

151430

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Senem AKTÜRK**

**1998 AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA  
YÖNETMELİK' TEKİ YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN VE ÇÖZÜM  
ÖNERİLERİNİN MİMARİ AÇIDAN İNCELENMESİ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2004**

151430

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**1998 AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR  
HAKKINDA YÖNETMELİK'TEKİ YAPI  
DÜZENSİZLİKLERİNİN VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN MİMARİ  
AÇIDAN İNCELENMESİ**

**Senem AKTÜRK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**Bu tez 31 / 12 /2004 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından  
Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.**

İmza:

Yrd. Doç. Dr. S. Seren (AKAVCI)  
GÜVEN

DANIŞMAN

İmza:

Prof. Dr. Erkin ERTEN

ÜYE

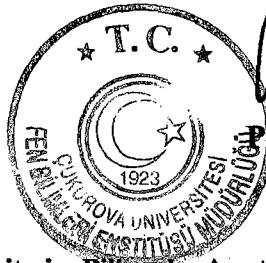
İmza:

Yrd. Doç. Dr. H. Murat ARSLAN

ÜYE

**Bu tez Enstitümüz Mimarlık Anabilim Dalında hazırlanmıştır.**

**Kod No: 2513**



Prof. Dr. Fikri AKDENİZ  
Enstitü Müdürü

**Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından  
Desteklenmiştir.**

**Proje No: MMF 2003 YL13**

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların  
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere  
tabidir.**

**ÖZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**1998 AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA  
YÖNETMELİK’TEKİ YAPI DÜZENSİZLİKLERİNİN VE ÇÖZÜM  
ÖNERİLERİNİN MİMARİ AÇIDAN İNCELENMESİ**

**Senem AKTÜRK**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**Danışman : Yard. Doç. Dr. Seren AKAVCI GÜVEN**

**Yıl : 2004 Sayfa: 112**

**Jüri : Yard. Doç. Dr. Seren AKAVCI GÜVEN**

**Prof. Dr. Erkin ERTEN**

**Yard. Doç. Dr. Murat ARSLAN**

Bu çalışmada 1998 yılında yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte bahsedilen düzensizlik tipleri, düzensiz yapılarda deprem nedeni ile oluşan hasarlar ve bu hasarların oluşmasına engel olabilecek mimari çözüm önerileri incelenmiştir.

Çalışmada, mimari açıdan depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi gerekli temel ilkeler üzerinde durulmuş ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kurallarına uymanın gerekliliği önemi üzerinde durulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Depreme Dayanıklı Yapı, Afet Yönetmeliği, Yapı  
Düzensizlikleri

**ABSTRACT**  
**MSc THESIS**

**IRREGULARITIES OF STRUCTURES ACCORDING TO THE NEW  
TURKISH EARTHQUAKE CODE 1998  
AND INVESTIGATIONS OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS**

**Senem AKTÜRK**

**DEPARTMENT OF ARCHITECTURE  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
UNIVERSITY OF CUKUROVA**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Seren AKAVCI GÜVEN**

**Year : 2004      Pages: 112**

**Jury : Asst. Prof. Dr. Seren AKAVCI GÜVEN**

**: Prof. Dr. Erkin ERTEN**

**: Asst. Prof. Dr. H. Murat ARSLAN**

This study explores, the types of irregularities discussed in the New Turkish Earthquake Code 1998, and damages in irregular structures caused by earthquake and examines architectural solutions which can prevent these types of damages are studied.

The basic architectural principles in earthquake resistant design of structures are examined and necessity and importance to conform to the New Turkish Earthquake Code 1998 is emphasized.

**Key Words:** Earthquake Resistant Structure Design, Instruction of Disaster, Irregularities of Structures

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez konumu belirlememde, çalışmalarımnda beni yönlendiren, değerli vaktini ve yardımlarını esirgemeyen ve her zaman destek olan danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Seren AKAVCI GÜVEN' e

Mimarlık alanındaki değerli birikimlerinden faydalandığım, bana her konuda yardımcı olan hocam sayın Prof. Dr. Erkin ERTEN' e

Bu çalışmada emeği geçen sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. Ayşe ÖNDER' e ve Arş Gör. Pırıl ÖZEL' e

Beni bugüne hazırlayan, desteklerini her zaman arkamda hissettiğim annem Hikmet BOZKURT' a ve babam Enver BOZKURT' a, çalışmalarım sırasında gösterdiği yardım ve destek ile beni yalnız bırakmayan, her zaman yanımda olan eşim İlker AKTÜRK' e ve bana göstermek zorunda kaldığı anlayış için biricik kızım İpek Ülgen AKTÜRK' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
RESİMLER DİZİNİ.....	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XIII
DENKLEMLER DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. YERKÜRE VE DEPREM HAREKETİ.....	6
3.1. Yerkürenin Yapısı.....	6
3.1.1. Yerkabuğu hareketleri.....	7
3.1.1.1. Uzun Süreli ve Yavaş Hareketler.....	8
3.1.1.2. Kısa Süreli ve Ani Hareketler.....	9
3.2. Deprem.....	9
3.2.1. Depremlerin Türleri.....	10
3.2.1.1. Meydana Geliş Nedenlerine Göre.....	10
3.2.1.2. Meydana Geldiği Bölgenin Yer Yüzeyine Uzaklığına Göre.....	10
3.2.1.3. Büyüklüklerine (Magnitüd) Göre.....	10
3.2.1.4. Depremlerin Uzaklıklarına Göre.....	11
3.2.2. Faylar.....	11
3.2.2.1. Normal Faylanma.....	13
3.2.2.2. Ters Faylanma.....	13
3.2.2.3. Yanal Atımlı Faylanma.....	13
3.2.2.4. Çöküntü Faylanma.....	13
3.2.2.5. Yükselti Faylanma.....	13
3.2.3. Deprem Dalgaları.....	14
3.2.4. Deprem Parametreleri.....	15

3.2.4.1. Oluş Zamanı.....	16
3.2.4.2. Hiposantr (Odak Noktası) .....	16
3.2.4.3. Episantr (Dış Merkez) .....	16
3.2.4.4. Odak Derinliği.....	16
3.2.4.5. Şiddet .....	17
3.2.4.6. Büyüklük (Magnitüd) .....	21
4. TÜRKİYE VE DEPREM.....	23
4.1. Türkiye'nin Jeolojik ve Depremsellik Özellikleri.....	23
4.2. Türkiye Deprem Bölgeleri.....	24
5. DEPREM – ZEMİN - YAPI ETKİLEŞİMİ.....	31
5.1. Zemin Türleri.....	32
5.2 . Zemin Niteliğinin Deprem Davranışına Etkisi.....	33
5.3. Deprem Anında Yapı Davranış Biçimleri.....	35
6. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE DEPREM YÖNETMELİKLERİ.....	41
6.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı.....	41
6.2. Depreme Dayanıklı Yapı İle İlgili Temel İlkeler.....	41
6.2.1. Geometri.....	42
6.2.2. Süreklilik.....	42
6.2.3. Rijitlik ve Dayanım.....	43
6.2.4. Göçme Modu.....	44
6.2.5. Süneklik.....	45
6.3. Deprem Dayanımında Mimari Tasarımın Önemi.....	46
6.4. Depreme Dayanıklı Yapılar İçin Yönetmelikler.....	47
6.4.1. . Avrupa Birliği Tarafından Kullanılan Depreme Dayanıklı Yapılar İçin Kurallar.....	47
6.4.2. Türkiye'de Deprem Yönetmelikleri.....	48
6.4.2.1. 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.....	49

7. 1998 AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİKTE ADI GEÇEN DÜZENSİZLİKLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ.....	50
7.1. Planda Düzensizlik Durumları.....	51
7.1.1. (A1) Burulma Düzensizliği ve Çözüm Önerileri.....	51
7.1.1.1. (A1) Burulma Düzensizliği.....	51
7.1.1.2. A1 Türü Düzensizliğinin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	58
7.1.2. (A2) Döşeme Süreksizlikleri ve Çözüm Önerileri.....	70
7.1.2.1. (A2) Döşeme Süreksizlikleri.....	70
7.1.2.2. A2 Türü Düzensizliğinin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	72
7.1.3. (A3) Planda Çıkıntılar Bulunması Durumu ve Çözüm Önerileri	73
7.1.3.1. (A3) Planda Çıkıntılar Bulunması.....	73
7.1.3.2. A3 Türü Düzensizliğinin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	77
7.1.4. (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması ve Çözüm Önerileri.....	77
7.1.4.1. (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması.....	77
7.1.4.2. A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Durumunun Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	78
7.2. Düşeyde Düzensizlik Durumları.....	80
7.2.1. (B1) Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği ve Çözüm Önerileri.....	80
7.2.1.1. (B1) Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) .....	80
7.2.1.2. B1 Türü Düzensizliğinin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	85
7.2.2. (B2) Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği ve Çözüm Önerileri.....	88



7.2.2.1. (B2) Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) .....	88
7.2.2.2. B2 Türü Düzensizliğinin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	92
7.2.3. (B3) Taşıyıcı Eleman Süreksizliği ve Çözüm Önerileri.....	96
7.2.3.1. (B3) Taşıyıcı Eleman Süreksizliği .....	96
7.2.3.2. B3 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri.....	98
7.3. Kısa Kolon Düzensizliği ve Çözüm Önerileri.....	98
7.3.1. Kısa Kolon Düzensizliği.....	98
7.3.2. Kısa Kolon Düzensizliği Oluşumuna Engel Olabilecek Çözüm Önerileri.....	102
8. SONUÇLAR.....	105
KAYNAKLAR.....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	112

**ŞEKİLLER DİZİNİ****SAYFA**

Şekil 3.1.	Yerkürenin Katmanları .....	7
Şekil 3.2.	Yerkabuğu levhaları .....	8
Şekil 3.3.	Fay Oluşumu .....	11
Şekil 3.4.	Faylanma Tipleri .....	12
Şekil 3.5.	Sismik Dalga Türleri .....	15
Şekil 3.6.	Deprem Parametreleri .....	16
Şekil 4.1.	Türkiye’de Depremlere Neden Olan Büyük Levhalar .....	23
Şekil 4.2.	Kuzey Anadolu Fayı ve Fay Üzerinde Son Yüzyılda Meydana Gelen Depremler, MTA ve JGS Ortak Çalışması...	25
Şekil 4.3.	Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası .....	25
Şekil 5.1.	Basit Bir Yapının Titreşiminin Temsili Modları .....	36
Şekil 5.2.	Yanal Yer Değiştirmeler sonucunda Bir Bina Sisteminin Kısalmasını Gösteren Sapma Diyagramı .....	37
Şekil 5.3.	Rezonans ile Bir Katın Çökmesini Gösteren İki Kesit .....	38
Şekil 6.1.	Betonarme Elemanda Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi.....	45
Şekil 7.1	A1 Türü Burulma Düzensizliği.....	52
Şekil 7.2.	Farklı Geometrilerdeki Yapılarda Davranışların Niteliği .....	53
Şekil 7.3.	Daire Biçimli Yapıda Oluşabilecek Hasar .....	53
Şekil 7.4.	Farklı Yönlerde Kollara Sahip Yapılarda Deprem Hareketine Karşı Davranış Biçimleri .....	54
Şekil 7.5.	Düzensiz Kat Plan Tipleri ve Kat Planı Diyagramları .....	55
Şekil 7.6.	Rijitlik Merkezi ile Kütle Merkezi Arasındaki Eksantrisite Neden ile Yapıda Burulma Etkileri.....	57
Şekil 7.7.	Katlarda Rijitlik Merkezinin Ağırlık Merkezinden Uzaklaşması Yüzünden Düşey Bir Eksen Etrafında Meydana Gelen Burulma ve Göçme.....	57
Şekil 7.8.	Karmaşık Geometrilik Planların Kütle Hareketleri ve Basit Biçimlere Ayrılabilme Örneği .....	59

Şekil 7.9.	Dar Açılı Köşelerin Güçlendirilmesi.....	61
Şekil 7.10.	Kapalı Çekirdekler ile Esnek Bölgelerin Güçlendirilmesi.....	61
Şekil 7.11.	Sismik Yalıtım Elemanlarının Yapıda Yerleştirilebileceği Bölgeler .....	62
Şekil 7.12.	Düşey Taşıyıcıları Kolonlardan Oluşan Sistemler .....	66
Şekil 7.13.	Perdeli Taşıyıcı Sistemde Uygun Perde Yerleşimi .....	66
Şekil 7.14.	Çekirdeğin Esas Taşıyıcı Sistem Olması Durumu.....	67
Şekil 7.15.	Banco Central De Nicaragua Kat Planı.....	68
Şekil 7.16.	Banco de America Binası Kat Planı.....	69
Şekil 7.17.	Döşeme Boşluğu Alanlarının Kat Brüt Alanının 1/3' ünü Aşması Durumu .....	70
Şekil 7.18.	Yerel Döşeme Boşluğunun Deprem Yükünün Düşey Taşıyıcı Elemanlarına Güvenle Aktarımına Engel Olması Durumu ....	70
Şekil 7.19	Döşemenin Düzlem İçi Rijitlik ve Dayanımında Ani Azalmaların Olması Durumu .....	71
Şekil 7.20.	Döşeme Plaklarında Boşluk .....	71
Şekil 7.21.	Atriumlu Bir Yapıda Döşeme Düzensizliğinin Dilatasyonla Çözümü .....	73
Şekil 7.22.	Planda Çıkıntılar .....	74
Şekil 7.23.	Bina Köşesinde Merdiven Boşluğu .....	75
Şekil 7.24.	Deprem Açısından Olumlu Ve Olumsuz Yapı Biçimleri.....	75
Şekil 7.25.	Yapılarda Düşey Yönde Dış Düzensizliklerin Miktarının Maksimum Değerleri .....	76
Şekil 7.26.	Farklı Konsol Oluşumları .....	77
Şekil 7.27.	A4 Türü Düzensizlik .....	78
Şekil 7.28.	Planda Kolon ve Kirişlerin 90 <sup>0</sup> den Farklı Açılarda Birleştiği Durum.....	79
Şekil 7.29.	Düşey Taşıyıcı Elemanların Asal Eksene Paralel Olmaması Durumu.....	80
Şekil 7.30.	Zayıf Kat.....	81
Şekil 7.31.	Bina Geri Çekilme Bölgelerinde Gerilme Yığılması.....	81

Şekil 7.32.	Düşeyde Geri Çekilmeli ve Çıkmalı İki Yapı .....	84
Şekil 7.33.	Binaları Dilatasyon Derzleri ile Basit Kütlelere Parçalama ...	87
Şekil 7.34.	Farklı Yumuşak Kat Oluşum Nedenleri .....	90
Şekil 7.35.	Farklı Perde Duvar Dağılım Biçimleri .....	90
Şekil 7.36.	Kolonların Zemin Katta Devam Ettirilmemesi.....	90
Şekil 7.37.	Zemin Kat Kolon Sayısının Artırılması .....	94
Şekil 7.38.	Zemin Kat Kolonlarının Konik Düzenlenmesi.....	94
Şekil 7.39.	Yapı Temelinin Zemin Kat Olarak Geliştirilmesi.....	95
Şekil 7.40.	İçi Rijit Kenarları Açık Bina Planı.....	96
Şekil 7.41.	Farklı Kat Rijitliklerinin Benzerleştirilmesi.....	96
Şekil 7.42.	Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizlik Türleri.....	97
Şekil 7.43.	Pencere Altı Kısa Kolon.....	99
Şekil 7.44.	Pencere Altı Duvar Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon Düzensizliğinde Kolon Davranışı .....	100
Şekil 7.45.	Farklı Seviyede Temel Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon.....	101
Şekil 7.46.	Farklı Seviyede Döşeme Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon .....	101
Şekil 7.47.	Farklı Seviyelerdeki Döşeme Nedeni İle Oluşan Kısa Kolonun Perde Duvar Haline Dönüştürülmesi .....	103
Şekil 7.48.	Farklı Seviyede Temel Nedeni İle Oluşan Kısa Kolonun Perde Duvar Haline Dönüştürülmesi.....	103

**RESİMLER DİZİNİ****SAYFA**

Resim 5.1.	Zemin Sıvılaşması Sonucu Hasar, Adapazarı, 1999.....	34
Resim 5.2.	Rezonans İle Bir Katın ve Üzerindekilerin Çökmesi, Meksico, 1985.....	38
Resim 5.3.	Farklı Döşeme Seviyesine Sahip İki Binanın Çarpışması, Dinar, 1994 .....	39
Resim 5.4.	Döşeme Hizasından İki Binanın Çarpışması, Mexico, .....	40
Resim 6.1.	Hatalı Taşıyıcı Sistem Hasarı, Yalova, 1999.....	43
Resim 7.1.	Bina Kolları Birleşiminde Hasar, Kobe, 1985 .....	55
Resim 7.2.	Bina Kolları Birleşiminde Hasar, Kobe, 1995.....	56
Resim 7.3.	Bina Köşelerinde Ağır Hasar, Yalova, 1999 .....	58
Resim 7.4.	Farklı İki Derz Örneği Çözümü.....	60
Resim 7.5.	Dar Açılı Köşesi Yumuşatılmış Tokyo’da Bir Bina.....	60
Resim 7.6.	Kolon Başı Sismik Yalıtım Örneği.....	63
Resim 7.7.	Sismik Yalıtım Araçları Üzerine Oturan Bir Hastane USC Hospital, ABD .....	64
Resim 7.8.	Foothill Communities Law and Justice Center.....	65
Resim 7.9.	Banco De America ve Banco Central De Nicaragua Binaları, Managua, Nicaragua .....	67
Resim 7.10.	Banco Central De Nicaragua’ da Deprem Hasarı, Managua, 1972.....	68
Resim 7.11.	Cephede Çıkma Yapan Binada Hasar, Kobe, 1995.....	76
Resim 7.12.	Geri Çekilmeden Kaynaklanan Hasar, Kobe Depremi, Japonya.....	82
Resim 7.13.	Düşeyde Düzensiz Yapı Hasarı, Kobe, 1995.....	83
Resim 7.14.	Kuamoto Japon Polis Karakolu .....	84

Resim 7.15.	Kademeler Halinde Geri Çekilerek Oluşturulmuş Transamerica Binası .....	86
Resim 7.16.	Yumuşak Zemin Kat Kolonlarında Zorlanmalar, San Fernando Depremi, California, 1971 .....	89
Resim 7.17.	Yumuşak Kat Hasarı, Yalova, 1998.....	91
Resim 7.18.	3 Katlı Apartmanın Yumuşak Zemin Kat Üzerine Çökerek 2 Katlı Hale Dönüşmesi, Northridge, 1994.....	91
Resim 7.19.	Yumuşak Katlı Bir Yapının Çaprazlarla Güçlendirilmesi San Francisco, ABD.....	92
Resim 7.20.	Transamerica Binası Çaprazlama Elemanları, San Francisco, ABD.....	93
Resim 7.21.	CN Park Place Office Building, Los Angeles .....	95
Resim 7.22.	Pencere Altı Duvar nedeni İle Oluşan Kısa Kolon Hasarı .....	100
Resim 7.23.	Kısa Kolon Hasarı, San Fernando Depremi, California, 1971	102

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 3.1. Şiddet ve Magnitüd Arasındaki Dönüşümler.....	22
Çizelge 4.1. 1900-2003 Ms > 5.4 Türkiye Deprem Çizelgesi .....	26
Çizelge 5.1. Zemin Grupları .....	32
Çizelge 5.2. Yerel Zemin Sınıfı.....	33
Çizelge 5.3. Etkin Yer İvmesi Katsayıları.....	35
Çizelge 7.1. Planda Düzensizlik Durumları .....	50
Çizelge 7.2. Düşeyde Düzensizlik Durumları.....	51



**DENKLEMLER DİZİNİ****SAYFA**

Denklem 5.1. Deprem Yüklerinin Tariflenmesinde Zemin Faktörünün Etkinliği.....	34
Denklem 5.2. Zemin Niteliğine Bağlı Olarak Yapının Maruz Kalacağı Deprem Kuvvetinin Büyüklüğü.....	35
Denklem 7.1. Dayanım Düzensizliği Katsayısının 0.8' den Küçük Olması Durumu .....	81
Denklem 7.2. Rijitlik Düzensizlik Katsayısının 1.5' ten Büyük Olması Durumu.....	88
Denklem 7.3. Normal Kat Yüksekliğindeki Kolon Boyu Kolon Kesme Kuvveti Oranı .....	101



## 1. GİRİŞ

Yerküre varolduğu günden bugüne kadar sürekli bir değişim içerisinde. Bu değişim ve beraberindeki yer yüzeyini oluşturan kıtaların hareketleri sonucunda ortaya çıkan enerji birikiminin ani boşalımı deprem olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya varolduğu süre içerisinde depremler meydana gelecektir.

Yaşadığımız dünyanın bir gerçeği olan depremin, açık alanda bulunan bir insana zararı yok denecek kadar az iken, bir yapı içerisinde bulunan insan için etkisi öldürücü olabilmektedir. Bu durum 'Deprem değil bina öldürür!' sözünün doğruluğunu ortaya koymaktadır. Oysa mimarlığın temel kuralı, kullanışlı ve estetik olduğu kadar aynı zamanda sağlam yapılar tasarlamayı da gerektirir. Eğer deprem dalgalarından etkilenen yapı yeterli dayanıma sahip olacak şekilde tasarlanmış ve inşa edilmişse şiddetli bir depremde bile insanlarda can kaybına neden olmayacakken, kötü tasarım, eksik yada yanlış malzeme ile tasarlanmış bir yapı, hafif şiddette depremde bile öldürücü olabilecektir.

Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle dünyanın önemli deprem kuşaklarından birisi üzerinde olması ve ülkemiz nüfusunun %95' inin deprem riski yüksek bölgelerde bulunması ülkemiz açısından depremle yaşamayı öğrenmenin ne kadar gerekli olduğunun bir göstergesidir. Özellikle ülkemizde son yıllarda yaşanan Erzincan (1992), Dinar (1994), Gölcük (1999) ve Düzce (1999) depremlerinde binalardaki ağır hasarlar sonucu verilen kayıplar, halen depreme karşı yeterince önlemimizi alamamış olduğumuzun acı örnekleridir.

Meydana gelen depremlerde oluşan hasarların başlıca nedenleri; zemin niteliği, binanın plandaki ve düşeydeki mimari özellikleri, taşıyıcı sistemin tasarımı, taşıyıcı elemanlarda kullanılan malzemenin boyut ve kalitesi, işçilik ve denetim yetersizliği şeklinde özetlenebilir.

Genellikle depreme dayanıklı yapı tasarımı denince akla yapının strüktürel tasarımı gelmesine ve binada asıl hasara neden olanın binanın taşıyıcı sistemindeki kusurlar gibi görünmesine rağmen binanın mimari özelliklerinin deprem dayanımındaki önemi gözardı edilemeyecek bir gerçektir. Henüz mimari tasarım aşamasında dikkat edilecek birkaç temel özellik yapının deprem dayanımını

artırmada önemli derecede etkili olacaktır. Oysa deprem dayanımı bakımından kötü bir mimari tasarıma sahip yapının sadece taşıyıcı sistem özellikleri güçlendirilerek depreme dayanıklı hale getirilmeye çalışılması, yapının deprem davranışında şüpheye yolaçacağı gibi, yapı üretimine dolayısıyla ülke ekonomisine ek bir maliyet getirecektir.

Ülkemiz 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin binaların deprem dayanımını artırmada önemi bilinmektedir. Bu çalışmada yönetmelik kapsamında getirilen kısıtlamalara mimari açıdan yaklaşarak, yapılacak birtakım mimari düzenlemelerle, binaların deprem dayanımını artırmada etkili olabilecek temel özelliklerin neler olabileceği konusunda incelemeler ve araştırmalar yapılmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Depreme dayanıklı yapı kavramı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de, özellikle son yıllarda yaşanan büyük depremler sonucunda, üzerinde sıkça durulan bir konu haline almıştır. Yapıların gerek mimari gerekse yapısal açıdan depreme dayanıklı olarak tasarlanması ve inşa edilmesi için yapılarda bulunması gerekli temel ilkeler ve çözüm önerilerini içeren çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Bayülke (1994), 'Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı' adlı kitabında mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı biçiminde iki ana aşamadan oluşan yapı tasarımının, deprem dayanımını sağlayacak temel ilkeleri ve yaklaşımları tanıtmaktadır. Çalışmada deprem kuvvetlerinin özellikleri ve depreme dayanıklı yapı kavramı üzerinde durulmuş, depreme dayanıklı mimari tasarım ve depreme dayanıklı taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ana bölümde ele almış, ayrıca betonarme yapı elemanlarının deprem açısından önemli olan boyut ve donatı ayrıntıları üzerinde durmuştur.

Çamlıbel (1997), 'Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri' adlı kitabında deprem yapı ilişkisi, yapıların depreme karşı davranışı ve depreme dayanıklı yapıların boyutlanmasında temel ilkelere bahsetmiş, taşıyıcı sistemi meydana getiren elemanlar ve taşıyıcı olmayan yapı elemanlarına ilişkin yönetmelik bilgilerine yer vermiştir.

Demirli (2000), '1997'de Yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin Betonarme Binaların Mimarisine Getirdiği Kısıtlamaların İncelenmesi' adlı tezinde depremin tanımı, yeryüzündeki etkileri ve zararları üzerinde durmuş, deprem yönetmeliğinde bahsedilen düzensizliklerin neler olduğu hakkında genel bilgiler vermiştir.

Erman (2002), 'Deprem Bilgisi ve Deprem Güvenli Mimari Tasarım' adlı kitabında depremin genel özellikleri ve yapılara etkisi ile deprem güvenli yapı tasarlanmasının betonarme, çelik, ahşap ve kargir yapılardaki genel ilkeleri üzerinde durmuştur.

Mertol ve Mertol (2002), 'Deprem Mühendisliği- Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı' adlı kitaplarında depreme dayanıklı yapı tasarımında karşılaşılan

problemler ve deprem mühendisliği, yapının deprem karşısındaki davranışı ve yapının depremden az hasarla kurtulması konularında pratik uygulamaların neler olduğu hakkında teori, prensip ve uygulamalar verilmiştir. Genel olarak yapı elemanlarının depreme karşı davranışları, taşıma güçleri incelenmiş ve daha sonra depreme hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi konuları tartışılmıştır.

Önel ve Akbulut (2002), 'Deprem Bölgelerinde Güvenli Yapı Tasarımına İlişkin Temel Yaklaşımlar' adlı bildirisinde yer ve zemin etkilerinin gözönüne alınması, yapıların işlevsel ve fiziksel biçimlenmesi ve bu biçimlenmeden kaynaklanan sorunları düzeltmeye yarayan çözüm önerileri üzerinde durmuştur.

Öztürk (2000), 'Depreme Dayanıklı Bina Tasarım Sorunlarının Tanıtılması' adlı tezinde deprem ve depreme dayanıklı yapı tasarım ilkeleri ile mimari tasarımın planda ve üçüncü boyutta incelenmesi, yapı elemanlarının incelenmesi konularına değinmiş, deprem etkilerine karşı yapıların aktif ve pasif kontrol sistemlerinden söz etmiştir.

Albay (1994), 'Deprem Dayanımında Mimari Tasarımın Önemi ve Erzincan Deprem Konutları' adlı tezinde depreme dayanıklı yapı- taşıyıcı sistem tasarımında ve yerleşim alanlarının planlamasında uyulması gerekli kriterler ve Erzincan Depremi ve sonrasında ait sorunları incelemiştir.

Tezcan (1998), 'Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri' adlı kitabında deprem yönetmeliğinde tarif edilen düzensizlik türlerinin neler olduğuna ve bu düzensizliklerin bulunduğu binalarda, Türkiye ve Dünyada yaşanan çeşitli depremler sonucunda meydana gelen, hasar örneklerine yer vermiştir. Ayrıca mevcut binaları güçlendirilmesi ve binaların aktif ve pasif kontrolü konularına değinmiştir.

Tuna (2000), 'Deprem Dayanıklı Yapı Tasarımı' adlı kitabında depremin önceden bilinmesi ve alarma geçmesi konusunda sosyal problemler, deprem yönetmelikleri ve deprem kuvvetlerinin yapıya etkisi konularına değinmiş, depreme dayanıklı betonarme çerçeve sistemler ile prefabrik yapılarda bulunması gerekli yapısal özellikler ve yapılarda deprem hasarlarının neler olduğuna yer vermiştir.

Zacek (2002a), 'Depreme Dayanıklı Ön Proje Çalışması' adlı kitabında yapıların depreme dayanıklılık gerekliliği, deprem yönetmeliklerinin sınırları ve

mimari tasarım kavramına yer vermiş, ön proje aşamasında depreme dayanıklı yapı tasarımında dikkat edilmesi gerekli mimari ve konstrüktif özelliklerin neler olduğu hakkında bilgiler vermiştir.



### 3. YERKÜRE VE DEPREM HAREKETİ

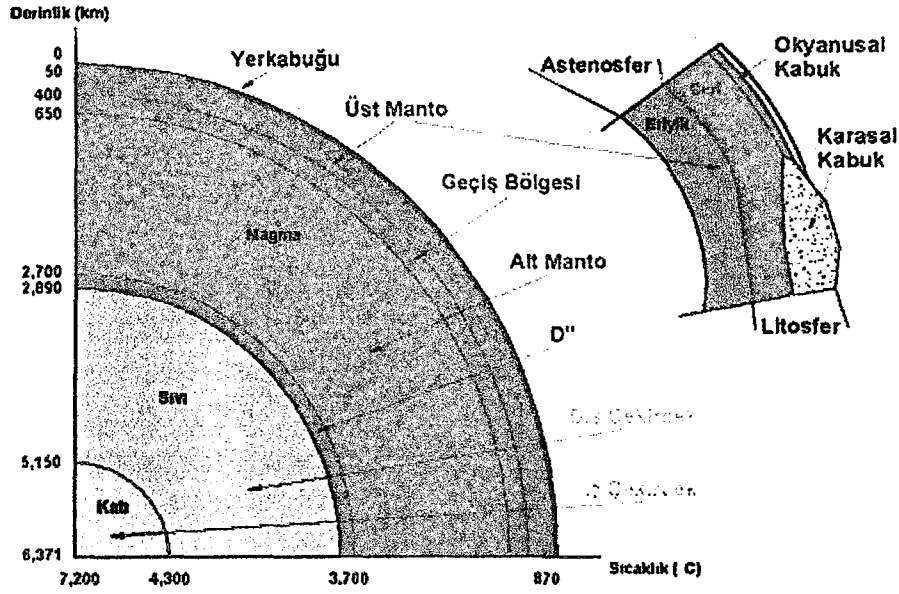
#### 3.1. Yerkürenin Yapısı

Yerkürenin yapısı ile ilgili bilgiler jeolojik ve jeofizik çalışmalarla sismik dalgaların incelenmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Bilim adamları tarafından oluşturulan ya da depremler tarafından oluşan sismik dalgaların farklı katmanlardaki farklı davranışları yerkürenin yapısı hakkında bir modelin oluşmasını sağlar.

Bu modele göre, yerküre merkezinin Nikel-Demir karışımından oluştuğu kabul edilmektedir. Dünyanın en içteki katmanı İç çekirdek katıdır ve 1.300 km' lik bir yarıçapa sahiptir ve üzerindeki diğer katmanların yarattığı büyük basınç nedeniyle katı durumdadır. Dış çekirdek sıvıdır ve yaklaşık olarak 2.300 km. kalınlığındadır.

