

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA STRÜKTÜREL DAVRANIŞ
BİÇİMLERİ
VE
DEPREME DAYANIKLI YAPILARDA MİMARİ TASARIM İLKELERİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

128562

MEHMEDİ VEHBİ GÖKÇE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Lale GÜREMEN

128562

T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM BAKANLIĞI
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

Şubat 2002


Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Zarife HANMEHMET

(Niğde Üniv.) 

Üye : Yrd. Doç Dr. Fatih ALTUN

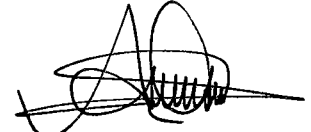
(Erciyes Üniv.) 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Lale GÜREMEN

(Niğde Üniv.) 

ONAY:

Bu tez, 15.10.4/2002 tarihinde, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nca belirlenmiş
olan jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun kararıyla
kabul edilmiştir.


15.10.4/2002

Doç. Dr. Aydın TOPÇU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET
YAPILARIN DEPREM ETKİSİ ALTINDA STRÜKTÜREL DAVRANIŞ BİÇİMLERİ
VE
DEPREME DAYANIKLI YAPILARDA MİMARİ TASARIM İLKELERİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

GÖKÇE, Mehmedi Vehbi
Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Lale GÜREMEN

Şubat 2002, 176 sayfa

Depremler, iletişimin dünya sınırlarını küçülttüğü günümüzde bugün eskisinden daha çok ilgi odağı olmuşlardır. Bu oluşum, yeryüzü coğrafyasının herhangi bir noktasında herhangi bir büyüklükte olan bir depremin kitle iletişim araçları aracılığıyla tüm dünyaya anında duyurulabilmesiyle bir taraftan “dünyaya neler olduğunun” diğer taraftan da depreme dayanıklı yapıların yapılabilirliğinin sorgulanmasına yol açmaktadır.

Günümüzün bilimsel verileri herhangi bir bölgede ne zaman deprem olacağı hakkında kesin bir tarih belirlenmesine henüz imkan verememekte ancak verilen bir yapının belirli bir büyüklükteki depreme hangi oranda dayanabileceğini öngörebilmektedir ve bunun için belirli mimari tasarım ilkeleri ve statik hesap kuralları ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, depreme dayanıklı betonarme yapılarda uygulanması gereken mimari tasarım ilkeleri, yapıların deprem etkisi altındaki strüktürel davranış biçimlerini ve 27 Haziran 1998 Depremi’ni yaşayan Ceyhan-ADANA’daki yapısal hasarı bu açıdan ele alan geniş bir çerçeve içerisinde tartışılmıştır.

Bu çerçevede, birinci bölümde depremler ve oluş nedenleri hakkında hatırlatıcı bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde, betonarme yapıların deprem etkisi altındaki davranış biçimleri, sıva çatlaklarından başlayarak çerçevelerdeki ağır hasara ve yıkılmaya kadar giden bir sıra dahilinde anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, depreme dayanıklı yapılarda uygulanması gereken mimari tasarım ilkeleri, bu ilkelerin uygulanmaması durumunda doğabilecek hasarlar, dünyanın çeşitli bölgelerinde daha önce olmuş depremlere ilişkin resimlerle örneklenmesi yoluyla anlatılmıştır. Ayrıca, depremlerde hasar gören binalarda uygulanacak onarım yöntemlerine de kısaca değinilmiştir.

Dördüncü bölümde, Ceyhan-ADANA Depremi ve bu depremin yapılarda neden olduğu hasarlar, çeşitli kaynaklardan ve yerinden alınan fotoğraflarla örneklenerek verilmiştir. Yine Ceyhan'da yapılan ve halen devam etmekte olan onarım çalışmaları hakkında da kısa bilgiler verilmiştir.

Sonuç ve Öneriler bölümünde ise, depreme dayanıklı yapılar elde etmek için uyulması gereken tasarım ve uygulama ilkeleri, çalışma bölgesi Ceyhan'da yapılan gözlemler ışığında özetlenmiştir.

Ekler bölümünde, son 3 Şubat 2002 Sultandağı Depreminin neden olduğu yapısal hasarı gösteren fotoğraflar verilmiştir.

Anahtar sözcükler: Tektonik levhalar, deprem, mimari tasarım düzensizlikleri, simetri, tehlike katı

SUMMARY

A RESEARCH

ON

STRUCTURAL BEHAVIOURS OF BUILDINGS UNDER THE EFFECTS OF

EARTHQUAKES

AND

ARCHITECTURAL DESIGN PRINCIPLES

FOR EARTHQUAKE-RESISTANT BUILDINGS

GÖKÇE, Mehmedi Vehbi

Niğde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assistant Professor Lale GÜREMEN

February 2002, 176 pages

Today, a time in which modern communication facilities made the globe boundaries relatively small, the earthquakes have become the focus of interest. Since any earthquake of any magnitude that rattled any part of the globe could be announced simultaneously by means of mass communication means worldwide, that formation has led to the questions like “What is happening to the world?” and “Is it possible to build earthquake-resistant buildings?”.

Though today’s scientific datum can not allow a certain date to be determined about when an earthquake is going to take place in a given area; it can suggest to which degree a given building could resist against an earthquake of a certain magnitude and has

appointed certain architectural design principles and structural calculation rules for this purpose.

In this study, the architectural design principles to be applied in the earthquake resistant, reinforced concrete buildings have been discussed within a wide framework covering the structural behaviours of buildings under the effects of earthquakes, and the structural damages in Ceyhan-ADANA that has experienced The Earthquake of June 27th, 1998.

Within this framework, in the first chapter; some information about earthquakes and their way of occurring has been supplied.

In the second chapter, the behaviours of reinforced concrete buildings under the effects of earthquakes has been explained in the order starting from plaster cracks to heavy damages in the frames and collapse.

In the third chapter, the architectural design principles to be applied in the earthquake resistant buildings have been told by supporting with the pictures taken from the earthquakes which took place in different regions of the Globe before. Additionally, retrofitting methods that shall be applied in the buildings damaged by earthquakes have been touched shortly.

In the fourth chapter, Ceyhan-Adana Earthquake and the damages that this quake has caused in the buildings have been given by supporting with the pictures obtained from different sources and taken in the region. Again, a briefing has been supplied about the retrofitting activities carried out in Ceyhan.

In the conclusions chapter, the design and practice principles to be applied to erect earthquake resistant buildings have been summarized under the light of observations performed in Ceyhan.

In the appendixes, photographs showing the damages caused by the last Earthquake of Sultandağı of February 3rd, 2002; have been given.

Key words: Tectonic plates, earthquake, architectural design irregularities, symmetry, danger story

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı yöneten, yürütölüşü ve yazımı sırasında değerli zamanlarını ve eşsiz katkılarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Lale GÜREMEN'e (NİĞDE ÜNİVERSİTESİ) sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ayrıca danışmalarımızı karşılıksız bırakmayan değerli hocam Doç. Dr. İ. Salih BAYRAKTUTAN'a (ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ), Ceyhan Belediyesi İmar Müdürü Serdar BULUT'a ve değerli personeline, Adana Bayındırlık İl Müdürlüğü ve arşiv çalışanlarına, bütün içtenliği ve dostça yardımları ile bana yardımcı olan inşaat mühendisi Sayın Hüseyin İNANCI'ya, tüm mesai arkadaşlarıma ve çalışmalarına her zaman destek olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ.....	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xvii

BÖLÜM I GİRİŞ

1.1 Materyal ve Metod.....	2
1.2 Yerküresinin Yapısı.....	4
1.3 Deprem.....	4
1.3.1 Deprem ölçüm birimleri.....	10
1.3.1.1 Magnitüd.....	10
1.3.1.2 Şiddet.....	11
1.4 Deprem ve Mimarlık	15

BÖLÜM II BETONARME YAPILARDA DEPREM HASARLARI

2.1 Betonarme Yapılarımızın Özellikleri.....	16
2.1.1 Malzeme.....	16
2.1.2 Tasarım ve Uygulama.....	17

2.2 Betonarme Yapıların Deprem Yükleri Altında Davranışları.....	18
2.2.1 Sıva çatlakları.....	18
2.2.2 Bölme duvar hasarları.....	19
2.2.3 Betonarme çerçeve hasarları.....	20
2.2.3.1 Kolonlarda kesme hasarı.....	23
2.2.3.2 Kolonlarda aderans yetersizliği.....	23
2.2.3.3 Kolonlarda basınç hasarı.....	24
2.2.3.4 Kolonlarda burulma hasarı.....	24
2.2.3.5 Kısa kolon hasarı.....	28
2.2.3.6 Kolon-kiriş düğüm noktaları hasarı.....	28
2.2.4 Kiriş hasarları.....	29
2.2.5 Perde duvar hasarları.....	29
BÖLÜM III DEPREME DAYANIKLI YAPILARDA MİMARİ TASARIM İLKELERİ	
3.1 Deprem Dayanımında Mimarinin Önemi.....	33
3.1.1 Mimari ve strüktürel tasarımda işbirliğinin önemi.....	35
3.1.2 Depreme dayanıklı yapı üretiminde betonarmenin yeri.....	37
3.1.3 Uygulamada mimari ve strüktürel tasarıma uygunluğun kontrolü.....	38
3.2 Depreme Dayanıklı Tasarım Öngörülleri ve Tasarım Tercihleri.....	40
3.3 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Uyulması Gereken İlkeler.....	41
3.3.1 Yapının planda uygunluğu.....	41
3.3.1.1 Burulma düzensizliği.....	43
3.3.1.2 Döşeme boşlukları düzensizliği.....	46
3.3.1.3 Planda çıkıntılar bulunması (Planda kanat düzensizliği).....	47
3.3.1.4 Taşıyıcı elemanların eksenlerinin paralel olmaması.....	53

3.3.2	Yapıların düşey doğrultuda uygunluğu.....	56
3.3.2.1	Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat).....	57
3.3.2.2	Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	62
3.3.3	Yapı yüksekliği boyunca düzensizlik.....	64
3.3.4	Kat yüksekliği düzensizlikleri.....	66
3.4	Yapı Elemanları Düzeyinde Düzensizlikler.....	67
3.4.1	Temel düzenlemelerine ait düzensizlikler.....	67
3.4.1.1	Bağlanmamış tekil temeller.....	68
3.4.1.2	Temel derinliğinin yetersiz oluşu.....	69
3.4.1.3	Temel seviyelerinin farklılığı.....	69
3.4.2	Kolon-kiriş düğüm noktalarındaki düzensizlikler.....	70
3.4.2.1	Kuvvetli kiriş-zayıf kolon oluşumu.....	74
3.4.2.2	Kiriş sürekliliğindeki düzensizlikler.....	75
3.4.2.3	Kirişsiz döşemeler yapılması.....	75
3.4.2.4	Kolon-kiriş düğüm noktalarının hemyüz olması.....	75
3.4.3	Bölme ve dolgu duvarlarına ait düzensizlikler.....	78
3.4.4	Bant pencereler ve kısa kolon davranışı.....	80
3.4.5	Merdivenler.....	89
3.4.6	Perdeler.....	89
3.4.7	Ağır kütle düzensizliği.....	94
3.5	Yapısal Olmayan Mimari Elemanlar.....	96
3.6	Uygulama Teknikleri.....	100
3.7	Malzeme Seçimi.....	101
3.8	Statik Tasarım Açısından Yapılması Gerekenler.....	101

3.9 Zemin Araştırması.....	103
3.10 Depremde Hasar Görmüş Yapılarda Güçlendirme Yöntemleri.....	114
3.10.1 Çatlakların onarımı.....	115
3.10.2 Kirişlerin güçlendirilmesi.....	115
3.10.3 Kolonların güçlendirilmesi.....	118
3.10.4 Çerçevesel doldurularak yapılan güçlendirmeler ve perdeler.....	120
3.10.5 Temelerde yapılan güçlendirmeler.....	124
BÖLÜM IV CEYHAN-ADANA DEPREMİ'NİN TEZİN KONUSU AÇISINDAN İRDELENMESİ	
4.1 Ceyhan- ADANA Depremi.....	125
4.2 Bölgenin Coğrafi ve Jeolojik Özellikleri.....	126
4.3 Deprem Sonrası Oluşan Yüzeysel Deformasyonlar.....	131
4.4 Deprem Sonucu Yapısal Hasarlar.....	132
4.5 Depremden Zarar Gören Yapılarda Onarım Çalışmaları.....	146
4.6 Deprem Sonrası İnaş Edilen Deprem Konutlarının Tasarım İlkeleri AÇısından İrdelenmesi.....	152
BÖLÜM V SONUÇ VE ÖNERİLER.....	160
KAYNAKLAR.....	166
EKLER.....	168

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Dünyada aletli ölçüm döneminde olmuş en büyük 5 deprem (USGS).....	11
Çizelge 1.2 Türkiye’de Cumhuriyet döneminde olmuş bazı büyük depremler (Kandilli Rasathanesi).....	12
Çizelge 1.3 Depremlerin büyüklüklerine göre yıllık oluş adedi (USGS).....	12
Çizelge 1.4 Mağnitüd-şiddet bağıntıları.....	14
Çizelge 4.1 Ceyhan’da yıkılan binalar (DAM, 1998).....	135



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Yeryüzünün 150 milyon yıl önceki durumu.....	5
Şekil 1.2	Yeryüzünün bu günkü durumu ve tektonik levhalar(USGS).....	6
Şekil 1.3	Tektonik levhaların hareket türleri (USGS).....	6
Şekil 1.4	Türkiye deprem bölgeleri haritası (Deprem Araştırma Dairesi).....	7
Şekil 1.5	Deprem dalgaları şematik gösterimi.....	8
Şekil 2.1	Bölme duvarda tesisat borusu üzerinde sıva çatlağı.....	19
Şekil 2.2	Bölme duvarı-çerçeve arası sıva çatlakları.....	20
Şekil 2.3	Bölme duvarda sıva ve duvar hasarı başlangıcı.....	21
Şekil 2.4	Bölme duvarda ileri düzeyde hasar.....	21
Şekil 2.5	Yüksek bölme duvarda üst sıraların devrilme ihtimali vardır.....	22
Şekil 2.6	Pencere boşluğu olan bölme duvarda hasar oluşumu.....	23
Şekil 2.7	Pencere boşluklarının kirişlere kadar yükseldiği durumda hasar.....	24
Şekil 2.8	Çerçeve hasarının aşamaları.....	25
Şekil 2.9	Kolonlarda mafsallaşma hasarının ilk aşamaları.....	25
Şekil 2.10	Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları.....	26
Şekil 2.11	Kolonda kesme hasarı.....	26
Şekil 2.12	Kolonda aderans yetersizliği hasarı.....	27
Şekil 2.13	Betonarme bir kolonda basınç kırılması aşamaları.....	27
Şekil 2.14	Kısa kolon hasarına yol açan durumlar.....	28
Şekil 2.15	Kolon-kiriş düğüm noktalarında hasar türleri.....	29
Şekil 2.16	Kolon-kiriş düğüm noktalarında kesme hasarı.....	30
Şekil 2.17	Kiriş hasarları.....	31
Şekil 2.18	Az katlı yapılarda perde duvar hasarı.....	31
Şekil 2.19	Çok katlı yapılarda perde duvar hasarı.....	32
Şekil 2.20	Boşluklu perde duvarlarda oluşan hasar.....	32
Şekil 3.1	Taç-Mahal, plan (1630-1653).....	34
Şekil 3.2	Burulma düzensizliği durumu.....	44
Şekil 3.3	Burulma düzensizliğinden kaynaklanan görelî kat ötelemesi, açık ön cephe uzunluğu artışının karesi kadar artar (Naeim, 1989).....	45

