66.44	54.32
<b>K212 SOL</b>	36.45	201.14	66.44	54.32
<b>K212 SAĞ</b>	35.68	199.49	92.59	54.32
<b>K213 SOL</b>	10.67	203.11	92.59	54.32
<b>K213 SAĞ</b>	11.39	90.17	92.59	54.32
<b>K214 SOL</b>	11.33	90.17	92.59	54.32
<b>K214 SAĞ</b>	10.81	203.11	92.59	54.32
<b>K215 SOL</b>	35.55	199.49	92.59	54.32
<b>K215 SAĞ</b>	36.58	201.14	66.44	54.32
<b>K216 SOL</b>	6.17	96.13	66.44	54.32
<b>K216 SAĞ</b>	18.62	137.16	92.59	54.32
<b>K217 SOL</b>	18.59	173.37	92.59	54.32
<b>K217 SAĞ</b>	13.61	182.28	92.59	54.32
<b>K218 SOL</b>	16.29	182.36	92.59	54.32
<b>K218 SAĞ</b>	16.12	173.44	92.59	54.32
<b>K219 SOL</b>	20.54	137.08	92.59	54.32
<b>K219 SAĞ</b>	4.82	96.10	66.44	54.32
<b>K220 SOL</b>	26.25	98.,10	66.44	54.32
<b>K220 SAĞ</b>	56.89	138.71	92.59	54.32
<b>K221 SOL</b>	8.87	217.03	92.59	54.32
<b>K221 SAĞ</b>	12.98	232.06	92.59	54.32
<b>K222 SOL</b>	15.66	230.78	92.59	54.32
<b>K222 SAĞ</b>	14.18	218.57	92.59	54.32
<b>K223 SOL</b>	30.63	145.62	92.59	54.32
<b>K223 SAĞ</b>	11.45	106.44	66.44	54.32
<b>K224 SOL</b>	36.43	159.77	66.44	54.32
<b>K224 SAĞ</b>	31.98	155.25	66.44	54.32
<b>K225 SOL</b>	17.03	180.79	66.44	54.32
<b>K225 SAĞ</b>	15.75	175.25	66.44	54.32
<b>K226 SOL</b>	26.09	98.07	66.44	54.32
<b>K226 SAĞ</b>	57.14	138.68	92.59	54.32
<b>K227 SOL</b>	8.92	216.94	92.59	54.32
<b>K227 SAĞ</b>	13.28	231.96	92.59	54.32
<b>K228 SOL</b>	19.07	230.77	92.59	54.32
<b>K228 SAĞ</b>	12.08	218.47	92.59	54.32
<b>K229 SOL</b>	41.11	146.14	92.59	54.32
<b>K229 SAĞ</b>	17.03	101.66	66.44	54.32
<b>K230 SOL</b>	5.76	96.05	66.44	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K230 SAĞ</b>	19.19	137.05	92.59	54.32
<b>K231 SOL</b>	17.87	173.24	92.59	54.32
<b>K231 SAĞ</b>	14.37	182.13	92.59	54.32
<b>K232 SOL</b>	15.50	182.20	92.59	54.32
<b>K232 SAĞ</b>	16.81	173.31	92.59	54.32
<b>K233 SOL</b>	19.89	136.91	92.59	54.32
<b>K233 SAĞ</b>	5.23	96.01	66.44	54.32
<b>K301 SOL</b>	37.18	123.14	66.44	54.32
<b>K301 SAĞ</b>	37.08	121.21	92.59	54.32
<b>K302 SOL</b>	4.70	127.40	92.59	54.32
<b>K302 SAĞ</b>	14.04	60.22	92.59	54.32
<b>K303 SOL</b>	14.53	57.10	92.59	54.32
<b>K303 SAĞ</b>	4.30	126.87	92.59	54.32
<b>K304 SOL</b>	34.87	121.81	92.59	54.32
<b>K304 SAĞ</b>	37.39	123.02	66.44	54.32
<b>K305 SOL</b>	14.63	72.74	66.44	54.32
<b>K305 SAĞ</b>	19.99	55.58	92.59	54.32
<b>K306 SOL</b>	21.35	54.11	66.44	54.32
<b>K306 SAĞ</b>	12.42	71.12	92.59	54.32
<b>K307 SOL</b>	33.06	73.63	66.44	54.32
<b>K307 SAĞ</b>	66.97	85.34	92.59	54.32
<b>K308 SOL</b>	50.64	76.87	92.59	54.32
<b>K308 SAĞ</b>	50.18	76.87	92.59	54.32
<b>K309 SOL</b>	67.08	85.38	92.59	54.32
<b>K309 SAĞ</b>	32.89	73.62	92.59	54.32
<b>K310 SOL</b>	15.55	71.24	66.44	54.32
<b>K310 SAĞ</b>	17.16	49.84	92.59	54.32
<b>K311 SOL</b>	17.25	49.84	92.59	54.32
<b>K311 SAĞ</b>	15.42	71.24	66.44	54.32
<b>K312 SOL</b>	39.03	123.86	66.44	54.32
<b>K312 SAĞ</b>	34.40	123.06	92.59	54.32
<b>K313 SOL</b>	8.09	128.39	92.59	54.32
<b>K313 SAĞ</b>	13.33	58.03	92.59	54.32
<b>K314 SOL</b>	13.23	58.03	92.59	54.32
<b>K314 SAĞ</b>	8.32	128.39	92.59	54.32
<b>K315 SOL</b>	34.17	123.06	92.59	54.32
<b>K315 SAĞ</b>	39.25	123.86	66.44	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K316 SOL</b>	7.57	62.72	66.44	54.32
<b>K316 SAĞ</b>	16.92	89.01	92.59	54.32
<b>K317 SOL</b>	18.39	110.87	92.59	54.32
<b>K317 SAĞ</b>	13.57	116.11	92.59	54.32
<b>K318 SOL</b>	17.00	116.22	92.59	54.32
<b>K318 SAĞ</b>	15.22	111.01	92.59	54.32
<b>K319 SOL</b>	19.48	88.92	92.59	54.32
<b>K319 SAĞ</b>	5.76	62.67	66.44	54.32
<b>K320 SOL</b>	27.90	66.92	66.44	54.32
<b>K320 SAĞ</b>	55.74	95.48	92.59	54.32
<b>K321 SOL</b>	4.34	118.60	92.59	54.32
<b>K321 SAĞ</b>	16.17	127.94	92.59	54.32
<b>K322 SOL</b>	17.09	144.55	92.59	54.32
<b>K322 SAĞ</b>	12.51	135.97	92.59	54.32
<b>K323 SOL</b>	29.65	97.12	92.59	54.32
<b>K323 SAĞ</b>	12.62	71.13	66.44	54.32
<b>K324 SOL</b>	38.86	101.53	66.44	54.32
<b>K324 SAĞ</b>	31.96	97.33	66.44	54.32
<b>K325 SOL</b>	16,83	110,93	66.44	54.32
<b>K325 SAĞ</b>	16,89	107,97	66.44	54.32
<b>K326 SOL</b>	27,70	66,89	66.44	54.32
<b>K326 SAĞ</b>	56,04	95,44	92.59	54.32
<b>K327 SOL</b>	4,49	118,53	92.59	54.32
<b>K327 SAĞ</b>	16,45	127,83	92.59	54.32
<b>K328 SOL</b>	21,98	144,89	92.59	54.32
<b>K328 SAĞ</b>	8,64	136,24	92.59	54.32
<b>K329 SOL</b>	39,93	97,56	92.59	54.32
<b>K329 SAĞ</b>	18,32	67,80	66.44	54.32
<b>K330 SOL</b>	7,08	62,65	66.44	54.32
<b>K330 SAĞ</b>	17,62	88,92	92.59	54.32
<b>K331 SOL</b>	17,51	110,76	92.59	54.32
<b>K331 SAĞ</b>	14,49	115,99	92.59	54.32
<b>K332 SOL</b>	16,04	116,07	92.59	54.32
<b>K332 SAĞ</b>	16,07	110,88	92.59	54.32
<b>K333 SOL</b>	18,74	88,79	92.59	54.32
<b>K333 SAĞ</b>	6,25	62,59	66.44	54.32
<b>K401 SOL</b>	28,97	51,89	66.44	54.32
<b>K401 SAĞ</b>	36,50	49,86	92.59	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K402 SOL</b>	13,33	52,84	92.59	54.32
<b>K402 SAĞ</b>	11,82	21,42	92.59	54.32
<b>K403 SOL</b>	10,66	19,14	92.59	54.32
<b>K403 SAĞ</b>	12,10	51,89	92.59	54.32
<b>K404 SOL</b>	34,98	50,26	92.59	54.32
<b>K404 SAĞ</b>	28,96	51,98	66.44	54.32
<b>K405 SOL</b>	22,10	25,00	66.44	54.32
<b>K405 SAĞ</b>	18,70	19,04	92.59	54.32
<b>K406 SOL</b>	18,11	18,06	66.44	54.32
<b>K406 SAĞ</b>	18,82	24,23	92.59	54.32
<b>K407 SOL</b>	17,58	26,99	66.44	54.32
<b>K407 SAĞ</b>	66,00	31,31	92.59	54.32
<b>K408 SOL</b>	55,83	29,78	92.59	54.32
<b>K408 SAĞ</b>	55,32	29,77	92.59	54.32
<b>K409 SOL</b>	65,94	31,32	92.59	54.32
<b>K409 SAĞ</b>	17,46	26,99	92.59	54.32
<b>K410 SOL</b>	20,96	24,71	66.44	54.32
<b>K410 SAĞ</b>	15,28	16,88	92.59	54.32
<b>K411 SOL</b>	15,33	16,88	92.59	54.32
<b>K411 SAĞ</b>	20,87	24,71	66.44	54.32
<b>K412 SOL</b>	30,12	52,26	66.44	54.32
<b>K412 SAĞ</b>	35,11	50,63	92.59	54.32
<b>K413 SOL</b>	15,27	52,87	92.59	54.32
<b>K413 SAĞ</b>	10,63	19,99	92.59	54.32
<b>K414 SOL</b>	10,58	19,99	92.59	54.32
<b>K414 SAĞ</b>	15,43	52,87	92.59	54.32
<b>K415 SOL</b>	34,94	50,63	92.59	54.32
<b>K415 SAĞ</b>	30,29	52,26	66.44	54.32
<b>K416 SOL</b>	1,26	22,39	66.44	54.32
<b>K416 SAĞ</b>	18,74	34,49	92.59	54.32
<b>K417 SOL</b>	19,07	44,59	92.59	54.32
<b>K417 SAĞ</b>	13,84	48,40	92.59	54.32
<b>K418 SOL</b>	16,36	48,49	92.59	54.32
<b>K418 SAĞ</b>	16,83	44,71	92.59	54.32
<b>K419 SOL</b>	20,25	34,45	92.59	54.32
<b>K419 SAĞ</b>	0,52	22,47	66.44	54.32
<b>K420 SOL</b>	16,06	27,40	66.44	54.32