Kalınlığı 2.900 km olan, demir, magnezyum, silikon ve oksijence zengin mineraller içeren kuşağa Manto adı verilir. Manto, Astenosfer (Üst Manto), Geçiş Bölgesi ve Alt Manto'dan oluşmaktadır. Manto'nun altındaki dış çekirdek, içindeki sülfür ve oksijenin ergime noktasının düşüklüğü nedeniyle 4.5 milyar yaşında olmasına rağmen sıvı halde bulunmaktadır.

Yerkürenin dış kısmında yaklaşık 70-100 km. kalınlığında bir Litosfer (Taşküre) vardır. Karalar ve okyanuslar bu taşküre üzerinde yer alır. Oksijen ve silikonca zengin taşkürede, okyanus tabanların oluşturan bazalt en çok bulunan kayalık türüdür. Büyük kara kütlelerinden oluşan kıtalar ise, bazalt ile daha az yoğun olan granit, kumtaşı, kireç taşı gibi kayalardan oluşur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Yerkürenin Katmanları

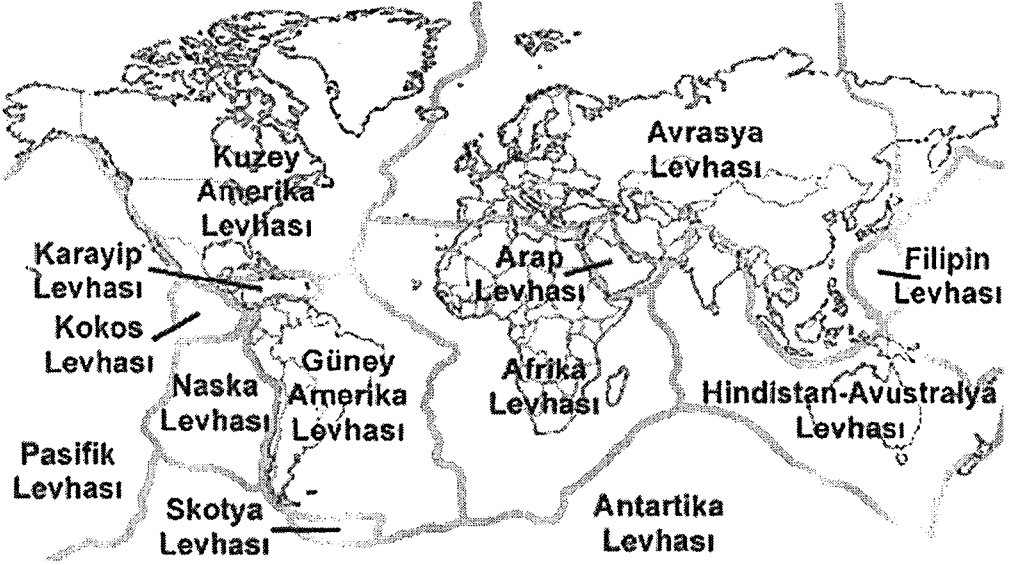
### 3.1.1. Yerkabuğu Hareketleri

Litosferin altında bulunan Astenosfer (Üst Manto) senede santimetre ile ifade edilecek bir hızla hareket etmektedir. Bu hareket sırasında çekirdekten Astenosfere ulaşan konveksiyon akımları yüzeydeki litosferi sürüklenmeye, gerilmelere ve daha sonra da zayıf zonların kırılmasıyla birçok "Levha" ya bölünmeye zorlamıştır. Yerkürede 10 kadar büyük levha ve çok sayıda küçük levha vardır.

Konveksiyon akımlarının yükseldiği yerlerde levhalar birbirlerinden uzaklaşmakta ve buradan çıkan sıcak magma da okyanus ortası sırtlarını oluşturmaktadır. Levhaların birbirlerine değdikleri bölgelerde büyük sürtünmeler ve sıkışmalar meydana gelmekte, sürtünen levhalardan biri diğersinin üstüne çıkarken diğeri aşağıya Manto'ya batmakta ve eriyerek yitme zonlarını oluşturmaktadır. Konveksiyon akımlarının neden olduğu bu olay taşkürenin altında sürekli bir devingenlik halinde meydana gelmektedir.

Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirine sürtündükleri, birbirlerini sıkıştırdıkları, birbirlerinin üstüne çıktıkları ya da altına girdikleri bu levhaların sınırları dünyada depremlerin oldukları yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyada olan depremlerin büyük çoğunluğu bu levhaların birbirlerini zorladıkları levha sınırlarında üzerinde oluşmaktadır (Şekil 3.2.).





Şekil 3.2. Yerkabuğu levhaları

Yerkabuğu genel olarak,

- 1) Uzun süreli ve yavaş
  - 2) Kısa süreli ve ani
- olmak üzere iki şekilde hareket etmektedir.

### 3.1.1.1. Uzun Süreli ve Yavaş Hareketler

Uzun süreli ve yavaş hareketler orojenik ve epirojenik hareketler olarak iki farklı tipte oluşmaktadır.

#### 1) Orojenik Hareketler

Levha tektoniği açısından dağ oluşumu, dalma batma zonlarında biriken binlerce metre kalınlıktaki sedimentlerin ve magmatik ürünlerin dalma zonunu sınırlayan iki levhanın birbirine yaklaşması ve sonunda birbiri ile çarpışması nedeniyle gerçekleşir ve bu suretle kıvrımlı kırıklı ve bindirmeli (naplı) dağ şeritleri, Alpler ve Toroslar gibi sıradağlar meydana gelir (Ketin İ., 1988).



## 2) Epirojenik Hareketler

Yer kabuğunun belirli bölgelerinde meydana gelen kubbe şeklinde yükselme ve tekne-kepçe biçiminde çökmelere epirojenik hareketler denir. Kıta oluşumu anlamına gelen bu tür olaylar aslında Litosferde çok yavaş oluşan dikey ve düşey hareketlerdir (Ketin, 1988).

### 3.1.1.2. Kısa Süreli ve Ani Hareketler

Depremler yerkabuğunda oluşan ani ve kısa süreli hareketlerdir. Yerkabuğunda plakaların yer değiştirmesi sonucu ortaya çıkan gerilme ve sürtünmeler enerji birikimine neden olur bu enerjinin boşalması sırasında depremler oluşur.

Volkanların püskürmesi ya da yer altı boşluklarının çökmesi sırasında da depremler oluşur fakat bunlar gerilmeler nedeniyle oluşan depremler kadar önemsenecek alan ve boyutta değildir.

## 3.2. Deprem

Yerkabuğunu oluşturan sürekli hareket halinde bulunan plakalar ve bu harekete bağlı olarak şekil değiştiren yeryüzü coğrafyasında oluşan kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan enerji ve titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak, geçtikleri ortamları ve yeryüzeyini sarsma olayı deprem olarak hissedilmektedir.

Depremin gücü şiddet ve büyüklük (magnitüd) olarak iki şekilde ifade edilmektedir. Şiddet herhangi bir derinlikte olan depremin yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsüdür. Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucu hazırlanmış olan 'Şiddet Cetvelleri' ne göre değerlendirilmektedir. Depremin büyüklüğü ise, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsüdür ve Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremin aletsel ölçüsü tanımlanmıştır.

Jeolojik yapısı nedeniyle önemli bir deprem kuşağı üzerinde bulunan Türkiye’ de günümüze kadar birçok deprem yaşanmış ve çok sayıda mal ve can kayıpları meydana gelmiştir.

### 3.2.1. Depremlerin Türleri

#### 3.2.1.1. Meydana Geliş Nedenlerine Göre

- 1) Çöküntü Depremleri: Yeraltındaki mağara ve boşlukların çökmesi ile oluşurlar.
- 2) Volkanik Depremler: Aktif volkanların patlamaları sırasında yakın çevresinde oluşan depremlerdir.
- 3) Tektonik Depremler: Yer kabuğunda oluşan gerilme ve sürtünmeler nedeniyle oluşan enerjinin yıllar içerisinde birikerek kütlelerin kırılma direncini aşması açığa çıkması ile oluşan depremlerdir.

#### 3.2.1.2. Meydana Geldiği Bölgenin Yer Yüzeyine Uzaklığına Göre

- 1) Sığ Depremler : 0- 70 km
- 2) Orta Derinlikte Depremler : 70 – 300 km
- 3) Derin Odaklı Depremler : 300 – 700 km

#### 3.2.1.3. Büyüklüklerine (Magnitüd) Göre

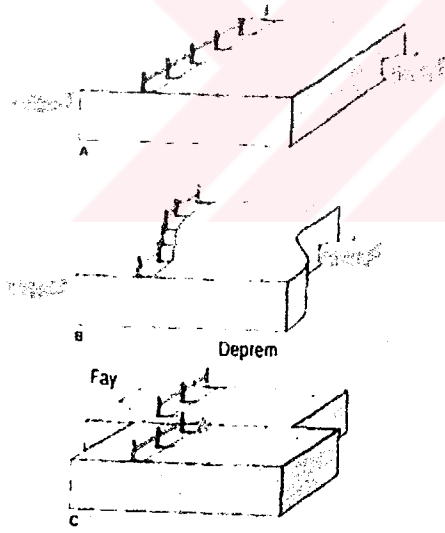
- 1) Çok Büyük Depremler :  $M > 8.0$
- 2) Büyük Depremler :  $7.0 < M < 8.0$
- 3) Orta Büyüklükte Depremler :  $5.0 < M < 7.0$
- 4) Küçük Depremler :  $3.0 < M < 5.0$
- 5) Mikro Depremler :  $1.0 < M < 3.0$
- 6) Küçük Mikro – Depremler :  $M < 1.0$

### 3.2.1.4. Depremlerin Uzaklıklarına Göre

- 1) Yerel Deprem: 100 km'den daha az
- 2) Yakın Deprem: 100 km – 1000 km arası
- 3) Bölgesel Deprem : 1000 km – 5000 km arası
- 4) Uzak Deprem : 5000 km'den daha çok

### 3.2.2. Faylar

Yerkabuğunu oluşturan kayaların bir yüzey boyunca kırılması ve oluşan iki parçanın birbirine göre göreceli olarak yerdeğiştirmesi sonucu ortaya çıkan kırığa fay denir (Şekil 3.3). Fayların boyutları birkaç santimetreden birkaç bin kilometreye kadar değişebildiği gibi atım (iki blok arasında meydana gelen yerdeğiştirme) miktarları da çok değişken olabilir.

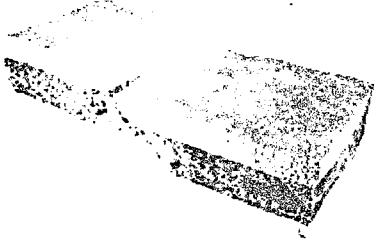


Şekil 3.3. Fay Oluşumu (<http://www.ins.itu.edu.tr/tdv/fay.htm>)

Fayların aktif fay olarak tanımlanabilmesi için, iki milyon yıldan daha kısa bir süre içinde bir hareketin gözlenmiş olması gerekmektedir.

Yerkabuğu içinde oluşan faylar yüzey kırılmaları arasında, kırılma biçimlerine göre farklılıklar gösterirler. Bunlar; Normal, Ters, Yanal Atımlı,

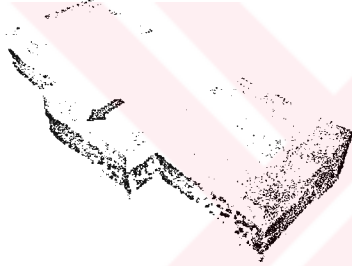
Çöküntü ve Yükselti Faylanma olmak üzere beş ana grupta toplanmaktadırlar (Şekil 3.4).



(a) Normal Faylanma



(b) Ters Faylanma



(c) Yanal Atımlı Faylanma



(d) Çöküntü Faylanma



(e) Yükselti Faylanma

Şekil 3.4. Faylanma Tipleri

### **3.2.2.1. Normal Faylanma**

Yatay çekme kuvveti sonucunda bir yüzeyin diğer bir yüzeyden koparak aşağıya düşmesi sonucu oluşan faylanma çeşididir (Şekil 3.4.a). Aşağıya düşen blokta oluşan hasar üstte kalandan daha fazla olmaktadır.

### **3.2.2.2. Ters Faylanma**

Basınç kuvveti sonucunda normal fay hareketinin tersine, kırılma üstteki bloğu yukarı doğru hareket ettirerek bloğun kopmasına neden olurken alttaki blok sağlam kalır. Toprak kayması üstteki bloğun üzerine doğru olmaktadır (Şekil 3.4.b).

### **3.2.2.3. Yanal Atımlı Faylanma**

Yanal atımlı fay hareketinde, bloklar birbirlerine göre yatay hareket etmektedir. Yer değiştirme belli bir düzlem üzerinde oluşmaktadır. Sol yan ve sağ yan atımlı olmak üzere iki türlü hareketle oluşabilir. Şekil 3.4.c' de görüldüğü gibi plakların üzerinden bakıldığında yer değiştirme sola doğru ise sol yan atımlı, sağa doğru ise sağ yan atımlı faylanma olarak tanımlanmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı sağ, Doğu Anadolu Fayı ise sol yönlü atımlı faylardır.

### **3.2.2.4. Çöküntü Faylanma**

Bir bloğun yanlarındaki diğer bloklardan koparak çökmesi sonucu oluşan faylanma biçimidir (Şekil 3.4.d.).

### **3.2.2.5. Yükselti Faylanma**

Şekil 3.4.e.' deki gibi iki blok arasındaki bir blok yükselti bloğu olarak kalırsa bu faylanma durumuna yükselti faylanma adı verilir.

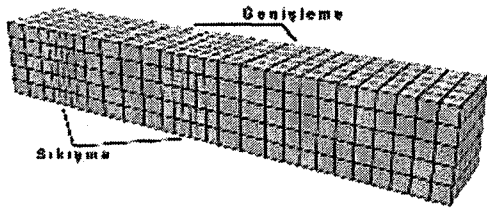
Son yıllarda ülkemizde yaşanan önemli depremlerden 1992 Erzincan, 1998 Ceyhan ve 1999 Gölcük-İzmit depremleri doğrultu-atılımlı (sıkışma ve yanal hareketler) faylanma mekanizmaları sonucunda oluşmuşlardır. 1995 Dinar depreminde ise açılma (çekme, çöküntü hareketleri) türünde bir faylanma gözlenmiştir (Taymaz, 1999).

### 3.2.3. Deprem Dalgaları

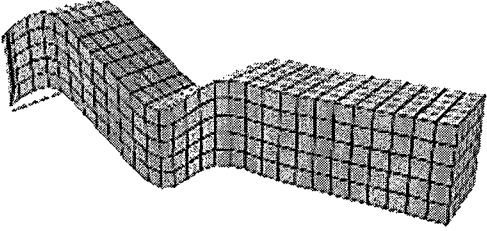
Deprem etkilerinin ve hasarlarının nedenlerinin anlaşılabilmesi için deprem hareketinin ve yaydığı dalgalarının özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Deprem hareketi farklı hız ve özelliklere sahip dört ayrı dalga yayar (Şekil 3.5.).

P dalgaları en hızlı ilerleyen sismik dalgalar olup ölçüm istasyonuna varan ilk dalgalar olma özelliği taşımaktadırlar. P dalgalarının diğer önemli özelliği ise katı kaya kütleleri içinde, sıvılarda ve havada ilerleyebiliyor olmasıdır. İkinci tür cisim dalgaları olan S dalgaları ise İngilizce’de İkincil anlamına gelen ‘secondary’ sözcüğünün baş harfinden adını almış olup, ikincil dalga veya kayma dalgası olarak adlandırılmaktadır. Daha yavaş hareket eden S dalgalarının hızı saniyede 2-5 km arasında değişmekte ve bu sebeple deprem sonrası ölçüm istasyonuna ikinci sırada varmaktadırlar. S dalgalarının, dalganın ilerleme yönüne dik olarak hareket etmesi, bir ucu sabit olan bir halatın diğer ucundan tutularak atma hareketi yaptırılması sonucu oluşan dalga hareketine benzetilmektedir. S dalgaları yalnızca katı kaya kütlelerinde ilerleyebilmekte, ilerlerken de aşağı-yukarı, sağa sola doğru hareket ettirmektedirler (Buğdaycı, 1999).

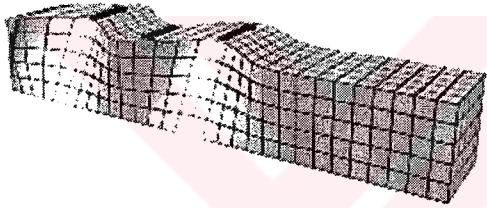
S dalgalarının yeryüzündeki yansımaları sonucu yüzey dalgaları Love ve Rayleigh Dalgaları oluşur. Love dalgaları düşey bileşeni olmayan yalnızca yatay doğrultuda yayılan dalgalardır ve binaların temelinden çıkmasına neden olan ana etkenlerden biridir. Rayleigh dalgaları ise deniz dalgalarına benzerler; düşey ve yatay doğrultuda karışık salınmalardan meydana gelerek bütün yer yüzü boyunca yayılırlar. Derine doğru etkileri azalır.



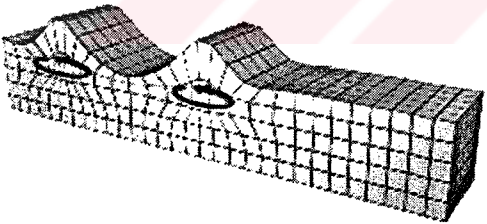
P Dalgası



S Dalgası



Love Dalgası

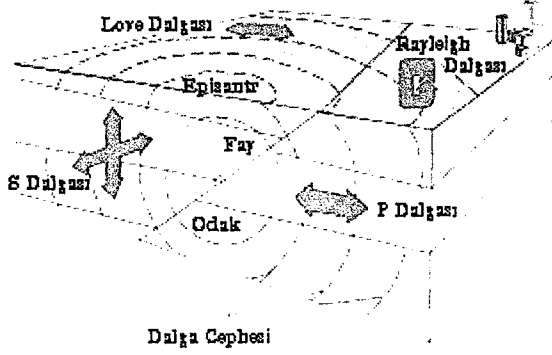


Rayleigh Dalgası

Şekil 3.5. Sismik Dalga Türleri

### 3.2.4. Deprem Parametreleri

Depremi tariflemek ve anlayabilmek için nicel ve nitel parametreler kullanılmaktadır. Bu deprem parametreleri; oluş zamanı, hiposantr (odak noktası), episantr (dış merkez), odak derinliği, şiddet ve büyüklük (magnitüd)' tür. Şekil 3.6.'da deprem parametrelerine ait bir kesit bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Deprem Parametreleri  
<http://www.belgenet.com/deprem/depremnedir.html>

#### 3.2.4.1. Oluş Zamanı

Depremi oluş zamanı, fay üzerinde ilk kırılmanın olduğu tarih ve anın GMT (Greenwich Saati)'ye göre belirtilmesidir.

#### 3.2.4.2. Hiposantr (Odak Noktası)

Uygulamada bir nokta olarak kabul edilip gerçekte depremin enerjisinin ortaya çıktığı alanı ifade eden iç merkezdir.

#### 3.2.4.3. Episantr (Dış Merkez)

Odak noktasına en yakın, depremin en çok hissedildiği, uygulamada nokta olarak kabul edilen yer yüzeyindeki alandır. Alanın büyüklüğü depremin şiddeti ile doğru orantılıdır.

#### 3.2.4.4. Odak Derinliği

Odak noktası ile dış merkez arasındaki mesafe odak derinliği olarak tanımlanmaktadır. Yapılan araştırmalar 700 km den daha derin depremlerin olmadığını göstermektedir.



### 3.2.4.5. Şiddet

Depremiñ şiddeti herhangi bir derinlikteki depremin, yer yüzeyindeki hissedildiği noktadaki canlılar, yapılar ve doğa üzerindeki etkisi olarak tariflenmektedir. Deprem şiddeti, deprem şiddet cetvellerine göre değerlendirilmektedir. En çok kullanılan şiddet cetvelleri Mercalli (MM) ve MSK Şiddet Cetveli’’dir. I ile XII şiddet derecelerini kapsamaktadır.

MSK Deprem Şiddet Cetvelinde belirtilen, farklı hasarlara uğrayan yapı türleri aşağıdadır

A Tipi Yapı: Kırsal konutlar, kerpiç yapılar, kireç ya da çamur harçlı moloz taş yapılar.

B Tipi Yapı: Tuğla yapılar, yarım kargir yapılar, kesme taş yapılar, beton briket ve hafif prefabrike yapılar.

C Tipi Yapı: Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar.

Şiddet derecelerinin açıklanmasında kullanılan az, çok ve pek çok deyimleri ortalama bir değer olarak sırasıyla, %5, %50 ve %75 oranlarını belirlemektedir.

Yapılardaki oluşabilecek hasarlar ise beş gruba ayrılmıştır:

Hafif Hasar : İnce sıva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük sıva parçalarının dökülmesiyle tanımlanır.

Orta Hasar : Duvarlarda küçük çatlakların meydana gelmesi, oldukça büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacalarda çatlakların oluşması ve bazı baca parçalarının aşağıya düşmesiyle tanımlanır.

Ağır Hasar : Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve bacaların yıkılmasıyla tanımlanır.

Yıkıntı : Duvarların yarılması, binaların bazı kısımlarının yıkılması ve derzlerle ayrılmış kısımlarının bağlantısını kaybetmesiyle tanımlanır.

Fazla Yıkıntı : Yapıların tüm olarak yıkılmasıyla tanımlanır.

Şiddet çizelgelerinin açıklamasında her şiddet derecesi üç bölüme ayrılmıştır.

Bunlardan:

- a. Bölümünde depremin kişi ve çevre
- b. Bölümünde depremin her tipteki yapılar

c. Bölümünde de depremin arazi üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

Mercalli ve MSK şiddet cetvellerindeki şiddet dereceleri:

I – Duyulmayan

a. Titreşimler insanlar tarafından hissedilmeyip, yalnız sismograflarca kaydedilirler.

II – Çok Hafif

a. Sarsıntılar yapıların en üst katlarında, dinlenmekte bulunan az kişi tarafından hissedilir.

III – Hafif

a. Deprem ev içerisinde az kişi, dışarıda ise sadece uygun şartlar altındaki kişiler tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen hafif bir kamyonetin meydana getirdiği sallantı gibidir. Dikkatli kişiler, üst katlarda daha belirli olan asılmış eşyalardaki hafif sallantıyı izleyebilirler.

IV – Orta Şiddetli

a. Deprem ev içerisinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Sarsıntı, yoldan geçen ağır yüklü bir kamyonun oluşturduğu sallantı gibidir. Kapı, pencere ve mutfak eşyaları v.s. tıkırdar, döşeme ve duvarlar çatlama sesleri çıkarırlar. Mobilya v.s. titrer, asılı eşyalar biraz sallanır. Ağız açık kaplarda olan sıvılar biraz dökülür. Araç içerisindeki kişiler sarsıntıyı hissetmezler.

V – Şiddetli

a. Deprem, yapı içerisinde herkes, dışarıda ise çok kişi tarafından hissedilir. Uyumakta olan çok kişi uyanır, az sayıda dışarı kaçan olur. Hayvanlar

huysuzlanmaya başlarlar. Yapılar baştan aşağıya titrerler, asılmış eşyalar ve duvarlara asılmış resimler önemli derecede sarsılır. Sarkaçlı saatler durur. Az miktarda sabit olmayan eşyalar yerlerini değiştirebilir ya da devrilebilirler. Açık kapı ve pencereler şiddetle itilip kapanırlar, iyi kilitlenmemiş kapalı kapılar açılabilir. İyice dolu, ağzı açık kaplardaki sıvılar dökülür. Sarsıntı, yapı içersine ağır bir eşyanın düşmesi gibi hissedilir.

b. A tipi yapılarda hafif hasar olabilir.

c. Bazen kaynak sularının debisi değişebilir.

#### VI – Çok Şiddetli

a. Deprem ev içerisinde ve dışarıda hemen hemen herkes tarafından hissedilir. Ev içerisindeki bir çok kişi korkar ve dışarı kaçarlar, bazı kişiler dengelerini kaybederler. Evcil hayvanlar ağıllarından dışarı kaçarlar. Bazı hallerde tabak, bardak v.s. gibi cam eşyalar kırılabilir, kitaplar raflardan aşağıya düşerler. Ağır mobilyalar yerlerini değiştirirler.

b. A tipi çok yapıda ve B tipi az yapıda hafif hasar ve A tipi az yapıda orta hasar görülür.

c. Bazı durumlarda nemli zeminlerde 1 cm. genişliğinde çatlaklar olabilir. Dağlarda rastgele yer kaymaları, pınar sularında ve yeraltı su düzeylerinde değişiklikler görülebilir.

#### VII – Hasar Yapıcı

a. Herkes korkar ve dışarı kaçar, pek çok kişi oturdukları yerden kalkmakta güçlük çekerler. Sarsıntı, araç kullanan kişiler tarafından önemli olarak hissedilir.

b. C tipi çok binada hafif hasar, B tipi çok binada orta hasar, A tipi çok binada ağır hasar, A tipi az binada yıkıntı görülür.

c. Sular çalkalanır ve bulanır. Kaynak suyu debisi ve yeraltı su düzeyi değişebilir. Bazı durumlarda kaynak suları kesilir ya da kuru kaynaklar yeniden akmaya başlar. Bir kısım kum, çakıl birikintilerinde kaymalar olur. Yollarda heyelan ve çatlama

olabilir. Yeraltı boruları ek yerlerinden hasara uğrayabilir. Taş duvarlarda çatlak ve yarıklar oluşur.

### VIII – Yıkıcı

- a. Korku ve panik meydana gelir. Araç kullanan kişiler rahatsız olur. Ağaç dalları kırılıp, düşer. En ağır mobilyalar bile hareket eder ya da yer değiştirerek devrilir. Asılı lambalar zarar görür.
- b. C tipi çok yapıda orta hasar, C tipi az yapıda ağır hasar, B tipi çok yapıda ağır hasar, A tipi çok yapıda yıkıntı görülür. Boruların ek yerleri kırılır. Abide ve heykeller hareket eder ya da burkular. Mezar taşları devrilir. Taş duvarlar yıkılır.
- c. Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde küçük yer kaymaları olabilir. Zeminde farklı genişliklerde cm. ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Göl suları bulanır, yeni kaynaklar meydana çıkabilir. Kuru kuyular sulanabilir ve sulu kuyular kuruyabilir. Pek çok durumlarda kaynak sularının akıntıları ve yeraltı su düzeyleri değişir.

### IX – Çok Yıkıcı

- a. Genel panik. Mobilyalarda önemli hasarlar olur. Hayvanlar rastgele öte beriye kaçar ve bağırırlar.
- b. C tipi çok yapıda ağır hasar, C tipi az yapıda yıkıntı, B tipi çok yapıda yıkıntı, B tipi az yapıda fazla yıkıntı ve A tipi çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Heykel ve sütunlar düşer. Bentlerde önemli hasarlar olur. Toprak altındaki borular kırılır. Demiryolu rayları eğilip, bükülür. Yollar bükülür. Yollar bozulur.
- c. Düzlük yerlerde çokça su, kum ve çamur taşmaları görülür. Zeminde 10 cm. genişliğine dek çatlaklar oluşur. Eğimli yerlerde ve nehir teraslarında bu çatlaklar 10 cm. den daha büyüktür. Bunların dışında, çok sayıda hafif çatlaklar görülür. Kaya düşmeleri, bir çok yer kaymaları ve dağ kaymaları, sularda büyük dalgalanmalar meydana gelebilir. Kuru kuyular yeniden sulanır, sulu olanlar kurur.

### X – Ağır Yıkıcı

b. C tipi çok yapıda yıkıntı, C tipi az yapıda fazla yıkıntı, B tipi çok yapıda fazla yıkıntı, A tipi pek çok yapıda fazla yıkıntı görülür. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar olur. Tren yolu rayları eğrilir. Yeraltındaki borular kırılır ya da eğrilir. Asfalt ve parke yollar da kasisler oluşur.

c. Zeminde birkaç desimetre ölçüsünde çatlaklar oluşabilir. Bazen 1 m. genişliğinde çatlaklarda olabilir. Nehir teraslarında ve dik meyilli yerlerde büyük heyelanlar olur. Büyük kaya düşmeleri meydana gelir. Yeraltı su seviyesi değişir. Kanal, göl ve nehir suları karalar üzerine taşar. Yeni göller oluşabilir.

### XI – Çok Ağır Yıkıcı

b. İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentleri, barajlar ve tren yolu raylarında tehlikeli hasarlar olur. Yol ve caddeler kullanılmaz hale gelir. Yeraltındaki borular kırılır.

c. Yer, yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle geniş yarık ve çatlaklar tarafından önemli biçimde bozulur. Çok sayıda yer kayması ve kaya düşmesi meydana gelir. Kum ve çamur fışkırmaları görülür.

### XII – Yok Edici (Manzara değişir)

b. Pratik olarak toprağın altında ve üstündeki tüm yapılar baştan başa yıkıntıya uğrar.

c. Yer düzeyi büsbütün değişir. Geniş ölçüdeki çatlak ve yarıklarda, yatay ve düşey hareketlerin yön miktarları izlenebilir. Kaya düşmeleri ve nehir versanlarındaki göçmeler çok geniş bir bölgeyi kaplarlar. Yeni göller ve çağlayanlar oluşur.

#### **3.2.4.6. Büyüklük (Magnitüd)**

Deprem Kuvveti ya da ortaya çıkarttığı gerilim enerjisi sismografik gözlemlerle dayanarak ölçülmekte ve Richter ölçeğine göre deprem büyüklüğü tespit

edilmektedir. 0-8.4 arası rakamlarla ifade edilmekte olan deprem büyüklüğü rakamlar büyüdükçe logaritmik olarak artmaktadır (Eyidoğan ve Barka, 1996).

Genel olarak deprem büyüklük bağıntısı Denklem 3.1.' de verilmektedir.

$$M=\log_{10}(A/(T_s.m_s))+a.\log_{10}\Delta_s+b \quad (\text{Denklem 3.1.})$$

Bağıntıda

A: sismik dalganın genliği,

T: sismik dalganın periyodu,

$m_s$  sismografin büyütmesi,

a ve b: katsayıları,

$\Delta_s$ : km ya da derece olarak episantr uzaklığını göstermektedir (Eyidoğan ve Barka, 1996).

Depremin ölçüsünü belirlemek amacıyla kullanılan şiddet ve magnitüd arasındaki ilişki Çizelge 3.1.' de ifade edilmiştir.