Şekil 3.4	Gemona Hastane Binası kat planı, Friuli, İtalya (Ölçeksiz) (Polyakov, 1979).	46
Şekil 3.5	Açık cephenin çelik/betonarme diyagonal kirişlerle desteklenmesi.....	47
Şekil 3.6	Döşeme boşlukları düzensizliği durumu.....	48
Şekil 3.7	Döşeme boşlukları düzensizliği.....	48
Şekil 3.8	Planda kanat düzensizliği.....	50
Şekil 3.9	Deprem yükü, birbirine dik doğrultuda bulunan düzlemleri düğüm noktaları arakesitlerinden ayırmaya çalışır.....	51
Şekil 3.10	Kanatlarda oluşan gerilmeler yapıyı düşeyde de zorlar.....	52
Şekil 3.11	Deprem derzleri ile ayrılan kanatlar düğüm noktalarını rahatlatır.....	53
Şekil 3.12	Deprem derzleri her kanadın ayrı bir birim olarak çalışmasını sağlar.....	54
Şekil 3.13	Deprem açısından uygun olan ve olmayan plan türlerine örnekler.....	54
Şekil 3.14	Düşey taşıyıcıların asal eksenlerinin paralel olmaması durumu.....	55
Şekil 3.15	Romanya Depremi'nde hemen yıkılan çok katlı apartman binaları kat planı (Ölçeksiz; Polyakov, 1981.....	56
Şekil 3.16.	Komşu katlar arası dayanım (Tehlike katı/Zayıf Kat) düzensizliği.....	58
Şekil 3.17	Görelî kat ötelemelerinden dolayı tehlike katı düzensizliği.....	60
Şekil 3.18	Sadece üçkatlı bir yapı simetri ve dolgu duvarı düzensizliğinden dolayı yıkıma götüren bir ötelenmeyle gelen ağır bir hasar yaşamıştır, Friuli Depremi.....	60
Şekil 3.19	Ölive View Tıp Merkezi zemin kat planı (Ölçeksiz).....	61
Şekil 3.20	Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği örnekleri.....	63
Şekil 3.21	Yapı kütleleri arasında yükseklik düzensizliği.....	65
Şekil 3.22	Yükseklikleri farklı kütleler deprem derzleriyle ayrılmalıdır.....	66
Şekil 3.23	Kat yüksekliklerinde düzensizlikler.....	67
Şekil 3.24	Tekil temel pabuçları birbirlerine güçlü hatıllarla bağlanmalıdır.....	68
Şekil 3.25	Sürekli ve radye temeller yapı davranışında bütünlük sağlar.....	69
Şekil 3.26	Rijit bodrum katı, sığ temellere tercih edilmelidir.....	70
Şekil 3.27	Temel seviyelerinin farklılığı yapı davranışının bütünlüğü açısından Önemlidir.....	72
Şekil 3.28	Güçlü kolon-zayıf giriş düzeni diğerine tercih edilmelidir.....	74
Şekil 3.29	Kirişlerin düşeyde aynı düzlemde bulunmalarına dikkat edilmelidir.....	76
Şekil 3.30	Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi kaçınılmazdır.....	76
Şekil 3.31	Dış aks kolonlarında projeksiyon olması durumu	77

Şekil 3.32. Çok sakıncalı bir düğüm noktası.....	78
Şekil 3.33. Düzlemi dışına devrilebilme tehlikesi olan bölme duvarlar.....	80
Şekil 3.34 Kısa kolon oluşumuna neden olan detaylar.....	82
Şekil 3.35 Bant pencerelerde, pencere boşluğunun çelik çerçeve ile dolaşılması.....	83
Şekil 3.36 Aynı bilgisayar binasının döşeme-kolon-cephe ilişkisi (Kalın döşeme, gusse ve döşemelere asılan ağır cephe elemanları yapıyı depreme hassas hale getirmiştir).....	88
Şekil 3.37 Merdiven bloğunun rijitliğini azaltmak gerekir.....	89
Şekil 3.38 Yapı planı simetrik olmalı ve perdelerle desteklenmelidir.....	90
Şekil 3.39 Banco Central de Nicaragua, tipik kat planı, NİKARAGUA (Ölçeksiz).....	92
Şekil 3.40 Banco de America, NİKARAGUA, tipik kat planı (Ölçeksiz).....	92
Şekil 3.41 Olive View Hastanesi polikliniği, yapay çiçekliği taşıyan teras, Kaliforniya, ABD.....	95
Şekil 3.42 Süs kolonları kirişlere oturmalıdır.....	98
Şekil 3.43 Alın/parapet duvarları hatıl çerçeve içine alınmalıdır.....	99
Şekil 3.44 Eski ve yeni donatılarda bağlantı türleri.....	116
Şekil 3.45 Eski ve yeni betonların kaynaştırılma yöntemleri.....	117
Şekil 3.46 Kirişin en kesitinin artırılarak moment kapasitesinin artırılması.....	117
Şekil 3.47 Kiriş yan yüzeylerinin ilave betonarme betonu ile kalınlaştırılarak kirişin kesme dayanımının artırılması.....	118
Şekil 3.48 Kolonlarda mantolama ve iki ayrı etriye bağlantısı çözümü.....	119
Şekil 3.49 Kolonların kanat eklenerek ya da perde duvara dönüştürülerek güçlendirilmesi.....	120
Şekil 3.50 Mafsallaşan kolon uçlarının onarımı.....	120
Şekil 3.51 Boş çerçevelerin betonarme perde ile doldurulması.....	122
Şekil 3.52 Güçlendirmelerde yerinde beton dökme yöntemleri.....	122
Şekil 3.53 Temelerde güçlendirme yapılırken eski ve yeni malzemelerin birlikte çalışması sağlanmalıdır.....	124
Şekil 4.1 Ceyhan-ADANA Depremi odak çözümlemesi	126
Şekil 4.2 Ceyhan-ADANA Depremi bulduru haritası.....	127
Şekil 4.3 Artçı depremlerin büyüklüklerine göre oluş sıklığı (DAM, 1998).....	128
Şekil 4.4 Artçı depremlerin dağılımı (DAM, 1998).....	128

Şekil 4.5	Deprem bölgesinin jeolojik haritası (DAM, 1998).....	129
Şekil 4.6	Deprem bölgesi jeolojik oluşumu (a) ve bölgenin uydu görüntüsü (b) (DAM, 1998).....	130
Şekil 4.7	Hasar dağılımı haritası	134
Şekil 4.8	Ceyhan şehir haritası ve yıkılan binaların dağılımı (Tezcan, 1998).....	136
Şekil 4.9	Orta hasar raporlu Aydıç Apartmanı 1.kat mimari röleve planı (Ölçeksiz).....	149
Şekil 4.10	Aydıç Apartmanı 1.kat statik röleve planı (Ölçeksiz).....	150
Şekil 4.11	Aydıç Apartmanı güçlendirme mimari uygulama planı (Ölçeksiz).....	151
Şekil 4.12	Ceyhan deprem konutları bodrum kat planı (Ölçeksiz).....	153
Şekil 4.13	Deprem konutları zemin kat planı (Ölçeksiz).....	154
Şekil 4.14	Deprem konutları tipik kat planı (Ölçeksiz).....	155
Şekil 4.15	Deprem konutları çatı planı (Ölçeksiz).....	156
Şekil 4.16	Deprem konutları bodrum temel detayı (Ölçeksiz).....	157
Şekil 4.17	Deprem konutlarından parapet detayı (Ölçeksiz).....	158
Şekil 5.1	Bir kent merkezinde bir apartmanın şematik kat planı-kolonlar yaklaşık olarak yerleştirilmişlerdir-(Gökçe,2002).....	163

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Foto 1.1	1999 Gölcük Depremi, M= 7,4.....	14
Foto 3.1	Büyük Kanto Depremi'ni çok az bir hasarla atlatan Imperial Hotel.....	36
Foto 3.2	Açık cephenin diyagonal kirişlerle desteklenmesi, San Fransisco (EERI).....	49
Foto 3.3	Naiguata Sahil Kulübü binası, Venezüella, 1967 Caracas Depremi.(EERI).....	49
Foto 3.4	Aynı yapılara ait bir bloğun deprem sonrası durumu.....	57
Foto 3.5	Şekil 3.18'de verilen yapının deprem sonrası durumu.....	61
Foto 3.6	Olive View Tıp Merkezi tehlike katı mafsallaşması ve kolon ayrıntıları.....	62
Foto 3.7	Imperial County Hizmet Binası ve ayrıntılar.....	63
Foto 3.8	Olive View Tıp Merkezi, konsolda ankraj yetersizliği.....	65
Foto 3.9	Kademeli kololar, çürük zemin, tehlike katı, C plan bu yurt binasında birleştirilmiştir, 22 Mayıs 1997 Jabalpur Depremi, Hindistan(EERI).....	71
Foto 3.10	Kat kolonlarının mafsallaşmasıyla oluşan iskambil kağıdı etkisi , 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, M= 7,4.....	72
Foto 3.11	Kat kolonları mafsallaşması sonucu toptan yıkım , 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, Kaynaşlı (BBC).....	73
Foto 3.12	Kolon mafsallaşması toptan yıkım, 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, Kaynaşlı (BBC).....	73
Foto 3.13	Bir hastane binasında yanlış kolon-kiriş düzeni, Ometepec, 14 Eylül 1995 Meksika Depremi	78
Foto 3.14	Terminal Oteli Binası ve kolon detayı, Guatemala City, 1976 Guatemala Depremi	81
Foto 3.15	Capri Residencia Apartmanı, Caracas, 1967 Venezüella Depremi.....	82
Foto 3.16	İki katlı betonarme bir yapıdan detay, kısa kolon. 1972 Managua Depremi, Nikaragua (EERI).....	84
Foto 3.17	Camanà'da eski bir okulda kısa kolon hasarı. 23 Haziran 2001 Peru Depremi, M=8,3 (Foto- Eduardo FIERRO).....	84
Foto 3.18	Aynı depremde bir başka okulda iki kısa kolon hasarı. Hasar, sağdaki resimde dolgu duvarına da etkimiş (Foto- Eduardo FIERRO).....	85

Foto 3.19 Camaná'da, Peru Yeni Deprem Yönetmeliği'ne göre inşa edilmiş ve depremi hasarsız atlatan bir okul. Sağda, kısa kolon oluşumunu engellemek için dolgu duvarın kolonlardan elastomerik bir yalıtım malzemesiyle derzlenmesi görüntülenmiştir (Foto- Eduardo FIERRO	85
Foto 3.20 Kalın döşeme ve kirişler nedeniyle yıkılan bilgisayar binası, yıkılmadan önce Karpatlar Depremi, Bükreş-ROMANYA.....	86
Foto 3.21 Kalın döşeme ve kirişler nedeniyle yıkılan bilgisayar binası, Karpatlar Depremi Bükreş-ROMANYA.....	87
Foto 3.22 Aynı binanın hasarlı zemin kat kolonu, Karpatlar Depremi, Bükreş-ROMANYA.....	87
Foto 3.23 Valentin Valiente Okulu, Cariaco.....	88
Foto 3.24 Banco Central de Nicaragua e Banco de America binalarının deprem öncesi görünümüleri (EERI).....	93
Foto 3.25 Depremi hasarsız atlatan 12 katlı bir apartman binası, Venezüella (EERI).....	94
Foto 3.26 Olive View Hastanesi çiçeklik terasının depremden sonraki durumu ve bir detay (EERI).....	95
Foto 3.27 Yanlış tesisat uygulamalarının neden olduğu kolon hasarı Ceyhan-ADANA (Gökçe,2002).....	99
Foto 3.28 7 katlı Holy Cross binası, kötü işçilik, Los Angeles.....	100
Foto 3.29 İki binadan birinin tamamen yıkılması malzeme kalitesizliğindedir, 1998 Ceyhan Depremi (Çelebi, 1998).....	102
Foto 3.30 Malzeme kalitesizliğinin baskın unsur olduğu yıkılmalar, 1999 İzmit Depremi (BBC).....	102
Foto 3.31 Fay hattının ortasından geçtiği bu yapı, yıkılmamasına rağmen arka cephe yönünde aşırı derecede yatmıştır, Kobe Depremi (EERI).....	105
Foto 3.32 Kobe Depremi'nde fay hattı üzerine yapılmış bir başka bina (EERI).....	105
Foto 3.33 Tepecik Kullar Köyü'nde 7 bloklu bir sitenin deprem öncesi ve sonrası durumu. Fay kırığı bu blokların ortasından geçmiştir, 1999 Kocaeli Depremi	106
Foto 3.34 Sıvılaşma sonucu iki katlı bir evin zayıf temel grbetonunun patlaması, katın kumla dolması. 9 Ekim 1995 Manzanillo Meksika Depremi, M=7,6.....	106
Foto 3.35 Wufeng'te, eski Vilayet Merkezi'ndeki bu binalar sıvılaşmadan hasar görmüşlerdir. 20 Eylül 1999, Tayvan Depremi (EERI).....	107

Foto 3.36 Dört katlı bu binanın zemin kat kolonları sıvılaşmadan dolayı zemine 50 cm. gömülmüştür. Tayvan Depremi (EERI).....	107
Foto 3.37 Zemine 2-3 metre gömülen bir başka yapı (EERI).....	108
Foto 3.38 Aynı binanın 1. katının zemin kat seviyesine inmesi ve zemine gömülen bir araba (EERI).....	108
Foto 3.39 Sıvılaşmadan ötürü bu apartman blokları üst yapıda başkaca bir hasara uğramadan bir yanlarına yatmışlardır, Niagata. 16 Haziran 1964 Niagata Depremi, Japonya, M=7,5 (EERI).....	109
Foto 3.40 Sıvılaşmanın da etken olduğu bir ağır hasar, 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi.....	109
Foto 3.41 Haziran 2001 Peru Depremi'nde sahil şeridinde 30 kilometrelik bir kıyı uzunluğunu etkileyen tsunaminin geride bıraktığı görüntüler (E.FIERRO).....	110
Foto 3.42 Tamamen yıkılmış 6 katlı bir yapı, 4 Ağustos 1998 Bahia Depremi (EERI)...	111
Foto 3.43 Cumana'da Miramar Binası. 9 Temmuz 1997 Cariaco, Doğu Venezüella Depremi (EERI).....	112
Foto 3.44 Ağır kütle etkisine bir örnek, Grand Casa Otel, Melaque (EERI).....	112
Foto 3.45 7 Eylül 1999 Atina Depremi, M=5,9. Zeminde tehlike katı (Yumuşak kat) oluşumu (EERI, Sunday Ethnos).....	113
Foto 3.46 Çhelidonou'da bir sanayi yapısında kısa kolon oluşumu, 7 Eylül 1999 Atina Depremi (EERI, Sunday Ethnos).....	113
Foto 3.47 Kolonda kesme dayanımı yokluğu, La Benemerita Universidad Autonoma de Puebla Tıp Okulu, Tehuaca Depremi, Meksika, M=6,7 (EERI).....	114
Foto 3.48 Galerie Algerienne binası, 4 katlı yapı, kolon-kiriş bağlantıları yetersizliği. Domino taşı etkisi, 1980 Cezayir El Esmam Depremi. (EERI).....	114
Foto 4.1 Ceyhan Nehri boyunca çökme / heyelan yapıları.....	132
Foto 4.2 Ceyhan'a girişte sıvılaşma olayları.....	133
Foto 4.3 Güveloğlu sıvılaşmasında kum volkanı çıkışları ve ayrıntıları.....	133
Foto 4.4 Eski nehir yatağı dolgu zemin üzerine yapılmış bir kooperatif binası (Gökçe, 2002).....	137
Foto 4.5 Tehlike katı (a), zemin, aynı yönde tasarlanmış kolonlar (b). Sonuç: Ağır hasar, yıkım kararı (Gökçe, 2002).....	138