Tablo 17'nin devamı

<b>K420 SAĞ</b>	55.09	48.67	92.59	54.32
<b>K421 SOL</b>	16.94	30.16	92.59	54.32
<b>K421 SAĞ</b>	14.01	37.24	92.59	54.32
<b>K422 SOL</b>	15.46	64.18	92.59	54.32
<b>K422 SAĞ</b>	16.44	53.47	92.59	54.32
<b>K423 SOL</b>	30.52	42.49	92.59	54.32
<b>K423 SAĞ</b>	5.80	27.98	66.44	54.32
<b>K424 SOL</b>	30.49	43.89	66.44	54.32
<b>K424 SAĞ</b>	28.28	40.78	66.44	54.32
<b>K425 SOL</b>	16.54	46.05	66.44	54.32
<b>K425 SAĞ</b>	12.28	43.90	66.44	54.32
<b>K426 SOL</b>	15.93	27.39	66.44	54.32
<b>K426 SAĞ</b>	55.35	48.65	92.59	54.32
<b>K427 SOL</b>	17.05	30.12	92.59	54.32
<b>K427 SAĞ</b>	14.68	37.09	92.59	54.32
<b>K428 SOL</b>	19.31	64.63	92.59	54.32
<b>K428 SAĞ</b>	15.65	53.72	92.59	54.32
<b>K429 SOL</b>	39.40	42.71	92.59	54.32
<b>K429 SAĞ</b>	9.71	26.31	66.44	54.32
<b>K430 SOL</b>	0.97	22.36	66.44	54.32
<b>K430 SAĞ</b>	19.19	34.44	92.59	54.32
<b>K431 SOL</b>	18.45	44.53	92.59	54.32
<b>K431 SAĞ</b>	14.50	48.34	92.59	54.32
<b>K432 SOL</b>	15.64	48.41	92.59	54.32
<b>K432 SAĞ</b>	17.41	44.63	92.59	54.32
<b>K433 SOL</b>	19.77	34.40	92.59	54.32
<b>K433 SAĞ</b>	0.79	22.44	66.44	54.32

#### 2.3.4. Kiriş Kesme Kuvveti ve Etki/Kapasite Oranlarının Hesabı

Kirişlerin her iki mesnetinde eğilme momenti kapasiteleri kullanılarak kiriş kesme kuvvetleri;

$$V_e = V_{dış} \mp \frac{M_{kap}(sol) + M_{kap}(sağ)}{l_n} \quad (35)$$

bağıntısı ile hesaplanmış, kiriş kesme kuvveti kapasitesi ( $V_r$ ) TS 500 ' e göre bulunarak Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Kiriş kesme kuvvetleri ve kesme kuvveti kapasiteleri (kN)

<b>Eleman</b>	<b><math>V_e</math></b>	<b><math>V_r</math></b>	<b>Eleman</b>	<b><math>V_e</math></b>	<b><math>V_r</math></b>
<b>K101</b>	62.51	233.13	<b>K133</b>	69.34	233.13
<b>K102</b>	61.45	233.13	<b>K201</b>	62.51	233.13
<b>K103</b>	66.26	233.13	<b>K202</b>	61.45	233.13
<b>K104</b>	60.43	233.13	<b>K203</b>	66.26	233.13
<b>K105</b>	59.54	233.13	<b>K204</b>	60.43	233.13
<b>K106</b>	64.46	233.13	<b>K205</b>	59.54	233.13
<b>K107</b>	74.60	233.13	<b>K206</b>	64.46	233.13
<b>K108</b>	61.06	233.13	<b>K207</b>	74.60	233.13
<b>K109</b>	78.77	233.13	<b>K208</b>	61.06	233.13
<b>K110</b>	63.00	233.13	<b>K209</b>	78.77	233.13
<b>K111</b>	63.06	233.13	<b>K210</b>	63.00	233.13
<b>K112</b>	61.28	233.13	<b>K211</b>	63.06	233.13
<b>K113</b>	66.45	233.13	<b>K212</b>	61.28	233.13
<b>K114</b>	66.46	233.13	<b>K213</b>	66.45	233.13
<b>K115</b>	61.26	233.13	<b>K214</b>	66.46	233.13
<b>K116</b>	69.40	233.13	<b>K215</b>	61.26	233.13
<b>K117</b>	71.02	233.13	<b>K216</b>	69.40	233.13
<b>K118</b>	70.17	233.13	<b>K217</b>	71.02	233.13
<b>K119</b>	69.70	233.13	<b>K218</b>	70.17	233.13
<b>K120</b>	86.88	233.13	<b>K219</b>	69.70	233.13
<b>K121</b>	93.59	233.13	<b>K220</b>	86.88	233.13
<b>K122</b>	82.52	233.13	<b>K221</b>	93.59	233.13
<b>K123</b>	69.91	233.13	<b>K222</b>	82.52	233.13
<b>K124</b>	60.66	233.13	<b>K223</b>	69.91	233.13
<b>K125</b>	48.15	233.13	<b>K224</b>	60.66	233.13
<b>K126</b>	86.96	233.13	<b>K225</b>	48.15	233.13
<b>K127</b>	77.16	233.13	<b>K226</b>	86.96	233.13
<b>K128</b>	81.69	233.13	<b>K227</b>	77.16	233.13
<b>K129</b>	82.15	233.13	<b>K228</b>	81.69	233.13
<b>K130</b>	69.61	233.13	<b>K229</b>	82.15	233.13
<b>K131</b>	70.74	233.13	<b>K230</b>	69.61	233.13
<b>K132</b>	70.37	233.13	<b>K231</b>	70.74	233.13

Tablo 18'in devam

<b>K232</b>	70.37	233.13	<b>K333</b>	69.34	233.13
<b>K233</b>	69.34	233.13	<b>K401</b>	62.51	233.13
<b>K301</b>	62.51	233.13	<b>K402</b>	61.45	233.13
<b>K302</b>	61.45	233.13	<b>K403</b>	66.26	233.13
<b>K303</b>	66.26	233.13	<b>K404</b>	60.43	233.13
<b>K304</b>	60.43	233.13	<b>K405</b>	59.54	233.13
<b>K305</b>	59.54	233.13	<b>K406</b>	64.46	233.13
<b>K306</b>	64.46	233.13	<b>K407</b>	74.60	233.13
<b>K307</b>	74.60	233.13	<b>K408</b>	61.06	233.13
<b>K308</b>	61.06	233.13	<b>K409</b>	78.77	233.13
<b>K309</b>	78.77	233.13	<b>K410</b>	63.00	233.13
<b>K310</b>	63.00	233.13	<b>K411</b>	63.06	233.13
<b>K311</b>	63.06	233.13	<b>K412</b>	61.28	233.13
<b>K312</b>	61.28	233.13	<b>K413</b>	66.45	233.13
<b>K313</b>	66.45	233.13	<b>K414</b>	66.46	233.13
<b>K314</b>	66.46	233.13	<b>K415</b>	61.26	233.13
<b>K315</b>	61.26	233.13	<b>K416</b>	69.40	233.13
<b>K316</b>	69.40	233.13	<b>K417</b>	71.02	233.13
<b>K317</b>	71.02	233.13	<b>K418</b>	70.17	233.13
<b>K318</b>	70.17	233.13	<b>K419</b>	69.70	233.13
<b>K319</b>	69.70	233.13	<b>K420</b>	86.88	233.13
<b>K320</b>	86.88	233.13	<b>K421</b>	93.59	233.13
<b>K321</b>	93.59	233.13	<b>K422</b>	82.52	233.13
<b>K322</b>	82.52	233.13	<b>K423</b>	69.91	233.13
<b>K323</b>	69.91	233.13	<b>K424</b>	60.66	233.13
<b>K324</b>	60.66	233.13	<b>K425</b>	48.15	233.13
<b>K325</b>	48.15	233.13	<b>K426</b>	86.96	233.13
<b>K326</b>	86.96	233.13	<b>K427</b>	77.16	233.13
<b>K327</b>	77.16	233.13	<b>K428</b>	81.69	233.13
<b>K328</b>	81.69	233.13	<b>K429</b>	82.15	233.13
<b>K329</b>	82.15	233.13	<b>K430</b>	69.61	233.13
<b>K330</b>	69.61	233.13	<b>K431</b>	70.74	233.13
<b>K331</b>	70.74	233.13	<b>K432</b>	70.37	233.13
<b>K332</b>	70.37	233.13	<b>K433</b>	69.34	233.13

Bu tablodan da görüldüğü üzere, kirişlerin hepsinde  $V_e < V_r$  olduğundan, tüm kirişler eğilme etkisindedir. Diğer bir değişle kirişlerin kırılmasında eğilme hakimdir. Dolayısıyla da bu elemanlar sünek eleman olarak kabul edilmektedir.

Kirişlerin sol ve sağ uçlarında etki /kapasite oranları (r) ;

$$r = \frac{M_{dep}}{M_{kap} - M_{diş}} \quad (36)$$

bağıntısı ile belirlenmiştir (Bkz. Tablo 19). Belirlenen bu kapasite oranları DY-2007'de verilen hasar sınırlarını tanımlayan etki/kapasite oranları ( $r_s$ ) ile karşılaştırılarak, kirişlerin hasar düzeyleri belirlenmiştir. Okul binası kirişlerinde kullanılan donatı oranları ve enkesit boyutları dikkate alınarak hesaplanan  $(\rho - \rho')/\rho_b$  değerleri sıfırdan küçük olarak elde edilmiştir. Kirişlerin sarılma bölgelerinde etriye sıklaştırması bulunmamaktadır.