Çizelge 3.1. Şiddet ve Magnitüd Arasındaki Dönüşümler (Bayülke, 1989)

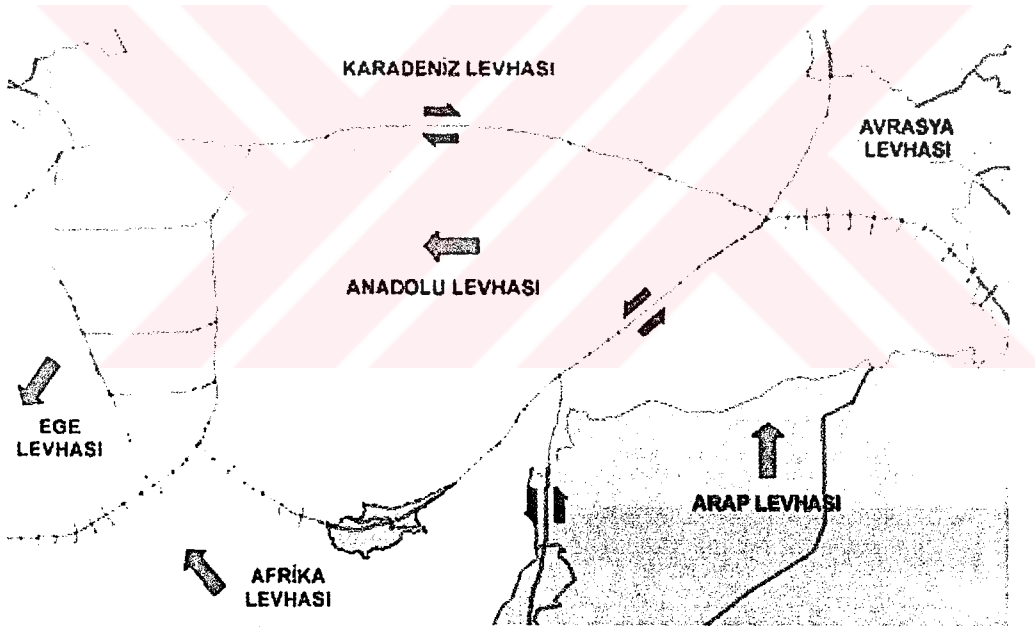
Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4.5	5.1	5.6	6.2	6.6	7.3	7.8	8.4

## 4. TÜRKİYE VE DEPREM

### 4.1. Türkiye'nin Jeolojik ve Depremsellik Özellikleri

Türkiye coğrafyası, dünyanın en önemli deprem kuşaklarından bir olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle, bilinen tarihsel deprem kayıtlarına göre, M.Ö. 2000 yılından beri sürekli olarak hasar yapıcı ve yüzey faylanmasına neden olmuş büyük depremler yaşanmıştır.

Türkiye, Avrasya, Afrika ve Arap levhaları olmak üzere üç büyük levhanın etkisi altındadır (Şekil 4.1.). Anadolu'nun büyük bir kısmının yer aldığı Anadolu levhası, Avrasya levhasının küçük bir bölümüdür.



Şekil 4.1. Türkiye'de Depremlere Neden Olan Büyük Levhalar

Afrika levhası, Akdeniz'de Helenik-Kıbrıs Yayı denilen bölgede, Avrasya (veya onun bir parçası olan Anadolu) levhasının altına dalar. Afrika kıtasından kopan Arap Yarımadası (Arap levhası) ise 13- 15 milyon yıl önce Güneydoğu Toroslar boyunca Avrasya levhasına çarpmıştır ve böylece Bitlis Bindirme Zonu (Bitlis Kenet Kuşağı) oluşmuştur. Kızıldeniz'deki açılma halen sürdüğü için, Arap levhası kuzeye

doğru hareket eder ve yılda yaklaşık 4 cm olan yaklaşma ile Anadolu levhasını sıkıştırır.

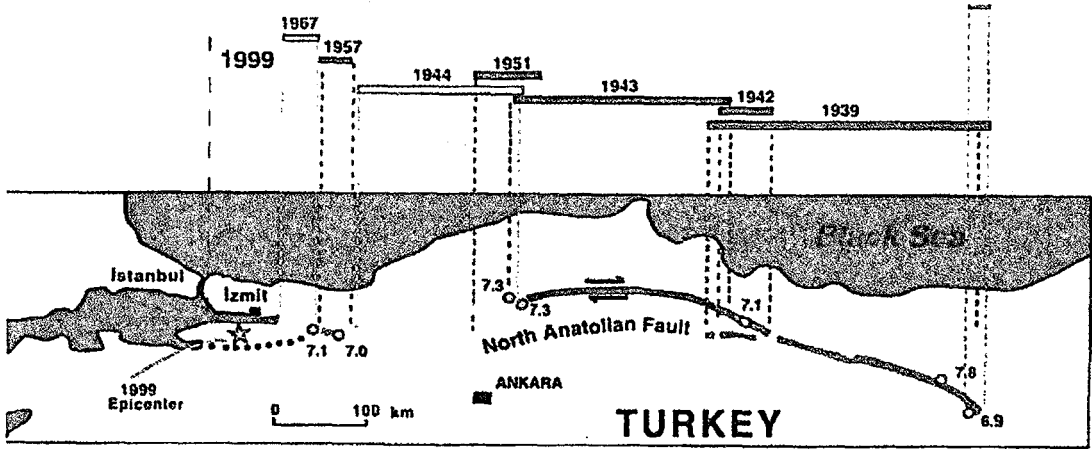
Bitlis Kenet Kuşağı Boyunca başlayan kıta içi yamulma kıtasal taşküreyi kısaltıp kalınlaştırmaya başlar. Kalınlaşma bir süre sonra (plato düzeyi 2 km' ye ulaşınca ) o kadar fazlalaşır ki yerçekimi nedeniyle oluşan gerilmeler, Arabistan'ın sağladığı yatay gerilmeye eşit olur. Yani kıtasal taşküre burada artık kalınlaşamaz hale gelir. Arabistan'ın kuzeye ilerlemesi sürdüğüne göre, bu yer değiştirmesi, kalınlaşmak yerine enine genişlemeyle karşılanmaya başlar (Şengör, 1999).

Şimşek'in (1999) bildirdiğine göre, Me Kenzie ortaya koyduğu modelde Anadolu levhacığının, Karadeniz levhacığına oranla batıya doğru hareket etmekte olduğunu ve bu iki levhacığın bugünkü etkin sınırının Kuzey Anadolu Fay Zonu olduğunu belirtir. Ayrıca Adapazarı-Kaş (Antalya) hattının Ege levhacığını Anadolu levhacığından ayıran kırık sistemi olduğu ileri sürülmekte ve Ege plakacığının güney batıya, Anadolu plakasının ise, batıya doğru hareket etmesi nedeniyle bu bölgelerde gerilim olaylarının oluştuğu belirtilmektedir.

#### 4.2. Türkiye Deprem Bölgeleri

Türkiye'de belli başlı üç deprem bölgesi bulunmaktadır (Şekil 4.1.). Bunlardan birincisi ve en çok tehlikeli olanı Kuzey Anadolu Deprem Kuşağıdır. Bu kuşak Türkiye'ye Çanakkale, Gelibolu ve Edremit'ten girer ve Bursa, İznik Adapazarı, Bolu, Gerede, Kurşunlu, Çerkeş, Merzifon, Amasya, Tokat, Suşehri, Erzincan, Erzurum, Varto, Van Bölgelerine kadar uzanır. Bu hattın sağında ve solunda uzanan yer yer genişliği 50 kilometreyi bulan bölge içinde çok şiddetli depremlerin oluşması beklenir. Nitekim Şekil 4.2.' de görüldüğü üzere son yüzyılda çok şiddetli depremler meydana gelmiştir.

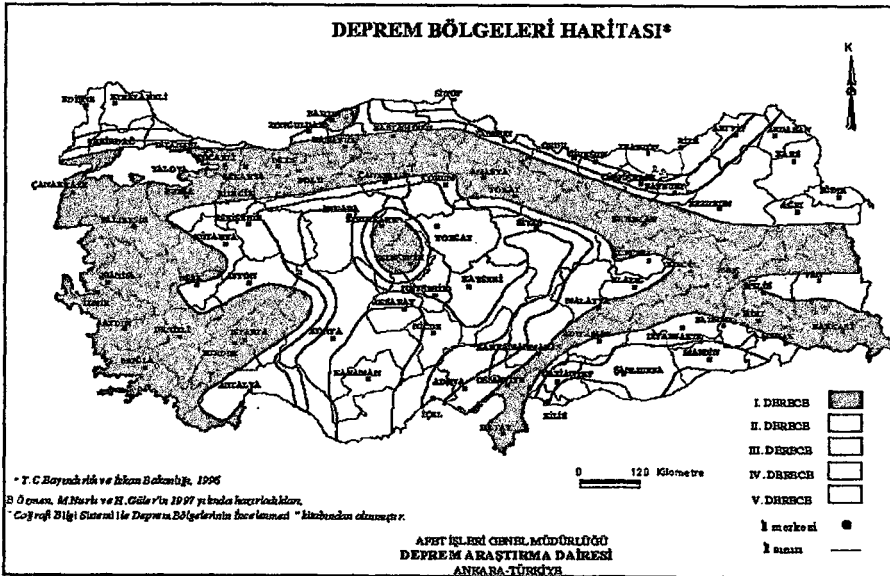




Şekil 4.2. Kuzey Anadolu Fayı ve Fay Üzerinde Son Yüzyılda Meydana Gelen Depremler, MTA ve JGS Ortak Çalışması  
<http://www.ibb.gov.tr/deprem/deprem.htm>

İkinci kuşak Ege Bölgesinde bulunan Batı Anadolu Deprem Kuşağıdır. Batı Anadolu'daki çöküntü havzaları bu bölgeyi oluşturur. Ayvalık, Dikili, İzmir, Çeşme, Aydın ve Büyük Menderes Nehri vadisinden Denizli, Isparta ve Akşehir'e kadar uzanır.

Diğer üçüncü bölge Doğu Anadolu Deprem Kuşağıdır. Antakya-Hatay'dan başlar, Maraş Malatya, Elazığ, Bingöl, Bitlis ve Van'a kadar uzanarak, yukarıda bahsedilen birinci kuşak ile Karlıova civarında birleşir (Bayülke, 1978).



Şekil 4.3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası

Şekil 4.3.'den de anlaşılacağı üzere ülkemizin büyük nüfus yoğunluğuna sahip bölgeleri 1. ve 2. derece deprem bölgesi kapsamına girmektedir. Çizelge 4.1.'de bu bölgelerde 1900 ve 2003 yılları arasında olmuş aletsel büyüklüğü  $M_s=5.4$ 'den büyük depremlere ait tarih, oluş zamanı, yer, şiddet, büyüklük, can kaybı ve hasarlı binaları içeren Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından hazırlanmış bilgiler bulunmaktadır.

$M_s=5.4$ 'den büyük depremlerin sayısının çokluğu ülkemizin deprem açısından ne kadar riskli bir bölgede olduğunu bir kez daha kanıtlamaktadır.

Çizelge 4.1.1900-2003  $M_s > 5.4$  Türkiye Deprem Çizelgesi  
[http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/tLarge\(0,1,2\).htm](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/tLarge(0,1,2).htm)

NO	TARİH	OLUŞ ZAMANI (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG ( $M_s$ )	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
1	29.04.1903	01:46	Malazgirt (MUŞ)	IX	6.7	600	450
2	09.08.1912	03:29	Mürefte (TEKİRDAĞ)	X	7.3	216	5540
3	04.10.1914	00:07	BURDUR	IX	6.9	300	6000
4	13.09.1924	16:34	Horasan (ERZURUM)	IX	6.8	60	380
5	07.08.1925	08:46	Dinar (AFYON)	VIII	5.9	3	2043
6	22.10.1926	21:59	KARS - ERMENİSTAN	VIII	6.0	355	-
7	31.03.1928	şlölş02:29	Torbali (İZMİR)	IX	6.5	50	2500
8	18.05.1929	08:37	Suşehri (SİVAS)	VIII	6.1	64	1357
9	07.05.1930	00:34	TÜRK -İRAN SINIRI	X	7.2	2514	-
10	19.07.1933	22:07	Çivril (DENİZLİ)	VIII	5.7	20	200
11	04.01.1935	16:41	Erdek (BALIKESİR)	VIII	6.4	5	600
12	19.04.1938	12:59	KIRŞEHİR	IX	6.6	160	4066
13	22.09.1939	02:36	Dikili (İZMİR)	IX	6.6	60	1235
14	21.11.1939	10:48	Tercan (ERZİNCAN)	VII	5.9	43	-

Çizelge 4.1. Devamı: 1900-2003 Ms &gt; 5.4 Türkiye Deprem Çizelgesi

NO	TARİH	OLUŞ ZAMANI (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG (MS)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
15	27.12.1939	01:57	ERZİNCAN	X-XI	7.9	32968	116720
16	13.04.1940	08:29	YOZGAT -KAYSERİ	VIII	5.6	-	1000
17	23.05.1941	21:51	MUĞLA	VIII	6.0	-	200
18	10.09.1941	23:53	Erciş (VAN)	VIII	5.9	192	600
19	12.11.1941	12:04	ERZİNCAN	VIII	5.9	15	-
20	15.11.1942	19:01	Bigadiç (BALIKESİR)	VIII	6.1	16	2187
21	21.11.1942	16:01	Osmancık (ÇORUM)	VIII	5.5	2	150
22	20.12.1942	16:03	Erbaa (TOKAT)	IX	7.0	3000	32000
23	20.06.1943	17:32	Hendek (ADAPAZARI)	IX	6.6	336	2240
24	27.11.1943	00:20	Ladik (SAMSUN)	IX-X	7.2	4000	40000
25	01.02.1944	05:22	Gerede-Çerkeş (BOLU)	IX-X	7.2	3959	20865
26	25.06.1944	06:16	Gediz (UŞAK)	VIII	6.0	21	3476
27	06.10.1944	04:34	Ayvalık (BALIKESİR)	IX	6.8	30	5500
28	20.03.1945	09:58	Ceyhan-Misis(ADANA)	VIII	6.0	13	2500
29	21.02.1946	17:43	İlgin (KONYA)	VIII	5.5	12	3349
30	31.05.1946	05:12	Varto-Hınıs (MUŞ)	VIII	5.9	839	3000
31	23.07.1949	17:03	Karaburun (İZMİR)	IX	6.6	7	865
32	17.08.1949	20:44	Karlıova (BİNGÖL)	IX	6.7	450	3500
33	08.04.1951	23:38	İskenderun(ANTAKYA)	VIII	5.8	6	13
34	13.08.1951	20:33	Kurşunlu (ÇANKIRI)	IX	6.9	50	3354
35	03.01.1952	08:03	Hasankale (ERZURUM)	VIII	5.8	41	701

Çizelge 4.1. Devamı: 1900-2003 Ms &gt; 5.4 Türkiye Deprem Çizelgesi

NO	TARİH	OLUŞ ZAMANI (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG (MS)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
36	22.10.1952	19:00	Ceyhan-Misis(ADANA)	VIII	5.6	10	617
37	18.03.1953	21:06	Yenice (ÇANAKKALE)	IX	7.2	265	6750
38	07.09.1953	05:58	Kurşunlu (ÇANKIRI)	VIII	6.0	2	230
39	16.07.1955	09:07	Söke-Balat (AYDIN)	IX	6.8	23	470
40	20.02.1956	22:31	ESKİŞEHİR	VIII	6.4	1	2819
41	25.04.1957	04:25	FethiyeRodos(MUĞLA)	IX	7.1	67	3200
42	26.05.1957	08:33	Abant (BOLU)	IX	7.1	52	5200
43	25.04.1959	02:26	Köyceğiz (MUĞLA)	VIII	5.9	-	775
44	23.05.1961	04:45	FethiyeRodos(MUĞLA)	VIII	6.3	-	61
45	18.09.1963	18:58	Çınarcık (İSTANBUL)	VIII	6.3	1	230
46	30.01.1964	19:45	Tefenni (BURDUR)	VIII	5.7	-	39
47	14.06.1964	15:15	MALATYA	VIII	6.0	8	847
48	06.10.1964	16:31	Manyas (BALIKESİR)	IX	7.0	23	5398
49	13.06.1965	22:01	DENİZLİ	VIII	5.7	14	488
50	07.03.1966	03:16	Varto-Hınıs (MUŞ)	VIII	5.6	14	1100
51	19.08.1966	14:22	Varto (MUŞ)	IX	6.9	2396	20007
52	22.07.1967	18:56	Mudurnu(ADAPAZARI)	IX	6.8	89	7116
53	26.07.1967	20:53	Pülümür (TUNCELİ)	VIII	5.9	97	1282
54	03.09.1968	10:19	Bartın (ZONGULDAK)	VIII	6.5	29	2478
55	23.03.1969	23:08	Demirci (MANİSA)	VIII	5.9	-	945
56	28.03.1970	03:48	Alaşehir (MANİSA)	VIII	6.5	53	3072
57	06.04.1969	05:49	Karaburun (İZMİR)	VIII	5.9	-	1360

Çizelge 4.1. Devamı: 1900-2003 Ms &gt; 5.4 Türkiye Deprem Çizelgesi

NO	TARİH	OLUŞ ZAMANI (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG (MS)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
58	28.03.1970	23:02	Gediz (KÜTAHYA)	IX	7.2	1086	19291
59	19.04.1970	15:29	Gediz (KÜTAHYA)	VIII	5.8	-	1360
60	23.04.1970	11:01	Demirci (MANİSA)	VIII	5.6	-	411
61	12.05.1971	08:25	BURDUR	VIII	5.9	57	3227
62	22.05.1971	18:43	BİNGÖL	VIII	6.8	878	9111
63	06.09.1975	12:20	Lice (DİYARBAKIR)	VIII	6.6	2385	8149
64	24.11.1976	14:22	Muradiye (VAN)	IX	7.5	3840	9232
65	05.07.1983	15:01	Biga (ÇANAKKALE)	VIII	6.1	3	85
66	30.10.1983	07:12	ERZURUM – KARS	VIII	6.9	1155	3241
67	18.09.1984	15:26	Balkaya (ERZURUM)	VIII	6.4	3	570
68	05.05.1986	06:35	Doğanşehir(MALATYA)	VIII	5.9	7	824
69	06.06.1986	13:39	Doğanşehir(MALATYA)	VIII	5.6	1	1174
70	07.12.1988	09:41	Kars – ERMENİSTAN	X	6.9	4	546
71	13.03.1992	19:08	ERZİNCAN	VIII	6.8	653	8057
72	15.03.1992	18:16	Pülümür (TUNCELİ)	VII	5.8	-	439
73	06.11.1992	21:08	Doğanbey (İZMİR)	VII	6.0	-	55
74	28.01.1994	17:45	MANİSA	VI	5.1	-	44
75	01.10.1995	17:57	Dinar (AFYON)	VIII	6.1	90	14156
76	05.12.1995	18:49	Kığı (TUNCELİ)	VI+	5.7	1	-
77	14.08.1996	01:55	Mecitözü (AMASYA)	VI+	5.6	1	2606
78	22.01.1997	17:57	ANTAKYA	VI+	5.4	1	1841
79	13.04.1998	18:14	Karlıova (BİNGÖL)	VI	5.0	-	148

Çizelge 4.1. Devamı: 1900-2003 Ms &gt; 5.4 Türkiye Deprem Çizelgesi

NO	TARİH	SAAT (T.S.)	YER	ŞİDDET	MAG (MS)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
80	27.06.1998	16:55	Ceyhan (ADANA)	VIII	6.2	146	31463
81	17.08.1999	03:01	Gölcük (KOCAELİ)	X	7.8	17480	73342
82	12.11.1999	18:57	DÜZCE	IX	7.5	763	35519
83	06.06.2000	05:41	Orta (ÇANKIRI)	VII	6.1	1	1766
84	15.12.2000	18:44	Sultandağı (AFYON)	VII	5.8	6	547
85	25.06.2001	16:28	OSMANIYE	VII	5.5	-	66
86	15.12.2000	18:44	ERZURUM	VI	5.4	-	
87	03.02.2002	09:11	Çay - Sultandağı (AFYON)	VII	6.4	44	622
88	27.01.2003	07:26	Pülümür (TUNCELİ)	VII	6.2	1	50
89	01.05.2003	03:27	BİNGÖL	VIII	6.4	176	6000



## 5. DEPREM – ZEMİN - YAPI ETKİLEŞİMİ

Deprem, zemin ve yapı etkileşiminin anlaşılabilmesi için hasara neden olan etkenlerin neler olduğunun belirlenmesi gereklidir. Depremde hasara neden olan kuvvet, deprem dalgaları tarafından harekete geçirilen zemin ile birlikte, üzerinde bulunan fakat zeminden ayrı bir kütleyle sahip olan yapının da harekete geçmeye zorlanmasıyla bu harekete direnen yapı içinde yer hareketine ters yönde oluşan atalet kuvvetleridir.

Deprem sonrası yapılan incelemelerde, benzer nitelikteki yapılarda farklı zemin türlerinde farklı hasarların oluştuğunun gözlenmesiyle, depremin yapı üzerindeki etkisinin sadece şiddeti ile ilişkili olmadığı ve bina yerel zeminin binanın deprem sırasındaki hareketini doğrudan etkilediği sonucu çıkmıştır.

Zeminin sıvılaşması, faylar, heyelanlı ortamlar, zemindeki yapısal farklılıklar, deprem sırasında yapıda hasara neden olabilecek zemin özellikleridir. Bunlardan bazen sadece biri bazen birkaçı yapıda ağır hasara neden olabilir.

Deprem sırasında zemin nedeniyle yapıda oluşabilecek hasarlar; taşıma gücü kaybı, oturmalar, yanal akmalar ve şev kaymaları başlığı altında toplanabilir.

Taşıma Gücü Kaybı; yapı temelleri taşıma gücüne göre boyutlandırılır. Temellerin taşıma gücü zeminin kayma mukavemeti ile doğrudan ilişkilidir. Depremler sırasında killi zeminlere meydana gelecek kayma mukavemetinde azalma, kumlu zeminlerdeki sıvılaşma taşıma gücü kaybına neden olabilir.

Oturmalar; deprem sırasında veya sonrasında bina temelleri altında rijitlik azalması, titreşim nedeni ile boşluk suyu basıncı ve çökmelere neden olur. Ayrıca gevşek kumlarda titreşimler şekil değiştirmeye yol açar.

Yanal Akmalar; zemin sıvılaşması sonucu temel altının boşalması ve yanal akmalar meydana gelebilir. Bu durum temelin taşıma gücünü kaybetmesine ve göçmeye yol açabilir.

Şev Kaymaları; şev üzerinde bulunan yapılarda toprak kaymaları ile yanal ya da düşey yer değiştirmeler yapıda zorlanmaya neden olabilir (Özaydın, 2002).

### 5.1. Zemin Türleri

1998 yılında değişikliklerle yürürlüğe giren 'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te zeminler Çizelge 5.1.'de belirtildiği gibi jeolojik özelliklerine göre dört sınıfa ayrılarak genel özellikleri belirtilmiş ve deprem sırasındaki sıvılaşma potansiyellerinin saha ve laboratuvar deneylerine dayanan uygun analiz yöntemleri ile incelenmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Çizelge 5.1. Zemin Grupları

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıklık(%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı(m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrılmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar...	---	---	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85-100	---	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	---	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrılmış çimentolu tortul kayalar....	---	---	500 - 1000	700-1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30-50	65-85	---	400-700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16-32	---	200-400	300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar.....	---	---	< 500	400-700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10-30	35-65	---	200-700
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8-16	---	100-200	200-300
(D)	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları...	---	---	---	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	---	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	---	< 100	< 200



Çizelge 5.1.' de verilen zemin grupları, en üst zemin tabakası kalınlığına göre sınıflandırılarak Çizelge 5.2.'deki yerel zemin sınıfları oluşturulmuştur.

Çizelge 5.2. Yerel Zemin Sınıfı

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 5.1'e Göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı ( $h_1$ )
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

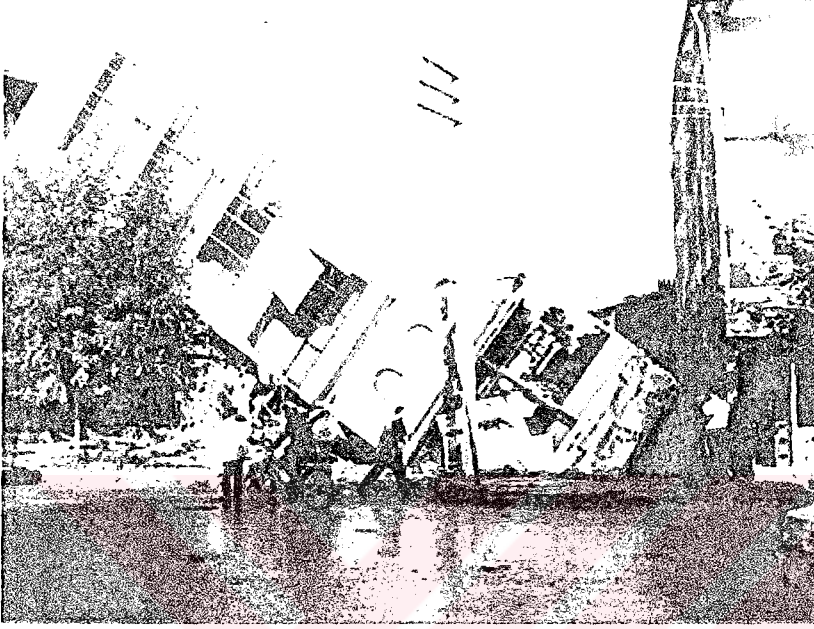
## 5.2. Zemin Niteliğinin Deprem Davranışına Etkisi

Deprem sırasındaki yapı davranışı, yapıların üzerinde bulunduğu yüzey tabakası olarak adlandırılan zeminin niteliğine bağlı olarak değişmektedir. Yüzey tabakası derinliğine, yoğunluğuna ve titreşim dalgalarını geçirme özelliğine bağlı olarak ana kayada oluşan deprem hareketini değiştirerek yapıya deprem hareketini ulaştırmaktadır.

Özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları ve suya doygun ince taneli kum ve siltli katmanların olduğu zeminlerde deprem hareketi etkisini büyütür ve yapıya ulaşır ve boşluk suyu basıncının artırarak etkin yatay gerilmeyi sıfır yapar ve zemin sıvılaşması olarak nitelendirilen durum ortaya çıkar. Böylece zemin yapıyı taşıyamaz ve akar. Bu olay sonucunda Resim 5.1.' de olduğu gibi yapı yan yatar, batar ya da devrilir.

Sıvılaşmaya etki eden başlıca faktörler, rölatif sıkılık, aşırı konsolidasyon oranı, çökmeden sonra geçen süre, dane boyutları, dane şekli ve dane dağılımı,

numune hazırlama yöntemi, örselenme, ince dane oranı ve plastisitesi olarak sıralanabilir (Ansal, 1999).



Resim 5.1. Zemin Sıvılaşması Sonucu Hasar, Adapazarı, 1999

Deprem yüklerinin tariflenmesinde zemin faktörünün etkinliği Denklem 5.1. deki formülle ifade edilmektedir.

$$A(T)=A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (\text{Denklem 5.1.})$$

$A(T)$ : Spektral İvme Katsayısı

$A_0$ : Etkin Yer İvmesi Katsayısı

$I$ : Bina Önem Katsayısı

$S(T)$ : Spektrum Katsayısı (Yerel zemin koşullarına ve bina periyoduna bağlı)

Formülde  $A_0$  değeri deprem bölgesine bağlı olarak değişirken her deprem bölgesine ait değerler Çizelge 5.3.' te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Etkin Yer İvmesi Katsayıları

Deprem Bölgesi	$A_0$
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	1.10

$I$  değeri yapının deprem sonrasında kullanım önemini tarifler. Konutlar için  $I=1$  iken okul, yurt gibi yerler için  $I=1.4$ , hastane, itfaiye gibi yerler için  $I=1.5$  'tir.

Deprem sırasında deprem yükünün zemin tarafından yapıya iletilmesi sırasında zemin niteliğine bağlı olarak yapının maruz kalacağı deprem kuvvetinin büyüklüğü Denklem 5.2.'de verilmiştir.

$$F= A(T).W/R \quad (\text{Denklem 5.2.})$$

F: Yatay Deprem Kuvveti

A(T): Spektral İvme Katsayısı

W: Yatay Yükün Etkiyeceği Katın Toplam Ağırlığı (kg,ton)

R: Deprem Yükü Azaltma Katsayısı

R değeri olarak süneklik düzeyi normal, yerinde dökme, prefabrike ve çelik yapılarda 3 ile 4 seçilirken, süneklik düzeyi yüksek olmak şartları sağlanmış, yerinde dökme prefabrike ve çelik yapılarda 5 ile 8 arasında bir tamsayı seçilmektedir (Gönençen, 2000).

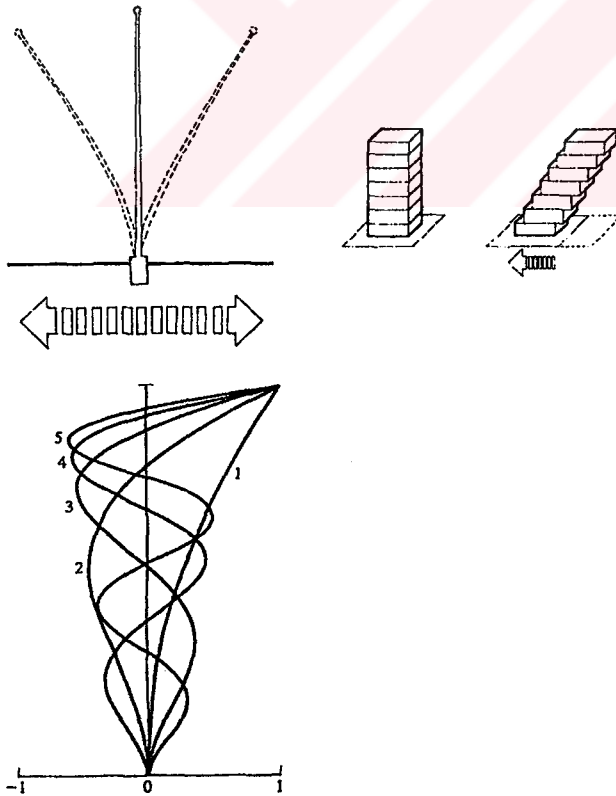
### 5.3. Deprem Anında Yapı Davranış Biçimleri

Deprem anında, yapının davranış biçiminin anlaşılabilmesi için yapı periyodu ve zemin periyodu kavramlarının bilinmesi gereklidir. Cinsine ve kat yüksekliğine bağlı olarak, yapının bir kez gidip gelmesi sırasında geçen süre yapının periyodunu belirler. Yüksek katlı yapılarda bu süre az katlı yapılara göre daha uzundur kısaca yükseklik arttıkça yapının salınım periyodu da uzar. Zemin periyodu ise, sarsıntı sırasında, zeminin sert ya da yumuşak zemin olmasına bağlı olarak, bir defa gidip

gelmesi için geçen süredir. Kayalık ve sert zeminlerin periyodu daha kısa iken yumuşak, alüvyonlu ve dolgu zeminlerin periyodu daha uzundur.

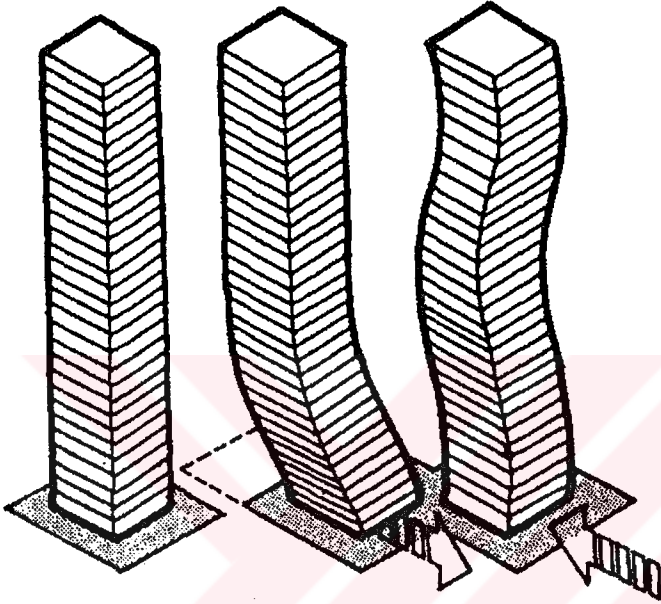
Deprem enerjisinin doğduğu odak (hipocenter) noktasından itibaren, yapının olduğu yere varıncaya kadar geçtiği katmanlara göre periyodu değişerek gelir. Yapının hipocenter noktasına olan uzaklığı arttıkça ve zemin yapısına bağlı olarak, yumuşak zeminlerde periyot büyür, sert zeminlerde ise küçülür. Bir yapının depremde yıkılması için zemin periyodu ile yapının doğal periyodunun örtüşmesi, yani rezonansa girmesi gereklidir. Rezonansa girmemesi halinde yıkılmaz (Gönençen, 2000).