Foto 4.6 Tehlike katı, kolonlarda kesme dayanımı yetersizliği, Hasevler Yapı Kooperatifi, Cumhuriyet Mahallesi (Bayülke-DAM, 1998).....	138
Foto 4.7 Hasevlerden bir kolon detayı (Bayülke- DAM, 1998).....	139
Foto 4.8 Bloğun sağ yanındaki dolgu duvarı kendi üstünde yıkılmayı önlemiştir (Bayülke-DAM, 1998).....	139
Foto 4.9 Kötü zemin, büyük açıklıklar, ağır yatay kirişler, kötü düğüm noktası (Bayülke-DAM, 1998).....	140
Foto 4.10 Kötü zemin, tehlike katı, kötü çelik işçiliği, (Bayülke-DAM, 1998).....	141
Foto 4.11 Yetersiz etriye, kalitesiz beton, kolonda kesme hasarı (Gökçe, 2002).....	142
Foto 4.12 Perdede 38 santimetre aralıkla etriye ve kesme çatlakları (Gökçe, 2002).....	142
Foto 4.13 Henüz inşaat aşamasında bir yapı ve zemin kat kolonlarında kesme hasarı (Bayülke-DAM, 1998).....	143
Foto 4.14 İki ayrı yapıya ait kolon hasarları (Bayülke-DAM, 1998).....	143
Foto 4.15 Bir yapıda kısa kolon hasarı (Bayülke-DAM, 1998).....	144
Foto 4.16 Aynı yapıda ki ayrı kolonda elektrik borusu çekirdek beton ile ana donatı arasından geçirilmiş, ağır hasar (Gökçe, 2002).....	145
Foto 4.17 Telekom Lojmanı, kalkan duvar yıkılması bir çocuğun ölümüne neden olmuştur (Bayülke-DAM, 1998).....	146
Foto 4.18 Güçlendirme çalışmaları çerçevesinde bir yapıya eklenen perdeler. (Gökçe, 2002).....	147
Foto 4.19 Mevcut kolonlar arasına perde ilavesi (Gökçe, 2002).....	147
Foto 4.20 Yeni perdelerin mevcut kolonlara ankraj detayı (Gökçe, 2002).....	148
Foto 4.21 Güçlendirmesi tamamlanmış ve kullanıma açılmış bir yapı (Gökçe, 2002).....	148
Foto 4.22 Ceyhan deprem konutları, a: Ön cephe, b: Sağ cephe (Gökçe, 2002).....	159

SİMGE VE KISALTMALAR

A	:Alan
cm	:Santimetre
mm	:Milimetre
$(\Delta i)_{min}$:Minimum görelî kat Ötelemesi
$(\Delta i)_{max}$:Maksimum görelî kat ötelemesi
η_{bi}	:Burulma düzensizliği
L	:Uzunluk
M	:Mağnitüd
K	:Kuzey
G	:Güney
D	:Doğu
B	:Batı
<	:Küçük
>	:Büyük
DAM	: Deprem Araştırma Merkezi
EERI	:Earthquake Engineering and Research Institute
BBC	:British Broadcasting Company
km	:Kilometre
sn	:Saniye
ark	:Arkadaşları

BÖLÜM I

GİRİŞ

Depremler, üzerlerinde bilimsel çalışmaların ve araştırmaların sürekli devam ettiği, ne zaman gelecekleri öngörülemeyen kimlikleriyle insanlık tarihinde korku kaynağı olmuş çok güçlü yer kabuğu hareketleridir. Bu yerkabuğu hareketleri eski çağlardan bu yana, çok değil birkaç yüzyıl öncesine kadar, daha çok mitolojik kavramlarla açıklanmaya çalışılıyordu. İçinde bulunduğumuz bilimsel çağda ise depremlerin niçin ve nasıl oldukları üzerinde çoğunluğun kabul ettiği bir teori üzerinde görüş birliği sağlanmıştır ve bilim, depremleri oluşlarından makul bir süre önce tahmin etmenin yöntemlerini bulmanın çabası içindedir.

Depremler hakkında yapılabilen en eski çalışma kayıt tutmak olmuştur. Yapılan ilk kayıt tutma çalışmalarının da eski Çin Uygarlığı dönemine ait olduğu ve M.Ö. 800-1000 yıllarından itibaren başladığı bilinmektedir. M.Ö. 373 yılında, Maritanos Pelepenes yarımadasının kuzeyinde denize 2 kilometre uzaklıkta bulunan Helice kentinde meydana gelen bir deprem hakkında yazılmış bir yazı da mevcuttur. Bu yazı, depremlerin neden olduğu yıkımlar hakkında bilgi veren ilk tarihi kayıtlardan sayılmaktadır. Aynı yazıda, farelerin ve diğer bazı hayvanların deprem öncesi gösterdikleri garip davranışlardan da bahsedilmektedir.

Dünyanın kuruluşundan bu yana yerkürenin her tarafında olagelen, ancak yaygınlığının kitle iletişim araçlarının da yardımıyla yeni farkına varıldığı bu ürkütücü doğa olayı, yarattığı korkunun yanında bir de “Depreme dayanıklı yapılar yapılabilir mi ?” ya da başka bir ifadeyle “Depremlerde niçin bu kadar çok yapı yıkılıyor?..” sorularını güncelleştirmiştir.

Depremlerde yapıların uğradıkları hasarların tüm dünya bilim adamlarınca uzun yıllar gözlenmesi, yapılan gözlemlerin sonuçlarının ve yaşanan tecrübelerin yayınlar yoluyla paylaşılması, yapılarda “depreme dayanıklılık” olgusunu ortaya çıkarmıştır. Bugün için

yeryüzünün herhangi bir noktasında olması muhtemel bir depremin ne zaman meydana geleceği hakkında kesin bir tarih verilememekte ancak bir yapının verilen büyüklükteki bir depreme karşı dayanıklılık düzeyi doğruya yakın bir oranda öngörülebilmektedir.

Bu çalışmada deprem olgusunun bir kez daha tanıtılması ve yapıların depreme karşı dayanıklı olmalarında mimari tasarımın ne kadar önemli bir süreç olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1 Materyal ve Metod

Çalışmada, betonarme karkas yapılar yukarıdaki sorular çerçevesinde ele alınarak depreme dayanıklılıkta mimari tasarımın öneminin ve tasarım süreci içerisinde uyulması gerekli olan veya tavsiye edilen ilkelerin hesaplara dayalı olmadan incelenmesi hedeflenmiştir.

Bunu yaparken konuyla ilgili geniş bir literatür taraması yapılmış, ADANA'nın Ceyhan ilçesi çalışma alanı seçilerek konu, 27 Haziran 1998 Depremi'ni yaşamış bu kentte depremden ağır, orta ve hafif derecede zarar gören yapılar, yapım tekniği, yapı malzemesi ve tasarım ilkeleri açısından irdelenmiştir.

Diğer konulara geçmeden önce depreme dayanıklı yapı ve depreme dayanıklılık kavramlarının tanımlanması gerekmektedir.

10 Nisan 2000 tarih ve 24016 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Yapı Denetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararname'de depreme dayanıklı tasarım ilkesi şöyle tanımlanmaktadır:

“Bu Yönetmelikte depreme dayanıklı bina tasarımının ana ilkesi; hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir” (Kasım ve ark., 2000) .

Aynı yönetmelikte, yapı hasarı ise şu şekilde tanımlanmıştır:

“Kullanımdan doğan veya doğal afet ve benzeri etkiler nedeniyle ilgili yönetmelikte öngörülen hasarlar hariç, yapının kullanılmasını engelleyen veya yapıda değer eksikliği oluşturan her türlü hasardır” (Kasım ve ark., 2000).

Sağlamlık, rijitlik, enerji tüketme gücü ve sünek davranış özellikleri gibi dayanım şartları çok iyi düzenlenmiş bir yapı orta büyüklükteki depremleri bile hasar görmeden atlatabilir. Daha büyük depremlerde de kendi stabilitesini ve yapıyı kullanan insanları tehlikeye atmaksızın koruyabilir.

Konuyla ilgili olarak verilmesi gereken diğer kavramlar aşağıda tanımlanmıştır:

Dayanım: Bir gerecin çeşitli dış etkilere karşı direnme özelliğidir.

Süneklik: Yapının plastik ve elastik olarak enerji yutma gücüdür.

Rijitlik: Bir yapının veya yapı elemanının, üzerine gelen yüklerin oluşturduğu burulma etkisine karşı gösterdiği dirençtir.

Depremlerle ilgili deneyimler, deneyler ve gözlemlerden, depreme dayanıklı yapı yapmanın temelini mimari tasarım olduğu görülmektedir. Yapıların depremlerde yıkılma nedenleri araştırıldığında, hesap ve yapım hatalarının yanında mimari tasarım hatalarının da birincil neden olarak öne çıktığı gözlemlenmiştir. Depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uygun olarak tasarlanmayan bir yapının sadece hesaplarla depreme karşı dayanıklı kılınmasının mümkün olmadığı ya da çok pahalı statik çözümler gerektirdiği artık anlaşılmiş bulunmaktadır. Bu nedenle mimari tasarım sürecinde dayanım koşulları iyi kavranmalı ve uygulanmalıdır.

Çalışmada öncelikle depremler ve oluşumlarıyla ilgili genel kavramlar verildi. Bunların karmaşık ve ayrıntılı jeofiziksel açıklamalardan çok, diğer bölümlerde yapılacak tanımlamalara ışık tutacak kısa ve öz açıklamalar olmasına dikkat edildi.

Sonraki bölümlerde ise yapıların deprem etkisi altında uğradıkları hasar türleri ile depreme dayanıklı yapı tasarımı süreci ve bu süreçte uyulması gereken mimari tasarım ilkeleri hesap yöntemlerine girilmeden şekillerle ve dünya depremlerinden alınan, ilgili başlığa ilişkin fotoğraflarla tanımlandı, ayrıca deprem sonrası güçlendirme esaslarına da kısaca değinildi.

Son olarak ta, 27 Haziran 1998 Ceyhan (ADANA) depremi, bu depremdaki yapısal hasarlar, deprem sonrası uygulanan güçlendirme çalışmaları ve Ceyhan deprem konutları tezin konusu açısından irdelendi; gerekli görüldükçe de açıklamalar fotoğraflarla desteklenmeye çalışıldı.

Araştırmanın temel amacı depreme dayanıklı bir model üretmek değil, mevcut verileri tanıtmak ve sistemi irdelemektir. Esas olarak ta, depreme dayanıklılıkta mimari tasarımın yerini, depreme dayanıklı bir yapı üretiminin daha mimari tasarım sürecinde başladığını ve tasarımda depreme dayanıklılık bilincinin önemini vurgulamaktır.

1.2 Yerküresinin Yapısı

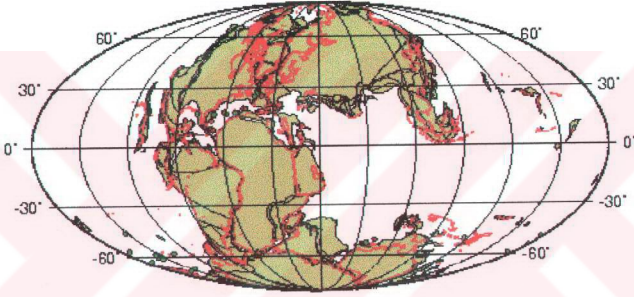
Yeryüzünün iç yapısıyla ilgili olarak jeolojik ve jeofizik verilerin desteklediği ve hala geçerli olan bir yerküre modeli vardır. Buna göre yerkürenin en dış kısmında kıtaların ve okyanusların bulunduğu 70-100 kilometre kalınlığında bir Taşküre (Litosfer) vardır. Daha sonra yaklaşık 2900 kilometre kalınlığında Manto adını alan bir tabaka bulunmakta ve en son olarak ta Çekirdek gelmektedir.

Taşkürenin hemen altında Astenosfer de denilen yumuşak Üst Manto vardır. Bu üst mantoda oluşan konveksiyon akımlarının etkisiyle taş kabuk parçalanmakta ve büyük levhalara bölünmektedir. Konveksiyon akımları mantodaki yüksek ısıya bağlanmaktadır. Konveksiyon akımları yukarılara doğru yükseldikçe taşkürede gerilmelere ve bunun sonucu olarak ta kırılmalara neden olmaktadır. Bu kırılmalar da birbirinden ayrılmış, kendi içinde daha küçük levhaları barındıran ve manto üzerinde bir sal gibi yüzen ana levhaları oluşturmuştur. Halen 10 adet ana levha ve bunların içinde daha küçük olan yüzlerce levha vardır. Bu levhalar birbirlerine göre, insanların hissedemeyeceği bir hızda hareket etmektedirler.

1.3 Deprem

Yeryüzü kabuğu başlangıçta yekpare bir parça iken, milyonlarca yıl boyunca, yukarıda bahsedilen hareketleri sonucu bugünkü halini almış ve günümüzde şu andaki haliyle kıtaların üzerinde bulunduğu büyük tektonik levhalardan oluşmuştur (Şekil 1.1, 1.2). Tektonik levhalar, birbirlerine göre halen hareket halindedirler (Şekil 1.3). Bu hareketleri sırasında bu levhalar birbirlerine çarparlar, sürtünürler ya da biri diğerinin altına girer ve

levhaların birbirlerine değdikleri yüzeylerde büyük enerji birikimleri oluşur. Bu enerji, belli bir birikimden sonra salıverilir. İşte bu salıverilme işlemi, levhaların birbirlerine göre çok ani, şok hareketlerine yol açar. Deprem, bu ani enerji boşalmasının adıdır. Bu hareketler sonucu yeryüzünde fay denilen, uzunlukları ve genişlikleri depremin büyüklüğüne göre değişen kırılmalar olur. Bu ani hareketler sırasında yerkabuğu içinde cisim dalgaları denilen dalgalar büyük bir hızla yol alarak yerkabuğunun sarsılmasına, düşey ve yatay doğrultuda yer değiştirmesine ve bir silindirin yuvarlanmasına benzer şekilde devinmesine yol açar. İşte yıkımlara yol açan etken bu dalgalardır. Ve bu muazzam olay, yeryüzünde bir yıl içinde değişik büyüklüklerde, milyonlarca kez tekrar eder.