Tablo 19. Kirişlerde etki/kapasite oranları ve hasar düzeyi

Eleman	r	Hasar	Eleman	r	Hasar
K101 SOL	6.95	G	K109 SOL	5.68	İH
K101 SAĞ	4.09	İH	K109 SAĞ	1.91	MH
K102 SOL	2.70	BH	K110 SOL	2.57	BH
K102 SAĞ	1.13	MH	K110 SAĞ	1.01	MH
K103 SOL	1.08	MH	K111 SOL	1.01	MH
K103 SAĞ	2.76	BH	K111 SAĞ	2.57	BH
K104 SOL	4.03	İH	K112 SOL	7.01	G
K104 SAĞ	6.75	G	K112 SAĞ	4.09	İH
K105 SOL	2.69	BH	K113 SOL	2.83	BH
K105 SAĞ	1.13	MH	K113 SAĞ	1.10	MH
K106 SOL	1.66	MH	K114 SOL	1.10	MH
K106 SAĞ	1.64	MH	K114 SAĞ	2.83	BH
K107 SOL	3.20	BH	K115 SOL	4.08	İH
K107 SAĞ	5.69	İH	K115 SAĞ	7.02	G
K108 SOL	3.22	BH	K116 SOL	1.59	MH
K108 SAĞ	3.19	BH	K116 SAĞ	2.05	MH



Tablo 19'un devamı

<b>K117 SOL</b>	2.57	BH	<b>K132 SOL</b>	2.57	BH
<b>K117 SAĞ</b>	2.53	BH	<b>K132 SAĞ</b>	2.53	BH
<b>K118 SOL</b>	2.59	BH	<b>K133 SOL</b>	2.06	MH
<b>K118 SAĞ</b>	2.51	BH	<b>K133 SAĞ</b>	1.58	MH
<b>K119 SOL</b>	2.08	MH	<b>K201 SOL</b>	6.43	G
<b>K119 SAĞ</b>	1.57	MH	<b>K201 SAĞ</b>	3.57	BH
<b>K120 SOL</b>	2.30	MH	<b>K202 SOL</b>	2.36	MH
<b>K120 SAĞ</b>	4.30	İH	<b>K202 SAĞ</b>	1.15	MH
<b>K121 SOL</b>	3.29	BH	<b>K203 SOL</b>	1.10	MH
<b>K121 SAĞ</b>	3.25	BH	<b>K203 SAĞ</b>	2.38	MH
<b>K122 SOL</b>	3.22	BH	<b>K204 SOL</b>	3.48	BH
<b>K122 SAĞ</b>	3.19	BH	<b>K204 SAĞ</b>	6.37	G
<b>K123 SOL</b>	2.57	BH	<b>K205 SOL</b>	2.34	MH
<b>K123 SAĞ</b>	1.93	MH	<b>K205 SAĞ</b>	1.15	MH
<b>K124 SOL</b>	5.50	İH	<b>K206 SOL</b>	1.77	MH
<b>K124 SAĞ</b>	5.14	İH	<b>K206 SAĞ</b>	1.46	MH
<b>K125 SOL</b>	4.21	İH	<b>K207 SOL</b>	3.32	BH
<b>K125 SAĞ</b>	3.83	BH	<b>K207 SAĞ</b>	5.22	İH
<b>K126 SOL</b>	2.30	MH	<b>K208 SOL</b>	2.92	BH
<b>K126 SAĞ</b>	4.32	İH	<b>K208 SAĞ</b>	2.89	BH
<b>K127 SOL</b>	3.29	BH	<b>K209 SOL</b>	5.23	İH
<b>K127 SAĞ</b>	3.25	BH	<b>K209 SAĞ</b>	1.89	MH
<b>K128 SOL</b>	3.27	BH	<b>K210 SOL</b>	2.30	MH
<b>K128 SAĞ</b>	3.20	BH	<b>K210 SAĞ</b>	1.01	MH
<b>K129 SOL</b>	3.15	BH	<b>K211 SOL</b>	1.01	MH
<b>K129 SAĞ</b>	2.02	MH	<b>K211 SAĞ</b>	2.29	MH
<b>K130 SOL</b>	1.58	MH	<b>K212 SOL</b>	6.71	G
<b>K130 SAĞ</b>	2.06	MH	<b>K212 SAĞ</b>	3.51	BH
<b>K131 SOL</b>	2.55	BH	<b>K213 SOL</b>	2.48	MH
<b>K131 SAĞ</b>	2.55	BH	<b>K213 SAĞ</b>	1.11	MH

Tablo 19'un devamı

<b>K214 SOL</b>	1.11	MH	<b>K229 SOL</b>	2.84	BH
<b>K214 SAĞ</b>	2.48	MH	<b>K229 SAĞ</b>	2.06	MH
<b>K215 SOL</b>	3.50	BH	<b>K230 SOL</b>	1.58	MH
<b>K215 SAĞ</b>	6.74	G	<b>K230 SAĞ</b>	1.87	MH
<b>K216 SOL</b>	1.59	MH	<b>K231 SOL</b>	2.32	MH
<b>K216 SAĞ</b>	1.85	MH	<b>K231 SAĞ</b>	2.33	MH
<b>K217 SOL</b>	2.34	MH	<b>K232 SOL</b>	2.36	MH
<b>K217 SAĞ</b>	2.31	MH	<b>K232 SAĞ</b>	2.29	MH
<b>K218 SOL</b>	2.39	MH	<b>K233 SOL</b>	1.88	MH
<b>K218 SAĞ</b>	2.27	MH	<b>K233 SAĞ</b>	1.57	MH
<b>K219 SOL</b>	1.90	MH	<b>K301 SOL</b>	4.21	İH
<b>K219 SAĞ</b>	1.56	MH	<b>K301 SAĞ</b>	2.18	MH
<b>K220 SOL</b>	2.44	MH	<b>K302 SOL</b>	1.45	MH
<b>K220 SAĞ</b>	3.89	BH	<b>K302 SAĞ</b>	0.77	MH
<b>K221 SOL</b>	2.59	BH	<b>K303 SOL</b>	0.73	MH
<b>K221 SAĞ</b>	2.91	BH	<b>K303 SAĞ</b>	1.44	MH
<b>K222 SOL</b>	3.00	BH	<b>K304 SOL</b>	2.11	MH
<b>K222 SAĞ</b>	2.79	BH	<b>K304 SAĞ</b>	4.23	İH
<b>K223 SOL</b>	2.35	MH	<b>K305 SOL</b>	1.40	MH
<b>K223 SAĞ</b>	1.94	MH	<b>K305 SAĞ</b>	0.77	MH
<b>K224 SOL</b>	5.32	İH	<b>K306 SOL</b>	1.20	MH
<b>K224 SAĞ</b>	4.51	İH	<b>K306 SAĞ</b>	0.89	MH
<b>K225 SOL</b>	3.66	BH	<b>K307 SOL</b>	2.21	MH
<b>K225 SAĞ</b>	3.46	BH	<b>K307 SAĞ</b>	3.33	BH
<b>K226 SOL</b>	2.43	BH	<b>K308 SOL</b>	1.83	MH
<b>K226 SAĞ</b>	3.91	BH	<b>K308 SAĞ</b>	1.81	MH
<b>K227 SOL</b>	2.59	BH	<b>K309 SOL</b>	3.35	BH
<b>K227 SAĞ</b>	2.92	BH	<b>K309 SAĞ</b>	1.23	MH
<b>K228 SOL</b>	3.14	BH	<b>K310 SOL</b>	1.40	MH
<b>K228 SAĞ</b>	2.71	BH	<b>K310 SAĞ</b>	0.66	MH