Ön tasarım aşamasında mimarın bina sisteminde potansiyel rezonansın temel prensiplerini anlaması çok önemlidir. Ayrıca uzun bina sistemlerinin binanın konfigürasyonuna bağlı olarak birden fazla doğal periyodunun olabileceğini bilmek de önemlidir. Değişik konfigürasyonlar değişik titreşim modlarına sahip olacaktır. Titreşimlerin temsili modları Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



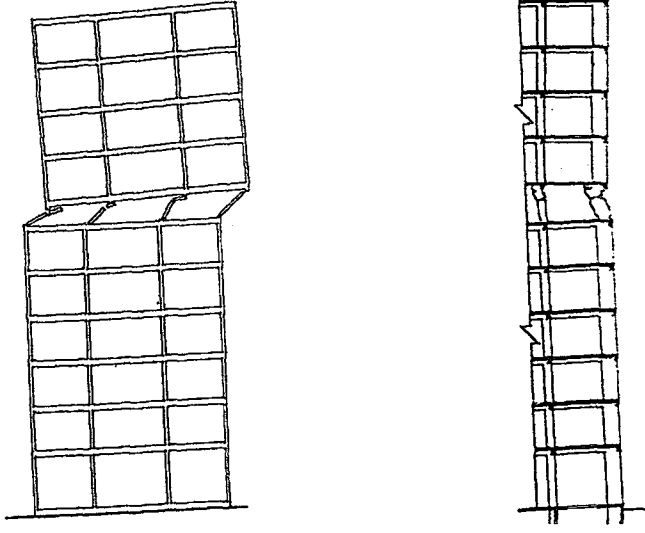
Şekil 5.1. Basit Bir Yapının Titreşiminin Temsili Modları (Lagorio, 1990)

Çok katlı yapılarda binanın hangi vibrasyon moduna girdiğine de bağlı olarak bazı katlar bir yönde hareket ederken daha yukarıdaki katlar başka yönlerde hareket edebilirler. Katlar arasında Şekil 5.2.' de gösterildiği gibi bükülerek kısalmalara sebebiyet veren sapmalar oluşabilir (Lagorio, 1990)



Şekil 5.2. Yanal Yer Değiştirmeler sonucunda Bir Bina Sisteminin Kısalmasını Gösteren Sapma Diyagramı (Lagorio, 1990)

Salınım sürecine giren bir yüksek yapıda, eğer yapının bulunduğu zemin dolgu ve yumuşak bir zemin ise her ikisinin de periyodunun uzun olması nedeniyle yapı periyodu ile zemin periyodu çakışabilir. Bu durumda yapı yıkılmasa bile Şekil 5.3.' deki gibi rezonansın olduğu kat dolayısıyla üzerindeki katlar (Resim 5.2.) çökebilir.



Şekil 5.3. Rezonans ile Bir Katın Çökmesini Gösteren İki Kesit (Erman, 2002)



Resim 5.2. Rezonans İle Bir Katın ve Üzerindekilerin Çökmesi, Meksico, 1985

Yapının zemin ile rezonansa girmesini engelleyebilecek en önemli çözüm yollarından biri, hem zeminin hem de bina periyodunun uzun olması nedeniyle, kayalık zeminlerde çok katlı yapıların, zemin ve bina periyodunun kısa olması nedeniyle de yumuşak ve dolgu zeminlerde az katlı yapıların inşa edilmesidir.

Deprem sırasında zemin niteliği nedeniyle karşılaşılan başka bir durum ise gerekli dilatasyon derzi bulunmayan yan yana, farklı yükseklikte, farklı periyotlara

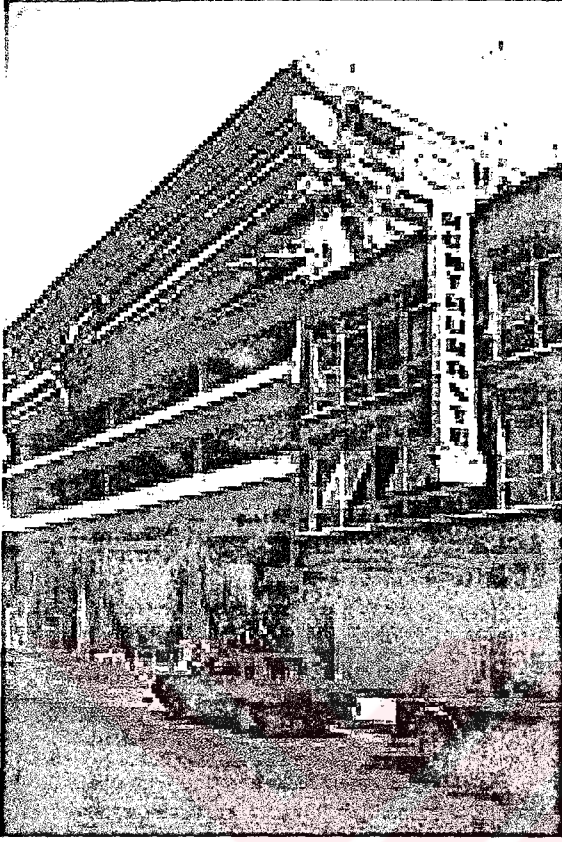


sahip yapıların birbirlerine çarparak (çekiçleme etkisi) hasar vermesi durumudur (Resim 5.3. ve Resim 5.4).

Deprem bölgelerinde yapılar birbirine yaklaştırıldığı takdirde, yapıların taban basınçları yaklaşan bölgelerde devamlı üst üste biner ve artar. Yapılar tabanlarında genellikle, ortada yoğun kenarlarda daha düşük bir taban basıncı olmasına karşın, bitişik nizamalarda, birleştikleri noktalardaki gerilmenin yüksekliği yüzünden, çok kere yapılar zamanla birbirlerine dayanarak dururlar. Bu büyük bir sakıncadır. Çünkü deprem esnasındaki titreşimler, bu dayanmayı tamamen tersine etkiler. Bitişik nizamalarda, bilhassa kat farklılıkları yani yükseklikleri farklı yapılarda, Resim 5.4.'de olduğu gibi, daha büyük risktir. Çünkü bu yapıların periyotları birbirlerinden çok farklı hale gelince yandaki düşük yapı sağlamsa yüksek yapıyı ortasından kırarak bir çekiç tesiri yapar (Ülker, 1999).



Resim 5.3. Farklı Döşeme Seviyesine Sahip İki Binanın Çarpışması, Dinar, 1995.



Resim 5.4. Döşeme Hizasından İki Binanın Çarpışması, Mexico, 1995.



## 6. DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI VE DEPREM YÖNETMELİKLERİ

### 6.1. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı

Depreme dayanıklı yapı tasarımı kavramının anlaşılabilmesi için öncelikle depreme dayanıklı yapının ne olduğunun bilinmesi gereklidir. Depreme dayanıklı yapı özellikleri bakımından, tüm dünyada geçerli olan kabule göre, hafif depremleri hasarsız, orta şiddetteki depremleri az hasarlı yani taşıyıcı sistem zarar görmeden, şiddetli depremleri ise tamamen yada kısmen çökmeden ve can kaybına neden olmadan karşılayabilecek nitelikte inşa edilmiş yapı olarak tarif edilir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı, uygulanacak olan yapının mimari tasarımından taşıyıcı sistemin seçimi ve tasarımına kadar olan tüm süreci kapsar. Yapının yer seçimi, geometrisi, yüksekliği, simetrik olup olmaması, dolu ve boşlukların dağılımı, kullanılan malzemenin ve taşıyıcı sistemin özellikleri gibi yapıya ait bir çok özellik yapının deprem sırasındaki davranışını etkiler. İyi bir tasarımda taşıyıcı sistemin çözümlenmede göz önüne alınan davranış şekliyle, deprem etkisi altındaki davranışı birbirine yakın olur.

Her bina çeşitli yükler etkisindedir ve bu yükleri taşıyan, zemine aktaran bir taşıyıcı sistemi bulunmak zorundadır. Deprem yükü de bir dinamik etki olarak bu yükler arasında, değişen aralıklarla ve değişen büyüklüklerde olmak üzere, önemli bir yer alır. Binanın ömrü boyunca inşa edildiği bölgede oluşabileceği tahmin edilen en şiddetli deprem büyüklüklerini hesaba katmak zorundadır.

### 6.2. Depreme Dayanıklı Yapı İle İlgili Temel İlkeler

Bir yapının sergileyeceği sağlıklı deprem davranışından, taşıyacağı yeterli deprem güvenliğinden bahsedebilmek için yapı davranışının çok iyi bilinmesi gereklidir. Bir yapının sağlıklı bir deprem davranışı gösterebilmesi için dikkat edilmesi gerekli beş temel ilke bulunmaktadır. Bunlar:

1) Geometri,

- 2) Süreklilik,
- 3) Rijitlik ve Dayanım,
- 4) Göçme Modu
- 5) Sünekliktir.

### 6.2.1. Geometri

Yapılan araştırmalar, yapının geometrisi ne kadar karmaşıklıktan uzak ve basit ise deprem dayanımının o kadar yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Planı H,Y,L,T biçiminde olan yapıların depremlerde önemli hasar görmesi sadece basit planların deprem dayanımında yeterli olmadığını, basitliğin yanında her iki doğrultuda simetrisinin de binanın deprem dayanımını artırdığını ortaya koymuştur.

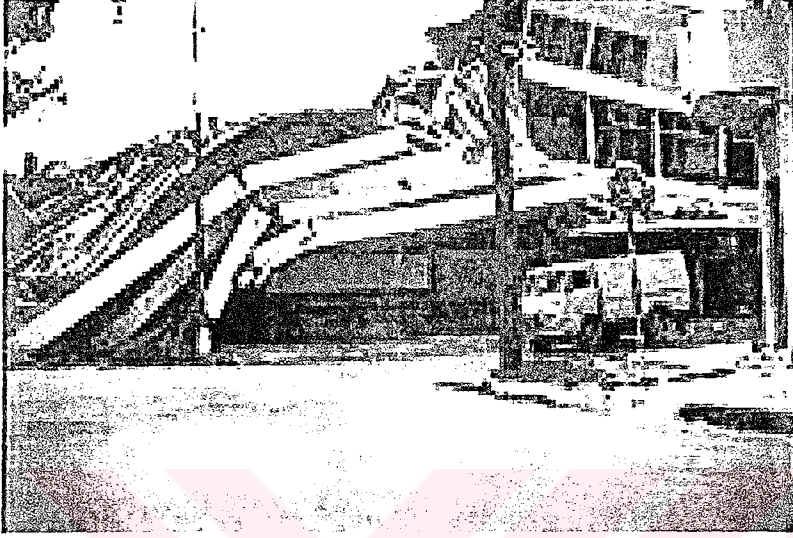
Bazen her iki doğrultudaki simetri de yeterli olmamaktadır. Örneğin, planda + şeklinde yapı simetrik olmasına rağmen, deprem hareketinde orta kısımla kenar kısımlar farklı yatay rijitlikten dolayı birbirini zorlar. Binanın dış kısmına ve binaya bağlı olarak düzenlenen merdiven ve asansörler, rijitlik merkezini simetri merkezinden kenara çektikleri için, ek burulma meydana getirirler. Yani simetri yalnız plandaki şekille değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarda da sağlanmalıdır (Celep, Kumbasar, 2000).

Yapının deprem dayanımını etkileyen bir başka özellik ise yapının zemine yerleştiği alanın uzunluğu ile ilgilidir. Planı uzun olan yapılar kısa olanlara göre farklı özelliklere sahip zeminler üzerine yerleşebileceğinden farklı zemin hareketleri ve çökmeleri nedeniyle, özellikle tekil temellerle inşa edilmişlerse, deprem hareketine karşı daha zayıftırlar.

### 6.2.2. Süreklilik

Taşıyıcı sistemi oluşturan kolon ve kiriş gibi elemanların plandaki düzgün dağılımı ve düşeyde de kolon ve perdelerin temelden çatıya kadar sürekliliğin sağlanması ile sistemde zayıf noktaların oluşması önlenir ve böylece bazı bölgelerin aşırı zorlanmasının önüne geçilmiş olur. Resim 6.1.'de taşıyıcı sistemin tasarımından

kaynaklanan ve binanın tamamının çökmesine neden olan deprem hasarı görülmektedir.



Resim 6.1. Hatalı Taşıyıcı Sistem Hasarı, Managua, 1972

Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dış merkezlik de elden geldiği kadar önlenmeli ve bunların genişliklerinin birbirine yakın olmasına çalışılmalıdır. Böylece, özellikle betonarme elemanlarda, kesit etkilerinin geçişini sağlayan iyi bir donatı düzeni sağlanabilir (Celep ve Kumbasar, 2000).

Taşıyıcı sistemde oluşturulan süreklilik ile taşıyıcı elemanların birlikte çalışması ve birbirlerine yardım etmesi de sağlanmış olur. Böylece ortaya çıkacak olan plastik mafsalların sayısı nedeniyle dinamik enerjinin yutulan kısmı da büyütülmüş olur.

### 6.2.3. Rijitlik ve Dayanım

Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların sürekliliğinin yanında rijitlik özelliklerinin de ani değişiklikler göstermemesi gereklidir. Örneğin yumuşak zemin katların rijitliği düşüktür. Deprem etkileri zemin katta en büyük olduğundan, ayrıca üst katların yükünü de taşıdığından yapılan gözlemlerde yumuşak zemin kata sahip yapılarda hasarın büyük olduğu hatta kimi zaman toptan göçmelerin meydana geldiği

görülmüştür. Ancak bir takım mimari nedenlerden dolayı yumuşak zemin kat kullanımını yaygındır. Bu tür durumlarda zemin katlarda düşey taşıyıcı elemanların yoğunluğunun zemin kat alanı ile dengelenmesi gerekmektedir.

Yapı elemanlarının rijitliğinin uygun seçilmesi ile yapının titreşim periyodunu belirli aralıklara getirerek deprem dayanımını artırmak mümkündür. Böylece zeminin hakim periyodu ile yapının periyodunun birbirine yakın olmasını engelleyerek yapının rezonansa girmesi ve önemli hasar görmesinin önüne geçilmiş olunur. Örneğin periyodu yüksek yumuşak zeminlerde kısa periyotlu az katlı rijit yapılar, kısa periyotlu sert kayalık zeminlerde uzun periyotlu yüksek katlı yapıların bulunması doğru bir tercih olacaktır.

Donatısı iyi düzenlenmiş betonarme yapılarda taşıyıcı sistem elastik olarak kabul edilir. Orta şiddetteki bir depremde katlar arası büyük yer değiştirmeler meydana gelir ve bölme duvarlarında X çatlakları oluşur. Buna karşılık yapının taşıyıcı sistemi tasarlanırken yapılan hesaplara bölme duvarları katılmamasına rağmen bu elemanlar yapılara ek bir rijitlik sağlar, deprem sırasında yapının periyodunu küçültürler ve yapıdaki kuvvet dağılımında etkili olurlar.

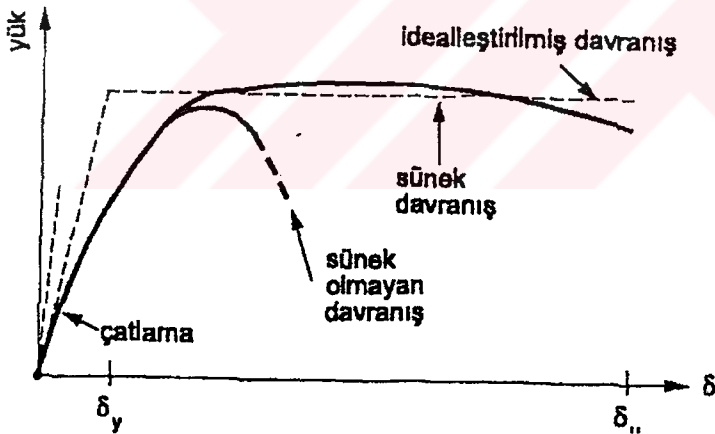
#### 6.2.4. Göçme Modu

Deprem etkisine karşı boyutlamada kesitler öngörülen etkilere karşı koyacak şekilde boyutlandırılırken, özellikle düşey taşıyıcı elemanların dayanımlarını kaybederek tüm sistemin göçmesinden veya burkulma gibi ani göçmeden uzak durulması istenir. Bu amaçla kuvvetli bir deprem durumunda, sistemin elastik ötesi davranışı göz önüne alınarak göçme durumunun incelenmesi gerekir. Bazı durumlarda, kolon gibi düşey taşıyıcı elemanların güç tükenmeleri ile kesme veya basınç kuvveti taşıyan elemanların göçmelerinin sünek olmayacağı düşünülerek bu tür güç tükenmelerinin önlenmesi için önlem alma yoluna gidilebilir (Çelep ve Kumbasar, 2000).

### 6.2.5. Süneklik

Şiddetli depremlerde yapının elastik davranışının üzerinde şekil değiştirerek bu etkiyi karşılaması beklenir. Yapının elastik sınırı geçtikten sonra, sünerek kesit zorlarında önemli artmalar olmadan şekil değiştirme yapması istenir. Böylece deprem etkisi yapı tarafından sönmelenmektedir.

Sünek davranış sayesinde yüklemenin aşırı artmasıyla akma noktasına ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji alınır ve iç kuvvetlerin daha az zorlanan kesitlere dağıtılır. Şekil 6.1.'de sünek davranışa ve gevrek davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisinde yapının yük taşıma durumu görülmektedir. Grafikten de anlaşıldığı gibi sünek davranış gösterme durumunda yapıda göçme olmadan yük taşımaya devam etmektedir. Fakat sünek olmayan davranışta yapı yük taşıma özelliğini kaybetmektedir. Kısaca depreme dayanıklı yapıda olması gerekli özelliklerden biri, yapının sünek davranış göstermesidir.



Şekil 6.1. Betonarme Elemanda Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi (Çelep ve Kumbasar, 2000).

Yapıda önemli hasarın yada göçmenin önlenmesi için taşıyıcı sistemin yatay yük dayanımının önemli bir kısmını elastik ötesi yer değiştirmelerle de devam ettirmesi ile mümkündür. Böyle bir davranış için taşıyıcı sistemin elemanlarının özellikleri, kullanılan malzemelerin özellikleri ve detaylandırma dikkat edilmesi gerekli noktalarıdır.

### 6.3. Deprem Dayanımında Mimari Tasarımın Önemi

Mimarlık teriminin sözlük anlamı; insanların yaşamasını kolaylaştırmak ve barınma, eğlenme, dinlenme, çalışma gibi eylemlerini sürdürebilmelerini sağlamak için mekanlar düzenleme sanatı; yapı sanatıdır. M.Ö. I. yüzyılda yaşamış olan Romalı Mimar Vitruvius 'De Architectura' adlı yapıtında mimarlığı 'sağlamlık, kullanılabilirlik, güzellik' olarak tanımlamıştır (Hasol, 1988). Görüldüğü gibi mimarlıktan beklenen üç önemli öğeden biri sağlamlık olgusudur. Özellikle ülkemiz gibi dünyanın sayılı deprem kuşaklarında biri üzerinde konumlanan bir ülkede sağlamlık ilkesinin önemi bir kat daha artmaktadır.

Yapının deprem dayanımı aslında mimari tasarım aşamasından başlar. Bu aşamada deprem davranışı ile uyuşmayacak yada ters düşecek bir geometriye sahip biçimin seçilmesi ile gerek maddi gerekse statik çözümlene açısından güçlükler çıkacak, belki de imkansız olacaktır.

Ülkemizde deneyim kazanma sürecindeki mimarların karşılaşabileceği bazı durumlardan söz etmek gerekir. Birincisi özellikle Avrupa kökenli yayınlardaki bina örneklerinin algılanması ile ilgilidir. Şunu hatırlatmakta yarar vardır: Avrupa, çoğunlukla yaşlı jeolojik formasyonlar üzerine oturduğundan mimarlar form-kütle ve strüktür seçimlerinde daha özgürce davranmaktadırlar. Bir başkası ise özellikle ilgilidir. O da form düşüncesi ve yaratma heyecanı ile doğanın egemen kuralları, mühendislik standartları, yada çalışma takımının yetileri arasında bir denge kurulmasıdır ki, burada da yine felaketin kapısı tasarım yoluyla açılıyor olabilir. Tabii ki bununla hayal gücüne set çekmek değil bir öz denetimin gerekliliği dile getirilmeye çalışılmaktadır (Batırbaygil, 2001).

Depreme dayanıklı yapı ölçütleri mimarın projelendirme sürecinde ortaya koyacağı yapının, a) Estetik olması, b) İşlevsel olması, c) Dayanıklı olması, d) Ekonomik olması, sıralamasında önemli bir yer değiştirmeye neden olmayacaktır (Gönençen, 2000).

Statik çözümlene açısından ise Sucuoğlu (1999) deprem güvenliği olan yapıların tasarımında iki önemli belirsizlik kaynağıyla karşı karşıya olduğunu vurgulamıştır. Birinci derece belirsizlik kaynağı, hiçbir depremde birbirine benzeyen



yer hareketinin ölçülememiş olması diğeri ise inşa edilmiş yapıların deprem etkileri altında gösterdiği gerçek dayanımlarıdır.

Anlaşılmaktadır ki gerek mimari gerekse statik açıdan depreme dayanıklı bir yapı tasarımı için her detayın dikkatle gözden geçirilmesi ve yapının en şiddetli depremi bile can kaybına neden olmadan karşılayabilecek nitelikte olması beklenir.

#### **6.4. Depreme Dayanıklı Yapılar İçin Yönetmelikler**

Yapıların depreme dayanıklı olarak projelendirilmesi için çeşitli hesap yöntemleri vardır. Teorik ve deneysel çalışmalar ve yaşanan depremlerden çıkarılan sonuçlar doğrultusunda bu bilgiler sürekli yenilenmekte ve değişmektedir.

Yapıların deprem sırasındaki davranışlarının etkilerinin analizi zor bir hesap işlemini gerektir. Çok ayrıntılı hesaplanmış bir projenin maliyeti de yüksek olacağından yapının ekonomik olma özelliği de değişebilecektir. Ayrıca statik çözümlenmeyi gerçekleştirecek olan proje mühendislerinden bu seviyede bir akademik çalışma istenemeyeceğinden proje mühendislerini pratik çözüme götürecek basit hesap yöntemlerinin olması daha doğru bir yöntem olacaktır. Bu amaçla kolay uygulanabilecek basit hesap yöntemleri içeren yönetmelikler hazırlanmıştır.

Yapı yönetmelikleri standartlaşmayı da beraberinde getirmektedir. Depreme dayanıklılık bakımından minimum koşullar ile güvenli ve ekonomik yapılar için zemin hazırlarlar.

##### **6.4.1. Avrupa Birliği Tarafından Kullanılan Depreme Dayanıklı Yapılar İçin Kurallar**

Tüm dünyada kullanılan yönetmelikler, hafif depremlerde hiçbir hasara uğramayan, orta büyüklükteki depremlerde onarabilir nitelikte hasara uğrayan, şiddetli depremlerde ise can kaybına neden olmayacak dayanıma sahip, onarılamayacak hasar görse bile çökmeyen nitelikte yapılar tariflemiştir.

Eurocode (Avrupa Şartnamesi) geçici uygulama için Avrupa Doğallaştırma Komitesi/ European Normalization Committee (CEN) tarafından onaylanan deneysel Avrupa öngörüleridir (ENV).

'Depreme dayanıklı yapılar için kurallar' başlığı altında EC 8'de bina projelerinin deprem dayanımına, strüktürel analizlerine, güvenlik kontrollerine ve burulma etkilerine uygulanabilir, binaların ömrünü hesaplamak üzere proje planları ve düzenlemeleri için önerilen ana prensipler gibi temel kurallardan bahsedilmektedir. Ayrıca malzemeler ve bu malzemelerden oluşan strüktürel elemanlar münasebetiyle binalara uygulanabilir standartlar bulunmaktadır (Garcia, Jiménez, 2001).

#### 6.4.2. Türkiye'de Deprem Yönetmelikleri

Ülkemizde depreme dayanıklı yapılar için yönetmelik çalışmalarına 1939 Erzincan depreminden sonra başlanmıştır. İlk yönetmelik belli zamanlarda günün koşullarına göre değiştirilerek bugün kullanmakta olduğumuz 'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' oluşturulmuştur. Kullanmakta olduğumuz yönetmeliğin tarihçesini aşağıda gösterildiği gibi özetleyebiliriz.

Zelzele Mintıkları Muvakkat Talimatnamesi (1940)

Deprem Bölgeleri Esaslı Tamir Talimatnamesi (1944)

Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1948)

Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1949)

Türkiye Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği (1953)

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1968)

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (1975) (Çamlıbel, 1994)

Son olarak 1997 yılında hazırlanan ve 01.01.1998 yılında yürürlüğe giren 'Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' depreme dayanıklı yapılarda olması gerekli minimum koşullar hakkında ayrıntılı olarak mimari ve statik açıdan bilgileri içermektedir.



Teknolojinin ilerlemesi ile yeni malzeme ve yapı tekniklerinin gelişimi ayrıca bilimsel çalışmaların da katkılarıyla varolan çözümlere yenilerinin ilavesi ve geliştirilmesi doğaldır. Bu nedenle yönetmeliklerin de belli aralıklarla yenilenmesi de bir gerekliliktir.

#### **6.4.2.1. 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY)**

7269 sayılı kanunun 1051 sayılı kanunla değiştirilen ikinci maddesine göre saptanan ve duyurulan afet bölgelerinde yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek, onarılacak, yada güçlendirilecek resmi ve özel tüm binaların ve bina türü yapıların bağlı olacağı teknik koşullar, 7269 sayılı kanunun 1051 sayılı kanunla değiştirilen üçüncü maddesine göre bu yönetmelikteki ilkelere uyularak yerine getirilir (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998).

Yönetmelik 3 kısımdan oluşmaktadır. Kısım I 'de yönetmeliğin kapsamı ve üzerine bina yapılamayacak arazinin tanımı yapılmıştır. Kısım II' de su baskını ve yangın afetinden korunmadan bahsedilmiştir. Son olarak Kısım III' de ise deprem afetinden korunma başlığı altında depreme dayanıklı binalar için hesap kuralları ile betonarme, yığma, çelik ve ahşap yapılar ve son olarak temel zemini ve temeller için depreme dayanıklı tasarım kuralları anlatılmıştır.

## 7. 1998 AFET BÖLGELERİNDE YAPILACAK YAPILAR HAKKINDA YÖNETMELİKTE ADI GEÇEN DÜZENSİZLİKLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Bu tezin konusunu oluşturan planda ve düşey doğrultudaki düzensiz binaların tanımlanması ve düzensizlik durumlarına ait genel ilke ve kurallar 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' de Kısım III 6. Bölümde yer almaktadır. Yönetmelikte belirtilen bina tasarlarken dikkat edilmesi gerekli, planda düzensizlik durumlarına ait dört ayrı düzensizlik tipi Çizelge 7.1.' de verilmiştir.

Çizelge 7.1. Planda Düzensizlik Durumları (ABYYHY, 1998)

A - PLANDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
A1 - Burulma Düzensizliği :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 Katsayısının 1.2'den büyük olması durumu.
A2 - Döşeme Süreksizlikleri :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
A3 - Planda Çıkıntılar Bulunması :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
A4-Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması:Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, gözönüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumu

Çizelge 7.2.' de ise düşey doğrultudaki düzensizlik durumuna ait 3 ayrı düzensizlik tipi belirtilmiştir.

Çizelge 7.2. Düşeyde Düzensizlik Durumları (ABYYHY, 1998)

B - DÜŞEY DOĞRULTUDA DÜZENSİZLİK DURUMLARI
B1 - Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) :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 Katsayısının 0.80'den küçük olması durumu
B2 - Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat) :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 Katsayısının 1.5'ten fazla olması durumu.
B3 - Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği :Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, yada üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu

Planda ve düşeyde düzensizlik durumları dışında yer alan kısa kolon düzensizliği ise planlamanın bir sonucu olarak taşıyıcı sistemdeki nedeni ile veya dolgu duvarlar nedeni ile oluşabilirler. Kısa kolon düzensizliği ve çözüm önerileri, planda ve düşeydeki düzensizlik durumları dışında ayrı bir başlık altında ele alınmıştır.

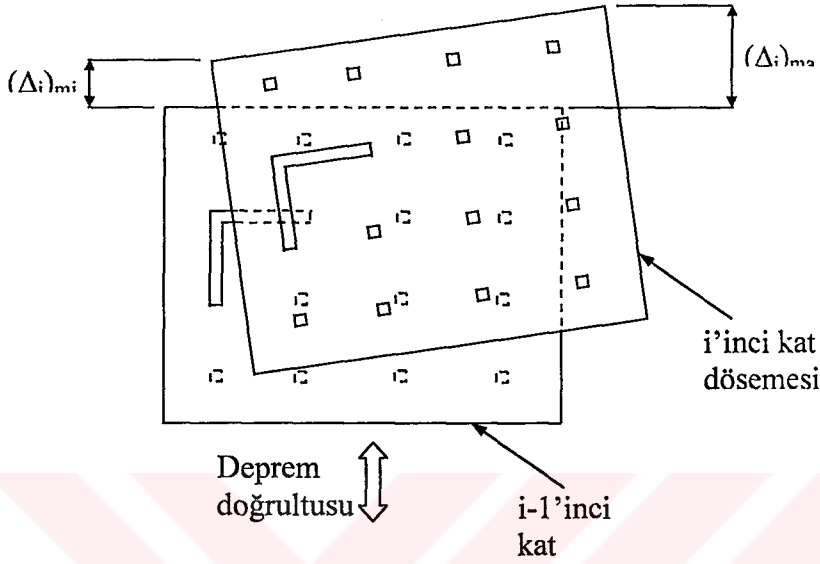
## 7.1. Planda Düzensizlik Durumları

### 7.1.1. (A1) Burulma Düzensizliği ve Çözüm Önerileri

#### 7.1.1.1. (A1) Burulma Düzensizliği

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 oranının 1.2.' den büyük olması durumu olarak tanımlanmış ve Şekil 7.1.'de örneklenmiştir.



Şekil 7.1. A1 Türü Burulma Düzensizliği (ABYYHY, 1998)

Deprem esnasında döşeme üzerindeki yatay deprem enerjisinin büyük bölümü perdelere, küçük bir bölümü kolonlarca taşınacaktır ve yapı ağırlık merkezinde oluşan deprem yükü, yapıyı merkezi etrafında döndürerek bir burulma momenti yaratacaktır. Kolonlar rijitlik merkezinden uzaklaştıkça yatay yer değiştirme artacak ve en uçtaki kolondan itibaren göçmeler meydana gelecektir. Bu nedenle bu tür düzensizliğe neden olacak düzenlemelerden kesinlikle kaçınılmalıdır.