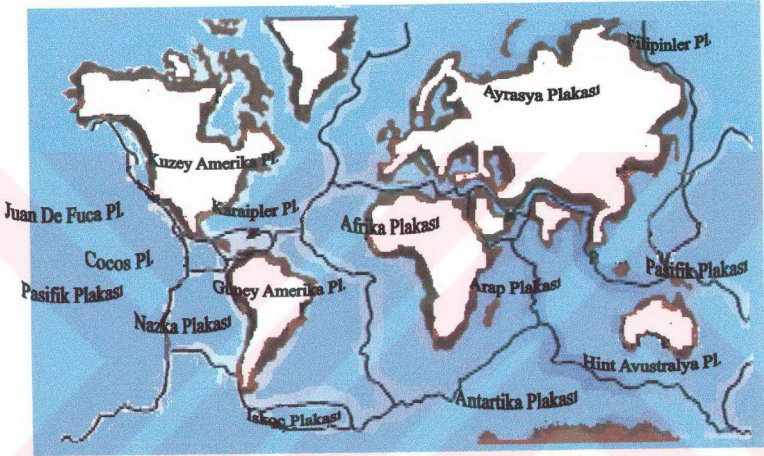


Şekil 1.1. Yeryüzünün 150 milyon yıl önceki durumu

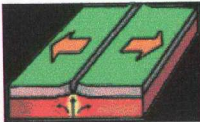
Bu açıklanan depremler tektonik depremler olarak adlandırılan depremlerdir. Bunlardan başka volkanik ve çöküntü depremleri vardır. Volkanik depremler, volkanların harekete geçmesi ile, yerkabuğunun derinliklerinde bulunan ergimiş magmanın yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar neticesi oluşan gazların neden oldukları patlamalarla meydana gelirler. Türkiye’de aktif yanardağ olmadığı için volkanik deprem de olmamaktadır, ancak Japonya ve İtalya’da olan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir. Çöküntü depremleri ise yeraltındaki büyük mağaraların, tuzlu arazilerdeki boşlukların tavanlarının ve kömür ocaklarındaki galerilerin çökmesiyle oluşurlar. Bu depremlerin etkileri dar bir alanı etkiler ve yıkıcı etkileri yoktur. Çok büyük meteorların yeryüzüne çarpması da sarsıntılara neden olabilmektedir.

Türkiye coğrafi alanının %92'si deprem bölgesi içerisinde, nüfusunun %95'i deprem tehdidi altındadır. Büyük sanayi bölgelerinin %98'i, barajların %93'ü deprem tehlikesi altındadır (Şekil 1.4).

Türkiye'deki depremler tektonik depremler sınıfına girmektedir. Bu nedenle tektonik depremlerle ilgili başlıca bazı tanımları ve kavramları hatırlatmakta fayda mülhaza edilmektedir.



Şekil 1. 2 Yeryüzünün bugünkü durumu ve tektonik levhalar (USGS)



Birbirinden uzaklaşan levhalar
hareket eden levhalar
(Okyanus Ortaları)
Anadolu Fayı,

Birbirine yaklaşan levhalar
(Güney Ege Denizi, Kafkasya, Şili, Hindistan)

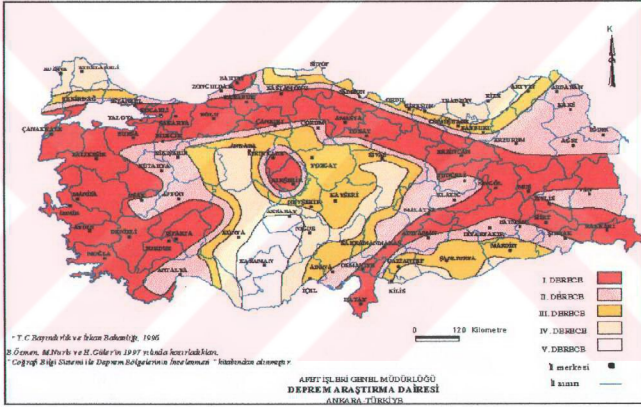
Yanal
(Kuzey
Kalifornia

San Andreas Fayı)

Şekil 1. 3 Tektonik levhaların hareket türleri (USGS)

i- Boyuna dalgalar (P dalgaları- Primer dalgalar):

Ses dalgalarına benzerler. Hızları en fazla olan dalgalardır ve kayıt istasyonlarına ilk bu dalgalar ulaşır. Hızları 7-8 km/sn kadardır. Bu dalgaların yayılması sırasında titreşim hareketi dalganın yayılma doğrultusundadır. Bu nedenle boyuna dalgalar olarak adlandırılırlar. İçinden geçtikleri cisimlerin taneciklerini birbirlerine yaklaştırır ya da uzaklaştırırlar ve bu nedenle basınç/dilatasyon dalgaları da denilir. Bu dalgaların hızları yerin derinliklerine doğru gittikçe artar ve çekirdek-manto sınırında 13 km/sn'yi bularak en yüksek değerine ulaşır. Primer dalgalar sıvı ve gaz maddeler içinde de yayılabilmektedir.



Şekil 1.4 Türkiye deprem bölgeleri haritası (Deprem Araştırma Dairesi)

ii- Enine dalgalar (S dalgaları):

Bu dalgaların hızları primer dalgalara göre daha azdır. Ölçüm istasyonlarına ikinci olarak geldiklerinden sekonder dalgalar adı verilmiştir. Yerkabuğundaki taneciklerin titreşimi dalganın yayılma doğrultusuna diktir. S dalgaları sıvı maddeler içinde yayılamazlar. Yerkabuğu içindeki yayılma hızları 3,45- 4,10 km/sn olarak belirlenmiştir. Bu dalgaların

hızları da yerin derinliklerine doğru gittikçe artar. Manto-Çekirdek sınırında yaklaşık iki kat artarak 7 km/sn'ye ulaşır.

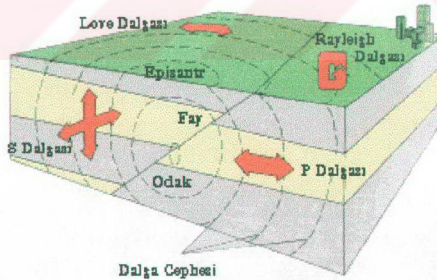
Bu iki dalganın ortak tür adı cisim dalgalarıdır. Bunlardan başka yüzey ya da L dalgaları da denilen, periyotları 1 saniye ile 1 dakika arasında değişen ve cisim dalgalarının yerin içinde yansımından sonra yüzeye çıkması ile oluşan dalgalar vardır. Bu dalgalar ölçüm istasyonlarına en son gelen dalgalardır ve sismogramlar üzerinde en şiddetli hareketleri bunlar gösterirler.

iii- Rayleigh dalgaları:

Yüzey dalgalarının bir türüdür. Yerin serbest yüzeyinde oluşurlar. Hızları yaklaşık 3,8 km/sn'dir.

iv- Love dalgaları

Farklı elastik dalga hızına sahip tabakaların bulunduğu ortamlarda, hızı daha az olan tabakanın üst ve alt sınırından tekrar tekrar yansıyan ve frekansları birbirine yakın olan dalgaların girişimi sonucu oluşurlar. Bu dalgaların genlikleri derinlikle birlikte azaldığından derin odaklı depremlerde kaydedilememektedir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Deprem dalgaları şematik gösterimi

v- Merkez Üssü (Hiposantr):

Bu aslında bir nokta değil, yerin içinde depremin enerjisinin ortaya çıktığı bir alandır. Ancak pratik uygulamalarda kolaylık açısından nokta diye anılmaktadır. Odak noktası veya iç merkez olarak ta adlandırılır.

vi- Dış Merkez (Episantr):

Odak noktasına yeryüzündeki en yakın alandır. Bu da bir alan olmasına rağmen nokta diye adlandırılır. Depremin en şiddetli hissedildiği ve hasar etkisinin de en büyük olduğu alandır. Bu alanın büyüklüğü depremin büyüklüğüne göre yüzlerce kilometrekareyi bulabilir.

vii- Odak Derinliği:

Depremde enerjinin ortaya çıktığı noktanın yeryüzünden en kısa uzaklığı odak derinliği olarak adlandırılır. Odak derinliği depremler için aynı zamanda bir sınıflandırma aracı da olmaktadır. Odak derinlikleri 0-60 kilometre olan depremler sığ depremler, 70-300 kilometre olanlar orta derinlikte depremler, 300 kilometreden daha derinlerde olan depremler de derin depremler olarak isimlendirilirler. Türkiye'deki depremler genellikle sığ depremlerdir. Derin depremler daha geniş bir alanda hissedilirken çok büyük yıkımlara yol açmazlar. Sığ depremler ise daha dar bir alanda hissedilirler ancak daha fazla hasara neden olurlar.

viii- Öncü Deprem:

Ana depremden önce meydana gelen küçük şoklardır. Ancak bir deprem ya da depremlerin öncü olduklarını kestirmek hemen hemen imkansızdır ve ancak ana deprem olduktan sonra bunların öncü oldukları anlaşılır.

ix- Artçı Deprem:

Ana deprem sonrası meydana gelen, genellikle ana depremden daha küçük olan şoklardır. Bunların sayısı ve süresi için bir üst sınır yoktur. Birkaç yıl bile devam edebilir.

x- Tsunami:

Odağı deniz ve okyanus diplerinde olan derin depremlerden sonra oluşan dev dalgalara bu ad verilir. Oluştığı çevreye göre çok büyük hasarlara sebep olabilirler. 1896'da Japonya'da meydana gelen bir deprem sonrası oluşan tsunami otuz bin insanın ölümüne neden olmuştur.

xi- Sıvılaşma (Liquefaction):

Kum, kil gibi gevşek malzemelerden oluşan yer katmanlarının deprem etkisi ile sıvıların davranışına benzer davranışlar göstermesidir. Basınç etkisiyle, kumun zayıf noktalardan tıpkı su gibi yeryüzüne fişkırdığı görülmüştür.

1.3.1 Deprem ölçüm birimleri

Deprem büyüklüklerini ölçmek ve sınıflandırmak için iki farklı ölçü kullanılmaktadır. Bunlar, büyüklük (magnitüd) ve şiddettir. Magnitüde ilişkin hesap yöntemi ve bir deprem için elde edilen değerler aynı olmakla birlikte, aynı depremin şiddetine ilişkin değerlendirmelerde kullanılacak değişik şiddet cetvelleri vardır.

1.3.1.1 Mağnitüd:

Depremlerde ortaya çıkan toplam enerjinin bir ölçüsüdür. 1930 yıllarında Amerikalı profesör C. Richter tarafından geliştirilmiştir ve kendi adıyla anılarak Richter Mağnitüdü terimiyle ifade edilmektedir.

Türkçe'de Richter Ölçeği diye adlandırılır. Richter büyüklüğü genellikle yüzey dalgalarından hesaplandığı gibi, yüzey dalgaları kaydedilemeyen ve çok uzaklardan, yerin içinden gelen hacim dalgalarından da hesaplanır.

Prof. Richter, deprem dış merkezinden 100 kilometre uzağa ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütme, özel periyodu 0.8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson Sismografi ile) kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin büyüklüğü (Mağnitüd) olarak tanımlamıştır.

Depremiñ büyüklüğü hacim dalgalarından hesaplandığı gibi yüzey dalgalarından da hesaplanabilir. Hacim dalgalarından hesaplanan büyüklük “m” ile, yüzey dalgalarından hesaplanan büyüklük te “M” ile gösterilmektedir ve bunların birbirlerine dönüşümünü sağlayan bağıntılar bulunmaktadır.

Richter büyüklüğünün belli bir üst sınırı yoktur. Ancak 1900 yılından bu yana kaydedilen en büyük deprem 22.05.1960 tarihli Şili depremidir ve $M=9.5$ büyüklüğündedir. Dünyanın en büyük 5 depremine ait veriler Çizelge 1.1’de verilmiştir (Çizelge 1.1)

Türkiye sismik açıdan aktif bir bölgededir ve $M=6$ büyüklüğünü aşan depremler belli bir sıklıkta cereyan etmektedir (Çizelge 1.2).

İstatistikse veriler, depremlerin büyüklüklerine göre belirli bir sıklıkta olduğunu göstermektedir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.1 Dünyada, aletli ölçüm döneminde olmuş en büyük 5 deprem (USGS)

Tarihi:	Yeri:	Büyüklüğü:
22.05.1960	Şili	9,5
28.03.1964	Alaska	9,2
01.11.1952	Rusya	9,0
31.01.1906	Ekvator	8,8
09.03.1957	Alaska	8,8

1.3.1.2 Şiddet:

Bir depremin şiddetinin değerlendirilmesi bazı sübjektif gözlemler kullanılarak yapılır. Depremiñ insanlarca hissedilmesi, yapılar üzerindeki etkileri ve arazi üzerindeki etkilerine göre yapılan gözlemler ve tespitlere göre o depremin şiddeti belirlenir.

Çizelge 1.2 Türkiye’de, Cumhuriyet döneminde olmuş bazı büyük depremler (Kandilli Rasathanesi)

Tarihi:	Yeri:	Büyüklüğü:
31.03.1928	Torbalı-İzmir	6.5
26.12.1939	Erzincan	8.0
26.11.1943	Tosya-Ladik	7.6
28.03.1970	Gediz	7.2
24.11.1974	Çaldıran	7.2
27.06.1998	Ceyhan-Adana	6.2
17.08.1999	Gölcük-İzmit	7.4

Çizelge 1.3 Depremlerin büyüklüklerine göre yıllık oluş adedi (USGS)

Büyüklik	Yıllık Oluş Adedi
8’den büyük	1
7- 7,9	18
6-6,9	120
5-5,9	800
4-4,9	6200
3-3,9	49000
2-2,9	1000 (Günde)
1-1,9	8000 (Günde)

Türkiye’de en çok kullanılan şiddet cetveli MSK-MM (Medmedev-Sponhauer-Karnik ve Modifiye Merkalli)şiddet cetvelleridir. Başka ülkelerde değişik cetveller de kullanılmaktadır. Şiddet cetvellerinde I’dan XII’ye kadar şiddet değeri verilir.

Ülkemizde kullanılan MSK-MM şiddet cetveli şöyle özetlenebilir:

I.Derece: İnsanlar tarafından hemen hiç hissedilmez. Belli belirsiz bir şeydir.Duyulma ve duyulmama arasındaki sınırı belirler. Ancak sismograflar tarafından kaydedilir.

II.Derece: İstirahat eden (oturan, yatan) ve yapıların üst katlarında bulunan kişilerce duyulur.

III.Derece: Yapıların içinde ve özellikle üst katlarında bulunanlar tarafından açıkça hissedilir. Ancak bazı insanlar bunu bir deprem olduğunu anlayamaz. Duran araçlar hafifçe sallanır.Sanki çok ağır bir motorlu araç geçiyormuş gibi hissedilir.Süresi tahmin edilebilir.

IV.Derece: Gündüz yapı içinde bulunan pek çok kişi duyabilir.Gece uyuyanları uyandırabilir. Mutfak eşyaları, pencereler ve kapılar sarsılır.Duvarlarda çatlama sesleri duyulur.Duran araçlar sarsılır.

V.Derece: Hemen herkes tarafından duyulur.Uykudan uyandırır.Pencereler kırılabilir.Sıvalar çatlayabilir.Sağlam ve dengeli olmayan bardak, vazo ve sürahi benzeri eşyalar devrilebilir. Sarkaçlı saatler durabilir. Ağaçların ve elektrik direklerinin sallandığı görülür.

VI.Derece: Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Ağır mobilyalar yerinden oynar.İyi yapılmamış taş,tuğla ve kerpiç yapılarda önemli çatlaklar olur. Bacalar devrilebilir. Sıvalarda dökülmeler olur. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.

VII.Derece: İnsanlar ayakta durmakta güçlük çekerler. İyi yapılmamış taş ,tuğla ve kerpiç yapılarda ağır hasar ve yıkıntı olabilir.Bazı bacalar tamamen yıkılır.İyi yapılmamış yığma yapı duvarlarında hafif çatlaklar olur. Betonarme yapılarda ara duvarların çerçeve ile temas ettikleri yerlerde çatlaklar olur. Malzemesi ve dizaynı kötü yapılarda önemli ölçüde hasara neden olur.

VIII.Derece: İyi yapılmamış taş, tuğla ve kerpiç yapılarda ağır hasar veya tümü ile yıkılma olur. İyi yapılmış yığma kargir yapılarda ağır hasar olur. Ahşap karkas yapılarda çerçeve sistemlerinde hasar olur. İyi yapılmamış betonarme karkas yapılarda taşıyıcı sistemde çatlaklar oluşabilir .Arazide kum fıskırmaları, çatlaklar, fay kırılmaları olur. Kaya düşmesi ve yamaç kayması olabilir. Ağır mobilyalar devrilir.