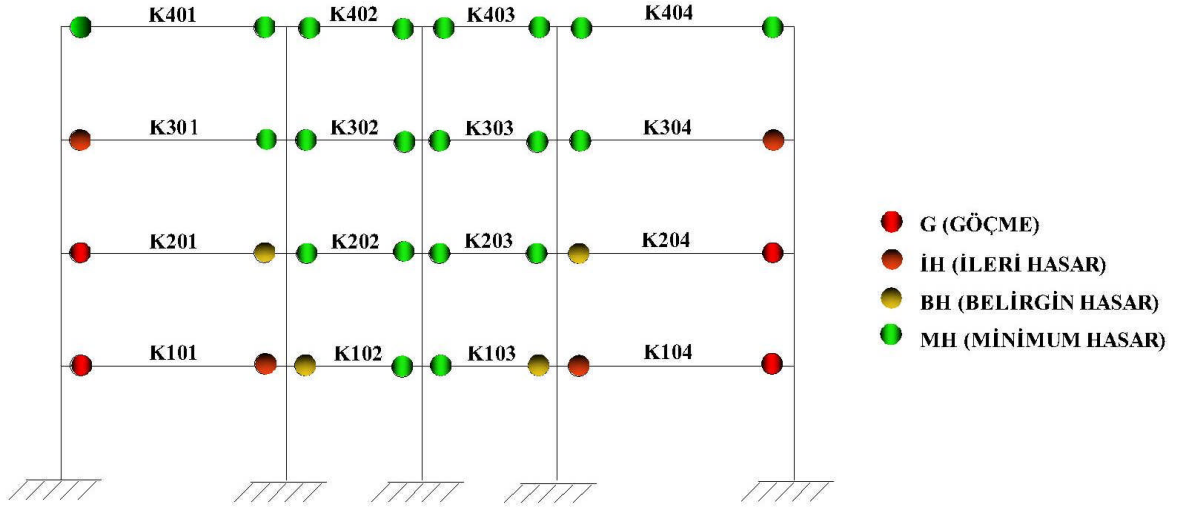
Tablo 19'un devamı

<b>K311 SOL</b>	0.66	MH	<b>K326 SOL</b>	1.73	MH
<b>K311 SAĞ</b>	1.40	MH	<b>K326 SAĞ</b>	2.61	BH
<b>K312 SOL</b>	4.52	İH	<b>K327 SOL</b>	1.35	MH
<b>K312 SAĞ</b>	2.11	MH	<b>K327 SAĞ</b>	1.68	MH
<b>K313 SOL</b>	1.52	MH	<b>K328 SOL</b>	2.05	MH
<b>K313 SAĞ</b>	0.73	MH	<b>K328 SAĞ</b>	1.62	MH
<b>K314 SOL</b>	0.73	MH	<b>K329 SOL</b>	1.85	MH
<b>K314 SAĞ</b>	1.52	MH	<b>K329 SAĞ</b>	1.41	MH
<b>K315 SOL</b>	2.11	MH	<b>K330 SOL</b>	1.06	MH
<b>K315 SAĞ</b>	4.56	İH	<b>K330 SAĞ</b>	1.19	MH
<b>K316 SOL</b>	1.07	MH	<b>K331 SOL</b>	1.48	MH
<b>K316 SAĞ</b>	1.18	MH	<b>K331 SAĞ</b>	1.49	MH
<b>K317 SOL</b>	1.49	MH	<b>K332 SOL</b>	1.52	MH
<b>K317 SAĞ</b>	1.47	MH	<b>K332 SAĞ</b>	1.45	MH
<b>K318 SOL</b>	1.54	MH	<b>K333 SOL</b>	1.20	MH
<b>K318 SAĞ</b>	1.43	MH	<b>K333 SAĞ</b>	1.04	MH
<b>K319 SOL</b>	1.22	MH	<b>K401 SOL</b>	1.38	MH
<b>K319 SAĞ</b>	1.03	MH	<b>K401 SAĞ</b>	0.89	MH
<b>K320 SOL</b>	1.74	MH	<b>K402 SOL</b>	0.67	MH
<b>K320 SAĞ</b>	2.59	BH	<b>K402 SAĞ</b>	0.27	MH
<b>K321 SOL</b>	1.34	MH	<b>K403 SOL</b>	0.23	MH
<b>K321 SAĞ</b>	1.67	MH	<b>K403 SAĞ</b>	0.64	MH
<b>K322 SOL</b>	1.91	MH	<b>K404 SOL</b>	0.87	MH
<b>K322 SAĞ</b>	1.70	MH	<b>K404 SAĞ</b>	1.39	MH
<b>K323 SOL</b>	1.54	MH	<b>K405 SOL</b>	0.56	MH
<b>K323 SAĞ</b>	1.32	MH	<b>K405 SAĞ</b>	0.26	MH
<b>K324 SOL</b>	3.68	BH	<b>K406 SOL</b>	0.37	MH
<b>K324 SAĞ</b>	2.82	BH	<b>K406 SAĞ</b>	0.33	MH
<b>K325 SOL</b>	2.24	MH	<b>K407 SOL</b>	0.55	MH
<b>K325 SAĞ</b>	2.18	MH	<b>K407 SAĞ</b>	1.18	MH

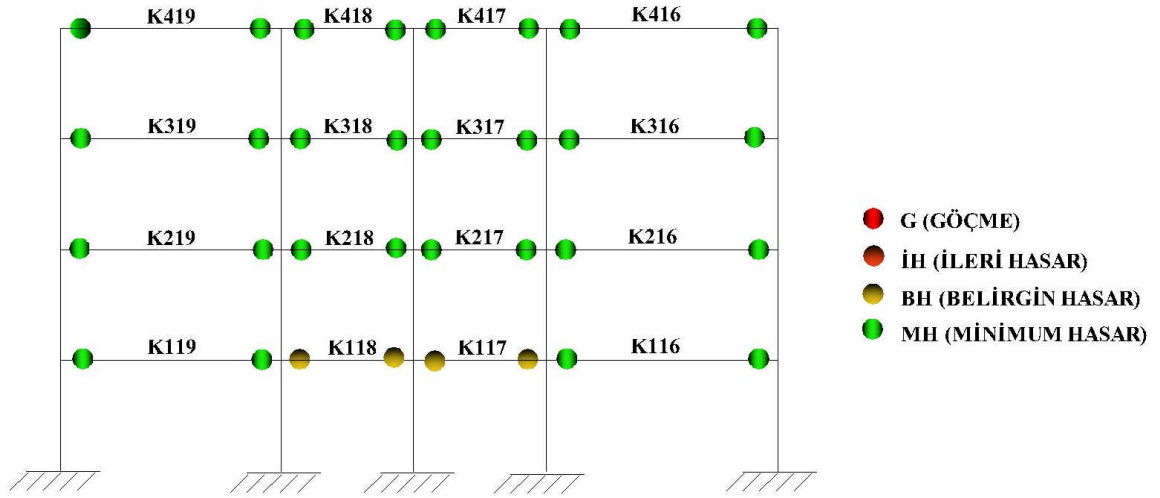
Tablo 19'un devamı

<b>K408 SOL</b>	0.81	MH	<b>K421 SOL</b>	0.40	MH
<b>K408 SAĞ</b>	0.80	MH	<b>K421 SAĞ</b>	0.47	MH
<b>K409 SOL</b>	1.18	MH	<b>K422 SOL</b>	0.83	MH
<b>K409 SAĞ</b>	0.36	MH	<b>K422 SAĞ</b>	0.70	MH
<b>K410 SOL</b>	0.54	MH	<b>K423 SOL</b>	0.68	MH
<b>K410 SAĞ</b>	0.22	MH	<b>K423 SAĞ</b>	0.46	MH
<b>K411 SOL</b>	0.22	MH	<b>K424 SOL</b>	1.22	MH
<b>K411 SAĞ</b>	0.54	MH	<b>K424 SAĞ</b>	1.07	MH
<b>K412 SOL</b>	1.44	MH	<b>K425 SOL</b>	0.92	MH
<b>K412 SAĞ</b>	0.88	MH	<b>K425 SAĞ</b>	0.81	MH
<b>K413 SOL</b>	0.68	MH	<b>K426 SOL</b>	0.54	MH
<b>K413 SAĞ</b>	0.24	MH	<b>K426 SAĞ</b>	1.31	MH
<b>K414 SOL</b>	0.24	MH	<b>K427 SOL</b>	0.40	MH
<b>K414 SAĞ</b>	0.69	MH	<b>K427 SAĞ</b>	0.48	MH
<b>K415 SOL</b>	0.88	MH	<b>K428 SOL</b>	0.88	MH
<b>K415 SAĞ</b>	1.45	MH	<b>K428 SAĞ</b>	0.70	MH
<b>K416 SOL</b>	0.34	MH	<b>K429 SOL</b>	0.80	MH
<b>K416 SAĞ</b>	0.47	MH	<b>K429 SAĞ</b>	0.46	MH
<b>K417 SOL</b>	0.61	MH	<b>K430 SOL</b>	0.34	MH
<b>K417 SAĞ</b>	0.61	MH	<b>K430 SAĞ</b>	0.47	MH
<b>K418 SOL</b>	0.64	MH	<b>K431 SOL</b>	0.60	MH
<b>K418 SAĞ</b>	0.59	MH	<b>K431 SAĞ</b>	0.62	MH
<b>K419 SOL</b>	0.48	MH	<b>K432 SOL</b>	0.63	MH
<b>K419 SAĞ</b>	0.34	MH	<b>K432 SAĞ</b>	0.59	MH
<b>K420 SOL</b>	0.54	MH	<b>K433 SOL</b>	0.47	MH
<b>K420 SAĞ</b>	1.30	MH	<b>K433 SAĞ</b>	0.34	MH

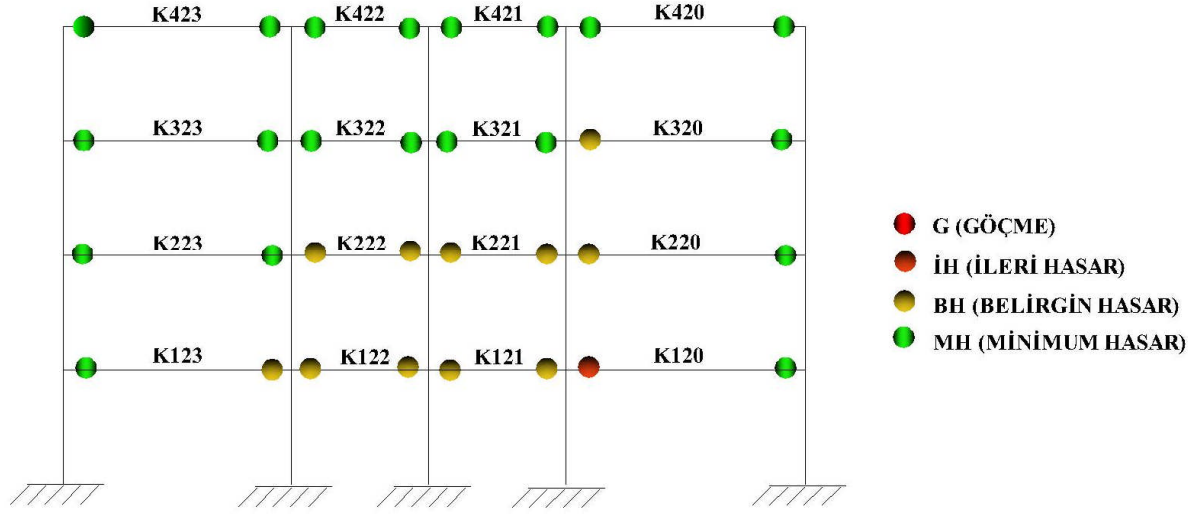
Bu tablodan da görüldüğü gibi, okul binasının tüm kat kirişlerinde toplam 8 kesitte göçme (G), 19 kesitte ileri hasar (İH), 56 kesitte belirgin hasar (BH), 181 kesitte ise minimum hasar (MH) meydana gelmektedir. Şekil 28, Şekil 29 ve Şekil 30'da bazı kirişlerin hasar dereceleri gösterilmiştir.