A1 türü burulma düzensizliğine neden olacak başlıklar;

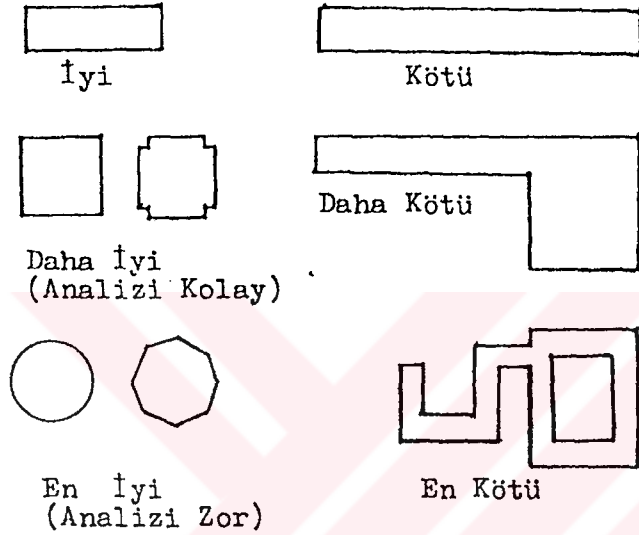
- 1) Plan Geometrisi
  - 2) Kolon ve Perdelerin Plan Üzerindeki Yerleşimi
- şeklinde iki grup altında toplanabilir.

#### 7.1.1.1 (1) Plan Geometrisi

Deprem açısından en uygun yapı dış plan biçimi, simetrik ve her yönde aynı ölçüde taşıma güçleri olduğundan karedir. Bir kenarı diğerine göre çok uzun olmama

şartı ile dikdörtgen yapı planı da basitlik ve simetri bakımından uygun bir çözümdür.

Plan alanı çok büyük olan yapılar, simetrik konumlarda da olsalar, sakıncalıdır. Çünkü bu tür yapıların döşemelerinde çok büyük kuvvetler oluşur. Şekil 7.2.'de farklı plan geometrilerine sahip yapıların deprem davranışı bakımından karşılaştırılmaları verilmiştir. Görüldüğü gibi plan geometrisi ne kadar basit ve sade ise davranış o kadar iyi olmaktadır.



Şekil 7.2. Farklı Geometrilerdeki Yapılarda Davranışların Niteliği (Bayülke, 1993)

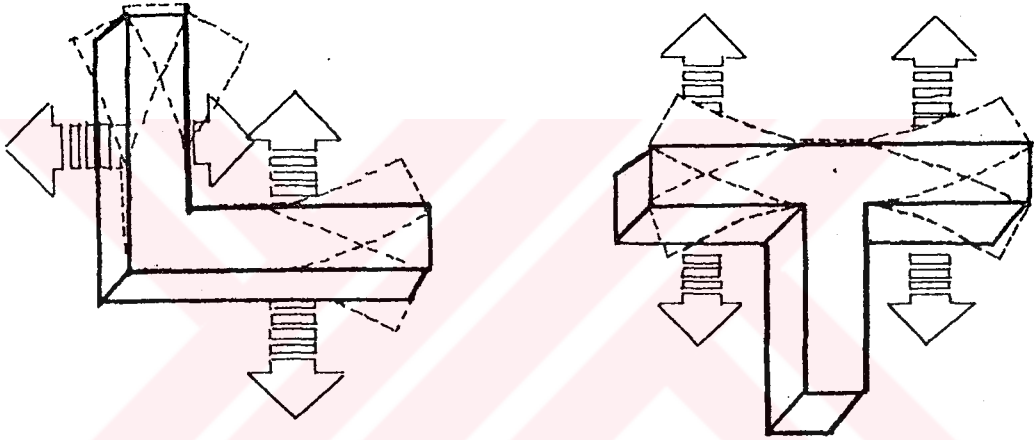
Daire biçimi de tam simetrik ve her yönde aynı ölçüde taşıma gücüne sahip olması nedeniyle en doğru çözüm gibi görünse de, eğrisel duvarların yatay yükler altında parçalanması nedeniyle çok doğru bir tercih olmamaktadır (Şekil 7.3.). Yüzeyde açılan boşluklarla parçalanma tehlikesi daha da artmaktadır.



Şekil 7.3. Daire Biçimli Yapıda Oluşabilecek Hasar (Zacek, 2002a)

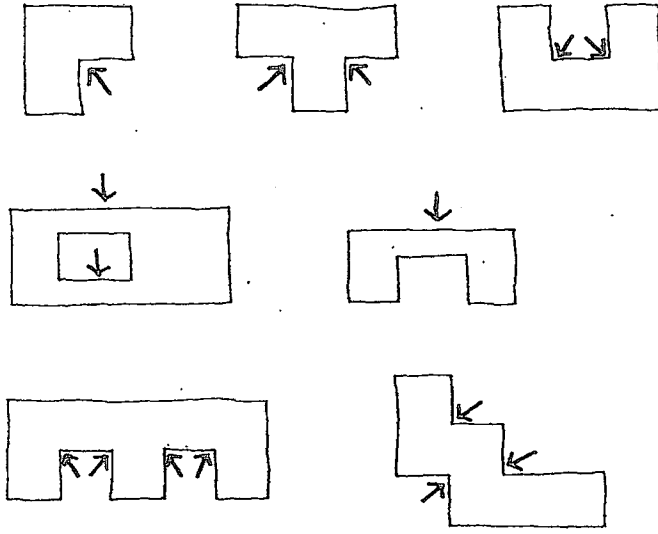
Asimetrik plana sahip binalarda burulma ve gerilme yığılması nedeniyle yapıların salınımindan kaynaklanan enerjiyi yutma (absorbe etme) kapasitesi düşüktür (yutulmayan enerji yapıda kırılmaya neden olur). Öte yandan, genelde basit biçimler, karmaşık planlı strüktürlerin tasarlanması ve gerçekleştirilmesinden daha kolay olan, basit detaylara imkan tanır (Zacek, 2002a).

H,L,T,Y şeklinde geometrilere sahip iki yada tek doğrultuda simetrik olarak planlanan yapıların farklı yönlerdeki kollarının birleşim noktalarında deprem esnasında burulma ve gerilme birikimleri olur (Şekil 7.4.).



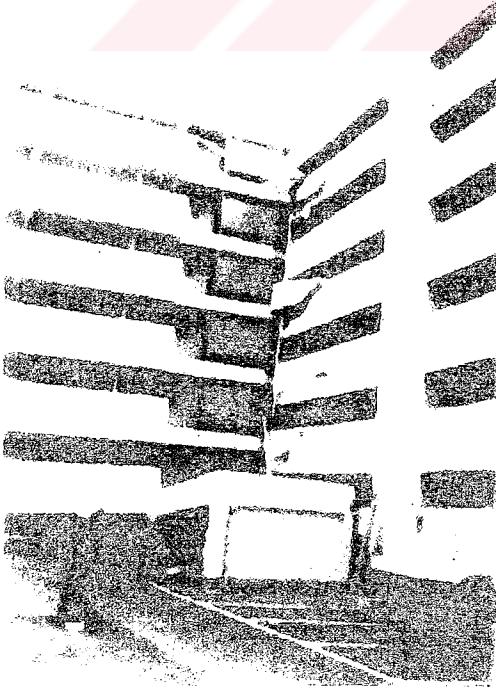
Şekil 7.4. Farklı Yönlerde Kollara Sahip Yapılarda Deprem Hareketine Karşı Davranış Biçimleri (Bayülke, 1993)

Farklı doğrultularda kütlelerin bir araya gelmesi ile oluşan tek bir yapı çözümlemelerinde kütlelerin bir araya geldiği noktalarda özellikle köşe birleşimlerinde, Şekil 7.5.' de olduğu gibi, yapı depreme karşı dayanıksız hale getirilmiş olur.



Şekil 7.5. Düzensiz Kat Plan Tipleri ve Kat Planı Diyagramları (Lagorio, 1990)

Resim 7.1. ve Resim 7.2.'de bu tip plana sahip bir yapıda binanın kollarının kesişim noktasında ortaya çıkmış hasar gözlenmektedir.



Resim 7.1. Bina Kolları Birleşiminde Hasar, Kobe, 1995

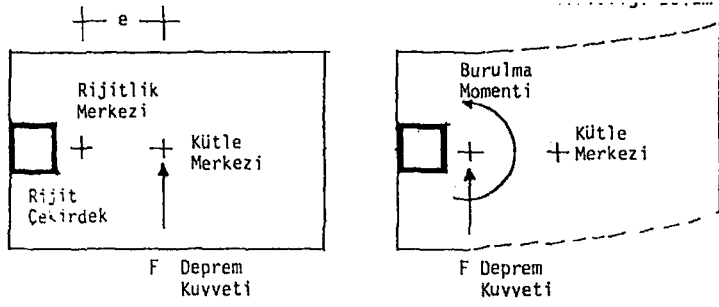


Resim 7.2. Bina Kolların Birleşiminde Hasar, Kobe,1995

#### 7.1.1.1 (2) Kolon ve Perdelerin Plan Üzerindeki Yerleşimi

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde yaratacağı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etkimektedir. Kütle merkezi birçok yapıda, yapının geometrik merkezi olarak alınabilmektedir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi düşey taşıyıcı elemanların ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasında ki farklılık yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen bir düşey eksen çevresinde döndürmesine yol açar (Şekil 7.6) (Bayülke, 1993).

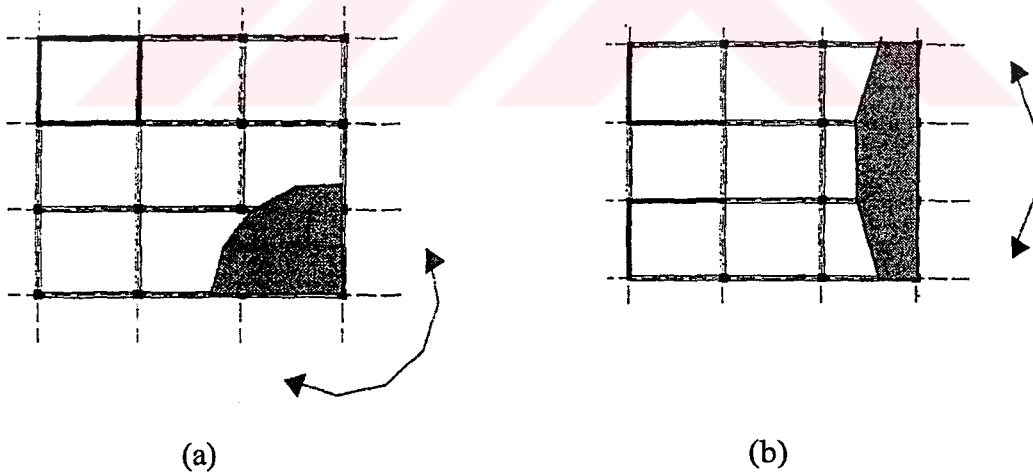




Şekil 7.6. Rijitlik Merkezi ile Kütle Merkezi Arasındaki Eksantrisite Neden ile Yapıda Burulma Etkileri, (Bayülke, 1993)

Yapıda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlardan kolon ve perdelerin plan üzerindeki yerleşimleri dışında dolgu duvarların da simetrik olarak yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Dolgu duvarlar statik hesaplamalarda göz önüne alınmamasına rağmen gerçekte etkili olurlar ve yapının rijitlik merkezini değiştirebilirler.

Katlarda rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması yüzünden düşey bir eksen etrafında meydana gelen burulma, Şekil 7.7.a ve 7.7.b' de olduğu gibi kenar/köşe kolonlarda göçmeye neden olabilmektedir (Aka, Çılı, Çelik, 2001).



Şekil 7.7. Katlarda rijitlik merkezinin ağırlık merkezinden uzaklaşması yüzünden düşey bir eksen etrafında meydana gelen burulma ve göçme (Aka, Çılı, Çelik, 2001).

Resim 7.3.'de 1999 Gölcük Depreminde Yalova'da bulunan bir apartmanda bina köşelerinde oluşan ağır hasar görülmektedir.



Resim 7.3. Bina Köşelerinde Ağır Hasar, Yalova, 1999

#### 7.1.1.2. (A1) Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri

A1 türü düzensizline engel olabilecek çözüm önerileri, plan geometrisi ve kolon ve perdelerin plan üzerindeki yerleşimi üzerine olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır.

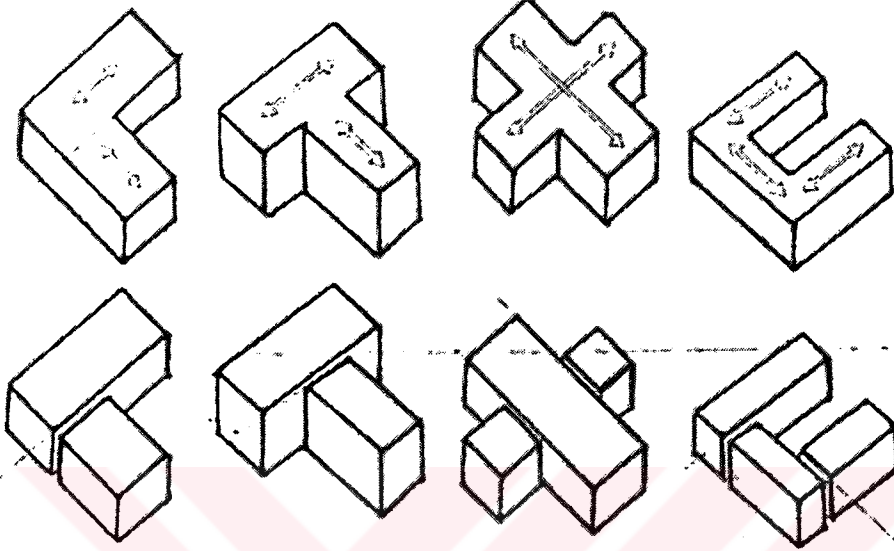
##### 7.1.1.2 (1) Plan Geometrisi Üzerine Çözüm Önerileri

- Karmaşık Geometrilerin Deprem Derzleri ile Basit Kütlelere Ayrılması

Basit ve sade geometriye sahip yapıların deprem anında karmaşık geometriye sahip yapılara göre daha iyi davranış gösterdiği belirtilmiştir. Birtakım mimari neden ve zorunluluklardan dolayı bu tür bir planlamanın gerekli olduğu durumlarda yapılar deprem derzleri ile basit ve kompakt parçalara bölünmelidir.

Karmaşık plana sahip yapılar basit ve sade kütlelere bölünerek deprem derzleri ile ayrıldığında deprem hasarı azaltılabilir. Şekil 7.8.' de karmaşık planlı

yapı geometrilerinin deprem sırasındaki kütle hareketleri ve deprem derzler ile basit geometrilere ayrılma biçimleri örneklenmiştir.

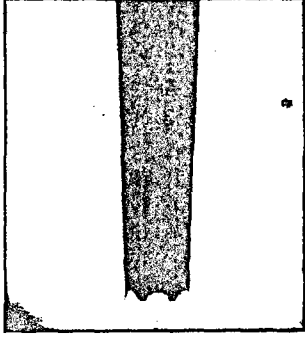


Şekil 7.8. Karmaşık Geometrili Planların Kütle Hareketleri ve Basit Biçimlere Ayrılabilme Örneği (Mertol, Mertol, 2002)

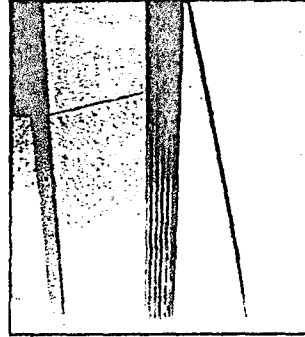
İşlevle de örtüşen her bir yapı parçasının rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi olabildiğince çakışmalı, taşıyıcı sistemde eksantrik moment oluşturmayacak biçimde kurgulanmalıdır. Yapılar arasında her 3 m yapı yüksekliği için 1 cm olacak biçimde dilatasyon derzi oluşturulmalıdır (Önel ve Akbulut, 2002).

Derzlerin yapımı, aralarının boş tutulması açısından basit değildir. Yapımda sökülebilir kalıplar veya basit betonarme ön kalıplar kullanılabilir. Derzler yabancı cisimler tarafından dolma tehlikesine karşın tercihen esnek bini (bükülmüş saç, körük v.s.) ile korunmalıdır. Sert biniler (derz boşluğu örtüleri), derzin bir ucundan bağlanırsa kullanılabilirler, yoksa hasara neden olurlar (Zacek, 2002a).

Resim 7.4.' de derzlerde uygulanabilecek kauçuk körüklü ve bükülmüş saçtan derz binisi olarak farklı iki çözüm örneklenmiştir.



a) Kauçuk körüklü derz binisi

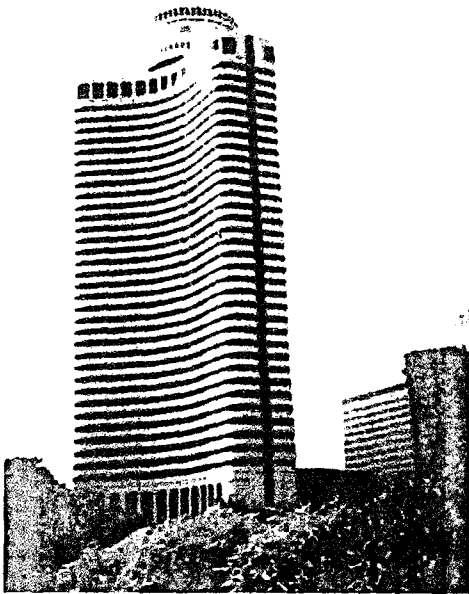


b) Bükülmüş saçtan derz binisi

Resim 7.4. Farklı İki Derz Örneği Çözümü (Zacek, 2002a)

- Dar Açılı Köşelerin Biçim Değişikliği İle Yumuşatılması

L, T gibi geometriye sahip yapılarda kolların  $90^{\circ}$  ile birleşmesi yerine, dairesel bir yayla birleştirilmesi şeklinde mimari bir çözümlenmeyi kapsar. Böylece kolların deprem hareketi sırasında bir bütün gibi hareket etmesi sağlanır. Uygulanmış örnekleri olan, etkili bir çözümdür (Resim 7.5.).



Resim 7.5. Dar Açılı Köşesi Yumuşatılmış Tokyo'da Bir Bina (Zacek, 2002b)

- Dar Açılı Köşelerin Güçlendirilmesi

L, T gibi dar açılı köşelere sahip planlarda, zayıf noktalar olarak bilinen köşelere yerleştirilen düşey taşıyıcı elemanların, olması gerekenden daha fazla boyutlandırılması prensibine dayanır (Şekil 7.9).

Yaygın olarak Amerika ve Japonya' da kullanılan bu çözümün uygulaması titizlik gerektirir. Etkinliği büyük depremler ile geçerlilik kazanmamıştır (Zacek, 2002a).



Şekil 7.9. Dar Açılı Köşelerin Güçlendirilmesi

- Yapıdaki Esnek Bölgelerin Güçlendirilmesi

Geometrisi nedeniyle yapının rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin farklı olduğu durumlarda bu iki merkezi birbirine yaklaştırmak yada yapı için çok uygun olmayan zemin koşullarında yapı kolları arasındaki deformasyonları önlemek ve rijitliği sağlamak amacıyla kapalı çekirdekler, stabilite duvarları eklenebilir (Şekil 7.10.).

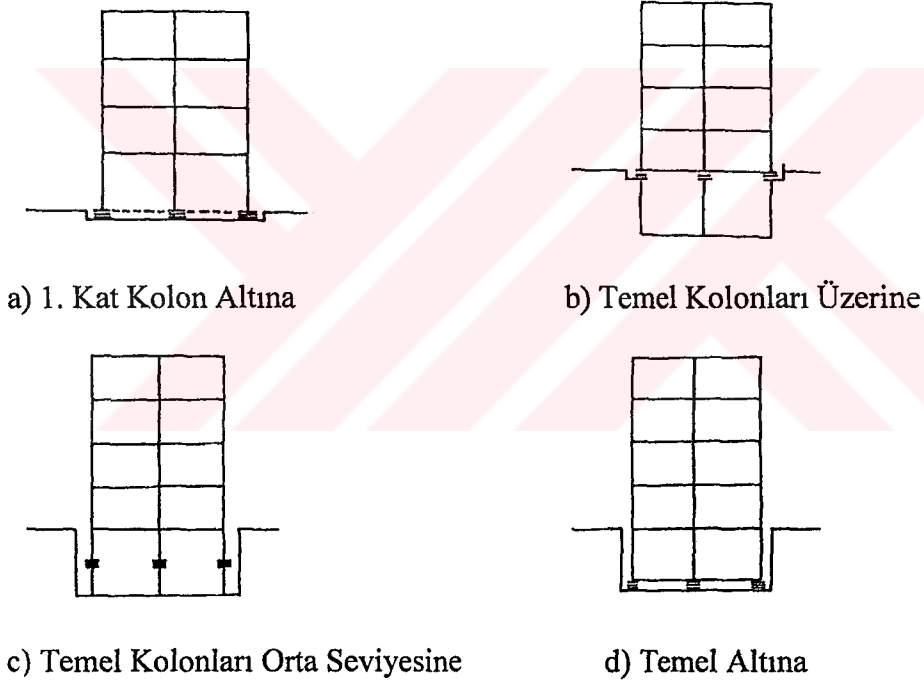


Şekil 7.10. Kapalı Çekirdekler ile Esnek Bölgelerin Güçlendirilmesi

- Sismik Hareketten İzolasyon

Deprem tarafından yapıya iletilen yer değiştirme kuvvetinin, temas halindeki iki yüzeyin (temeller yada bodrum ile üst yapı gibi) arasına yerleştirilen yalıtım elemanları tarafından yalıtılarak ve üst yapıya azaltılarak iletilmesi prensibine dayanır. Genellikle bu yöntemle deprem yükleri beş veya daha fazla oranda azaltılarak yapıya iletilmektedir

Şekil 7.11. 'de yapıda farklı bölgelere yerleştirilebilen yalıtım elemanlarının yerleştirilebileceği bölgeler gösterilmiştir.

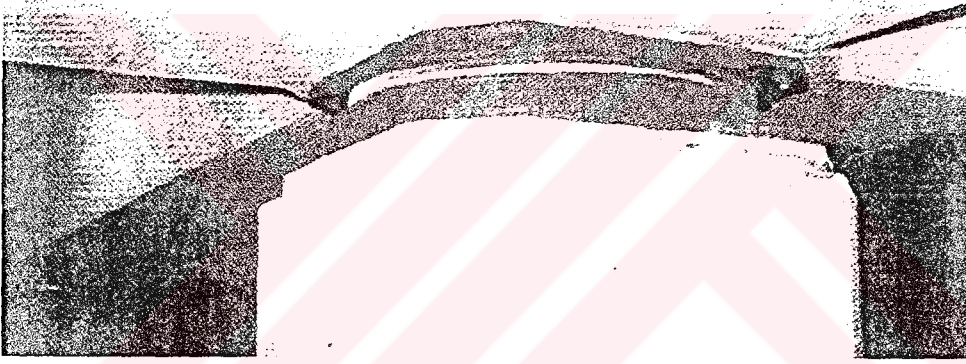


Şekil 7.11. Sismik Yalıtım Elemanlarının Yapıda Yerleştirilebileceği Bölgeler (Dowrick, 1987)

Şekil 7.11.a' da gösterilen kolon altına yerleştirilen yalıtım elemanları maliyet olarak çok büyük bir yük getirmemektedir. Ayrıca temel izolasyonundaki ayrımının birleştirilmesinin basit olması, dikey yüklerin desteklenmesinin kolay olması ve kolonların altının döşeme ile birleştirilebilmesi gibi avantajlara sahipken, asansör

boşluğunun daha aşağıya inmesinin gerekli olduğu durumlarda çok uygun bir çözüm değildir.

Şekil 7.11.b' de gibi yalıtım elemanlarının temel kolonları üzerine yerleşmesi durumunda ise izolasyon katında kolon diplerinin bir diyafram tarafından birleştirilebilmesi yönüyle avantajlıdır. Fakat 1. kat üzerinde asansör shaftının gerekli olduğu durumlarda uygun bir çözüm değildir. Ayrıca 1. kat seviyesi üzerinde merdiven kovası için özel detay çözüm gerekebilir. Resim 7.6.' da kolon üzerine yerleştirilmiş bir yalıtım elemanı görülmektedir.



Resim 7.6. Kolon Başı Sismik Yalıtım Örneği (Zacek, 2002b)

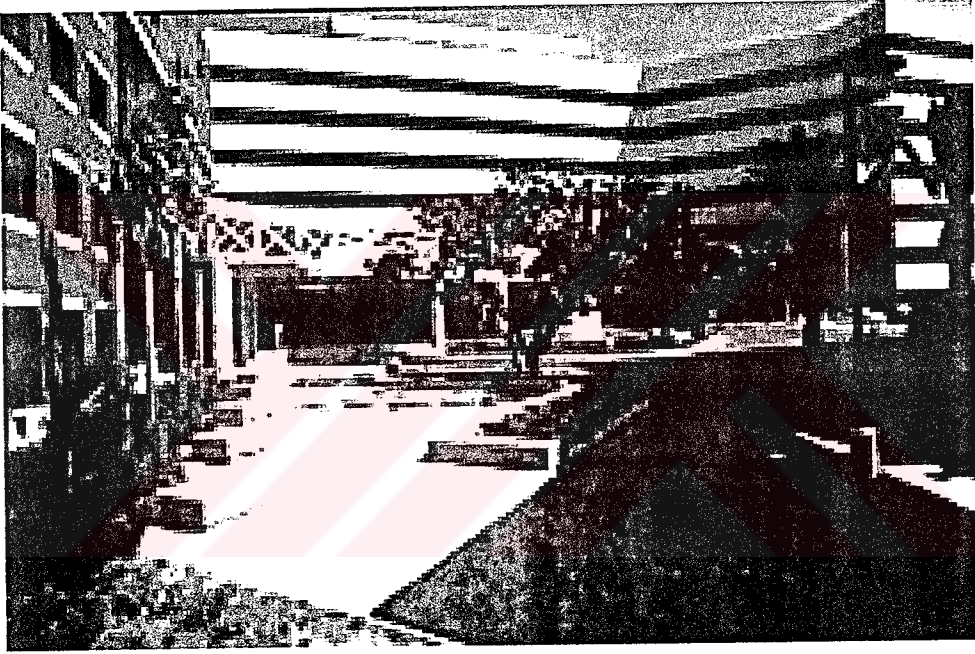
Şekil 7.11.c.' de gösterildiği üzere temel kolonlarının orta seviyelerine yerleştirilen mesnetler, temel kolonları çift taraflı ve eğrisel olarak esnediği için, mesneti üste yerleştirilenler gibi sertliğe ihtiyaç duyulmayabilir. Bu sistemin dezavantajları ise orta katlardaki yer değişimlerini birleştirmek için asansör ve merdiven kovalarının özel olarak düşünmeyi gerektirmesi, izolasyon katında döşeme bulunmaması ve dikey yüklerinin destek sisteminin zor birleşmesi şeklinde sıralanabilir.

Son olarak Şekil 7.11.d' deki gibi temel altına yerleştirilen yalıtım araçları ile yalıtım sağlanan sistemler ise asansör ve merdiven kovası gibi hizmetlerin ayrılmasında özel detaya ihtiyaç duyulmaması, kolon diplerinin izolasyon seviyesinde diyafram tarafından birleştirilmesi nedeniyle tercih edilebilirken, başka



amaçlı temel altı işlemleri dışında, yapı maliyetini artırması ve bağımsız bir duvar gereksinmesi gibi de dezavantajlara sahiptir (Dowrick, 1987).

İzolasyon ile deprem etkilerinden yapıyı korumanın uygulanmış örneklerinden biri, Resim 7.7' de gösterilen Kuzey Kaliforniya Üniversitesi Eğitim Hastanesi (USC Hospital), 6,8' lik Northridge deprem merkezinden 36 km uzaklıktadır. Bu depremde yapı tıp merkezindeki diğer binalara hasar vermesini önlemek için yer hareketlerine karşı yeteri kadar izole edilmiştir.



Resim 7.7. Sismik Yalıtım Araçları Üzerine Oturan Bir Hastane (USC Hospital, ABD)

<http://nisee.berkeley.edu/lessons/kelly.html>

İzolatörler ile deprem dayanımı artırılan bir başka bina örneği olan Resim 7.8.' de gösterilen Foothill Communities Law and Justice Center ise San Andreas fayından 20 km (12 mil) uzakta yer almaktadır. Depremde eksiksiz hazırlığa sahip olmak için binaların richter ölçeği ile 8.3' lük depreme göre dizayn edilmesini isteyen San Bernardino Eyaleti Amerika' da bir ilktir. İzolasyon sistemi için seçilen dizayn, olası bükülme ve bina köşelerine yerleştirilen izolatörlerde maksimum 380mm (15 inch) yatay yerdeğişim ihtiyacına cevap verebilme durumuna göre hesaplanmıştır. Tam ölçekli numuneler bu kapasiteyi doğrulamıştır.



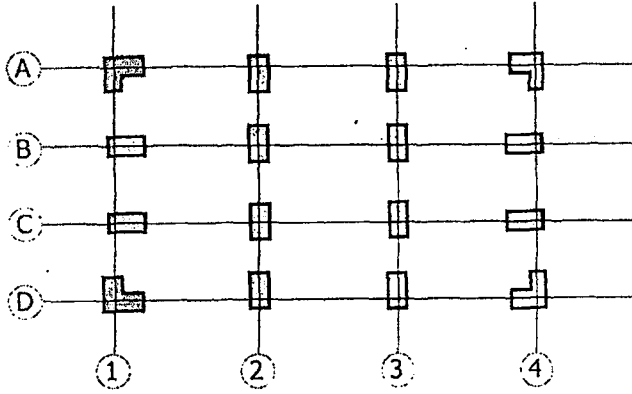


Resim 7.8. Foothill Communities Law and Justice Center  
([http://nisee.berkeley.edu/visual\\_resources/steinbrugge\\_collection.html](http://nisee.berkeley.edu/visual_resources/steinbrugge_collection.html)).

#### 7.1.1.2 (2) Kolon ve Perdelerin Plan Üzerindeki Yerleşimi Üzerine Öneriler

A1 türü düzensizlik durumunda plan geometrisi ile düzenlemeler dışında taşıyıcı sistemler ile ilgili düzenlemeler yapının deprem dayanımını artırmada önemli rol oynayacaktır. Bu nedenle düşey taşıyıcıları sadece kolonlardan, sadece perdelerden oluşan sistemler ile çekirdeğin esas taşıyıcı olduğu sistemlerde uygulanmasında fayda görülen düzenlemeler, her biri için belirtilmiştir.

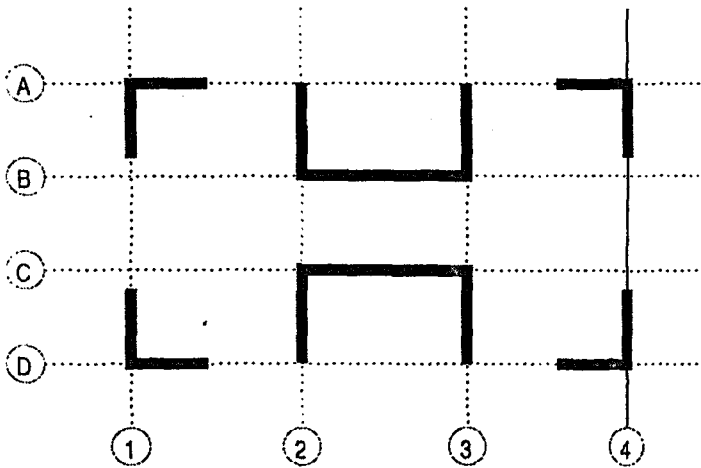
Düşey taşıyıcı sistemi yalnızca kolonlardan oluşan sistemlerde Şekil 7.12.'de olduğu gibi, kolonların eşit ve eşite yakın aks aralıklarında, cephelere dik, yapının iki yönden de dayanımının eşit olması için iki eksen doğrultusunda eşit sayıda yerleştirilmelidir.