IX.Derece: Yığma kargir yapılar yıkılır ya da çok ağır hasar görür. Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemde mafsallaşma başlar. Donatıyı örten beton kabuk dökülür, donatı etriyelerinden ayrılır ve burkulma olur. Betonarme yapılarda önemli yatay ötelemeler ve düşeyden sapmalar olur.Yerde büyük çatlaklar oluşur.Yer altı su boruları kopar.

X.Derece: İyi yapılmamış ahşap karkas, betonarme yapılarda çok ağır hasar ya da yıkılma başlangıcı görülür. Taş ve tuğla kargir yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolu rayları bükülür, çamur ve kum akmaları olur (Foto 1.1).

XI.Derece: Pek az yapı ayakta kalır. Köprüler harap olur. Yer kaymaları önemli boyutlara ulaşır.

XII.Derece: Yeryüzünde deprem dalgalarının geçişi görülür, eşyalar ve cisimler havaya fırlar. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür.

Şiddet cetveli I-V dereceleri arasında insanlarca duyulma ve yapı içinde bulunan eşyalar üzerindeki etki aşamalarına göre sınıflandırılmıştır. V şiddetinden sonra yapılarda hasarın başladığı kabul edilmiştir. VII şiddetinden sonra ise arazide etkilerin olacağı kabul edilmiştir.

Mağnitüd ile şiddet arasında, birbirlerine karşılıklık açısından da bir sınıflandırma yapılmıştır. Buna göre, tam olmamakla birlikte ikisi arasında bir bağlantı kurulmuştur (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4 Mağnitüd-şiddet bağlantıları (Kandilli)

Şiddet:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Mağnitüd:	1-3	3	3,9	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

Depremler, $M=3$ 'ten küçük büyüklüklerde çok çok hafif (Very minor), 3-3,9 arası çok hafif (Minor), 4-4,9 arası hafif (Light), 5-5,9 arası orta şiddette (Moderate), 6-6,9 arası şiddetli (Strong), 7-7,9 arası çok şiddetli (Major) ve 8'den fazla büyüklüklerde çok çok şiddetli (Great) olarak adlandırılırlar (USGS).



Foto 1.1 1999 Gölcük Depremi, $M=7,4$

1.4 Deprem ve Mimarlık

Tasarıma birinci unsur olarak katılan mimarın **depreme** dayanıklı yapı yapılması, can ve mal kaybının önlenmesi ya da en azından minimuma indirilmesi açısından sorumluluğu büyüktür. Depremlerdeki can ve mal kaybının hemen hemen tümü, insan elinden çıkmış yapıların hasar görmesi ya da yıkılması sonucudur. Depremin çıplak arazide can kaybına yol açtığı durumlar çok enderdir.

Burada mimara düşen görev, inşaat mühendisi ile sürekli bir koordinasyon içinde, gerektiğinde estetik kaygılarından da belli bir oranda taviz vererek tasar üretmek ve sonuçta depreme dayanıklı bir tasarım yaptığından emin olmaktır



BÖLÜM II

BETONARME YAPILARDA DEPREM HASARLARI

2.1 Betonarme Yapılarımızın Özellikleri

Bu bölümde, ülkemizde üretilen betonarme yapıların özellikleri malzeme, yapı elemanlarının tasarımı ve taşıyıcı sistem tasarımı başlıklarında incelenecektir.

2.1.1 Malzeme

Betonarme yapılar, çoğunlukla B160 denilen ve 28 günlük küp dayanımı 160 kg/cm^2 olması gereken kalitede beton ile yapılmaktadır. Ancak, yapılan beton imatları pratikte çok ender olarak bu dayanıma ulaşabilmektedir. Çoğu yapılarda beton dayanımı, $80\text{-}100 \text{ kg/cm}^2$ 'ye ancak ulaşabilirken en iyi durumda 120 kg/cm^2 civarında olmaktadır. Bu yetersizlik, yıkanmamış kum, granülometrisi kurallarına göre ayarlanmamış agreganın kullanımından ve akıcılığı kolaylaştırmak için su/çimento oranının çok yüksek tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Ocaklardan çıkarılan malzeme, laboratuvar ortamında deneysel hiçbir incelemeye tabi tutulmadan yapı ustalarının öylece kullanılmakta, ince malzemesi (fine material) ve kili çok olan malzeme kalıp işçiliği kolay olduğundan, ayrıca pürüzü az yüzeye sahip bir ürün verdiği için de özellikle tercih edilmektedir. Zaten agreganın piyasadaki adı da beton kumudur.

Malzeme açısından kaliteyi düşürücü en önemli parametre ise kuşkusuz su/çimento oranıdır. Bu problem hazır betonda da, geleneksel yöntemlerle dökülen betonlarda da vardır. Geleneksel olarak betoniyerlerle karılıp beton arabalarıyla, piyasada beton ekibi diye anılan ekipler tarafından dökülen betonlarda bu problem, betonun kolay yüklenmesi ve boşaltılmasını sağlama kaygısından kaynaklanmaktadır. Hazır betonda ise sorun, pompacının betonu daha çabuk ve kolay dökme kaygısından; kalıpcı ustasının, betonun yerleşimi için vibratör kullanmaya gönülsüzlüğünden, yüklenicinin ise vibratöre ilişkin harcamalara sıcak bakmaması

gibi parametrelerden birinin ya da birkaçının bir araya gelmesinden kaynaklanmaktadır. Tüm bunlara karşı, hizmeti satın alan ve kullanıcı olan tarafın can ve mal güvenliğini sağlamak için eğitim ve zorlayıcı yasal tedbirlerin işlevselliğinin olmayışı, sonuçta ağır tablolarla karşılaşılmaya neden olmaktadır.

2.1.2 Tasarım ve uygulama

Tasarım aşaması, ülkemiz genelindeki yapıcılık faaliyetlerinin üzerinde en az durulan aşamasıdır. Kuşkusuz bunun çok farklı nedenleri vardır.

Müşteri olarak proje talep eden taraf proje maliyetinden yakınmakta, bir şekilde edindiği projede uygulanması istenen mimari tasarım ve taşıyıcı sistem ilkelerine uymadan yapılar üretmektedir.

Tasarımcı ise, ücret azlığından yakınmakta, verilen ücretin yapılacak daha ileri çalışmaların maliyetini karşılayamadığını ileri sürmektedir. Ayrıca işin fenni uygulama sorumluluğunu da almakta, ancak gerekli teknik kontrolleri yeterince yapmamakta veya yapmamaktadır. Dolayısıyla fenni sorumluluk için alınan ücret, proje ücretinin bir düzeltmesi olarak fonksiyon görmektedir. Tüm bunların ortak bir sonucu olarak mimari ve statik tasarımlar gereken özen gösterilerek yapılamamaktadır.

Tasarımda mimari kriterlere dikkat edilmemektedir. Bütün coğrafyası bir deprem bölgesi olan ülkemizde, üçüncü bölümde değinilecek mimari kriterlere uyan çok az proje vardır. Tasarımlarda, sarkan giriş görünmemesi gibi estetik bir kaygıdan hareketle asmolon briket döşemeler kullanılmaktadır. Rant getiren arsalarda yumuşak kat/ tehlike katı oluşturacak mimari tercihlere yönelilmektedir. Böyle bir mimari tercihin gerektirdiği ek statik hesaplar yapılmamaktadır. Konsollar çok sık kullanılmaktadır. Ender de olsa, büro/işyeri olarak kullanılacak katlarda, betonarme karkas yapılarda ana taşıyıcı sistemi oluşturan kolonlar iptal edilmekte ve bu kolonların yükleri tamamen girişlere aktarılmaktadır. Perde duvar ise hemen hiç kullanılmamaktadır.

Statik tasarımlarda girişler kolonlardan daha güçlü yapılmakta, bu da deprem kuvvetleri gibi yanal kuvvetler altında, kolon giriş düğüm noktalarında kolonların kırılmasına neden olmaktadır. Bu hatalı yaklaşımın nedeni yine yanal yüklerin hiç hesaba katılmaması,

kolonların sadece düşey yüklere göre tasarlanmasıdır. Oysa güçlü kiriş-zayıf kolon yerine, güçlü kolon-zayıf kiriş prensibi, depreme dayanıklı yapı üreten bütün ülkelerde uzun yıllardan beri uygulanmaktadır.

Bazı kolonların kullanıcı tarafından iptali istemi, bundan dolayı taşıyıcı sistemde ortaya çıkan gereklilikler sonucu kirişlerin birbirlerine saplanması sıklıkla karşılaşılan bir uygulamadır. Bu uygulama yapım esnasında olduğu gibi, kullanımda olan binalarda kullanıcı ve kullanım amacı değişikliği dolayısıyla ortaya çıkan nedenlerle, mevcut kolonların kesilerek ortadan kaldırılması şeklinde de yapılmaktadır. Projesinde minimum çapta seçilen ve 25-30 santimetre olarak verilen etriye aralıkları uygulamada daha da açılmakta, gerek kolon, gerekse kiriş etriyelerinde sıklaştırma hiç yapılmamaktadır.

Tasarım ve uygulama aşamasında göz önüne alınmayan bir diğer önemli faktör de yapının üzerinde yer alacağı zemin koşullarıdır. Ülkemizde, yeni bir yerleşim alanı açılırken zemin koşulları çoğunlukla dikkate alınmamaktadır. Daha çok arsanın ticari değeri düşünülerek üzerinde yapı yapılmaması gereken bir arsada inşaat yapılmakta, zemin bir kez yapı alanı olarak belirlendikten sonra da, yapının maliyeti düşünülerek zemini iyileştirici imalatlardan kaçınılmaktadır.

Tüm bunların sonucu olarak deprem kuşağında yer alan ülkemiz yapıları, depreme hazırlıksız yakalanmakta ve Richter Ölçeği ile 6,1 büyüklüğündeki bir deprem, 7 büyüklüğündeki bir depremin yıkıcı etkisini yapmaktadır.

2.2 Betonarme Yapıların Deprem Yükleri Altında Davranışları

Bu bölümde betonarme yapıların deprem yükleri etkisi altında davranışları ve bu yapılarda oluşan hasarlar, sıva çatlaklarından başlayarak ileri düzeydeki hasarlara kadar sırayla incelenecektir.

2.2.1 Sıva çatlakları

Betonarme yapılarda deprem hasarları sıva çatlakları ile başlamaktadır. Sıva çatlakları, örneğin su elektrik tesisatlarına ait boruların üzerindeki sıva tabakalarının çok ince (1-2cm.)

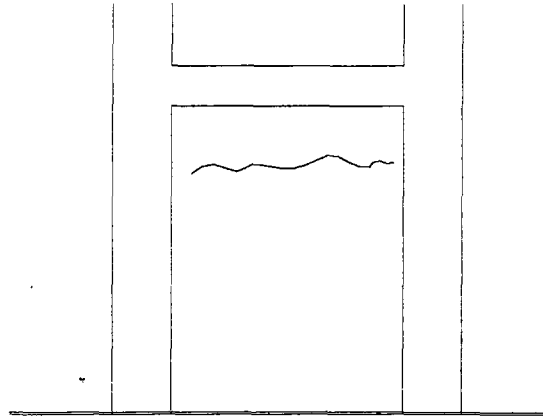
olduğu durumlarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Ve ilk olarak bu boruların geçtiği yerlerde oluşmaktadır (Şekil 2.1).

Çatlaklar daha sonra betonarme çerçeve ile bölme duvarı arasında oluşmakta, bu oluşum da önce bölme duvarı ile kiriş arasında, daha sonra da duvar ile kolonların birleşim hatları boyunca meydana gelmektedir. Bu aşamada kalan hasarlarda, betonarme çerçeveyi meydana getiren yapı elemanlarında genellikle bir hasar olmamaktadır (Şekil 2.2).

2.2.2. Bölme duvar hasarları

Şiddeti daha büyük olan depremlerde ise, yapı bölme duvarlarının boşluklu beton briket (cüruf briketi) gibi nispeten zayıf malzemeden yapıldığı durumlarda hasar, bölme duvarlarına ilerlemektedir. Çatlakların X biçiminde, yani duvar köşegenlerine doğru çapraz olarak ilerlediği durumlarda hasarın duvar içinde de devam ettiği sonucuna varılır (Şekil 2.3).

Bölme duvarının ileri derecede hasar görmesi durumunda, oluşan X şeklindeki çatlağın üzerinde sıva patlamaları da olacak ve tuğlalar yer yer görünecektir. Bu durumda bölme duvarından beklenen enerji söndürümü maksimum düzeye gelmiş demektir (Şekil 2.4).

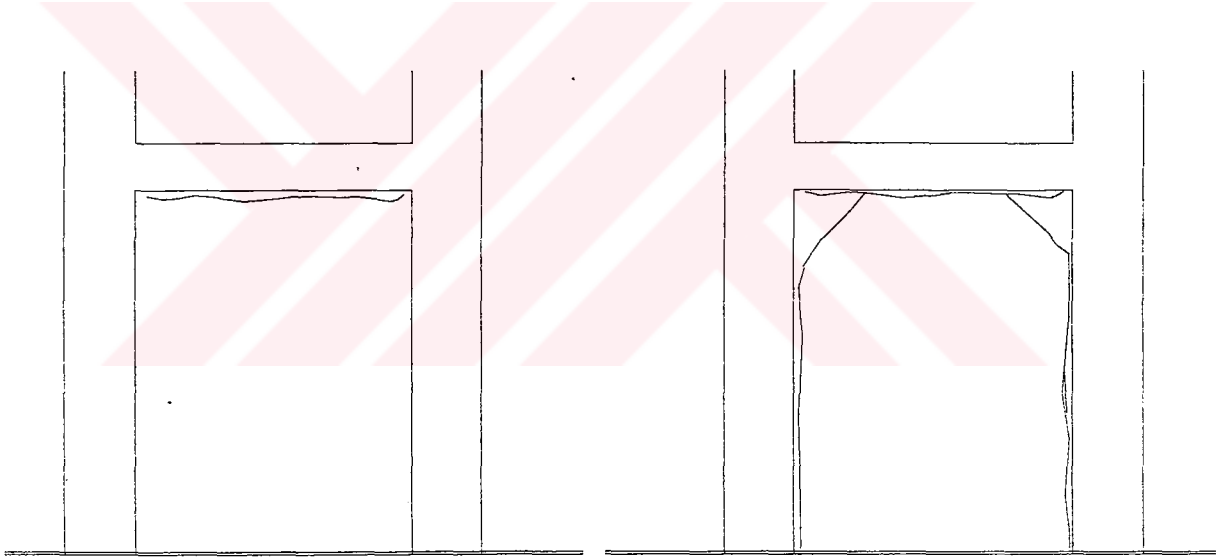


Şekil 2.1 Bölme duvarda tesisat borusu üzerinde sıva çatlağı

Bölme duvarların yüksekliklerinin fazla olması durumunda, bu duvarların üst noktaları boyunca kırılıp çerçeveden ayrılması ve döşemeye düşmesi ihtimali vardır (Şekil 2.5).

Bölme duvarlarda boşluklar açılması durumunda ise, çatlaklar bu kez boşluğa ait köşelerden başlangıç alarak ilerlemeye başlamaktadır (Şekil 2.6). Boşluk, üst taraftan kirişe ya da hatıla kadar devam ettiğinde ise boşluğu çeviren yan duvarların devrilme tehlikesi doğmaktadır.