Şekil 28. A-A aksı kirişleri hasar dereceleri



Şekil 29. 1-1 aksı kirişleri hasar dereceleri



Şekil 30. 2-2 aksı kirişleri hasar dereceleri

### 2.3.5. Kolonların Etki/Kapasite Oranları ve Hasar Düzeylerinin Belirlenmesi

Kolonların etki/kapasite oranlarının belirlenmesi için düşey yük ( $g+0.6q$ ) ve eşdeğer deprem yükleri altında yapısal çözümlenmesi yapılmış ve kolon uç momentleri elde edilmiştir. Okul binası kolonlarının düşey yükler etkisindeki kapasiteleri (DY-2007 Ek 7A) belirlenerek kesme kuvvetleri;

$$V_e = \frac{2M_{kap}}{l_n} \quad (37)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan bu kesme kuvvetleri TS 500'de verilen kolonların kesme kuvveti kapasiteleri ( $V_r$ ) ile karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar etki/kapasite oranları ve hasar durumları ile birlikte 1. kat için Tablo 20, 2. kat için Tablo 21, 3. kat için Tablo 22 ve 4. kat için ise Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 20. 1. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki/kapasite oranları ve hasar durumları

Eleman	$M_{düş}$ (kNm)	$M_{dep}$ (kNm)	$M_{kap}$ (kNm)	$V_e$ (kN)	$V_r$ (kN)	r	Hasar
S101 ALT	8.63	277.09	141.00	94.00	260.00	2.09	G
S101 ÜST	18.55	122.80	141.00	94.00	260.00	1.00	MH
S102 ALT	6.65	424.01	184.30	122.87	298.50	2.39	G
S102 ÜST	16.25	221.03	184.30	122.87	298.50	1.32	G
S103 ALT	3.41	210.85	141.00	94.00	260.00	1.53	G
S103 ÜST	8.31	104.47	141.00	94.00	260.00	0.79	MH
S104 ALT	6.09	425.23	184.30	122.87	298.50	2.39	G
S104 ÜST	13.01	223.85	184.30	122.87	298.50	1.31	G
S105 ALT	7.92	276.94	141.00	94.00	260.00	2.08	G
S105 ÜST	18.24	122.49	141.00	94.00	260.00	1.00	MH
S106 ALT	6.16	233.82	141.00	94.00	260.00	1.73	G
S106 ÜST	12.48	155.44	141.00	94.00	260.00	1.21	G
S107 ALT	6.00	233.72	141.00	94.00	260.00	1.73	G
S107 ÜST	12.31	155.37	141.00	94.00	260.00	1.21	G
S108 ALT	2.92	325.08	184.30	122.87	298.50	1.79	G
S108 ÜST	5.35	190.56	184.30	122.87	298.50	1.06	G
S109 ALT	2.14	293.35	153.60	102.40	298.50	1.94	G
S109 ÜST	3.79	117.73	153.60	102.40	298.50	0.79	MH
S110 ALT	5.26	325.93	184.30	122.87	298.50	1.82	G
S110 ÜST	11.17	192.62	184.30	122.87	298.50	1.11	G
S111 ALT	8.24	373.72	184.30	122.87	319.30	2.12	G
S111 ÜST	16.73	198.59	184.30	122.87	319.30	1.19	G
S112 ALT	5.00	571.36	285.10	190.07	421.50	2.04	G
S112 ÜST	10.51	278.98	285.10	190.07	421.50	1.02	G
S113 ALT	5.17	571.21	285.10	190.07	421.50	2.04	G
S113 ÜST	10.53	278.79	285.10	190.07	421.50	1.02	G
S114 ALT	8.11	373.58	184.30	122.87	319.30	2.12	G
S114 ÜST	16.60	198.53	184.30	122.87	319.30	1.18	G
S115 ALT	8.02	327.07	184.30	122.87	298.50	1.86	G
S115 ÜST	19.77	195.14	184.30	122.87	298.50	1.19	G
S116 ALT	5.46	209.73	141.00	94.00	260.00	1.55	G
S116 ÜST	12.88	101.99	141.00	94.00	260.00	0.80	MH
S117 ALT	8.22	327.03	184.30	122.87	298.50	1.86	G
S117 ÜST	19.78	195.12	184.30	122.87	298.50	1.19	G

Tablo 20'nin devamı

<b>S118 ALT</b>	6.27	233.83	141.00	94.00	260.00	1.74	G
<b>S118 ÜST</b>	12.76	155.47	141.00	94.00	260.00	1.21	G
<b>S119 ALT</b>	6.24	233.75	141.00	94.00	260.00	1.73	G
<b>S119 ÜST</b>	12.74	155.42	141.00	94.00	260.00	1.21	G
<b>S120 ALT</b>	8.45	279.06	141.00	94.00	260.00	2.11	G
<b>S120 ÜST</b>	18,78	123.21	141.00	94.00	260.00	1.01	G
<b>S121 ALT</b>	6.19	428.73	184.30	122.87	298.50	2.41	G
<b>S121 ÜST</b>	12.81	225.77	184.30	122.87	298.50	1.32	G
<b>S122 ALT</b>	8.40	208.14	141.00	94.00	260.00	1.57	G
<b>S122 ÜST</b>	17.93	98.46	141.00	94.00	260.00	0.80	MH
<b>S123 ALT</b>	6.14	428.73	184.30	122.87	298.50	2.41	G
<b>S123 ÜST</b>	12.84	225.77	184.30	122.87	298.50	1.32	G
<b>S124 ALT</b>	8.44	279.06	141.00	94.00	260.00	2.11	G
<b>S124 ÜST</b>	18.75	123.21	141.00	94.00	260.00	1.01	G



Tablo 21. 2. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki/kapasite oranları ve hasar durumları

Eleman	$M_{düş}$ (kNm)	$M_{dep}$ (kNm)	$M_{kap}$ (kNm)	$V_e$ (kN)	$V_r$ (kN)	r	Hasar
S201 ALT	25.97	129.02	141.00	94.00	260.00	1.12	G
S201 ÜST	24.46	146.70	141.00	94.00	260.00	1.26	G
S202 ALT	22.22	249.73	184.30	122.87	298.50	1.54	G
S202 ÜST	21.36	269.69	184.30	122.87	298.50	1.66	G
S203 ALT	11.17	116.16	141.00	94.00	260.00	0.89	MH
S203 ÜST	10.98	124.66	141.00	94.00	260.00	0.96	MH
S204 ALT	18.68	253.46	184.30	122.87	298.50	1.53	G
S204 ÜST	18.09	273.01	184.30	122.87	298.50	1.64	G
S205 ALT	25.22	128.63	141.00	94.00	260.00	1.11	G
S205 ÜST	24.07	146.38	141.00	94.00	260.00	1.25	G
S206 ALT	17.72	186.80	141.00	94.00	260.00	1.52	G
S206 ÜST	16.77	191.25	141.00	94.00	260.00	1.54	G
S207 ALT	17.45	186.62	141.00	94.00	260.00	1.51	G
S207 ÜST	16.57	191.09	141.00	94.00	260.00	1.54	G
S208 ALT	8.14	226.13	184.30	122.87	298.50	1.28	G
S208 ÜST	7.52	235.41	184.30	122.87	298.50	1.33	G
S209 ALT	5.69	127.37	153.60	102.40	298.50	0.86	MH
S209 ÜST	4.64	144.18	153.60	102.40	298.50	0.97	MH
S210 ALT	16.23	228.94	184.30	122.87	298.50	1.36	G
S210 ÜST	15.26	238.10	184.30	122.87	298.50	1.41	G
S211 ALT	24.19	233.17	184.30	122.87	319.30	1.46	G
S211 ÜST	23.38	246.34	184.30	122.87	319.30	1.53	G
S212 ALT	14.76	322.40	285.10	190.07	421.50	1.19	G
S212 ÜST	13.94	340.85	285.10	190.07	421.50	1.26	G
S213 ALT	14.93	322.11	285.10	190.07	421.50	1.19	G
S213 ÜST	14.14	340.69	285.10	190.07	421.50	1.26	G
S214 ALT	23.97	232.96	184.30	122.87	319.30	1.45	G
S214 ÜST	23.20	246.15	184.30	122.87	319.30	1.53	G
S215 ALT	26.78	230.06	184.30	122.87	298.50	1.46	G
S215 ÜST	26.24	235.91	184.30	122.87	298.50	1.49	G
S216 ALT	17.08	113.14	141.00	94.00	260.00	0.91	MH
S216 ÜST	16.03	122.33	141.00	94.00	260.00	0.98	MH
S217 ALT	26.98	229.99	184.30	122.87	298.50	1.46	G
S217 ÜST	26.36	235.84	184.30	122.87	298.50	1.49	G
S218 ALT	18.12	186.82	141.00	94.00	260.00	1.52	G

Tablo 21'in devamı

<b>S218 ÜST</b>	17.18	191.26	141.00	94.00	260.00	1.54	G
<b>S219 ALT</b>	18.08	186.68	141.00	94.00	260.00	1.52	G
<b>S219 ÜST</b>	17.15	191.13	141.00	94.00	260.00	1.54	G
<b>S220 ALT</b>	26.21	129.68	141.00	94.00	260.00	1.13	G
<b>S220 ÜST</b>	25.06	147.52	141.00	94.00	260.00	1.27	G
<b>S221 ALT</b>	18.27	256.29	184.30	122.87	298.50	1.54	G
<b>S221 ÜST</b>	17.80	275.94	184.30	122.87	298.50	1.66	G
<b>S222 ALT</b>	25.54	108.73	141.00	94.00	260.00	0.94	MH
<b>S222 ÜST</b>	24.07	118.80	141.00	94.00	260.00	1.02	G
<b>S223 ALT</b>	18.18	256.29	184.30	122.87	298.50	1.54	G
<b>S223 ÜST</b>	17.71	275.94	184.30	122.87	298.50	1.66	G
<b>S224 ALT</b>	26.27	129.68	141.00	94.00	260.00	1.13	G
<b>S224 ÜST</b>	25.06	147.52	141.00	94.00	260.00	1.27	G

Tablo 22. 3. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki/kapasite oranları ve hasar durumları