Şekil 7.12. Düşey Taşıyıcıları Kolonlardan Oluşan Sistemler (Tuna, 2000)

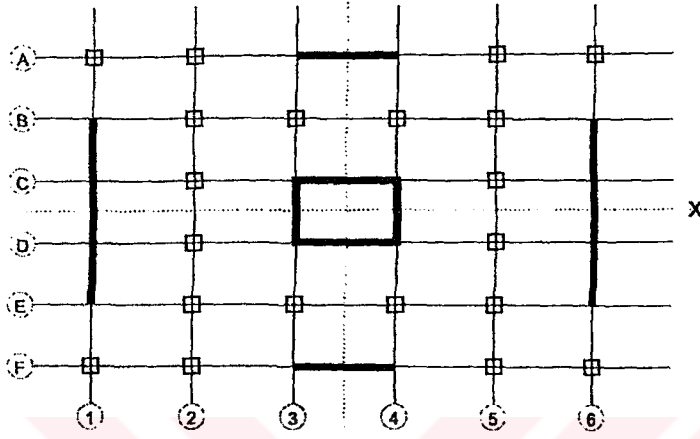
Perdeli taşıyıcı sistemler depreme dayanıklılık açısından çerçevesel taşıyıcı sistemlere göre daha başarılıdır. Bunun nedeni depremlerde binaların göçmesi genellikle kat arası relatif deplasmanların, beklenenden büyük olması sonucu, kolonların yıkılmasından ileri gelmesindedir. Yatay deprem yükleri kiriş ve kolonlardan ibaret çerçeveler yerine, birbirine dik her iki deprem yönünde de, betonarme perdelerle taşıtırılırsa, perdelerin rijitliği nedeni ile, kat arası relatif deplasmanlar küçülür ve böylece hasar ihtimali azalır, şeklinde açıklamaktadır (Tezcan, 1998).

Perdeli taşıyıcı sistemlerde dikkat edilmesi gerekli genel ilke ise (Şekil 7.13.) kolonlu sistemlerde olduğu gibi perdelerin eşit veya eşite yakın aralıklarında, cephelere dik, iki eksen doğrultusunda eşit sayıda perdelerden oluşturulmasıdır.



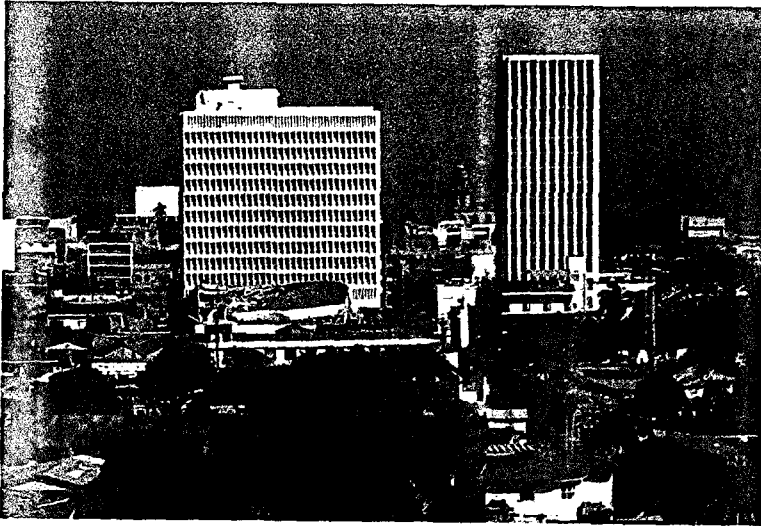
Şekil 7.13. Perdeli Taşıyıcı Sistemde Uygun Perde Yerleşimi (Tuna, 2000)

Çekirdeklerin Esas Taşıyıcı sistem olarak tasarlanmış yapılarda (Şekil 7.14.) çekirdeğin mümkün olduğunca kütle merkezinde olmasına dikkat edilmedir. Çekirdeğin burulma etkisini azaltmak için birbirine paralel olarak iki doğrultuda da en az ikişer perde teşkil edilmelidir (Tuna, 2000).



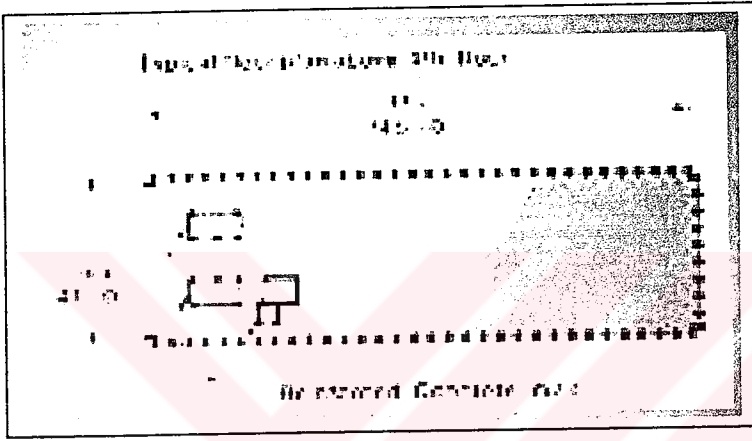
Şekil 7.14. Çekirdeğin Esas Taşıyıcı Sistem Olması Durumu

Yapıdaki taşıyıcı sistem seçiminin ve yerleşiminin ne kadar önemli olduğunun en güzel örneği 1972 yılında yaşanan Managua, Nicaragua depreminde Banco De America ve Banco Central De Nicaragua binalarının (Resim 7.9.) depremden etkileniş biçimleridir.

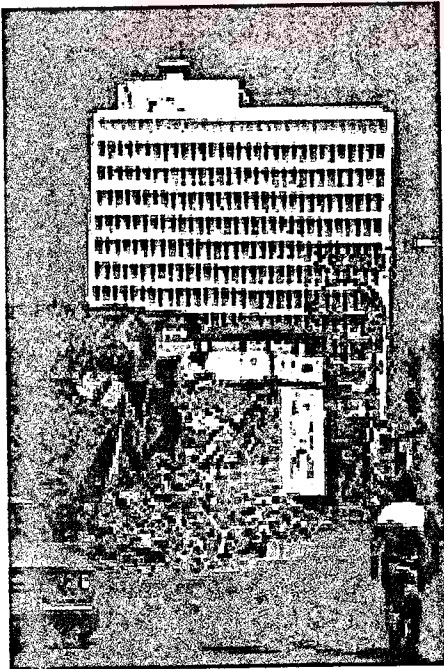


Resim 7.9. Banco De America ve Banco Central De Nicaragua Binaları, (Managua, Nicaragua)

Banco Central De Nicaragua Binası, dört kat üzerinde tipik kat planı Şekil 7.15.' de görüldüğü gibi, esas taşıyıcı sistem 14.4 m açıklığında kirişleri taşıyan takviyeli beton çerçevelerden ibarettir. Kat planında rijitlikler simetrik dağıtılmamış, asansör ve merdiven kovası etrafındaki perde duvarlar eksantrisite yaratmıştır. Büyük açıklıklı kirişlerin en kesiti 70cm X 80cm olmasına rağmen, çerçevelerin esnekliği nedeni ile binada önemli yatay deplasmanlar ve dolayısı ile önemli hasarlar (Resim 7.10.) meydana gelmiştir (Tezcan, 1998).

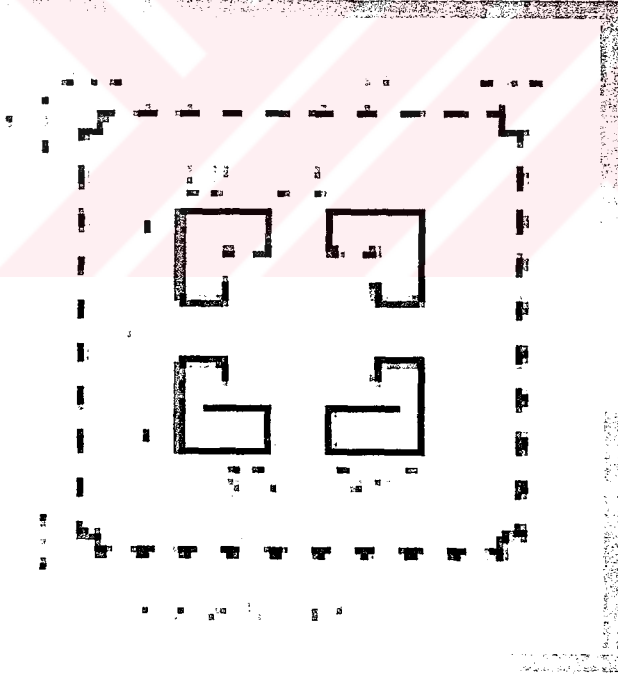


Şekil 7.15. Banco Central De Nicaragua Kat Planı



Resim 7.10. Banco Central De Nicaragua' da Deprem Hasarı, Managua, 1972

Banco de America Binası ise, planı Şekil 7.16' da görüldüğü üzere, dıştan betonarme kolonlarla çevrili, içte asansör ve merdiven kovasının etrafına yerleştirilmiş dört adet L şeklindeki betonarme kutu perde sisteme sahip olan, iki katlı bodrum olmak üzere toplam 17 katlı binadır. Aynı depremi Banco Central De Nicaragua Binasına göre genel olarak daha iyi atlatmıştır. Planda ve yükseklik boyunca, hem kütleler hem de rijitliklerin dağılışı bakımından iki yönlü simetriye sahip olan yapının, depremi perde duvarlardaki bazı kılcal çatlakların oluşması ve mermer kaplamaların düşmesi dışında hiç hasar görmeden atlatabilmesinin nedeni, binanın simetrik olması ve çok rijit bir perde sistemi ile korunmasıdır. Çerçevesiz tüpleri olan sünek duvarların kombinasyonu olan yapısal sistemler sismik direnç için mükemmel sistemlerdir.



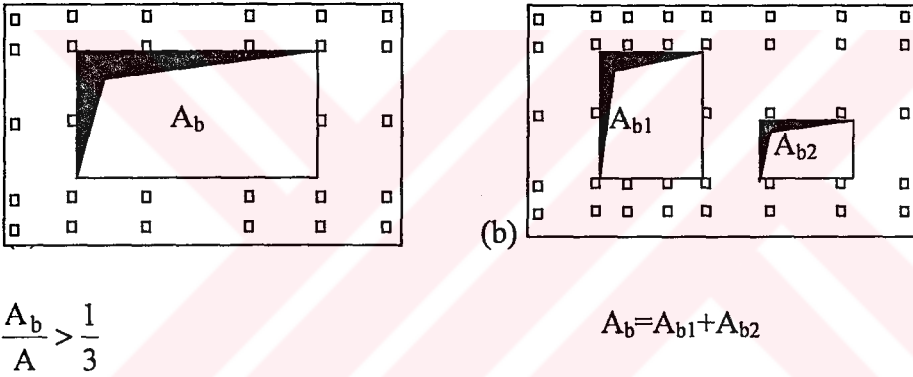
Şekil 7.16. Banco de America Binası Kat Planı

### 7.1.2. (A2) Döşeme Süreksizlikleri ve Çözüm Önerileri

#### 7.1.2.1. (A2) Döşeme Süreksizlikleri

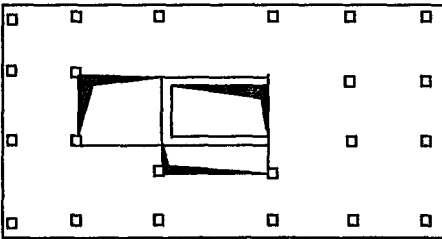
A2 türü düzensizlik, döşeme ile ilgili kurallara yer verir ve başlıca 3 bölümden oluşur.

I - Merdiven ve asansör boşlukları dahil, çeşitli amaçlarla yapılan boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3'üden fazla olması durumunda yönetmeliğe göre döşeme düzensizliği vardır. Şekil 7.17.a' da tek bir boşlukta kat brüt alanının 1/3 aşılmış iken Şekil 7.17.b' de  $A_{b1}$  ve  $A_{b2}$  toplamı kat brüt alanının 1/3 ünü aşmıştır.



Şekil 7.17. Döşeme Boşluğu Alanlarının Kat Brüt Alanının 1/3' ünü Aşması Durumu (ABYYHY, 1998)

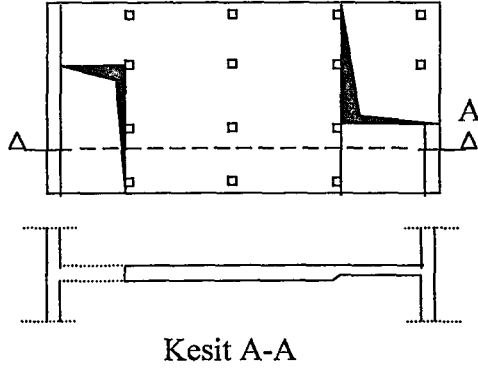
II) Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumunda (Şekil 7.18.) döşeme düzensizliği vardır.



Şekil 7.18. Yerel Döşeme Boşluğunun Deprem Yükünün Düşey Taşıyıcı Elemanlarına Güvenle Aktarımına Engel Olması Durumu (ABYYHY, 1998)



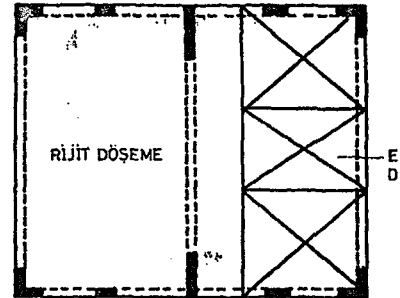
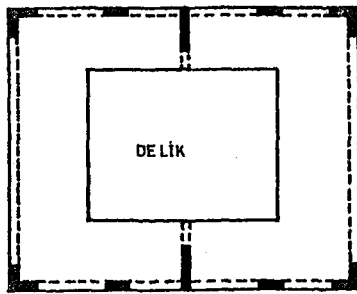
III) Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu da A2 türü döşeme düzensizlik durumudur. Şekil 7.19.' da kat döşemesindeki kesit daralması örneklenmektedir.



Şekil 7.19. Döşemenin Düzlem İçi Rijitlik ve Dayanımında Ani Azalmaların Olması Durumu (ABYYHY, 1998)

Betonarme yapılarda kat döşemeleri kendilerini etkileyen deprem yüklerini yatay düzlemde rijit bir diyafram gibi davranarak düşey taşıyıcılara iletmelidirler. Bazı durumlarda döşemede bırakılan boşlukların fazlalığı, döşemenin üzerinde özellikle düşey taşıyıcılara bitişik yerel boşlukların bulunması ve döşemenin bazı bölgelerinde rijitlik ve dayanımında ani azalmanın olması yukarıda sözü edilen işlevi engelleyebilir (Ökten, 2002).

Yatay kuvvetleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtacağı varsayılan kat döşeme plaklarının kat düzlemi içinde değişik rijitliklerde, boşluklu ve delikli olması da (Şekil 7.20.) yatay yüklerin burulmalı olarak dağılımına neden olabilir (Bayülke, 1993).



Şekil 7.20. Döşeme Plaklarında Boşluk

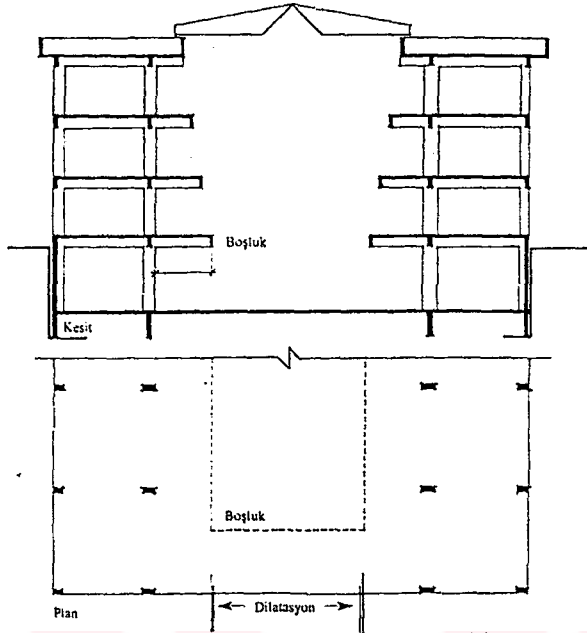
### 7.1.2.2. A2 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri

Deprem kuvvetlerini kolon ve perdelerle aktaran yapı elemanı döşemelerdir. Bu nedenle döşemelerin depreme karşı dayanımlı olması önemlidir. Eğer döşemeler rijit ise yatay yüklerden deformasyona uğramadan ötelenebilecektir. Böylece yatay yükler düşey taşıyıcı elemanlara orantılı olarak dağıtılabilir. Bu nedenle döşemelerin deprem yüklerine karşı dayanımını azaltacak nitelikte ve A2 türü düzensizlik oluşturacak 1998 ABYYHY' de bahsedilen düzenlemelerden kaçınılması en uygun çözüm yolu olacaktır.

- Blokları Dilatasyonlarla Bölmek

Mimari bir zorunluluk olarak döşeme boşluğu oranının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olduğu durumlarda ve Şekil 7.21.' de olduğu gibi ortasında atrium veya galeri boşluğu olacak şekilde tasarlanmış yapılarda (çarşı, ticaret merkezleri vb.) binaların depreme karşı düzenli davranabilmeleri için bloklar dilatasyonlarla basit formlara bölünerek, ortaya çıkan döşeme düzensizliği giderilmelidir. Ayrıca konsollar birbirlerini dengeleyecek biçimde tasarlanmalıdır. Deprem esnasında çatıdan cam vb. malzemelerin kırılarak insanların üzerine düşmeyecek ve asma tavanların çökmeyecek şekilde tasarlanması gerekir (Erman, 2002).





Şekil 7.21. Atriumlu Bir Yapıda Döşeme Düzensizliğinin Dilatasyonla Çözümü (Erman, 2002)

Öztürk'ün (2000) bildirdiğine göre Arnold, Architectural Considerations, The Sismic Design Handbook adlı eserinde diyaframlar içindeki boşluk tasarımında dikkat edilmesi gerekli noktaları şu şekilde özetlemiştir;

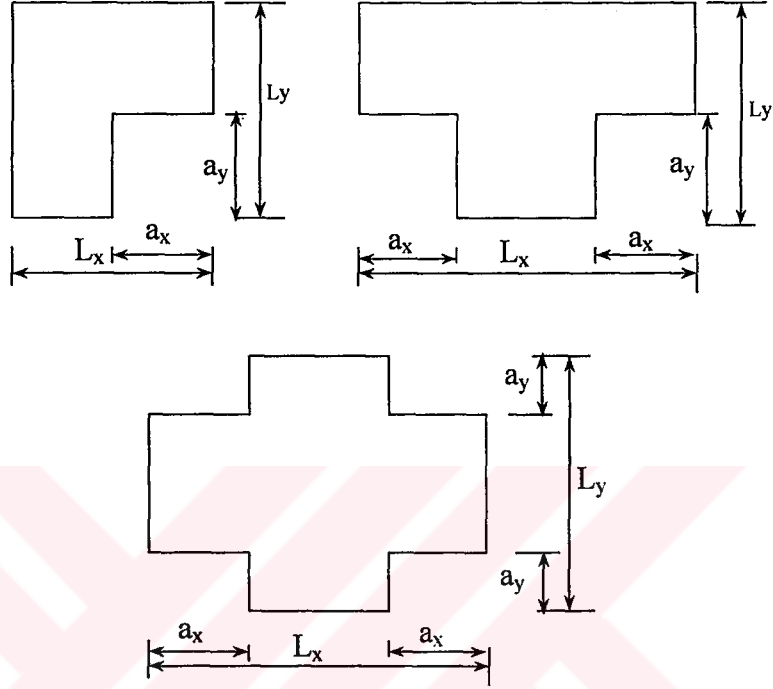
- Boşlukların diyaframın duvar veya çerçeve bağlantılarıyla çakışmamasına dikkat edilmelidir.
- Çok sayıda oluşturulacak olan boşlukların birbirinden yeterince uzağa yerleştirilmesi ve gerekli kapasiteyi sağlaması için güçlendirilmesi gereklidir.
- Ayrıca köşe payandaların boşluklar ile bozulması önlenmelidir.

### 7.1.3. (A3) Planda Çıkıntılar Bulunması ve Çözüm Önerileri

#### 7.1.3.1 (A3) Planda Çıkıntılar Bulunması

Yapı kat planlarındaki girinti veya çıkıntıların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de  $(a_x, a_y)$ , yapının o katının aynı doğrultulardaki toplam

plan boyutlarının ( $L_x$ ,  $L_y$ ) %20'sinden daha büyük olması durumudur (ABYYHY, 1998). Şekil 7.22.' de bu düzensizliği örnekleyen çizimler bulunmaktadır.

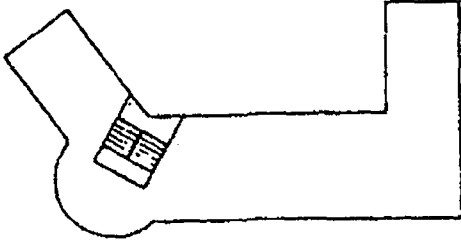


$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 7.22. Planda Çıkıntılar (ABYYHY, 1998)

Depremde, plandaki çıkıntılar (kanatlar) binanın tümünden ayrı hareket ederek, köşelerde gerilme yığılmalarına, dolayısıyla hasara neden olacaktır (Şekil 7.23). Çıkıntı boyunun bina boyuna oranı azaldıkça bu etki de doğal olarak azalacaktır (Ersoy, 1999).

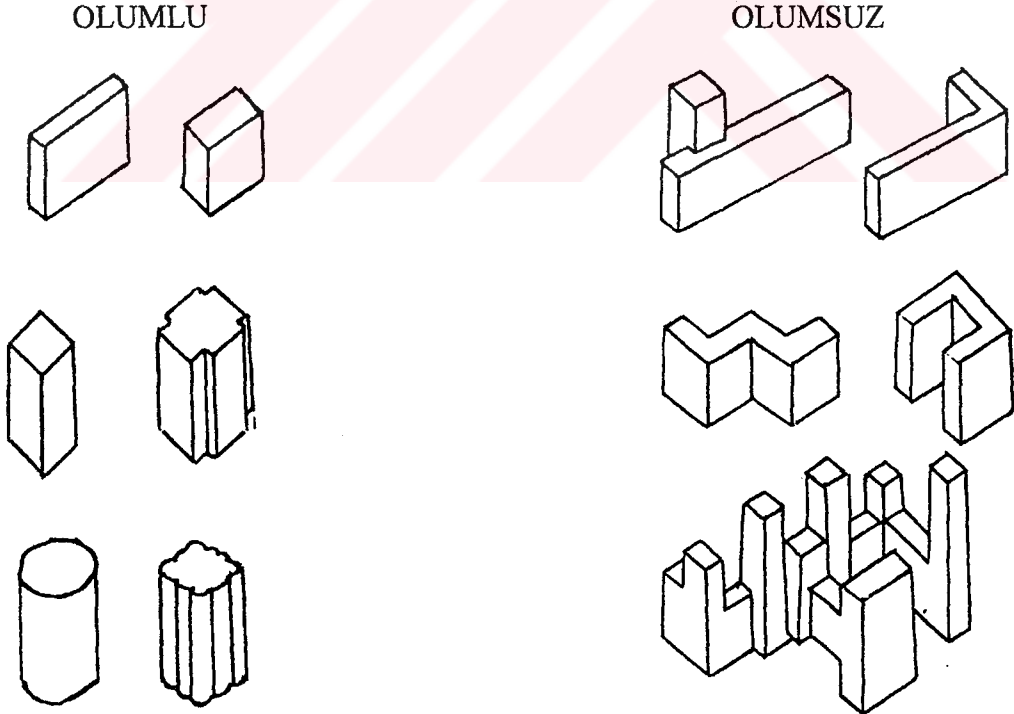
Mimari tasarım aşamasında, girintilerin bulunduğu noktalarda gerilme yığılması olacağı unutulmamalıdır. Bu nedenle bu noktaları daha da zayıflatacak mimari düzenlemelerden kaçınılması gerekmektedir. Şekil 7.23.' de gerilme yığılması olacak bir noktada merdiven boşluğu ile sorun daha artırılmıştır.



Şekil 7.23. Bina Köşesinde Merdiven Boşluğu (Ersoy, 1999)

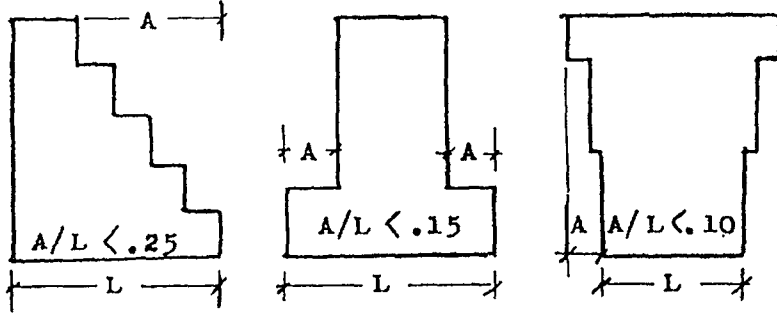
Aynı yapının bölümleri arasında çok büyük yükseklik farklarının olmaması dikkat edilmesi gerekli bir başka noktadır. Çamlıbel'in (1994) bildirdiğine göre (UN Disaster Relief Office, 1976) kule gibi asıl yapıdan daha küçük ve yüksek bölümlerine depreme ana yapıdan farklı davranış gösterdikleri ve daha büyük yatay kuvvetler aldıkları bilinmektedir.

Şekil 7.24.' de farklı çıkıntılara sahip yapı biçimlerinin deprem davranışlarının değerlendirilmesi verilmiştir.



Şekil 7.24. Deprem Açısından Olumlu ve Olumsuz Yapı Biçimleri (Çamlıbel, 1997)

Yapının narinliği yani yükseklik/en, yükseklik/boy oranlarının büyük olması yapıda büyük devrilme momentleri oluşturacağı gibi dış aks kolonlarında depremde çok büyük ek yükler oluşur. Yapılarda düşey yönde dış düzensizliklerin miktarının maximum değerleri Şekil 7.25.'de verilmiştir (Bayülke, 1993).



Şekil 7.25. Yapılarda Düşey Yönde Dış Düzensizliklerin Miktarının Maksimum Değerleri (Bayülke, 1993)

Cepheyi hareketlendirmek amacıyla yapılan girinti ve çıkıntıların deprem sırasında neden olacağı hasarların bir örneği Resim 7.11.'de görülebilmektedir.



Resim 7.11. Cephede Çıkma Yapan Binada Hasar, Kobe, 1995 (Zacek, 2002a)

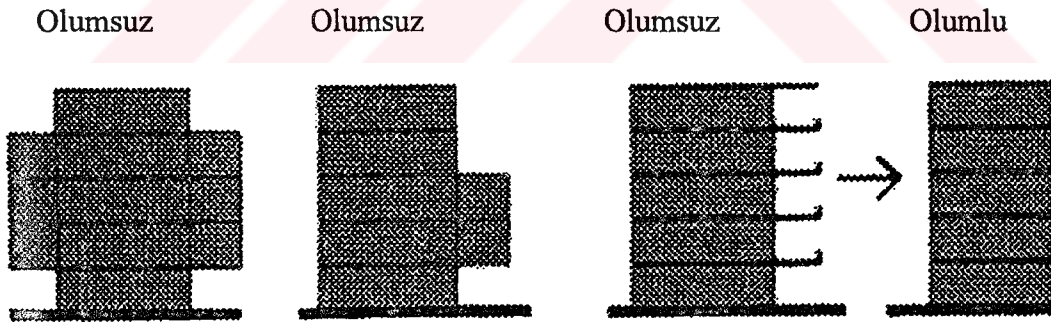
### 7.1.3.2. A3 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri

- Konsol Boyunu Sınırlamak

Planda çıkıntılar nedeniyle binada dar açılı köşelerde oluşan gerilme yığılmalarının A3 türü düzensizliğe engel olmanın aslında birinci koşulu deprem bölgelerinde mümkün olduğunca konsollardan kaçınmaktır. Konsol çıkımlar uygulanacaksa bile 1.5m'den daha fazla olmamasına dikkat edilmelidir.

- Konsol Çevresini Strüktürel Elemanlarla Güçlendirmek

Konsolun üç tarafının kirişlerle çevrilmesi yapı güvenliğini artırmada önemli bir rol oynayacaktır. Konsol ucuna kolon yerleştirilmesi başka bir çözümdür. Şekil 7.26.' da Farklı konsol oluşumları ve değerlendirilmeleri gösterilmektedir (Önel ve Akbulut, 2002).



Şekil 7.26. Farklı Konsol Oluşumları (Önel ve Akbulut, 2002)

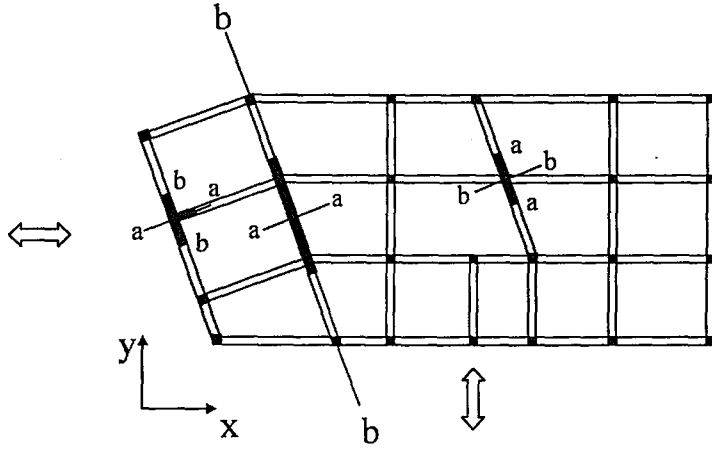
### 7.1.4. (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması ve Çözüm Önerileri

#### 7.1.4.1. (A4) Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Yatay yükleri taşıyan düşey taşıyıcı elemanların, plandaki eksenlerinin depremin etkidiğinin kabul edildiği asal eksenlere paralel olmaması durumudur.







Şekil 7.29. Düşey Taşıyıcı Elemanların Asal Eksene Paralel Olmaması Durumu

## 7.2. Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

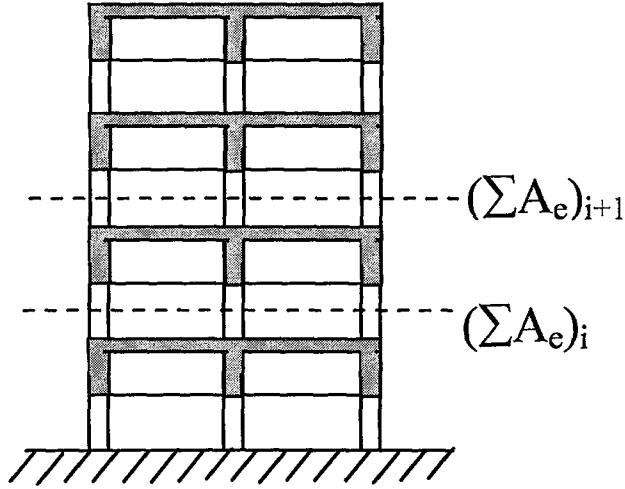
### 7.2.1. (B1) Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği ve Çözüm Önerileri

#### 7.2.1.1. (B1) Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

B1 türü düzensizlik 1998 ABYYHY' de, betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı'nın ( $(\sum A_e)_i$ ) (kolon+perde+0.15\*kagir duvar alanı) bir üst kattaki etkili kesme alanına ( $(\sum A_e)_{i+1}$ ) oranı olan  $\eta_{ci}$  Dayanım Düzensizliği katsayısının 0.80'den küçük olması durumudur, şeklinde ifade edilir.

Şekil 7.30.'da zayıf kat düzensizliğini ifade eden kesit görülmektedir.