Bölme duvarların tamamen kırılıp enerji söndüremez duruma gelmeleri, taşıyıcı güçlerinin üstündeki bu yükü artık betonarme çerçeveye devretmeleri anlamına gelmektedir. Betonarme çerçevelerde ise, gelen enerjinin sönmülmesi statik anlamda kolon ve kirişlerde olmakta, meydana gelen hasarlar da bu elemanların taşıyıcılık işlevselliğini kısmen veya tamamen ortadan kaldırmaktadır.

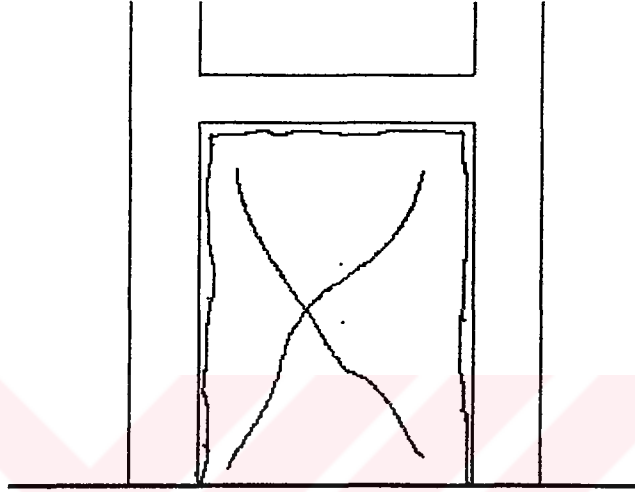


Şekil 2.2 Bölme duvarı-çerçeve arasında sıva çatlakları

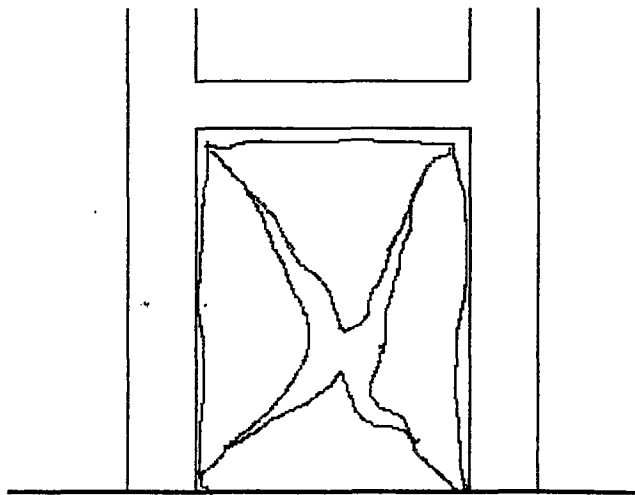
2.2.3. Betonarme çerçeve hasarları

Betonarme yapılarda deprem kuvvetlerinin neden olduğu hasarlar, genellikle kirişler kolonlardan daha güçlü imal edildikleri için önce kolonlarda başlamaktadır. Depremi yapılaraya yüklediği enerji, kolon-kiriş düğüm noktasındaki rijit bağlantının mafsallaşması ile tüketilmektedir. Dolayısıyla bölme duvarları üzerine gelen aşırı yük, çerçevede kolon

tarafında çekme ve basınç hasarları oluşturmakta ve en son olarak ta kolon uçlarında mafsallaşma gerçekleşmektedir.

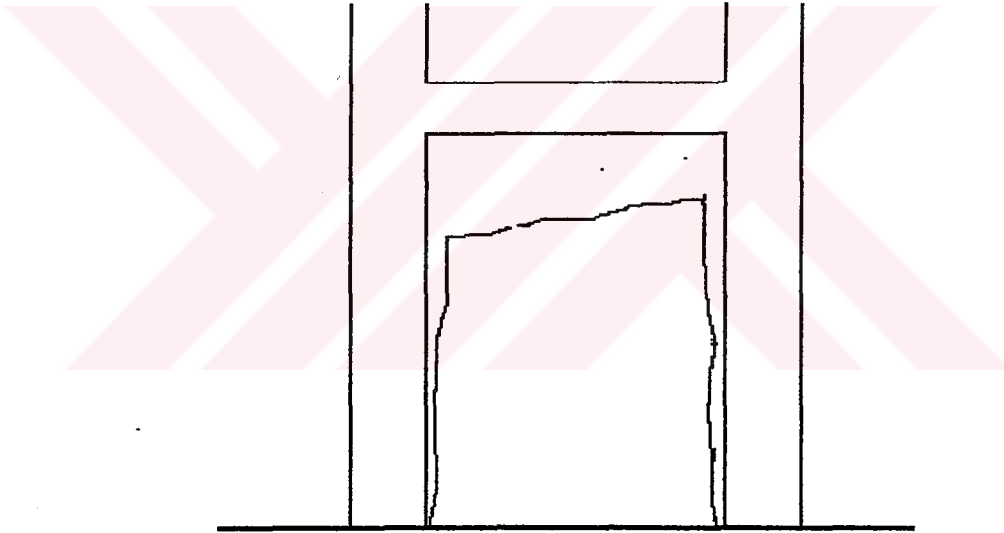


Şekil 2.3 Bölme duvarda sıva ve duvar hasarı başlangıcı



Şekil 2.4 Bölme duvarda ileri düzeyde hasar

Deprem kuvvetinin etkime yönüne göre kolonun bir yanında önce çekme çatlakları oluşmaktadır. Daha sonra deprem kuvvetleri tersini yön değiştirince bu kez çekme çatlağı oluşan tarafa basınç kuvveti etkimekte ve beton ezilmektedir. Deprem süresince bu şekilde süregelen çekme ve basınç etkileri nihayet betonun dağılmasına kadar varmaktadır. Ve eğer kolonda sarılma bölgesi oluşturulmamışsa beton ezilmesi etriye ve ana donatı içinde kalan ve çekirdek beton denilen bölgeye kadar ilerlemektedir (Şekil 2.8, 2.9). Yeterli düzeyde sıklaştırma yapılmış ise çekirdek beton ezilmesi ya hiç olmamakta, ya da çok şiddetli depremlerde meydana gelmektedir



Şekil 2.5 Yüksek bölme duvarlarda üst sıraların devrilme ihtimali vardır

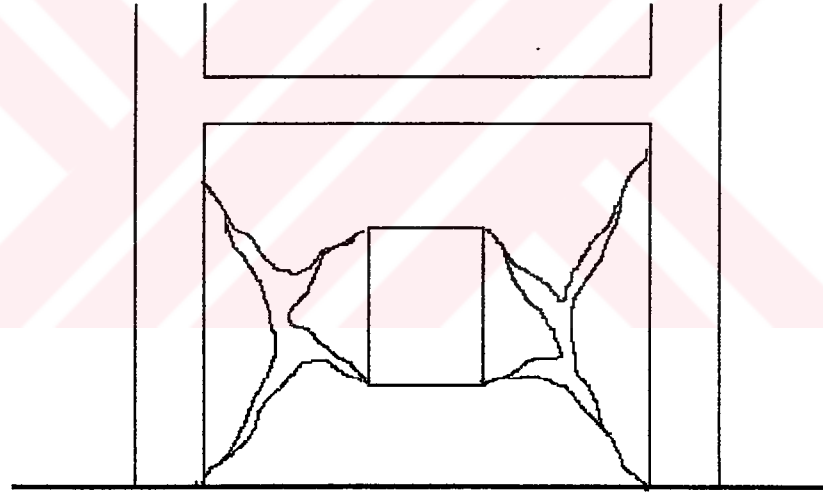
Betonun ezilmesi sonucu kolon düşey yükleri taşıyamamakta, etriyeler açılıp boyuna donatılar dışarı doğru burkulmaktadır. Bu flambaj kolon boyunu da kısaltmaktadır (Şekil 2.10). Yeterli sıklaştırma yapılmış olan kolonlarda hasar düzeyinin şiddetli depremlerde bile Şekil 2.9'da verilen düzeyde kalabilmektedir. Ancak bunu için gerekli şart, betonun hesaplarda öngörülen basınç dayanımında imal edilmiş olmasıdır.

2.2.3.1 Kolonlarda kesme hasarı

Kolonun, kesme kuvveti taşıma gücü yetersiz ise kolonda kesme hasarı oluşacaktır. Bu hasar kolonlarda 45 derece eğimli çatlaklar olarak kendini göstermektedir. Kesme çatlakları da enine donatı olarak adlandırılan etriyelerin çapının ve aralığının yetersiz olması, sıklaştırmanın yapılmaması veya sıklaştırmanın yetersiz yapılmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 2.11).

2.2.3.2 Kolonlarda aderans yetersizliği

Beton ile donatı arasında aderans yetersizliği olduğunda orta şiddetli, hatta düşük şiddetli depremlerde bile ana donatı üzerindeki kabuk beton çatlamakta, ya da düşmekte veya donatı betondan sıyrılıp ayrılmaktadır (Şekil 2.12).

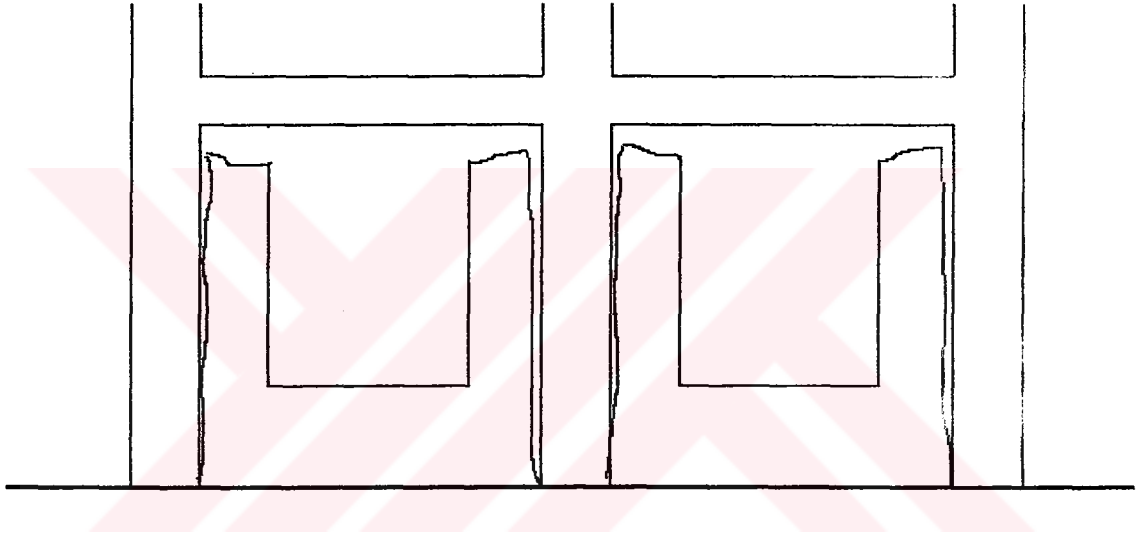


Şekil 2.6 Pencere boşluğu olan bölme duvarda hasar oluşumu

Aderans yetersizliği sadece yukarıda belirtilen etkenlerden değil, bazen donatının kolon kesitine göre çok fazla olması durumunda da oluşabilir. Çünkü bu durumda donatı çubukları arasında beton girmemekte, çekirdek beton ile bırakılan pas payı-kabuk beton arasında bütünsellik sağlanamamaktadır. Böylece tek başına ayrı bir vücut gibi duran kabuk beton çok küçük depremlerde bile kopup düşebilmektedir. O halde aşırı donatı miktarı da sisteme faydadan çok zarar verebilmektedir.

2.2.3.3 Kolonlarda basınç hasarı

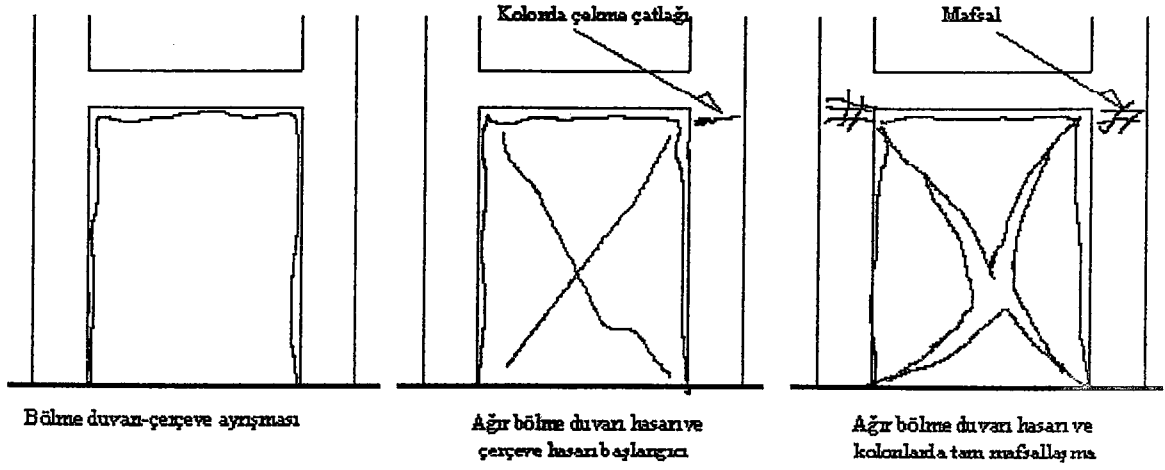
Kolona gelen eksenel yük kolonun taşıma kapasitesinden fazla olduğunda oluşan bir hasar türüdür. Donatı akma gerilmesine ulaşmadan betonun ezilmesi ve basınç dayanımını kaybetmesi sonucu ortaya çıkar. Gevrek bir kırılma türüdür ve enerji tüketme miktarı çok azdır. Bu hasar türü ülkemizde daha çok betonların basınç dayanımının düşük imal edilmesinden dolayı oluşmaktadır (Şekil 2.13).