Eleman	$M_{düş}$ (kNm)	$M_{dep}$ (kNm)	$M_{kap}$ (kNm)	$V_e$ (kN)	$V_r$ (kN)	r	Hasar
S301 ALT	21.77	74.65	141.00	94.00	260.00	0.63	MH
S301 ÜST	19.96	125.02	141.00	94.00	260.00	1.03	G
S302 ALT	19.84	152.88	184.30	122.87	298.50	0.93	MH
S302 ÜST	18.76	219.86	184.30	122.87	298.50	1.33	G
S303 ALT	9.80	79.43	141.00	94.00	260.00	0.61	MH
S303 ÜST	9.36	103.28	141.00	94.00	260.00	0.78	MH
S304 ALT	16.96	155.48	184.30	122.87	298.50	0.93	MH
S304 ÜST	16.05	221.92	184.30	122.87	298.50	1.32	G
S305 ALT	21.80	74.44	141.00	94.00	260.00	0.62	MH
S305 ÜST	20.18	124.86	141.00	94.00	260.00	1.03	G
S306 ALT	15.15	126.38	141.00	94.00	260.00	1.00	MH
S306 ÜST	14.43	151.08	141.00	94.00	260.00	1.19	G
S307 ALT	15.06	126.23	141.00	94.00	260.00	1.00	MH
S307 ÜST	14.37	150.92	141.00	94.00	260.00	1.19	G
S308 ALT	7.66	147.46	184.30	122.87	298.50	0.83	MH
S308 ÜST	7.73	189.73	184.30	122.87	298.50	1.07	G
S309 ALT	3.97	71.94	153.60	102.40	298.50	0.48	MH
S309 ÜST	2.92	127.04	153.60	102.40	298.50	0.84	MH
S310 ALT	14.78	149.80	184.30	122.87	298.50	0.88	MH
S310 ÜST	13.95	191.73	184.30	122.87	298.50	1.13	G
S311 ALT	22.23	147.24	184.30	122.87	319.30	0.91	MH
S311 ÜST	21.86	202.54	184.30	122.87	319.30	1.25	G
S312 ALT	12.62	186.64	285.10	190.07	421.50	0.68	MH
S312 ÜST	12.00	277.33	285.10	190.07	421.50	1.02	G
S313 ALT	12.78	186.59	285.10	190.07	421.50	0.69	MH
S313 ÜST	12.18	277.33	285.10	190.07	421.50	1.02	G
S314 ALT	22.13	147.07	184.30	122.87	319.30	0.91	MH
S314 ÜST	21.77	202.35	184.30	122.87	319.30	1.25	G
S315 ALT	24.35	143.90	184.30	122.87	298.50	0.90	MH
S315 ÜST	23.74	184.33	184.30	122.87	298.50	1.15	G
S316 ALT	13.49	70.79	141.00	94.00	260.00	0.56	MH
S316 ÜST	12.23	102.71	141.00	94.00	260.00	0.80	MH
S317 ALT	24.45	143.84	184.30	122.87	298.50	0.90	MH
S317 ÜST	23.77	184.26	184.30	122.87	298.50	1.15	G

Tablo 22'nin devamı

<b>S318 ALT</b>	15.57	126.37	141.00	94.00	260.00	1.01	G
<b>S318 ÜST</b>	14.84	151.07	141.00	94.00	260.00	1.20	G
<b>S319 ALT</b>	15.56	126.26	141.00	94.00	260.00	1.01	G
<b>S319 ÜST</b>	14.83	150.94	141.00	94.00	260.00	1.20	G
<b>S320 ALT</b>	22.64	74.90	141.00	94.00	260.00	0.63	MH
<b>S320 ÜST</b>	21.00	125.83	141.00	94.00	260.00	1.05	G
<b>S321 ALT</b>	17.32	157.29	184.30	122.87	298.50	0.94	MH
<b>S321 ÜST</b>	17.13	224.34	184.30	122.87	298.50	1.34	G
<b>S322 ALT</b>	22.07	80.46	141.00	94.00	260.00	0.68	MH
<b>S322 ÜST</b>	20.29	100.80	141.00	94.00	260.00	0.84	MH
<b>S323 ALT</b>	17.22	157.29	184.30	122.87	298.50	0.94	MH
<b>S323 ÜST</b>	17.03	224.34	184.30	122.87	298.50	1.34	G
<b>S324 ALT</b>	22.80	74.90	141.00	94.00	260.00	0.63	MH
<b>S324 ÜST</b>	21.10	125.83	141.00	94.00	260.00	1.05	G

Tablo 23. 4. kat için düşey yüklerden ve eşdeğer deprem yüklerinden elde edilen kolon uç momentleri, etki/kapasite oranları ve hasar durumları

Eleman	$M_{düş}$ (kNm)	$M_{dep}$ (kNm)	$M_{kap}$ (kNm)	$V_e$ (kN)	$V_r$ (kN)	r	Hasar
S401 ALT	28.21	22.58	141.00	94.00	260.00	0.20	MH
S401 ÜST	39.82	57.79	141.00	94.00	260.00	0.57	MH
S402 ALT	24.83	44.17	184.30	122.87	298.50	0.28	MH
S402 ÜST	34.19	109.28	184.30	122.87	298.50	0.73	MH
S403 ALT	12.75	40.36	141.00	94.00	260.00	0.31	MH
S403 ÜST	17.80	50.55	141.00	94.00	260.00	0.41	MH
S404 ALT	21.77	45.40	184.30	122.87	298.50	0.28	MH
S404 ÜST	29.71	109.98	184.30	122.87	298.50	0.71	MH
S405 ALT	28.15	22.57	141.00	94.00	260.00	0.20	MH
S405 ÜST	39.76	57.88	141.00	94.00	260.00	0.57	MH
S406 ALT	18.86	53.43	141.00	94.00	260.00	0.44	MH
S406 ÜST	24.15	80.97	141.00	94.00	260.00	0.69	MH
S407 ALT	18.75	53.32	141.00	94.00	260.00	0.44	MH
S407 ÜST	24.02	80.84	141.00	94.00	260.00	0.69	MH
S408 ALT	9.00	55.41	184.30	122.87	298.50	0.32	MH
S408 ÜST	11.62	100.97	184.30	122.87	298.50	0.58	MH
S409 ALT	5.25	37.11	153.60	102.40	298.50	0.25	MH
S409 ÜST	8.59	58.69	153.60	102.40	298.50	0.40	MH
S410 ALT	18.43	57.09	184.30	122.87	298.50	0.34	MH
S410 ÜST	24.45	102.52	184.30	122.87	298.50	0.64	MH
S411 ALT	25.59	47.95	184.30	122.87	319.30	0.30	MH
S411 ÜST	29.80	103.99	184.30	122.87	319.30	0.67	MH
S412 ALT	16.02	50.07	285.10	190.07	421.50	0.19	MH
S412 ÜST	21.00	116.78	285.10	190.07	421.50	0.44	MH
S413 ALT	16.30	50.09	285.10	190.07	421.50	0.19	MH
S413 ÜST	21.27	117.08	285.10	190.07	421.50	0.44	MH
S414 ALT	25.45	47.84	184.30	122.87	319.30	0.30	MH
S414 ÜST	29.65	103.83	184.30	122.87	319.30	0.67	MH
S415 ALT	30.34	44.34	184.30	122.87	298.50	0.29	MH
S415 ÜST	40.34	84.40	184.30	122.87	298.50	0.59	MH
S416 ALT	17.45	34.72	141.00	94.00	260.00	0.28	MH
S416 ÜST	25.55	50.25	141.00	94.00	260.00	0.44	MH
S417 ALT	30.50	44.30	184.30	122.87	298.50	0.29	MH
S417 ÜST	40.52	84.33	184.30	122.87	298.50	0.59	MH

Tablo 23'ün devamı

<b>S418 ALT</b>	19.43	53.38	141.00	94.00	260.00	0.44	MH
<b>S418 ÜST</b>	24.92	80.89	141.00	94.00	260.00	0.70	MH
<b>S419 ALT</b>	19.40	53.30	141.00	94.00	260.00	0.44	MH
<b>S419 ÜST</b>	24.88	80.78	141.00	94.00	260.00	0.70	MH
<b>S420 ALT</b>	29.44	22.68	141.00	94.00	260.00	0.20	MH
<b>S420 ÜST</b>	41.45	58.13	141.00	94.00	260.00	0.58	MH
<b>S421 ALT</b>	19.88	46.22	184.30	122.87	298.50	0.28	MH
<b>S421 ÜST</b>	26.46	111.51	184.30	122.87	298.50	0.71	MH
<b>S422 ALT</b>	28.67	40.90	141.00	94.00	260.00	0.36	MH
<b>S422 ÜST</b>	40.21	52.61	141.00	94.00	260.00	0.52	MH
<b>S423 ALT</b>	19.75	46.22	184.30	122.87	298.50	0.28	MH
<b>S423 ÜST</b>	26.11	111.51	184.30	122.87	298.50	0.70	MH
<b>S424 ALT</b>	29.60	22.65	141.00	94.00	260.00	0.20	MH
<b>S424 ÜST</b>	41.64	58.13	141.00	94.00	260.00	0.59	MH

Tüm kolonlarda uç momentleri yardımıyla belirlenen kesme kuvvetleri ( $V_e$ ), TS 500'de verilen bağıntılar yardımıyla hesaplanan kesme kuvveti kapasitesinden küçük olarak elde edilmiştir. Bu da okul binasına ait tüm kolonların kırılma türünün eğilme olduğunu, diğer bir deyişle tüm kolonların sünek eleman olarak kabul edilebileceğini göstermektedir.

Kolonların sol ve sağ uçlarında etki /kapasite oranları ( $r$ ) ;

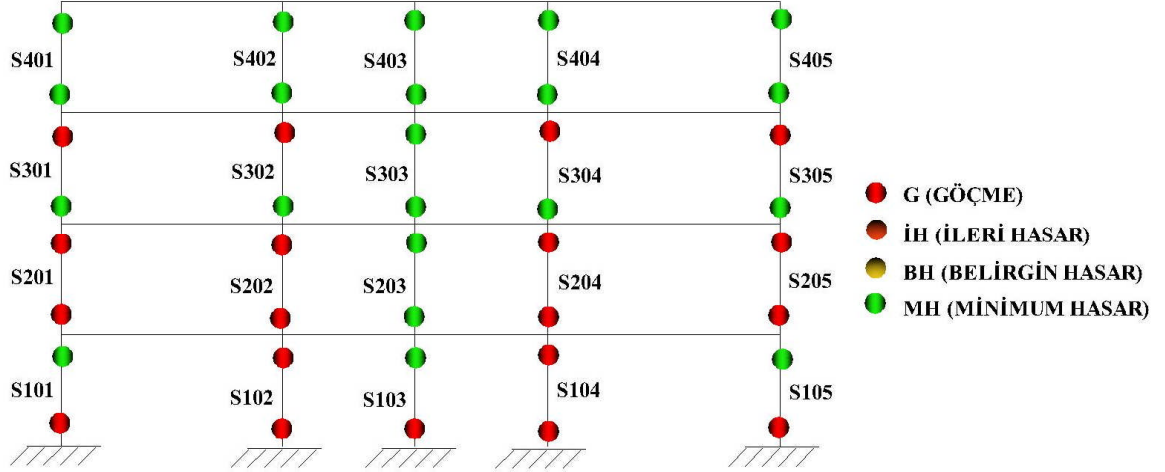
$$r = \frac{M_{dep}}{M_{kap} - M_{diş}} \quad (38)$$

bağıntısı ile belirlenmiştir.