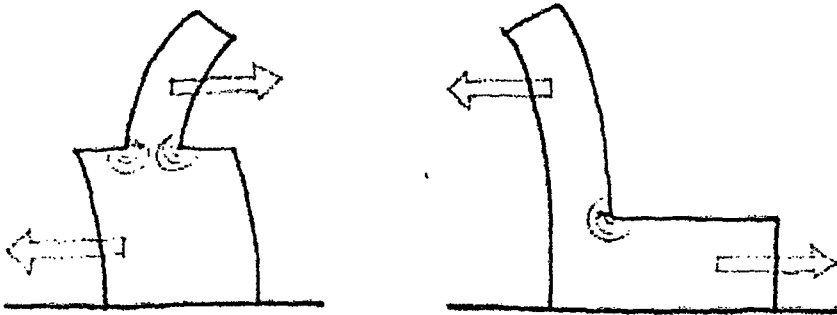


Şekil 7.30. Zayıf Kat

$$\eta_{ci} = (\Sigma A_e)_i / (\Sigma A_e)_{i+1} < 0.80$$

(Denklem 7.1)

Bir binanın yüksekliği boyunca kat planının alanının değiştiği durumlarda bu tür bir düzensizlik durumu meydana gelebilir. Özellikle büyük ve ani geri çekilmelerle oluşturulmuş katlar, Şekil 7.31.'de olduğu gibi, deprem anında diğer normal katlarla aynı frekansta salınmayacağından, değişimin olduğu katta büyük zorlanmalara, yani gerilme yığılmasına yol açan zıt deplasman etkisinde kalırlar.

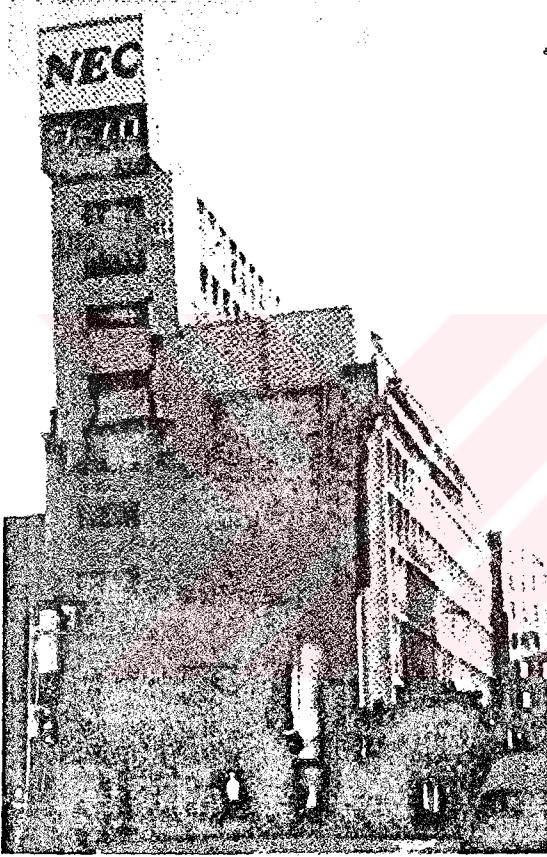


Şekil 7.31. Bina Geri Çekilme Bölgelerinde Gerilme Yığılması (Zacek, 2002a)

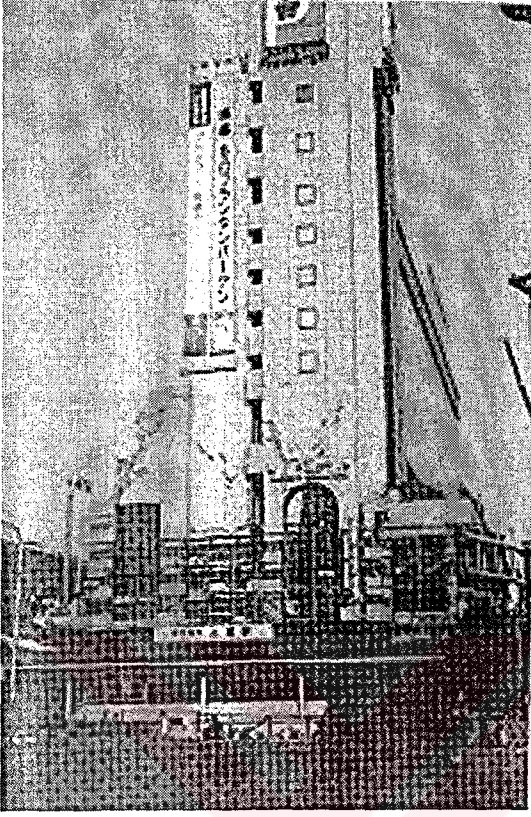
Örnek olarak Şekil 7.12.' de gösterildiği üzere, alanı değişen katın döşemesi bir geçiş diyaframı görevi yapmak zorunda kalır ve normalde her kat döşemesi

sadece o kata gelen yatay yükleri aktarırken geçiş diyaframı görevini yürüten kat üstündeki tüm katların yatay yüklerinin toplamını aktarmak zorunda kalır.

Bir çok depremde, bu bölümlerde büyük hasarın gözlenmesi nedeniyle bazı kısıtlamalara gidilmiştir. Resim 7.12.' ve Resim 7.13.'de 1995 Kobe depreminde bu tür bir hasara uğramış iki yapı görülmektedir.



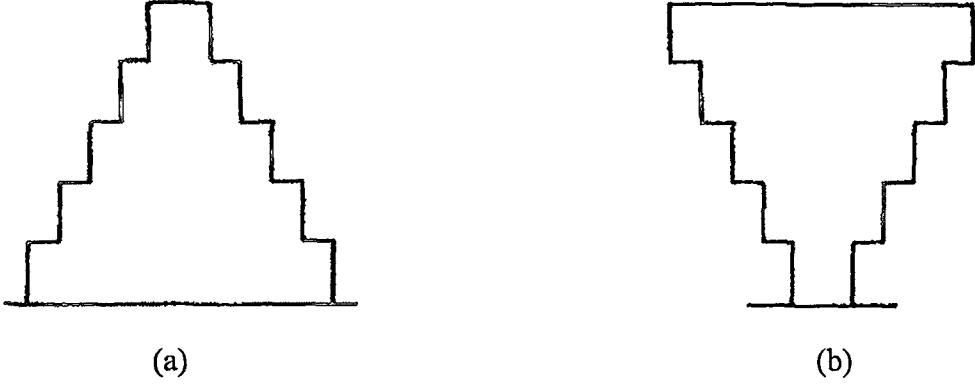
Resim 7.12. Geri Çekilmeden Kaynaklanan Hasar, Kobe, 1995



Resim 7.13. Düşeyde Düzensiz Yapı Hasarı, Kobe,1995 (www.nisee.berkley.edu.)

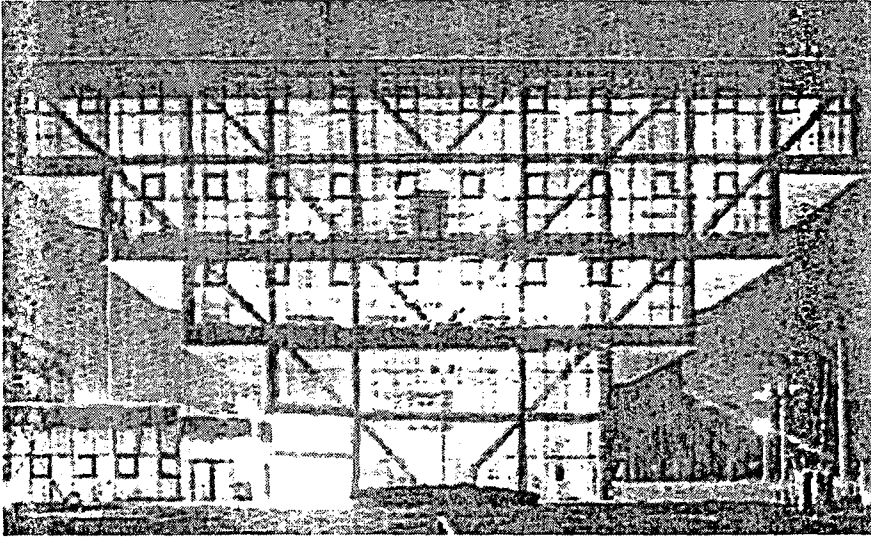
Yapının narinliği, yani yükseklik/en, yükseklik/ boy oranlarının büyük olması, yapıda büyük devrilme momentleri oluşturabileceğinden dış aks kolonlarına çok büyük eksenel yüklerin gelebileceği bilinmektedir. Yapının yükseklik/genişlik oranının 3-4'ten fazla olması yapı için taşıyıcı sistem tasarımında güçlükler çıkarabilir (Çamlıbel,1994).

Bir binanın doğal sağlamlığı, binanın dikey merkezinden veya profilinden dolayı olabilir. Örneğin, Şekil 7.32.a.'daki yapı yanal kuvvetlere karşı önemli derece potansiyel sağlamlığa sahipken Şekil 7.32.b.'de gösterilen yapı dikey merkezdeki ani değişimlerin olduğu durumlarda sorgulamaya açıktır (Ambrose, 1993).



Şekil 7.32. Düşeyde Geri Çekilmeli ve Çıkmalı İki Yapı (Ambrosse, Vergun, 1993)

Gerçekten de deprem yükleri kütleyle orantılı olduğundan devrilme momenti, ağırlık merkezi yükseldikçe artmaktadır. Oysa ki düşey taşıyıcı elemanlardaki, aksenal kuvvetler, devrilme momenti ile artmaktadır. Öte yandan şayet kolonlarda çekme kuvvetleri ortaya çıkıyorsa, özellikle kesme kuvvetine karşı dayanımları düşmektedir. Sonuç olarak ters sarkaç veya ters piramit şeklinde yapılardan kaçınılmalıdır. Bu nedenle Resim 7.14.'de görülen ters piramit yapı önemli devrilme momentleri etkisi altındadır (Zacek, 2002a).



Resim 7.14. Kuamoto Japon Polis Karakolu



### 7.2.1.2. B1 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri

B1 türü düzensizliğin olumsuz etkilerin azaltabilecek çözüm önerilerini dört başlık altında toplanabilir. Bunlar

- Yapıyı Kademeler Halinde Geri Çekmek
- Dilatasyon Derzleri Oluşturmak
- Dar Açılı Köşeleri Güçlendirmek
- Yapıyı Depreme Karşı İzole Etmek

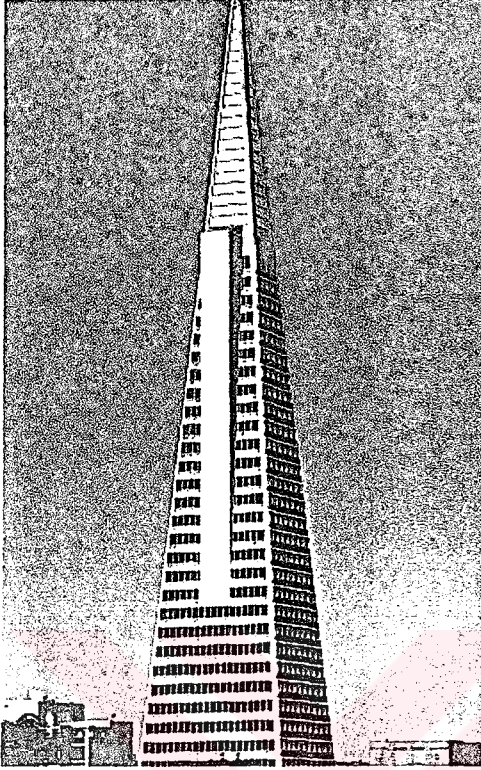
Şeklinde sıralanabilir.

- Yapıyı Kademeler Halinde Geri Çekmek

Bu tür düzenleme yapıdaki katlar arasında ani plan değişiklikleri yapılmadan yukarıdan aşağıya doğru kademeler halinde genişletmek yapının deprem dayanımını artırmada önemli bir rol oynar.

Binayı kademe kademe aşağıya doğru genişletme, hem yapıdaki dar açılı köşeleri ortadan kaldırmaktadır hem de rijitliği artırmakta ve periyodu düşürmektedir. Bu yöntem yapının ağırlık merkezinin düşürülmesi avantajını sağlamaktadır. Düşey taşıyıcı elemanların devamlılığını gerekli kılmakta olup, testere gibi geri çekilerek oluşturulmadan, kolonların noktasal yükü altında kirişlerin zorlanmasını önlemek için eğik olması gerekmektedir (Zacek, 2002a).

Kademeler halinde geri çekilerek oluşturulmuş binalara örnek olarak San Francisco'daki Transamerica Binası (Resim 7.15.) verilebilir. Bu bina dünyadaki önemli fay hatlarından biri olan San Andreas Fayına çok yakın bir noktada bulunmaktadır.



Resim 7.15. Kademeler Halinde Geri Çekilerek Oluşturulmuş Transamerica Binası (San Francisco, ABD)

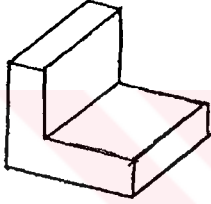
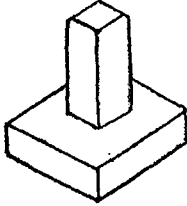
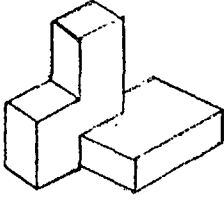
Strüktürün özellikle betonarme perde sistemlerden oluştuğu binalarda kademelerle geri çekilme kolayca gerçekleştirilebilir. Kolon- kirişlerden oluşan çerçeve sistemlerde ise kolonların açılı olarak düzenlenmesi gereklidir.

- Dilatasyon Derzleri Oluşturmak

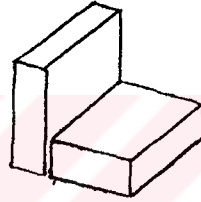
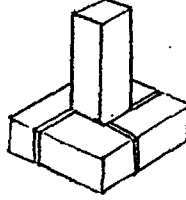
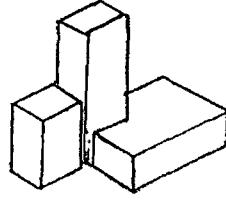
Farklı kütlelerden oluşmuş karmaşık geometriye sahip binaların dilatasyon derzleri ile basit kütlelere ayrılması prensibine dayanır. Böylece kütlelerin deprem sırasında farklı davranmaları nedeniyle ortaya çıkacak olan problemlerin önlenmesi amaçlanmıştır.

Şekil 7.33.' de farklı kütlelerin bir araya gelmesinden oluşan binaların dilatasyon derzleri ile ayrılabilme biçimleri gösterilmiştir.

Dilatasyon Yok



Dilatasyon Var



Şekil 7.33. Binaları Dilatasyon Derzleri ile Basit Kütlelere Parçalama (Zacek, 2002a)

- Dar Açılı Köşeleri Güçlendirmek

Dar açılı köşelerin tıpkı plan düzleminde olduğu gibi taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi esasına dayanır. Bu çözümün etkinliği şiddetli depremler tarafından sınanmamıştır.

- Yapıyı Depreme Karşı İzole Etmek

Diğer üç yöntemden farklı olarak bu yöntem, yapıyı depreme karşı güçlendirmeyi değil, deprem yüklerinden yapıyı korumayı kısacası izole etmeyi esas alır.

İzolasyonun nasıl olması gerektiği ve izolasyon örnekleri A1 türü düzensizliğin olumsuz etkilerini azaltabilecek çözüm önerileri başlığı altında açıklanmıştır.

## 7.2.2. (B2) Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği ve Çözüm Önerileri

### 7.2.2.1. (B2) Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

%5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında oluşan, herhangi bir i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemesinin  $((\Delta_i)_{ort})$  bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine  $((\Delta_{i+1})_{ort})$  oranı olan  $\eta_{ki}$  Rijitlik Düzensizliği Katsayısı'nın 1.5'dan fazla olması durumudur.

$$\eta_{ki} = (\Delta_i)_{ort} / (\Delta_{i+1})_{ort} > 1.5$$

(Denklem 7.2.)

Yumuşak katlı bina ; Açık ve esnek birinci kat üzerine göreceli olarak geniş açıklıklar arasındaki desteksiz dikey dayanaklar üzerine yerleştirilmiş sert ve sağlam yapılar olarak algılanır. Strüktürel süreksizlik, açık zemin kat ile daha rijit üst katlar arasında yükün, süper strüktür tarafından stres dağılımı geçiş noktalarında, aşağı katlara taşınması esnasında oluşur. Geçiş noktaları bu stres dağılımını eşit olarak absorbe edecek ve kuvvetlerin dikey desteklere geçişini sağlayacak şekilde dizayn edilmezse Resim 7.16.'daki gibi yıkılmalar oluşur (Lagorio, 1990).

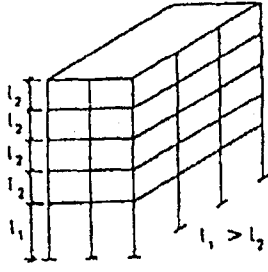




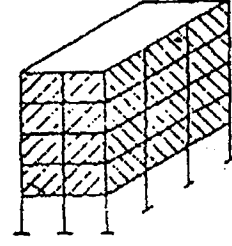
Resim 7.16. Yumuşak Zemin Kat Kolonlarında Zorlanmalar, San Fernando Depremi, California, 1971

Binalarda bazı katların yüksekliği bir takım mimari nedenlerden dolayı diğer katlardan farklı olabilir. Özellikle zemin katların işyeri olarak düzenlenmesi nedeniyle kat yükseklikleri, dolayısıyla kolon yüksekliği diğer katlardan fazla olur. Bu tür durumlarda kolon kesitinin aynı olması nedeniyle zemin katın rijitliği diğer katlardan daha küçük olacaktır. Böylece bu tür bir kat yumuşak kat olarak nitelendirilir (Şekil 7.34.a).

Yumuşak kat sadece kolon yüksekliği nedeniyle oluşmaz, bazen kat yükseklikleri aynı olsa bile üst katlarda yoğun olarak kullanılan, statik hesaba katılmayan taşıyıcı olmayan dolgu duvarlar üst katların rijitliğinin artırır. Zemin katların, ticari amaçlarla kullanılma endişesi ile çok fazla dolgu duvar bulunmaması ve hafif malzemelerle bölünmesi nedeniyle rijitliği daha düşüktür ve böylece yumuşak kat davranışı gösterebilir (Şekil 7.34.b).



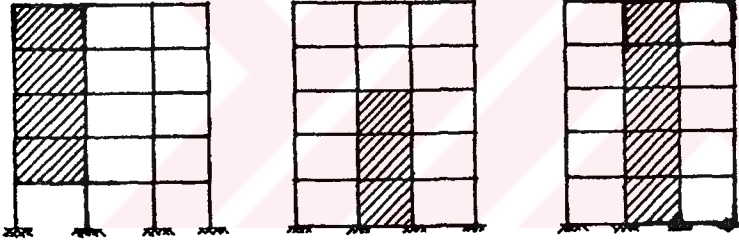
(a)



(b)

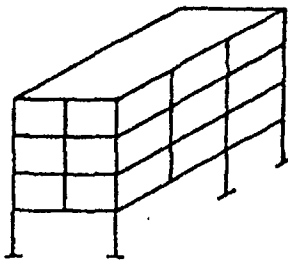
Şekil 7.34. Farklı Yumuşak Kat Oluşum Nedenleri (Ersoy, 1999)

Bir başka yumuşak kat oluşma nedeni ise yine düşey taşıyıcı elemanlarla ilgilidir. Üst katlarda perde duvar olarak bulunan elemanların zemin katta mekansal endişeler nedeniyle kolon olarak devam ettirilmesi nedeniyle de yumuşak kat oluşturulabilir (Şekil 7.35.).



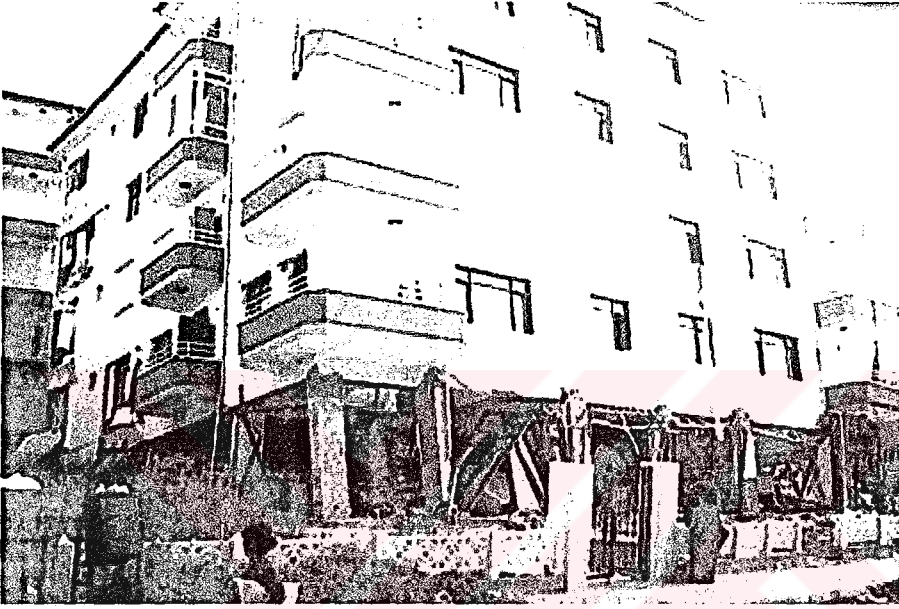
Şekil 7.35. Farklı Perde Duvar Dağılım Biçimleri (Çamlıbel, 1994)

Üst katlardaki kolonların zemin katta geniş açıklık ihtiyacı nedeniyle devam ettirilmemesi de bir başka yumuşak kat oluşum sebebidir (Şekil 7.36.).

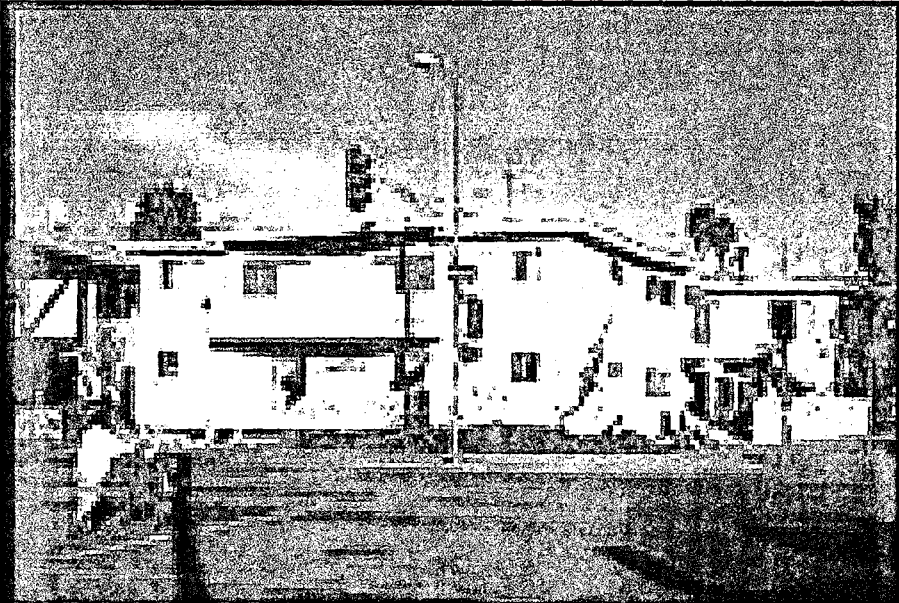


Şekil 7.36. Kolonların Zemin Katta Devam Ettirilmemesi

Yaşanılan bir çok depremde yumuşak kat oluşumu nedeniyle yapılarda ciddi boyutta hasar (Resim 7.17.) olduğu gözlenmiştir. Kimi zaman bazı yapıların üst katların sağlam olduğu halde zemin katının tamamen göçtüğü (Resim 7.18.) tespit edilmiştir.



Resim 7.17. Yumuşak Kat Hasarı, Yalova, 1999



Resim 7.18. 3 Katlı Apartmanın Yumuşak Zemin Kat Üzerine Çökerek 2 Katlı Hale Dönüşmesi, Northridge, 1994

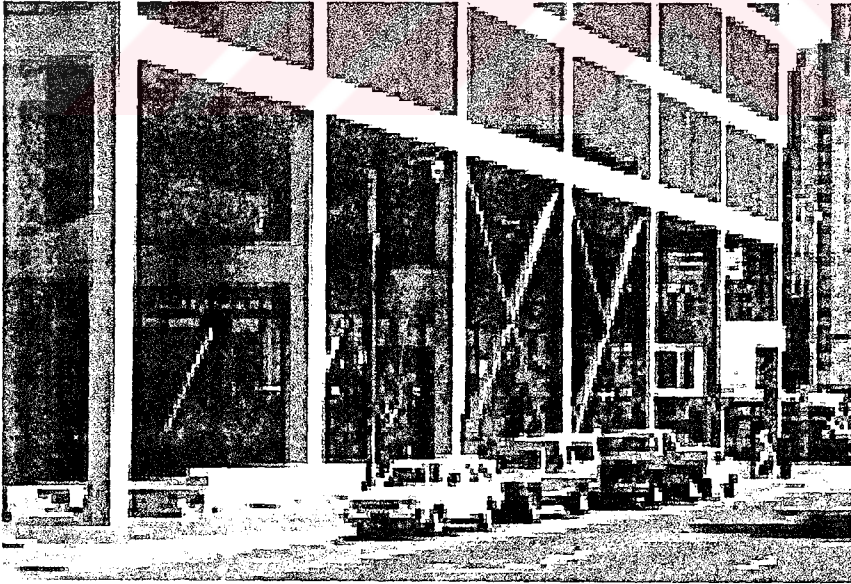
### 7.2.2.2. B2 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri

Yumuşak kat hasarı olarak bilinen hasarlara neden olan B2 türü düzensizliğin olumsuz etkilerini azaltmak yada ortadan kaldırmak için bir çok yöntem bulunmaktadır.

- Açıklıkların Güçlendirilmesi

Yumuşak kat etkileri, yumuşak katın daha az rijit olduğu sert çerçevelerde ortaya çıkar. Bu nedenle binanın ağır hasar görmemesi için bu çerçeveler arasında çeşitli güçlendirme metodları uygulanabilir.

En ekonomik uygulama metodları arasında, bazı bölmelere ankraj blonları ile, betonarme perde duvarı entegre edilmesi veya çelik profillerden çapraz diyagonaller yerleştirilmesi (Resim 7.19.) verilebilir (Tezcan, 1998).



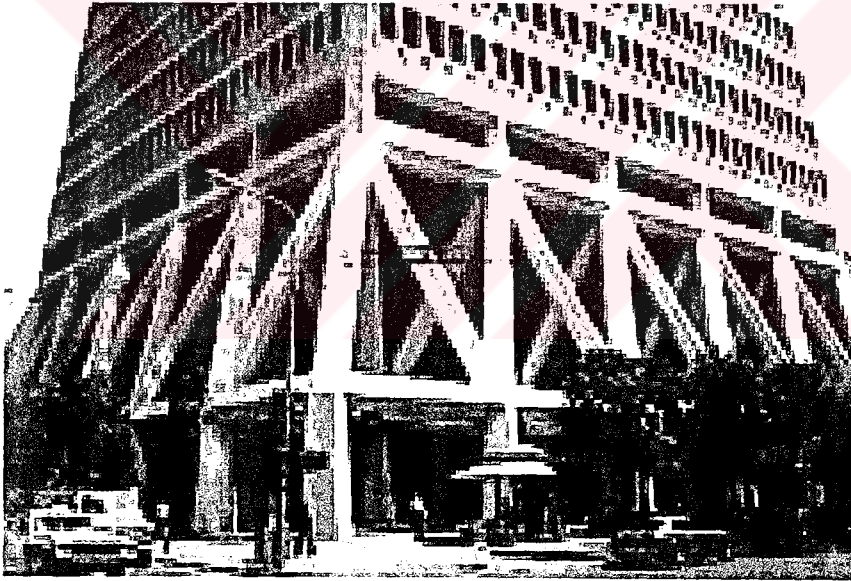
Resim 7.19. Yumuşak Katlı Bir Yapının Çaprazlarla Güçlendirilmesi (San Francisco, ABD)

Bu yöntemin önemli bir mimari etkisi vardır. Cepheye veya cephe gerisine kolonlar yerine, yatay yüklere karşı dayanımı sağlayacak, her iki yönde de, rijitliği



sağlayacak elemanlar yerleştirmeye dayanmaktadır. Deprem yükleri, düşey taşıyıcı elemanlara rijitlikleri oranında etkidüğinden, perde veya stabilite elemanları olması durumunda kolonlara etkiyen kuvvetler çok az olurlar. Perdelerin ve çapraz elemanlarının burulma etkisinde kalmaması için ağırlık merkezine oranla simetrik olarak yerleştirilmeleri gerekmektedir. Cepheye yerleştirilecek stabilite elemanları cephe gerisindekilere göre, burulmaya dayanıklı mukavemet momentinin maksimal olması nedeniyle, daha etkilidir (Zacek, 2002a).

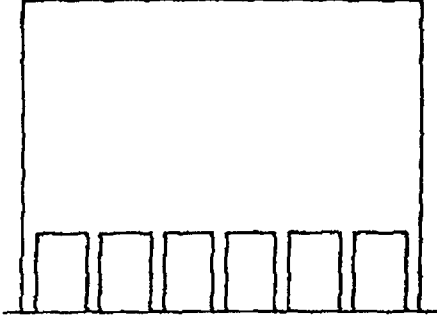
Transamerika binasının zemin katı Resim 7.20.'den de görüleceği üzere, çapraz kiriş sistem destekleri ile hem dikey hem de yataydaki yükleri taşır. Bina büyük depremlere sebep olabilen bir fay olan San Andreas fayına yakın olduğundan büyük yatay kuvvetlere karşı dikkatli şekilde tasarım yapılmıştır.



Resim 7.20. Transamerika Binası Çaprazlama Elemanları, San Francisco, ABD

- Tüm Rijit Çerçeve Yapılar İçin Zemin Kat Kolonlarının Sayısının veya Rijitliğinin Artırılması

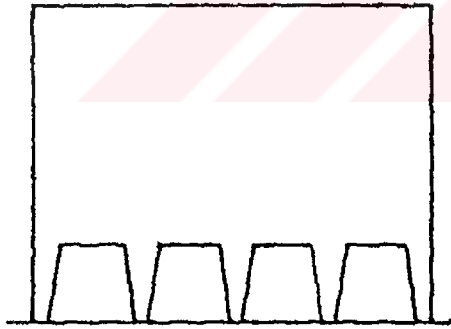
Kolon sayısı artırılarak açıklık mesafeleri kısaltılmıştır böylece yumuşak katın rijitliğini artırmak amaçlanmıştır (Şekil 7.37.).



Şekil 7.37. Zemin Kat Kolon Sayısının Artırılması

- Zemin Kat Kolonlarının Rijitliğini artırmak İçin Konik Yada Kemerli Kolonların Kullanılması

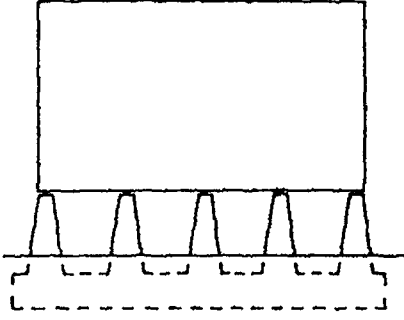
Şekil 7.38.' de olduğu gibi yumuşak kat ile diğer katlar arasındaki ani rijitlik değişimini engel olmak için geliştirilmiş bir çözüm önerisidir. Açıklıkların simetrisine dikkat edilmelidir.