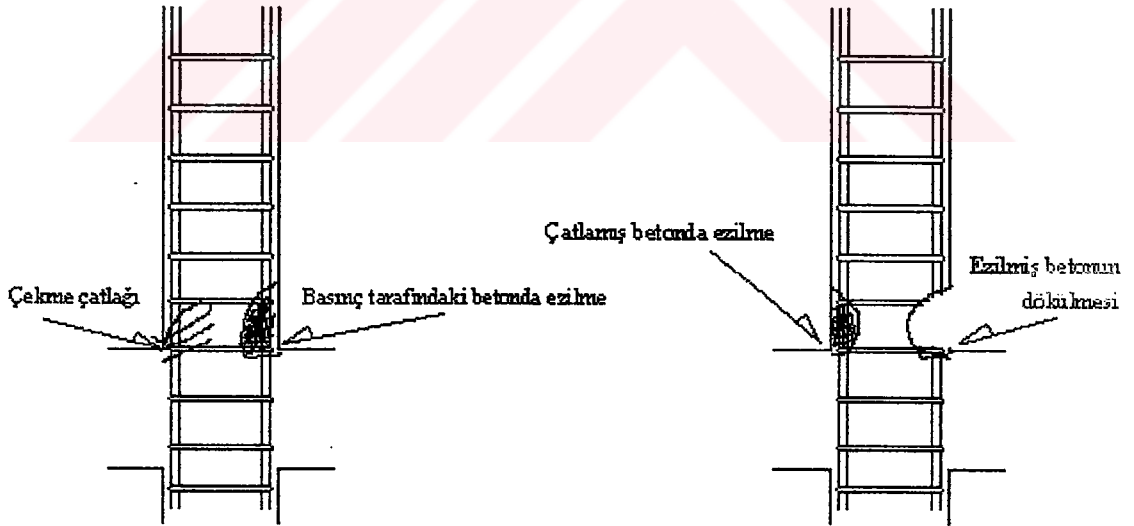
Şekil 2.7 Pencere boşluklarının kirişlere kadar yükseldiği durumda hasar

2.2.3.4. Kolonda burulma hasarı

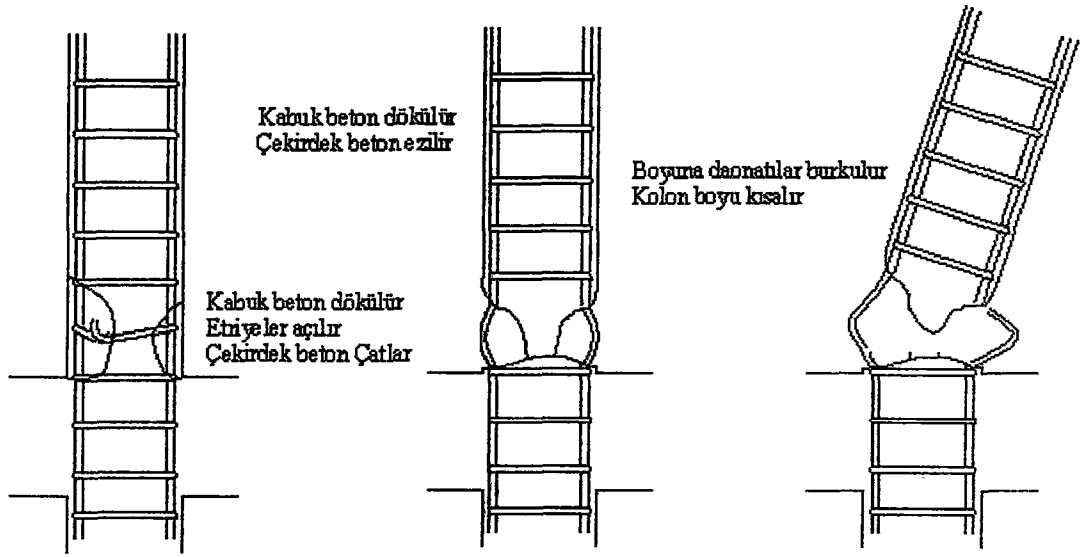
Kolonlarda özellikle deprem kuvvetlerinin uyguladığı burulma kuvvetlerinin oluşturduğu hasardır. Kolonun bir tarafında diyagonal olarak çekme çatlakları oluşurken diğer tarafında yine diyagonal olarak basınç ezilmeleri oluşur.



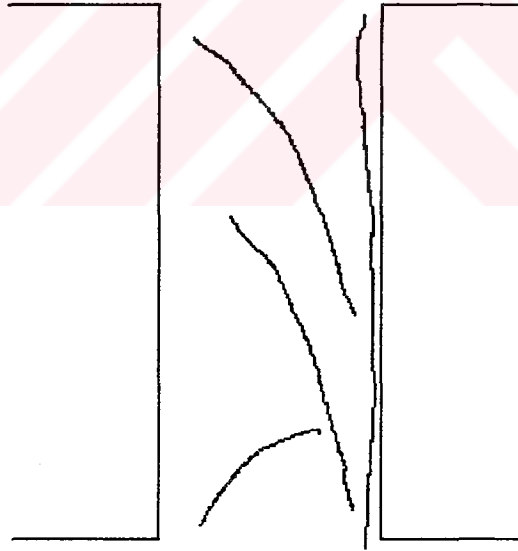
Şekil 2.8 Çerçeve hasarının aşamaları



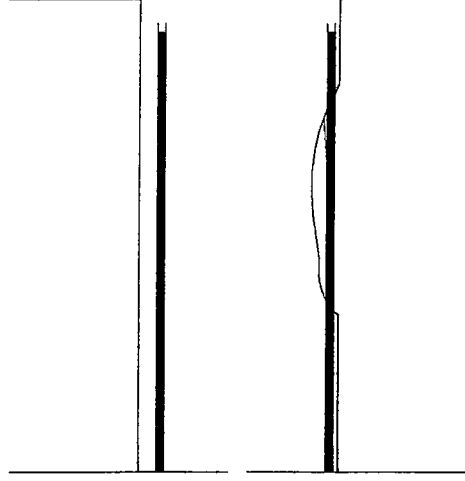
Şekil 2.9 Kolonlarda mafsallaşma hasarının ilk aşamaları



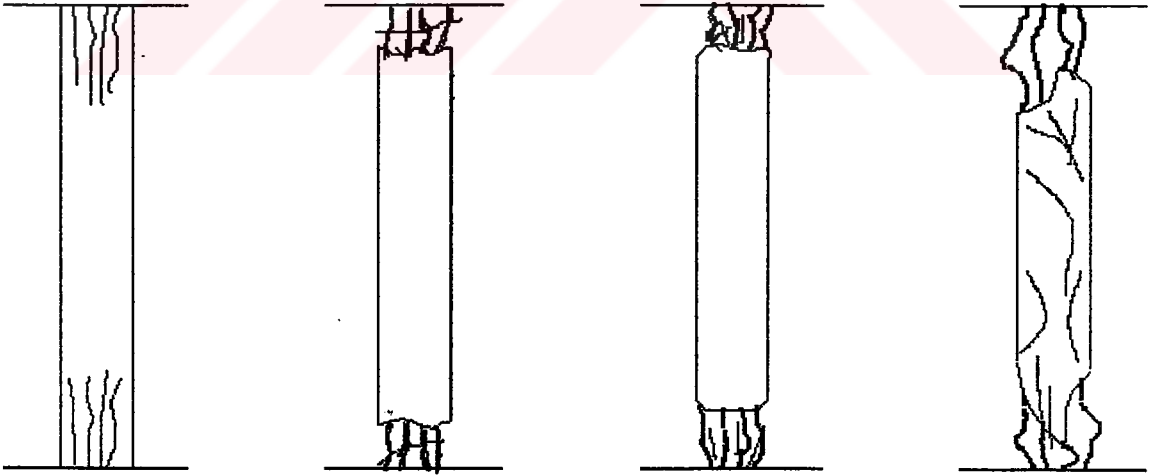
Şekil 2.10 Kolonda mafsallaşma hasarının ileri aşamaları



Şekil 2.11 Kolonda kesme hasarı



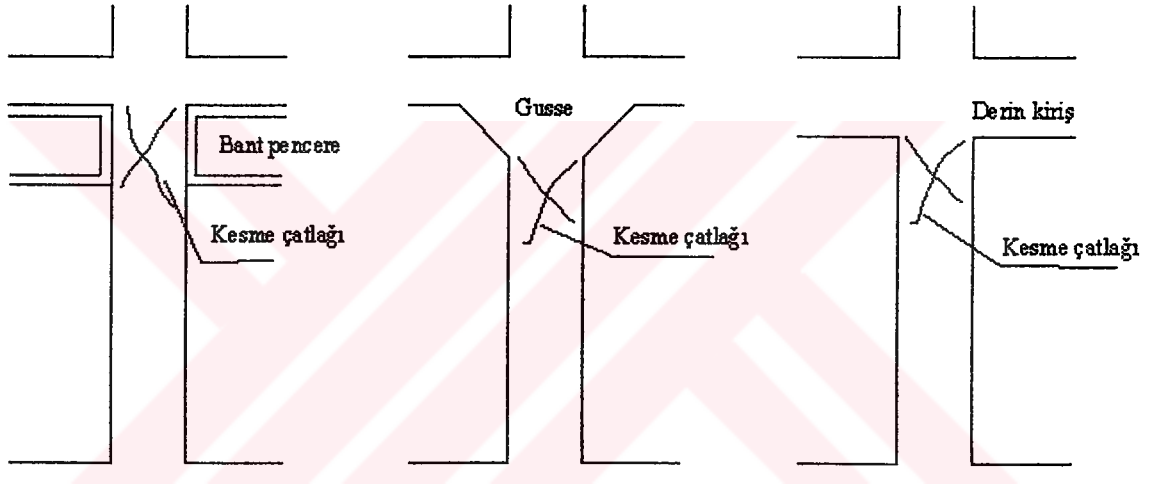
Şekil 2.12 Kolonda aderans yetersizliği hasarı



Şekil 2.13 Betonarme bir kolonda basınç kırılması aşamaları

2.2.3.5. Kısa kolon hasarı

Kolon yüksekliklerinin çeşitli nedenlerle kısalma etkisine uğraması sonucu oluşan bir tür kesme hasarıdır. Taşıyıcı olmayan elemanların, kolonların yatay deformasyon yapmasını önlemesi ile kolonun projede öngörülenden daha rijit bir duruma gelmesi ve bunun sonucu olarak ta daha fazla kesme kuvvetine maruz kalması nedeniyle oluşur. Yüksek kirişler, çok kalın döşemeler de aynı etkiyi doğurabilirler.



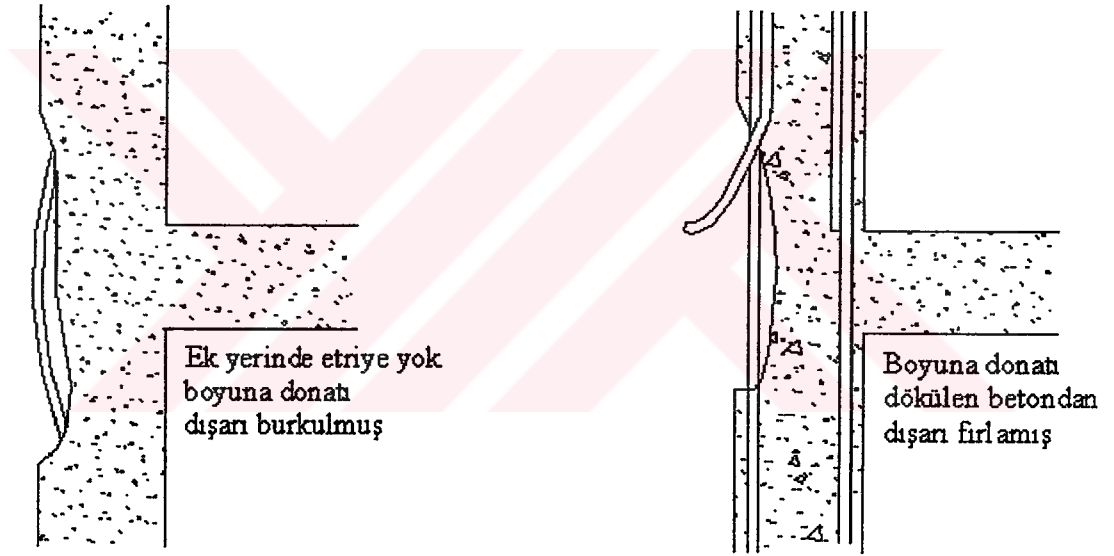
Şekil 2.14 Kısa kolon hasarına yol açan durumlar

2.2.3.6. Kolon-kiriş düğüm noktaları hasarı

Düğüm noktaları ülkemizde en çok ihmal edilen imalat gerekliliklerindedir. Kolonların kiriş yüksekliğince etriye ile sarılmaları çoğunlukla yapılmamaktadır. Son kat kolonlarında, kolon boyuna donatıları gönye ile bitirilip kirişe ankraji sağlanmamaktadır. Bu da betonların bu noktalarda dökülmesine, donatıların beton dökülmelerinin görüldüğü hizalarda burkulmasına ve etriye yoksa dışarı fırlamasına ve nihayet bu noktalarda kesme etkilerine neden olmaktadır (Şekil 2.15, 2.16).

2.2.4. Kiriş hasarları

Kirişlerde hasar, kirişlerin uçlarında düşey yüklerden dolayı zaten yüksek olan, negatif ankastrelik momentlerine depremden dolayı gelen momentlerin eklenmesi ile oluşmaktadır (Şekil 2.17). Ancak kirişler, kolonlara göre daha rijit ve daha yüksek moment kapasiteli tasarlandıklarından bu hasar türüne pek fazla rastlanılmamaktadır.



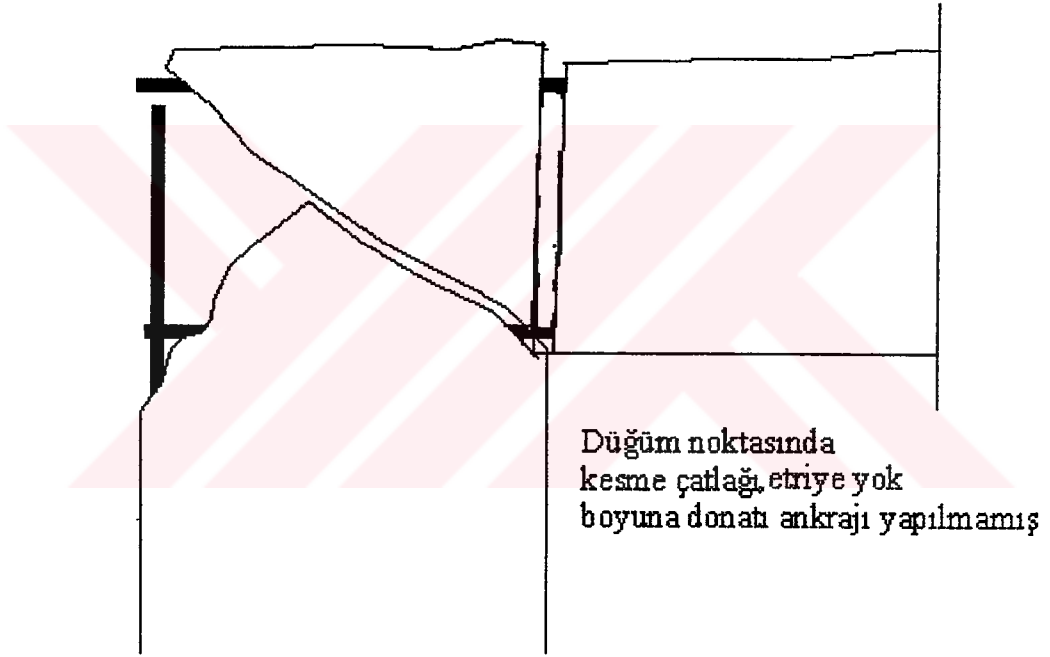
Şekil 2.15 Kolon-Kiriş Düğüm Noktalarında Hasar Türleri

2.2.5 Perde duvar hasarları

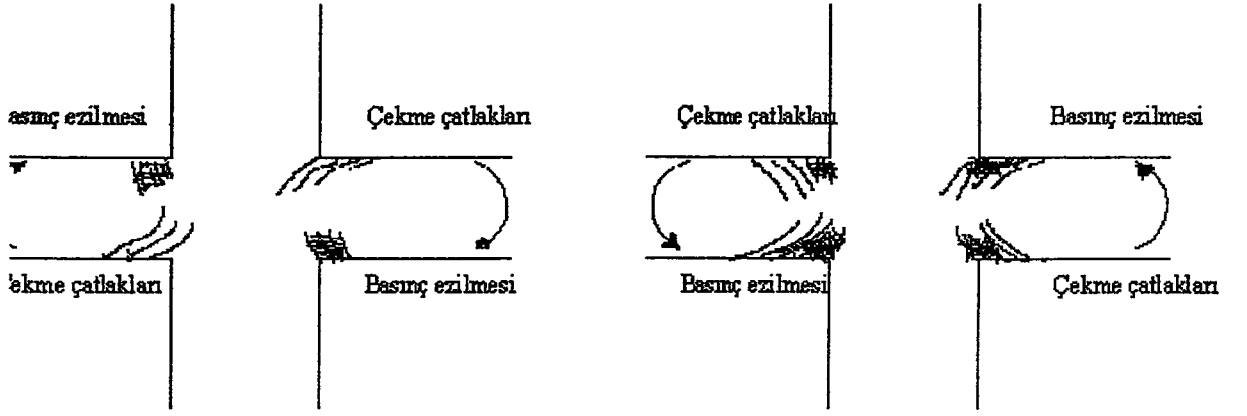
Perde duvar hasarları yapının az ya da çok katlı olmasına, perde duvarlarda açıklık olup olmamasına göre değişmektedir. Yapı birkaç katlı ise perdede yatay ile 45 derece açı yapan

çatlaklar oluşur (Şekil 2.18). Yapı çok katlı ise zemin ve zemin kata yakın katlarda çekme çatlakları ve basınç ezilmeleri oluşur (Şekil 2.19).