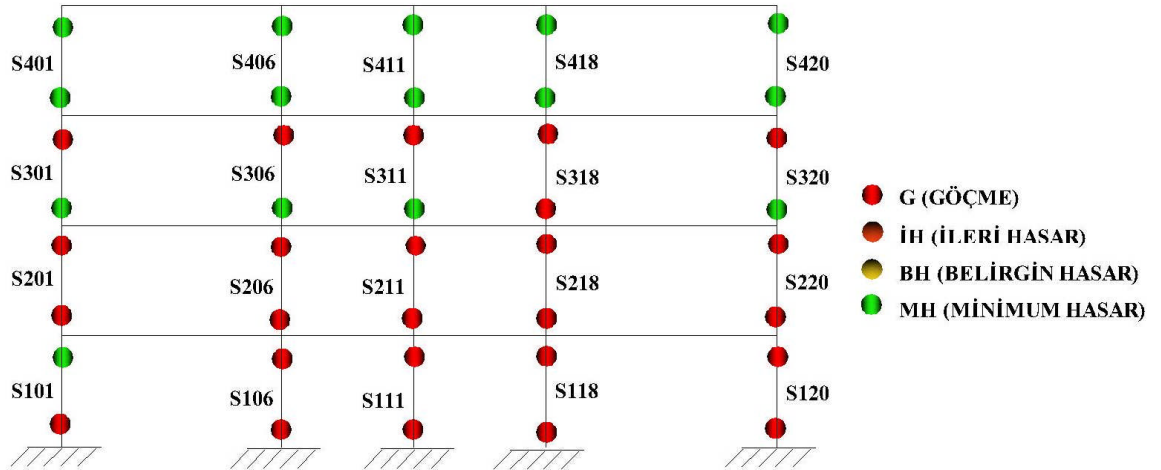
DY-2007'ye göre eleman hasarı elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenir. Okul binası için hesaplanan etki/kapasite oranları, kolonların alt ve üst uçlarında hesaplanmış ve bunlardan büyük olanı değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre elde edilen kapasite oranları ( $r$ ), kolonlarda hasar durumlarının belirlenmesi için DY-2007 Bölüm 7'de verilen etki/kapasite oranları ( $r_s$ ) ile karşılaştırılmıştır. Bu tabloya göre, tüm kolonlarda

$\frac{N_k}{A_c \cdot f_{cm}} = 0.75$  için tüm hasar sınırları 1.0 olarak verilmektedir. Buna göre binanın birinci

katının tüm kolonları göçme bölgesinde, ikinci kat kolonlarının 3 tanesi minimum hasar, diğerleri göçme bölgesinde, üçüncü katın 4 kolonu minimum hasar diğer kolonları göçme bölgesinde, dördüncü katın ise tüm kolonları minimum hasar bölgesindedir. A-A aksı kolonları hasar dereceleri Şekil 31’de, 1-1 aksı kolonları hasar dereceleri ise Şekil 32’de gösterilmektedir.



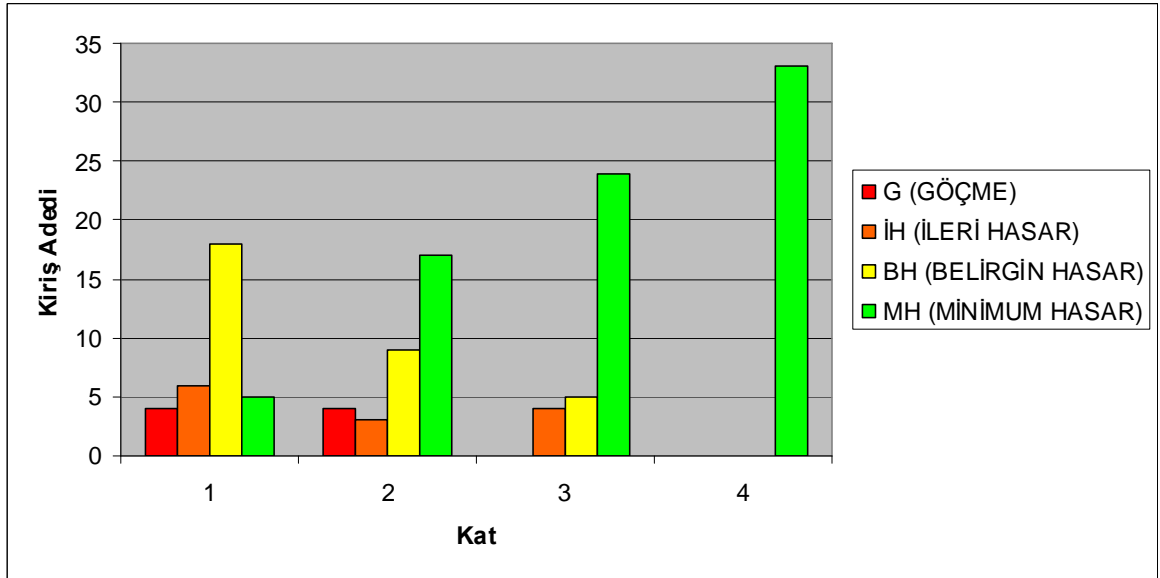
Şekil 31. A-A aksı kolonları hasar dereceleri



Şekil 32. 1-1 aksı kolonları hasar dereceleri

### 2.3.6. Bulguların İrdelenmesi

Hasarsız mevcut bir okul binasının Yeni Deprem Yönetmeliği'nin 7. bölümünde "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" başlığı altında verilen doğrusal elastik yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak incelemesi yapılmıştır. Buna göre yönetmelikte tanımlanan hasar bölgelerinden, okul binasının tüm kirişlerinin %3'ü göçme bölgesinde, %7'si ileri hasar bölgesinde, %21'i belirgin hasar ve %69'u minimum hasar bölgesinde kalmaktadır. Katlara göre bina kirişlerinin hasar bölgeleri Şekil 33'de verilmektedir.



Şekil 33. Bina kirişlerinin hasar bölgeleri

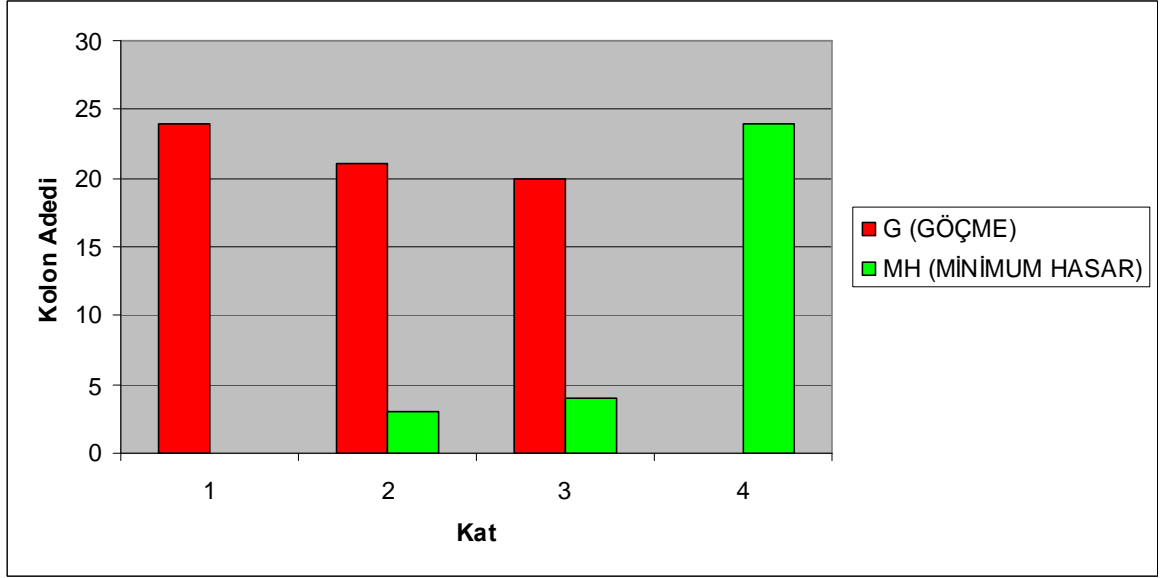
Yönetmelikte tanımlanan kirişler için Can Güvenliği Performans düzeyi; herhangi bir katta uygulanan her bir deprem doğrultusu için yapılan hesap sonucunda, kirişlerin en fazla %30'u İleri Hasar Bölgesine geçebilir. Hiçbir taşıyıcı elemanın göçme bölgesine geçmesine izin verilmez.

Bu sonuçlara göre okul binasının kirişlerinin, DY-2007'de tanımlanan Can Güvenliği Performans Düzeyi koşullarını sağlamadığı anlaşılmaktadır.

Okul binasının 1. kat kolonlarının %100'ü göçme bölgesinde, 2. kat kolonlarının %13'ü minimum hasar, %87'si ise göçme bölgesinde, 3. kat kolonlarının %15'i minimum hasar,



%85'i ise göçme bölgesinde, 4. kat kolonlarının ise %100'ü minimum hasar bölgesinde kalmaktadır (Şekil 34).



Şekil 34. Bina kolonlarının hasar bölgeleri

Yönetmelikte tanımlanan kolonlar için Can Güvenliği Performans düzeyi; ileri hasar bölgesindeki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısının %20'nin altında olmasıdır. Ayrıca en üst katta, ileri hasar bölgesindeki kolonların kesme kuvvetleri toplamının o kattaki tüm kolonların kesme kuvvetlerinin toplamına oranı en fazla %40 olabilir.