Şekil 7.38. Zemin Kat Kolonlarının Konik Düzenlenmesi

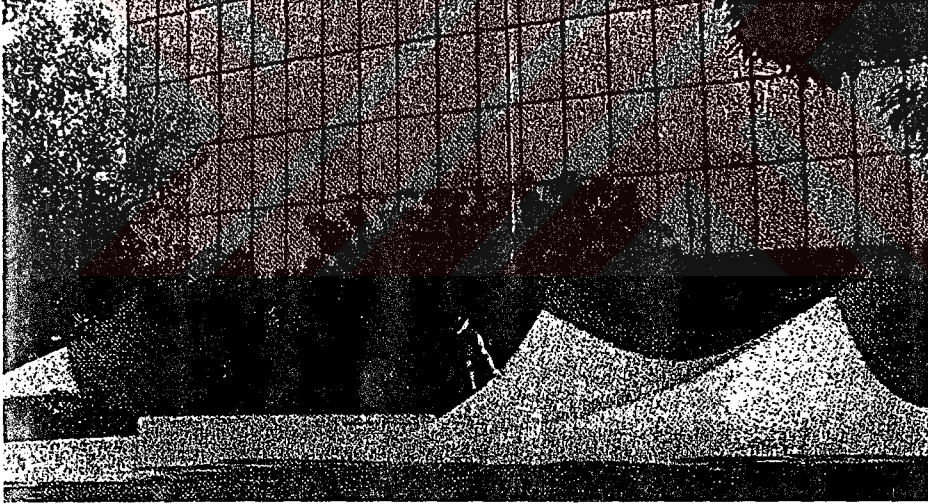
- Ağır Bir Yapı Temelinin Yukarı Doğru Uzantılarla Rijit Zemin Kat Olarak Geliştirilmesi

Binanın zeminden bağımsız şekilde yükseltilmesi ve açık zemin kat yaratmak için kullanılan bir yöntemdir. Şekil 7.39.' da olduğu gibi temel elemanları yine konik olarak düzenlenir.



Şekil 7.39. Yapı Temelinin Zemin Kat Olarak Geliştirilmesi

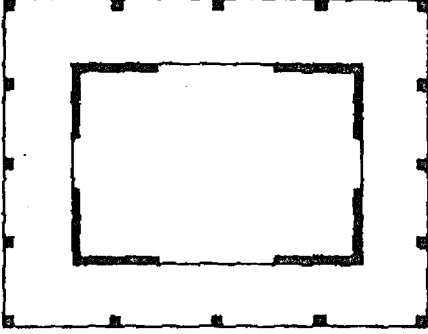
Bu prensipte inşa edilmiş olan CN Park Place Ofis Binası Resim 7.21.'de görülmektedir. Bina temelinin zemin kattaki kısmının, cephesinde yapılan düzenleme ile olumsuz görsel etki değiştirilmiştir (Ambrosse, Vergun, 1993).



Resim 7.21. CN Park Place Office Building, Los Angeles (Ambrosse, Vergun 1993)

- Bina Planında Bina İçinin Rijit Olarak Güçlendirilmesi Yapılırken Kenarları Açık Olarak Düzenlenmesi (Şekil 7.40.)





Şekil 7.40. İçi Rijit Kenarları Açık Düzenlenmiş Bina Planı

- Esnekliğin Yaygınlaştırılması

Strüktüre bağlı olmayan hafif cephe elemanı ve rijit olmayan bölme duvarları kullanarak (Şekil 7.41.a) yada döşemelerin bağlantısının kesilerek ana yapının kolon yüksekliklerinin eşitlenmesi ile (Şekil 7.41.b) farklı katların rijitliği benzerleştirilebilir. Böylece bütün katlar esnek olmakta ve kolonlarda meydana gelebilecek 'S' biçimli deformasyondan kaçınılmaktadır (Zacek,2002a).



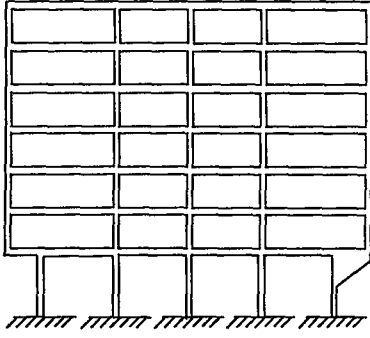
Şekil 7.41. Farklı Kat Rijitliklerinin Benzerleştirilmesi

### 7.2.3. (B3) Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği ve Çözüm Önerileri

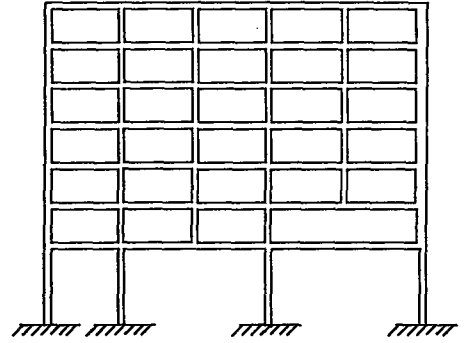
#### 7.2.3.1. (B3) Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizliği

Düşey taşıyıcı elemanlar olan kolon veya perdelerin bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, yada üst kattaki perdelerin aşağıda kolonlara veya kirişlere oturtulması durumu 1998 ABYYHY' de

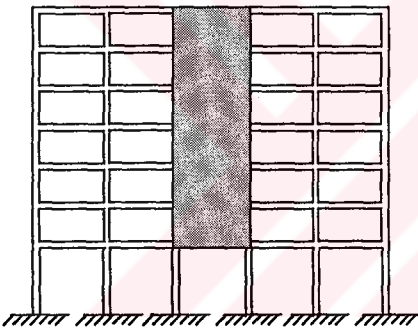
taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği olarak tanımlanır. B3 taşıyıcı sistem düzensizlik türleri Şekil 7.42.’ de gösterilmiştir.



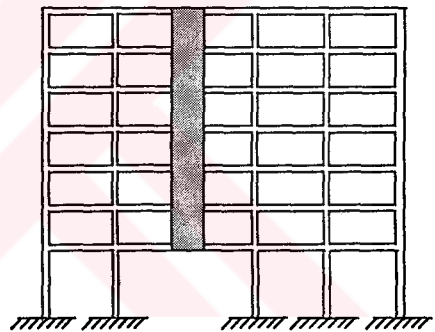
a) Kolonun konsol ve guselere oturması durumu



b) Kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu



c) Perdenin kolonlara oturması durumu



d) Perdenin kirişlere oturması durumu

Şekil 7.42. Taşıyıcı Sistem Düşey Elemanlarının Süreksizlik Türleri

1998 ABYYHY’ e göre Şekil 7.42.a’ da görülen kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulması ve Şekil 7.42.d.’de görülen perdenin kiriş üzerine açıklık ortasından oturması durumu kesinlikle yasaklanmıştır.

Şekil 7.42.b’ de verilen kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturmasının bir gereklilik olduğu durumda, yönetmelik, bu kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, bu kirişin bağlandığı diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet

değerleri %50 oranında arttırılmalıdır, şeklinde pek de ekonomik olamayan bir zorunluluk getirmektedir.

Şekil 7.42.c' de ve perdelerin iki ucundan kolonlara oturtulmasının mimari birer zorunluluk olduğu durumlarda ise yönetmelik, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm kesit etkileri %50 arttırılmalıdır şartını getirmektedir.

Son yıllarda meydana gelen Erzincan (1992), Dinar (1995), Ceyhan (1998) ve Marmara (1999) depremlerinde yıkımların önemli bir bölümü taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği sonucunda oluşmuştur.

### **7.2.3.2. B3 Türü Düzensizliğin Olumsuz Etkilerini Azaltabilecek Çözüm Önerileri**

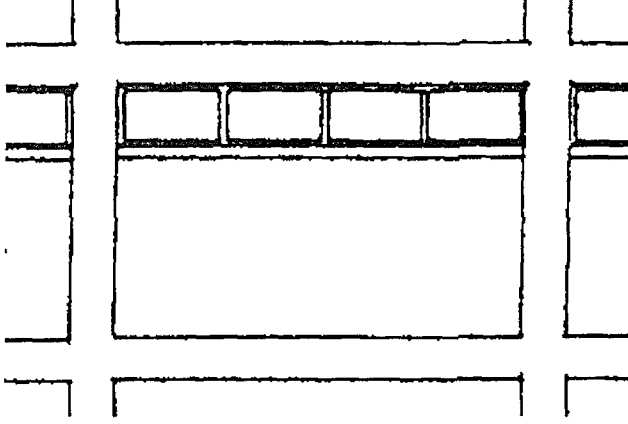
1998 ABYYHY' de düşey taşıyıcı elemanlar ile ilgili düzensizlik durumlarının bahsedildiği, B3 türü düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar ile birlikte çözüm önerileri de belirtilmiştir. Örneğin kolonların alttaki konsol ve kirişlerin yada alttaki kolon guselerine oturtulması ve perdelerin kirişlerin açıklık ortasından kirişlerin üzerine oturtulması yasaklanmışken, kolonun iki ucundan mesnetli kirişe oturması veya üst kattaki perdenin her iki ucundan alttaki kolonlara oturtulması durumunda düşey yükler ve depremin etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri % 50 oranında artırılması şartı getirilmiştir.

## **7.3. Kısa Kolon Düzensizliği ve Çözüm Önerileri**

### **7.3.1. Kısa Kolon Düzensizliği**

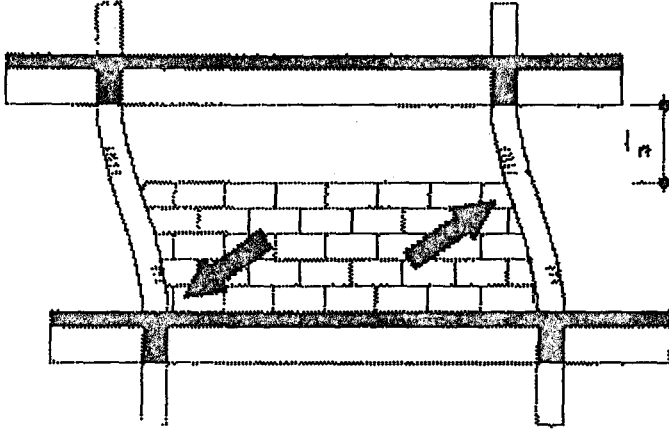
Kısa kolon düzensizliğinin nasıl oluştuğunu anlamak için öncelikle kısa kolonun ne olduğunun bilinmesi gereklidir. Kısa kolon, bir takım mimari nedenlerden dolayı bir katın diğer katlardan daha az yükseklikte tasarlanması yada Şekil 7.43.' de olduğu gibi herhangi bir katın kolonları arasında dolgu duvarları kat

yüksekliği boyunca örülmeyip ışıklık yada benzeri nedenlerle belli yüksekliğe kadar örüldüğü durumlarda oluşur.

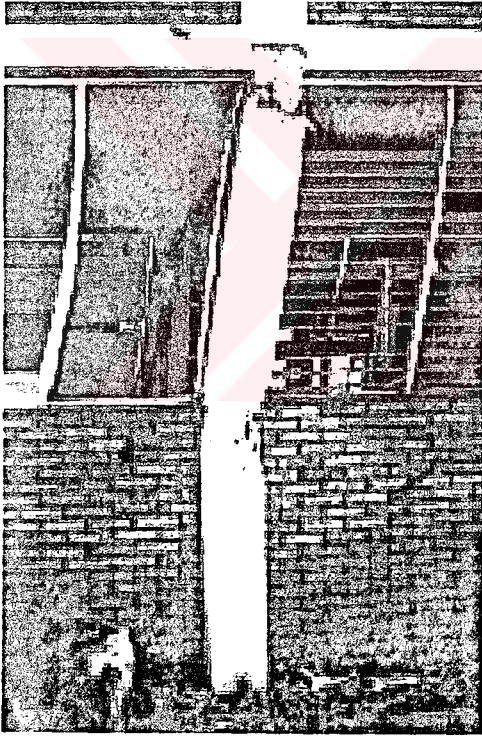


Şekil 7.43. Pencere Altı Kısa Kolon

Kısa kolonda oluşan düzensizliğin nedenlerinden biri kısaca şöyle açıklanabilir. Taşıyıcı olmayan rijit elemanlarla taşıyıcı eleman olan kolonun depremdeki şekil değiştirmesinin önlenmesi ile ortaya çıkar. Rijit bölme duvarı kolonlardan birinin etkili boyunu kısaltırken, kolonun yanal yerdeğiştirme rijitliği artar depremden oluşan kat kesme kuvveti kolonlara yatay öteleme rijitlikleri ile dağıldığı için, yataya öteleme rijitliği artan kolon öngörülenden fazla yatay kuvvet taşımak zorunda kalır (Şekil 7.44.). Kolonda kesme kuvveti artarken, etkili boyun kısalması ile eğilme momenti düşük değerde kalır. Kesme kuvveti ile oluşan güç tükenmesi eğilmeye göre relatif güç tükenmesi olur. Bu şekilde beklenmeyen bir güç tükenmesi sonucunda Resim 7.22.'de olduğu gibi hasar oluşabilir (Aka, Çılı, Çelik, 2001).



Şekil 7.44. Pencere Altı Duvar Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon Düzensizliğinde Kolon Davranışı (Aka, Çılı, Çelik, 2001)



Resim 7.22. Pencere Altı Duvar Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon Hasarı

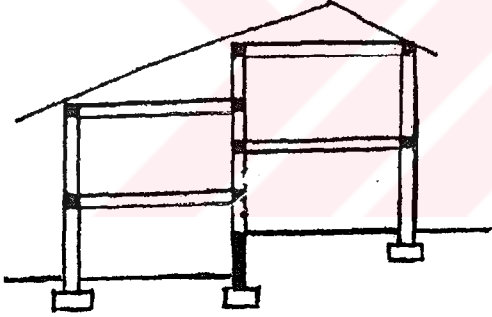
Kolon boyunun normalden daha kısa olma durumunda oluşan kısa kolon düzensizliğinin nedeni ise kısa kolonlara gelen kesme kuvvetleri, depremde normal yükseklikteki katın kolonlarına gelen kesme kuvvetlerinden çok fazladır. Kolon ne kadar kısa ise, üzerine çektiği kesme kuvveti de, boyunun üçüncü kuvveti ile doğru

orantılı olarak artar. Şöyle ki, normal kat yüksekliğindeki bir kolonun boyu  $L_0$  ve bu kolona gelen kesme kuvveti  $= V_1$ , boylarının oranının küpü ile orantılı artar ve

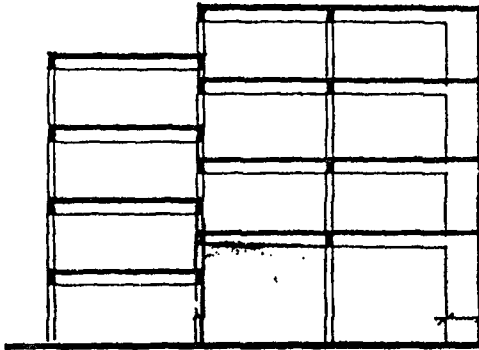
$$V = V_1 * (L_0 / L_1)^3 \quad (\text{Denklem 7.3.})$$

olur. Mesela, kısa kolonun boyu, normal kat yüksekliğinin yarısı kadar ise, yukarıdaki formül gereğince, kısa kolona gelen kesme kuvveti  $= V_1$ , normal yükseklikteki katta aynı kolona gelen kesme kuvveti  $= V_0'$  ın 8 (sekiz) katıdır (Tezcan, 1998).

Eğimli arazilerde temellerin değişik seviyelerde yapılması (Şekil 7.45.) yada tek bir yapının değişik bölümleri arasında döşeme farklılıklarının olduğu durumlarda da (Şekil 7.46.) kısa ve uzun kolonlar oluşur, temellerin birbirleri ile bağlanması güçleşir ve yapının dinamik davranışı da değişir, bu olayın sonucunda da kısa kolon büyük deprem kuvveti çeker.



Şekil 7.45. Farklı Seviyede Temel Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon



Şekil 7.46. Farklı Seviyede Döşeme Nedeni İle Oluşan Kısa Kolon



Kısa kolonlar hangi nedenlerle inşa edilmiş olurlarsa olsunlar, sonuç olarak deprem sırasında kendilerine gelen bu ani yüklenmeden dolayı Resim 7.23.' de olduğu gibi ağır hasar görürler.



Resim 7.23. Kısa Kolon Hasarı, San Fernando Depremi, California, 1971

### 7.3.2. Kısa Kolon Oluşumuna Engel Olabilecek Çözüm Önerileri

Kısa kolonların deprem sırasında diğer kolonlara göre daha fazla hasar gördüğü belirtilmişti. Kısa kolon hasarına engel olmak için uygulanabilecek yöntemler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir. Bu yöntemlerden biri genellikle birkaçı aynı anda kullanmak, oluşabilecek önemli bir hasara engel olacaktır.

- Kolon İle Duvar Arasında Derzler Oluşturmak

Pencere altı duvarlarının yol açtığı kısa kolon etkisinden kaçınmak için uygulanan bu yöntemde kolon ile duvar arasında derzler oluşturularak deprem kuvveti esnasında ezilerek kolona hasar vermeyecek detaylar geliştirilmesi esastır (Erman, 2002).

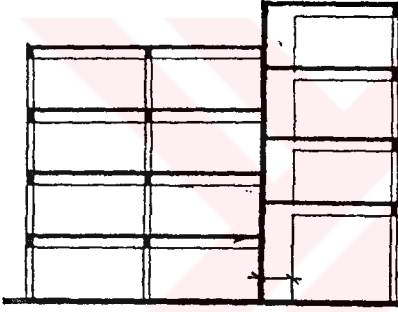


- Hafif Cephe Sistemleri Kullanmak

Bu çözüm yine pencere altı duvarlarının yol açtığı kısa kolon davranışının önüne geçilmesi için rijitliği kolonlardan çok daha az olan pencere altı elemanlarının kullanılması prensibine dayanır.

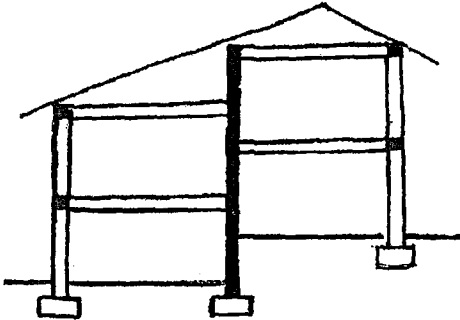
- Perde Duvarlar Oluşturmak

Özellikle Şekil 7.47.' de olduğu gibi aynı binanın farklı bölümlerinde, farklı döşeme yükseklikleri arasında oluşan kısa kolonların perde duvar olarak düzenlenmelidir



Şekil 7.47. Farklı Seviyelerdeki Döşeme Nedeni İle Oluşan Kısa Kolonun Perde Duvar Haline Dönüştürülmesi

Aynı şekilde eğimli arazilerde oluşan farklı seviyelerde temel nedeniyle oluşan kısa kolondan kaçınmak için Şekil 7.48.' de olduğu gibi yine kolonlar perde içine alınabilir veya daha iyisi strüktür yatay yüklere dayanımı sağlayan perdeler ile desteklenebilir (Zacek, 2000a).



Şekil 7.48. Farklı Seviyede Temel Nedeni İle Oluşan Kısa Kolonun Perde Duvar Haline Dönüştürülmesi

- Enine Donatıyı Sıklaştırmak

Kolon sarılma bölgeleri için minimum enine donatı ve yerleştirme koşulları tüm kat yüksekliğince uygulanmalıdır. Böylece sık yerleştirilen etriyeler sayesinde kolonda oluşabilecek burulmanın önüne geçilmiş olur.

- Kolon Enkesit Boyutunu Artırmak

Kısa kolon hasarını önlemek için kullanılabilen bir başka yöntem kısa kolonların en kesit boyutlarını önemli ölçüde (belki iki veya üç katına) artırmak olabilir.



## 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada betonarme binaların depremlerde başlıca hasar görme nedenleri ve 1998 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik kapsamında bu hasarların oluşmasına engel olabilecek temel prensiplerin neler olduğu konusunda incelemeler yapılmıştır.

Yaşanan depremler sonrası betonarme binalarda meydana gelen hasarların incelenmesi ve yapılan araştırmalar sonucunda, elde edilen bilgilere göre en şiddetli depremde bile yapının mümkün olduğunca az hasar görmesi için dikkat edilmesi gerekli temel noktalar aşağıda belirtilmiştir.

- Plan geometrisi karmaşık yapıların, basit geometrideki yapılara göre ve taşıyıcı sistemi simetrik olmayan yapıların simetrik olan yapılara göre depremde daha fazla zarar gördüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle mimari tasarımda plan geometrisi mümkün olduğunca basit düzenlenmeli, taşıyıcı sistemi oluşturan elemanlar planda her iki eksen boyunca simetrik yerleştirilmelidir.
- H, L, T, Y gibi geometrilere sahip yapılarda yapıların birleşim noktalarında gerilme yığılması meydana geldiğinden bu noktalarda hasar fazla olmaktadır. Bu nedenle bu tip geometriye sahip yapılarda, dilatasyonlarla yapılar farklı ve basit kütlelere ayrılmalıdır.
- Döşeme süreksizliğinden mümkün olduğunca kaçınılmalı, uygulamanın zorunlu olduğu durumlarda boşluklar döşemenin duvar ve çerçeve bağlantıları ile çakışmamasına dikkat edilmelidir ve bloklar dilatasyonlarla basit formlara bölünmelidir.
- Plan geometrisi nedeni ile çıkıntılar bulunması durumunda konsol çevreleri strüktürel elemanlarla güçlendirilmeli ve konsol boyu 1.5m ile sınırlandırılmalıdır.
- Taşıyıcı elemanların plandaki eksenlerinin depremin etkidiğinin kabul edildiği asal eksenlere paralel olmaması durumunda yapı dilatasyonlara bölünmeli ve iç kuvvet değerleri her iki yönden etkimesi haline karşılık gelecek şekilde artırılmalıdır.

- Bina düşey geometrisinde ani geri çekilmelerden mümkün olduğunca kaçınılmalı geri çekilmeler kademeler halinde yapılmalı, geri çekilmenin ani olduğu durumlarda bu noktalar güçlendirilmeli ve yapı yalıtım araçları ile depreme karşı izole edilmelidir.
- Kat yüksekliğinin birtakım mimari nedenlerle farklı olması durumunda oluşan yumuşak kat etkisini ortadan kaldırmak için, yumuşak katlar çelik çaprazlarla güçlendirilmek, kolon sayısı artırılmak yada yapı temeli zemin kat olarak geliştirmek gibi ek güçlendirme yöntemlerine başvurulmalıdır. Bir kattaki dolgu duvarı alanının diğer katlara göre az olması durumunda oluşan yumuşak kat etkisini ortadan kaldırmak için ise hafif cephe elemanları ve rijit olamayan bölme duvarları kullanarak yada döşemelerin bağlantısı kesilerek farklı katların rijitliği benzerleştirilmelidir.
- Afet yönetmeliğinin de yasaklamış olduğu üzere kolonların herhangi bir katta konsol kirişlere veya alttaki kolonların guseleri üzerine veya ucuna oturtulmasından kesinlikle kaçınılmalıdır.
- Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumunda 1998 Afet Yönetmeliğinin de belirttiği üzere kirişin bütün kesitlerinde göze alınan deprem doğrultusunda, bu kirişin bağlandığı diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde düşey yükler ve depremin ortak etkisinde oluşan tüm iç kuvvet değerleri % 50 oranında artırılmalıdır.
- Perdelerin iki ucundan kolonlara oturmasının mimari bir zorunluluk olduğu durumda ise 1998 Afet Yönetmeliğinin belirttiği gibi, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm kesit etkileri % 50 oranında artırılmalıdır.
- Taşıyıcı eleman nedeni ile oluşan kısa kolon düzensizliğinde farklı döşeme yükseklikleri arasında oluşan kısa kolonlar perde duvar olarak düzenlenmeli, kolon en kesit boyutu normal kolon boyutunun iki yada üç katına çıkartılmalı, kolon sarılma bölgeleri için minimum enine donatı koşulları tüm kat yüksekliğince uygulanmalıdır.

- Dolgu duvar nedeni ile oluşan kısa kolon düzensizliğinde ise kolon ve duvar arasında derzler oluşturulmalı, bölücü eleman olarak ağır elemanlar yerine hafif cephe elemanları kullanılmalıdır.



## KAYNAKLAR

- Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1998. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Eğitim Merkezi, Yayın No:25
- AKA İ., ÇILI F., ÇELİK C. O., 2001. Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri Bildiriler. İstanbul Mimarlar Odası Büyükşehir Şubesi Yapı Malzemesi Komitesi, İTÜ. s:9-21.
- ALBAY, A., 1994. Deprem Dayanımında Mimari Tasarımın Önemi ve Erzincan Deprem Konutları. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 123 s.
- AMBROSSE, J., VERGUN, D., 1993. Seismic Design Of Buildings, Kriger Publishing Company, Malabar Florida, 289 s.
- ANONYMOUS, 2000. Yeryüzünün Katmanları, Yeryüzü ve Deprem, Boyut Bilim Yayınları, İstanbul, s.9-12.
- ANSAL, A., 1999. Depremlerde Yerel Zemin Tabakalarının Davranışları, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Mesa Yayınları, Ankara, s:49-55.
- BATIRBAYGİL, H., 2001, Deprem ve Tasarım Yaklaşımları, Deprem Mimarlığı, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul, s.27-28.
- BAYÜLKE, N., 1978. Depremler ve Depreme Dayanıklı Yapılar, İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara, 147 s.
- BAYÜLKE, N., 1989. Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar, Teknik Yayınevi, İstanbul.
- BAYÜLKE, N., 1993. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir, 159 s.
- BUĞDAYCI, İ., 1999. Sismoloji ve Deprem Dalgaları, İTÜ Vakıf Dergisi, İstanbul, s.23-26
- ÇAMLIBEL, N., 1994. Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri, YTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul, s.145
- CELEP Z., KUMBASAR N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, s:182-294.

- DEMİRLİ P.**, 2000. 1997'de Yayınlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğin Betonarme Binaların Mimarieine Getirdiği Kısıtlamaların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 85s
- DOWRICK, D., J.**, 1987. Earthquake Resistant Design for Engineers and Architects, A Wile-İnterscience Publication, Chichester, 519s.
- ERMAN, E.**, 2002. Deprem Bilgisi ve Deprem Güvenli Mimari Tasarım, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Ara Yayın Serisi, Ankara, 121s.
- ERSOY, U.**, 1999. Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi, (Teoman AKTÜRE editör), Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Mesa Yayınları, Ankara, s.65-77.
- EYİDOĞAN, H., Barka, A.**, 1996. Deprem ve Deprem Kaynakları, TDV-TR 96-004, İstanbul.
- GARCÍA, L. L., JİMÉNEZ, M.**, 2001. Depreme Dayanıklılık Şartnamelerinin Pratikteki Uygulamaları Üzerine Düşünceler, Deprem Mimarlığı, Tasarım Yayın Grubu, s.22-26.
- GÖNENÇEN, K.**, 2000. Mimari Tasarımda Depreme Karşı Yapı Davranışının Düzenlenmesi, Teknik Yayınevi, Ankara, 97 s.
- HASOL, D.**, 1988. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayınları, İstanbul, s.363
- KETİN, İ.**, 1988. Genel Jeoloji Yer Bilimlerine Giriş, İTÜ Vakfı. Cilt1, 597s
- LAGORIO, H., J.**, 1990. Earthquakes : An Architect's Guide to Nonstructural Seismic Hazards, Wiley-Interscience Publication, New York ;Chich, 312 s.
- MERTOL, A., MERTOL, H., C.**, 2002. Deprem Mühendisliği Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Kozan Ofset, Ankara, 643s.
- ÖKTEN, S.**, 2002. Betonarme Yapılarda Depreme Dayanıklı Taşıyıcı Sistem Tasarımı, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul, s.131-142.
- ÖNEL, H., AKBULUT, T.**, 2002. Deprem Bölgelerinde Güvenli Yapı Tasarımına İlişkin Temel Yaklaşımlar, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, TMMOB İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul, s.78-91.



- ÖZAYDIN, K.**, 2002. Yapı-Zemin İlişkisi ve Zemin İyileştirilmesi, Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul, s.34-46.
- ÖZTÜRK, Ş.**, 2000. Depreme Dayanıklı Bina Tasarım Sorunlarının Tanıtılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 171s.
- SUCUOĞLU, H.**, 1999. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, (Teoman AKTÜRE editör), Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, MESA Yayınları, Ankara, s.79-86
- ŞENGÖR, C.**, 1999. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi: Jeolojik Ortam, Hava Harp Okulu Bülteni, Deprem Özel Sayısı, İstanbul, s:59-104.
- ŞİMŞEK,H.**, 1999. Deprem Bilgisi, Genel Kurmay Başkanlığı Harp Akademileri Komutanlığı, İstanbul, 217 s.
- TAYMAZ, T.**, 1999. Türkiye'nin Gerçeği: Deprem, Marmara Bölgesinin Aktif Tektoniği ve Ulusal Deprem Ağı, Harp Okulu Bülteni. Deprem Özel Sayısı, İstanbul, s.135-151
- TEZCAN, S.**, 1998. Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri, Türkiye Deprem Vakfı, İTÜ, İstanbul, 121s.
- TUNA, M., E.**, 2000. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Ajans-Türk Basın ve Basım A.Ş., Ankara, 255 s.
- ÜLKER, R.**, 1999. Deprem ve Deprem Etkileri, Deprem ve Deprem Sonrası Tedbirler, İSKİ Yayınları, İstanbul,s.33-48.
- ZACEK, M.**, 2002a. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ön Proje Aşaması, (M. Tolga Akbulut çeviren), YTÜ Uluslararası Kentsel Çalışmalar Araştırma Merkezi, İstanbul, 113s.
- ZACEK, M.**, 2002b. Depreme Dayanıklı Bina Tasarımı Form ve Strüktür, Yıldız Teknik Üniversitesi Uluslararası Kentsel Çalışmalar Araştırma Merkezi ICUS, İstanbul, 68s.

### **İnternet Üzerinden Kaynaklar**

<http://nisee.berkeley.edu/lessons/kelly.html>

[http://nisee.berkeley.edu/visual\\_resources/steinbrugge\\_collection.html](http://nisee.berkeley.edu/visual_resources/steinbrugge_collection.html)

<http://www.belgenet.com/deprem/depremnedir.html>  
<http://www.deprem.gov.tr/depbolge/>  
<http://www.deprem.gov.tr/rapor/essiddet/ek1.htm>  
<http://www.ibb.gov.tr/deprem/deprem.htm>  
<http://www.ins.itu.edu.tr/tdv/fay.htm>  
<http://kocaeli2005.kou.edu.tr/kocaeli2003/ozet.htm>  
[http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/tLarge\(0,1,2\).htm](http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/tLarge(0,1,2).htm)  
<http://www.robcol.k12.tr/student/uluilk/yerkure.htm>  
<http://www.robcol.k12.tr/student/uluilk/depreamd.htm>  
<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/levhalar.htm>  
<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/depreamler.htm>



## ÖZGEÇMİŞ

Senem Aktürk, 1974 yılında Aksaray'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Aksaray'da tamamladı. 1991 yılında girdiği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümünden kendi isteği ile ayrılıp 1994 yılında kazandığı 9 Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünden 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2001 yılında, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Halen Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.