Bu sonuçlara göre, okul binasının dördüncü kat kolonları hariç, diğer katlarındaki kolonlar yönetmelikte Can Güvenliği Performans Düzeyi koşullarını sağlamamaktadır.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mart 2007'de yürürlüğe giren Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te ilk kez mevcut yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesi ve deprem güvenliği yetersiz binaların güçlendirilmesi konusu Türk Deprem Yönetmeliği'ne girmiştir. Böylece, daha önceleri yeni yapılacak binalar gibi düşünülen ve farklı yorumlar getirilen performans değerlendirilmesi ve güçlendirme işlemleri belirli kurallara bağlanmıştır.

Bu çalışmada, ilk bölümde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda bazı genel bilgilerden bahsedilmiş, Deprem Yönetmeliği'nde yapılan başlıca değişiklikler ve yönetmeliğe ilk kez dahil edilen Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi bölümü açıklanmıştır. Mevcut bir betonarme binanın yönetmelikte yer alan doğrusal elastik yöntem ile performansı değerlendirilmiştir.

Bu çalışmadan çıkartılabilecek sonuçlar aşağıda verilmektedir.

1. Ülkemiz etkin deprem kuşağında bulunmakta dolayısıyla da zaman zaman yıkıcı depremlerin etkisinde kalmaktadır. Bu nedenle, oluşabilecek depremlere karşı belirli dayanım ve dayanıklılığa sahip yapı yapmak için yürürlükte bulunan yönetmelikler, gerek yapım gerekse malzeme teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak revize edilmeye ihtiyaç duymaktadırlar.

2. Yürürlükte bulunan Deprem Yönetmeliği de 1998 Yönetmeliği revize edilerek hazırlanmış ve mevcut yapıların değerlendirilmesi ile ilgili yeni bölüm ilave edilmiştir. 1998 Yönetmeliği'nde mevcut binaların değerlendirilmesi yönetmelikte yeni yapılar için tanımlanan kurallar ile yapılmaktaydı. Bu da bazen hasarsız binaların, belki de gerekmediği halde, onarılıp güçlendirilmesine ve/ya da yıkılmasına neden olmaktadır. Bugün yürürlükte bulunan yönetmelikte mevcut hasarsız yapıların güçlendirilmesine ya da yıkılıp yeniden yapılmasına karar vermek için mevcut binanın performansının değerlendirilmesi öngörülmektedir.

3. Bu çalışma kapsamında, hasarsız mevcut bir okul binasının Yeni Deprem Yönetmeliği'nin 7. Bölümünde "Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi" başlığı altında verilen doğrusal elastik yöntemlerden Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi kullanılarak, incelemesi yapılmıştır. Buna göre okul binasının kirişlerinin, yönetmelikte

tanımlanan hasar bölgelerinden, %3'ü göçme, %7'si ileri hasar, %21'i belirgin hasar ve %69'u ise minimum hasar bölgesinde kalmaktadır.

4. Okul binasının 1. kat kolonlarının %100'ü göçme bölgesinde, 2. kat kolonlarının %13'ü minimum hasar, %87'si ise göçme bölgesinde, 3. kat kolonlarının %15'i minimum hasar, %85'i göçme bölgesinde, 4. kat kolonlarının ise %100'ü minimum hasar bölgesinde kalmaktadır.

5. Bu çalışmaya konu olan okul binasında hiçbir hasar olmamasına rağmen özellikle 1. kat kolonlarının tümünün göçme bölgesinde kalmış olması, söz konusu yapının Can Güvenliği performans seviyesini sağlamaması bu okul binasının deprem etkilerine karşı yeterli performansa sahip olmadığını, arzu edilen performansın sağlanabilmesi için uygun bir teknikte güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Özetle bu çalışmada, yürürlükte bulunan ve bir önceki deprem yönetmelikleri karşılaştırılmış, yürürlükte bulunan deprem yönetmeliğine ilave edilen mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi bölümünde tanımlanan mevcut binalardan veri toplanması, değerlendirilmesi, mevcut bir okul binası üzerinde doğrusal elastik hesap yöntemlerinden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belirlenmiş ve okul binasının kolonlarının yeterli performansa sahip olmadığı görülmüştür. Söz konusu okul binasının doğrusal olmayan hesap yöntemleri ile de performansının belirlenmesi ve iki yöntemin karşılaştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

#### 4. KAYNAKLAR

1. T.C. Resmi Gazete, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (26454), 06.03.2007.
2. T.C. Resmi Gazete, Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (23098), 02.09.1997.
3. <http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm> “Deprem ile İlgili Teknik Bilgiler” 10-Ocak-2008.
4. <http://www.saujeofizik.blogspot.com/2008/03/deprem-trleri.html> “Deprem Türleri” 07-Nisan-2008.
5. <http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm> “Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası” 10-Ocak-2008.
6. Celep, Z. ve Kumbasar, N., Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul, 2005.
7. Doğangün, A., Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, Trabzon, 2007.
8. Celep, Z. ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.
9. Mertol, A. ve Mertol C., Deprem Mühendisliği-Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Birsen Yayınevi, Ankara, 2002.
10. <http://www.emporis.com/en> “Commercial Real Estate Information and Construction Data” 10-Ocak-2008.
11. Çamlıbel, N., Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
12. Tuna, M.E., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Birsen Yayınevi, Ankara, 2000.
13. Sucuoğlu, H., 2007 Deprem Yönetmeliği Performans Esaslı Hesap Yöntemlerinin Karşılıklı Değerlendirilmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 444-445 (2006) 24-36.
14. TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara, Şubat 2000.
15. Ersoy, U. ve Özcebe, G., Betonarme Yapılar, Evrim Yayınevi, Ankara, 2004.
16. TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TSE, Ankara, Kasım 1997.

17. Kömür, M.A., Yapay Sınır Ağları ile Betonarme Binaların Statik İtme Analizi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2004.
18. İrtem, E., Türker, K. ve Hasgöl, U., Türk Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarlanmış Betonarme Yapıların Performansının Değerlendirilmesi, Altıncı Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Ekim 2004, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
19. İnel, M., Bilgin, H. ve Özmen, H.B., Mevcut Kamu Yapılarının Performans Değerlendirmesi, Türkiye Mühendislik Haberleri, 444-445 (2006) 64-71.
20. Kuran, F., Bayülke, N. ve Kocaman, C., 2004. 1502 Tipi Afet Konutunun Nonlinear Statik İtme Analizi ve Deprem Hasarının Karşılaştırılması. <http://www.beton2004.googlepages.com/09.pdf> 10-Ocak-2008.
21. Computers and Structures Inc. (CSI), "SAP 2000 Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures V7.4", Berkeley, California, 2000.
22. Uygun, G. ve Celep, Z., Betonarme Bir Binanın Deprem Güvenliğinin Deprem Yönetmeliği (2007) deki Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Karşılaştırmalı İncelenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Ekim 2007, İstanbul.
23. Alemdar, Z.F., 2004. Yapılarda Deprem Analizi Yapmak için Kullanılan Değişik Hesap Metodları. <http://www.beton2004.googlepages.com/08.pdf> 10-Ocak-2008.
24. Bayülke, N., Kuran, F., Doğan, A., Kocaman, C., Memiş, H. ve Soyal, L., Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan İtme Analizleri ve Deprem Hasarı ile Karşılaştırılması, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mayıs 2003, İstanbul.
25. Çınar, A., Çavuş, K., Bekdaş, G., Özcan, H., Bekdaş, D. ve Öztörün, N.K., Bir Hastane Binası Örneği ile Yapısal Analiz Yöntemlerindeki Varsayımlarının Kesit Tesirleri Bakımından İncelenmesi, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, Kasım 2005, İstanbul.
26. Öztürk, T. ve Yüceer E., Betonarme Binaların Yeni Deprem Yönetmeliğindeki Performans Yaklaşımı ile Güçlendirilmesi, Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, Ekim 2006, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
27. Gün, Ö., Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesinin 2006 Deprem Yönetmeliği Kapsamında İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2007.
28. Kayhan, A.H., Yılmaz, S. ve Özmen, H.B., Yeni Deprem Yönetmeliğinde Yer Alan Doğrusal Değerlendirme Yönteminin Mevcut Bir Yapıya Uygulanması, Yapısal Onarım ve Güçlendirme Sempozyumu, Aralık 2006, Denizli.
29. Özer, E., Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme. [http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/PDF/YSLOA2005\\_6\\_1.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/PDF/YSLOA2005_6_1.pdf) 10-Ocak-2008.

30. Özer, E., Betonarme Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi için Bir Yaklaşım. [http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/PDF/YSLOA2005\\_6\\_2.pdf](http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/PDF/YSLOA2005_6_2.pdf) 10-Ocak-2008.
31. Aydınoğlu, N., Celep, Z., Özer, E. ve Sucuoğlu, H., Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik-Örnekler Kitabı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
32. ATC40, Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Applied Technology Council, California, 1996.
33. FEMA273, Guidelines For the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, 1997.
34. FEMA356, Prestandart and Commentary For the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, 2000.
35. Livaoğlu, R. ve Doğangün, A., Yapıların Deprem Hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Kullanılması, İMO Trabzon Şubesi Mühendislik Bülteni, 58 (2001), 14-24.
36. Atımtay, E., Çerçevesel ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı-Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2000.
37. Durmuş, A., Doğangün, A., Hüsem, M. ve Pul, S., 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depreminin Mühendislik Açısından Öndeğerlendirme Raporu, İMO Trabzon Şubesi, 1999.
38. Durmuş, A., Deprem Mühendisliği Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1989.
39. Durmuş, A., Deprem Mühendisliğine Giriş Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2004.
40. Koparan, İ., Mevcut Betonarme Binaların Performans Analizleri, Yüksek lisans tezi, İstanbul, 2006.
41. Durmuş, A., Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 1998.
42. Ergün, A., Eşdeğer Deprem Yükleri Altında Çerçeve Sistemlerin Muto Yöntemi ve Sap Programı ile Çözümlerinin Karşılaştırılması, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, Mayıs 2003, İstanbul.

## ÖZGEÇMİŞ

23.07.1980 tarihinde Ordu'nun Fatsa ilçesinde doğdu. İlköğrenimini Kastamonu'da, ortaöğrenimini ise Kayseri'de tamamladıktan sonra 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde eğitimine devam etti. 2004 yılında lisans eğitimini tamamlayarak İnşaat Mühendisi unvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Orta derecede İngilizce bilmektedir.