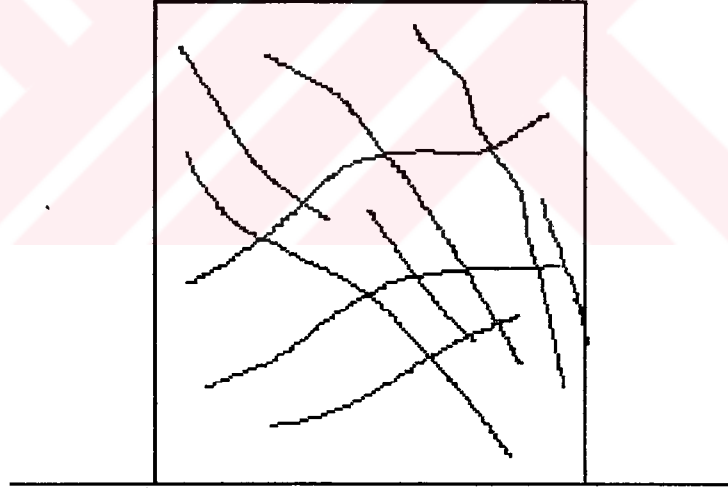
Üzerinde boşluklar açılmış perde duvarların davranışları değişik olmaktadır. Bu tür duvarlar birbirlerine kat düzeyinde bağlanmış iki ayrı perde duvar gibi davranmaktadır. Bu durumda perdeler arasındaki kapı ya da pencere boşluklarının lentoları da kısa kiriş gibi davranmakta, bunların ankastrelik uç momentleri büyük olmakta ve ayrıca düşey kesme gerilmesine maruz kalmaktadırlar. Depremlerde, bu bağ kirişlerinde kesme çatlakları oluşmaktadır (Şekil 2.20).



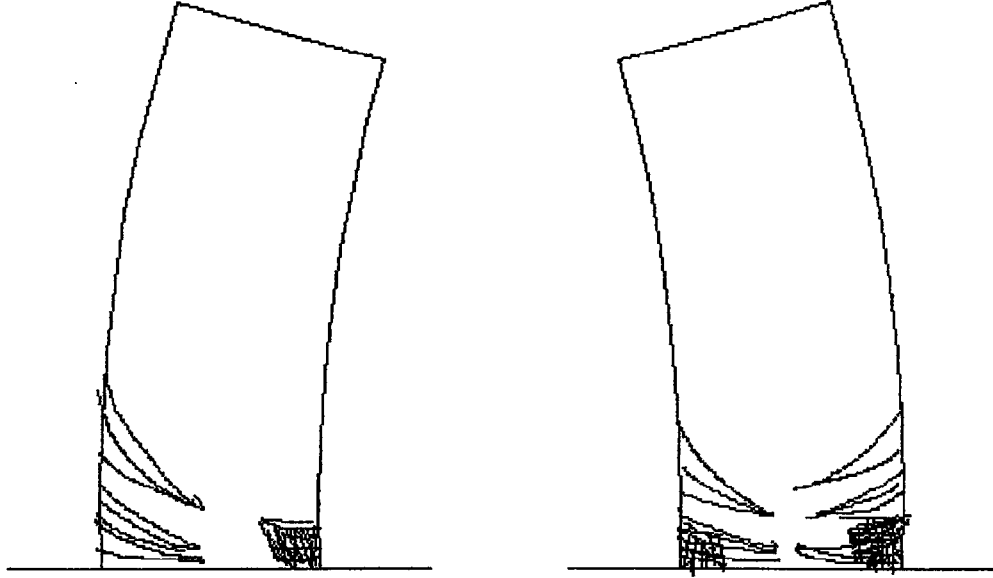
Şekil 2.16 Kolon-kiriş düğüm noktalarında kesme hasarı



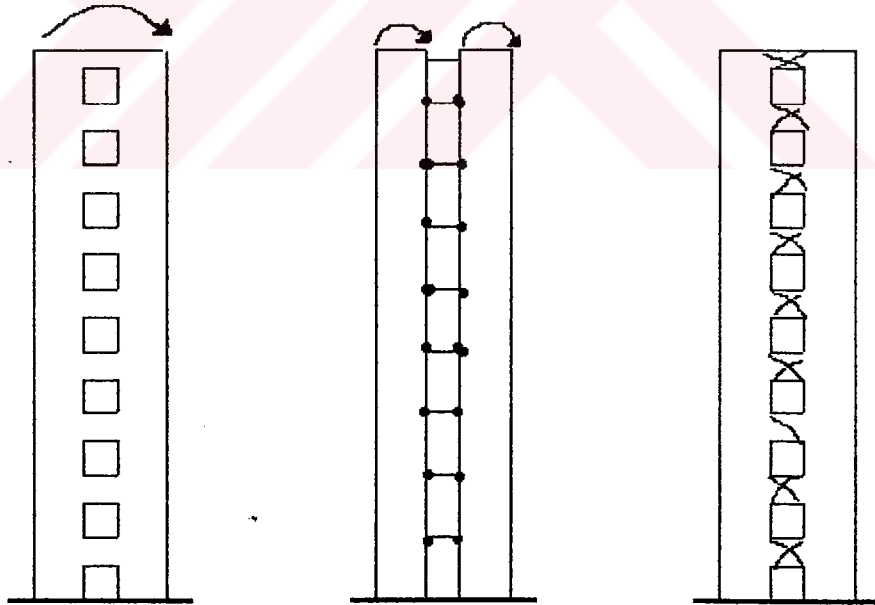
Şekil2.17 Kiriş hasarları



Şekil 2.18 Az katlı yapılarda perde duvar hasarı



Şekil 2.19 Çok katlı yapılarda perde duvar hasarı



Şekil 2.20 Boşluklu perde duvarlarda oluşan hasar

BÖLÜM III

DEPREME DAYANIKLI BETONARME YAPILARDA MİMARİ TASARIM İLKELERİ

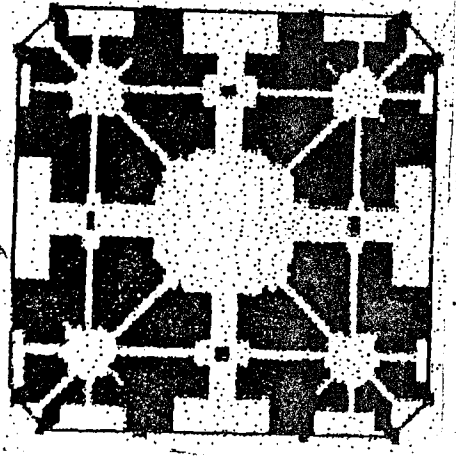
Depreme dayanıklı yapı tasarımı söz konusu olduğunda akla ilk gelen, tasarım aşamasında inşaat mühendisinin sorumluluk alanına giren statik hesaplar kısmıdır. Bu noktada dikkatle, önemle ve öncelikle ele alınması gereken, olan bir konu vardır ki o da depreme dayanıklılık açısından **mimari tasarım ilkeleridir**. Daha mimari tasarım aşamasında, mimar ve mühendisin sergileyeceği işbirliğinin öneminin büyüklüğü, yapılarda oluşan deprem hasarları ile kendini göstermektedir.

3.1 Deprem Dayanımında Mimarinin Önemi

Yapı tasarımı, mimari ve taşıyıcı sistem tasarımı olarak iki ayrı evrede oluşmaktadır. Mimari tasarımda etkili olan faktörlerden en önemlisi, yapının kullanılma amacına ilişkin ya da diğer bir deyimle fonksiyonel gerekliliklerdir. Çağımız yapıları, geriye dönülüp bakıldığında, artan nüfus ve ticaret yoğunluğuna, gelişen ulaşım ve yapı-malzeme teknolojisine bağlı olarak gerek yapısal gerekse fonksiyonel açıdan dramatik bir kabuk değişimi geçirmişlerdir. Bunda betonarmenin ve çeliğin yapı üretimine girmesinin payı büyüktür. Yapılar yatayda ve düşeyde büyük boyut değişimlerine uğramış; örneğin planda doluluk oranı taş ve tuğla gibi malzemelerle yapılan yığma kagir yapılara göre çok azalmış; düşeyde narinliği, çok değil yüzyıl öncesine göre kıyaslanamayacak büyüklükte yapılar üretilmiştir. Bu durum ise, yapıların deprem etkisi altındaki davranışları açısından yeni araştırmalara konu olan kavramların doğmasına neden olmuştur.

Bunlardan planda doluluk oranına güzel bir örnek olarak ünlü Taç-Mahal verilebilir (Şekil 3,1). Bursa Ulu Camii'nde bu oran %24'tür. Günümüz betonarme çerçeve sistemle üretilen yapıları ise zemine duvarlarıyla birlikte, plan alanının en fazla %2'si ile oturmaktadır. Dolgu duvarların kaldırıldığı durumlarda bu oran daha da düşmektedir. Taç-Mahal'de doluluk oranı %50'ye varmaktadır (Naeim, 1989). Tabii ki bu oran günümüz yapıları için cazip ve işlevsel bir oran değildir. Ancak yapılarda depreme dayanıklılık açısından

duvarların önemini vurguladığı için, ileriki bölümlerde önemli bir parametre olarak karşımıza çıkacaktır.



Şekil 3.1. Taç-Mahal, plan (1630-1653).

Yapı üretiminde fonksiyondan sonra gelen parametre mimari sanat anlayışıdır. Gerçi bu sıralama her zaman tartışılmıştır ve insanlık yapı üretimine devam ettiği sürece de tartışılacaktır. Ama en azından, geçen yüzyılın ağırlıklı yaklaşımı böyle idi ve tez yazarına göre kural yeni yüzyılda da uzun süre geçerli kalacaktır. Depreme dayanıklılık açısından konunun önemi ise mimari sanat anlayışı sonucu olarak yapıya verilen formlardır. Günümüzde artan rekabet ortamı, üretim artışı, hızla gelişen yeni malzeme imkanları ve biraz da değişik formlar deneme çabalarıyla depreme dayanıklılık açısından yeterince irdelenmemiş tasarım ürünleri ortaya çıkabilmektedir.

Ülkemizde bu konuda araştırma ve çalışmaları olan Ersoy'un görüşleri şöyledir:

“Yapılan araştırmalar, deprem dayanımının büyük ölçüde mimari tasarım aşamasında oluştuğunu göstermektedir, çünkü bina geometrisi bu aşamada şekillenmektedir. Mimari tasarım aşamasında deprem davranışına ters düşen bir biçimin seçimi büyük bir handikap oluşturmaktadır...Nervi'ye göre bir uçak şekillendirilirken aerodinamiğin temel ilkelerine ters düşen bir geometri söz konusu olamaz. Örneğin hiçbir tasarımcı uçak gövdesini dikdörtgen prizma şeklinde yapmaz, çünkü bunun aerodinamiğe aykırı olduğunun bilincindedir. Nervi'ye göre deprem bölgelerinde yapılan yapıların tasarımında depreme

dayanıklı yapı ilkeleri, uçaklar için aerodinamik ne kadar önemliyse o kadar önemlidir” (Ersoy, 1999).

Bazen bir yapının matematiksel olarak analizi tek başına yeterli olmamakta, yapının öngörülen davranışı ile pratikteki davranışı arasında farklılıklar gözlenebilmektedir. Yapıların deprem etkisiyle gelen yüklere verdiği tepkilerde hala çok iyi anlaşılammış, hesaplarda öngörülemeyen davranışlar gözlenmektedir. Bu da, depreme dayanıklı yapı üretimi açısından işin ne kadar zor olduğunu göstermektedir.

İşte bu noktada yapı üretimindeki en önemli iki süreçte, mimari tasarım ve strüktürel tasarım süreçlerinde genellikle ihmal edilen bir ilişki gerekliliği ortaya çıkmaktadır; **mimari ve statik tasarımcı ilişkisi.**

3.1.1 Mimari ve strüktürel tasarımda işbirliğinin önemi

Gerek ülkemizdeki gerekse diğer ülkelerde, konuyla ilgili istisnasız bütün uzmanların ortak görüşü ve sorunsalı; yapım uygulamasında mimari tasarımın mimarların, taşıyıcı sistem tasarımının da statikçilerin ilgi alanı olduğu kabulüne ilişkin olanıdır (Bayülke, 1989). Genel olarak mimarlar yapıların taşıyıcı sistem tasarımı üzerinde durmamakta; statikçilerin taşıyıcı sisteme ait sorunlara çözüm arayacakları ve çözümleyecekleri yaklaşımından hareketle mimari tasarımlarında olabildiğince özgür davranmaktadırlar.

Oysa hem ülkemizdeki hem de dünyadaki diğer depremler ve sonuçlarından edinilen deneyimler, depreme dayanıklı yapı tasarımının sadece matematik ve statik formüllerle ulaşılacak bir ürün olmadığını, aksine böyle bir tasarım sürecinin daha mimari tasarım aşamasında başladığını ortaya koymaktadır. Depremlerde hasar gören yapıların hasar nedenleri bazen doğrudan doğruya mimari tasarım ile bağlantılı olmaktadır. Mimari tasarımda olabildiğince özgür davranmak, normal koşullarda bile taşıyıcı sistem tasarımında güvenli bir çözüme ulaşılmasını güçleştirirken, deprem etkileri altında kalması beklenen yapıların taşıyıcı sistemlerinin tasarımında çok daha önemli problemler yaratabilmektedir (Ersoy, 1999).

Anlaşılan odur ki, yapı üretim mesleğinin bu iki ana disiplininin deprem söz konusu olduğunda, birlikte tasarım üretimine her zamankinden daha çok ihtiyaçları vardır. Bu ise; deprem sırasında yapılarda gözlenen olumlu ya da olumsuz davranış biçimleri üzerindeki gözlemlerinin ve deneyimlerinin paylaşılması ihtiyacıdır. Bundan bir sonraki aşama ise, iş

ya da görev olarak ele alınan bir tasarım aşamasında, o zamana kadar edinilen deneyimlerin tasarımda sentezlenerek uygulamaya konulması ve depreme dayanıklılık açısından giderek daha güvenilir, herhangi bir sarsıntıda ne yapacağını daha çok kestirebileceğimiz yapılar ortaya konulmasıdır.

Frank Lloyd WRIGHT'ın, Tokyo'da Imperial Hotel'i inşa ederken sergilediği tasarımcılık örneği bu konuda verilebilecek en güzel örnektir (Reitherman, 2000). Büyük gayretlerle aldığı bu projede tasarımcı-statikçi işbirliğinin en güzel örneğini vermiş, bu yapının 1923 Büyük Kanto depreminde gösterdiği performansla da böyle bir işbirliğiyle ne kadar olumlu sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Bu projenin başarısı her ne kadar tamamıyla WRIGHT'a mal ediliyorsa da WRIGHT, "garsonun tepsisi"ni düşünürken de, yapıyı hacimsel olarak kendi içinde dikdörtgen kutucuklardan oluşan birimler halinde tasarlarken de yalnız değildi ve yanında her zaman bir statikçi vardı. Sonuç ise, Büyük Kanto Depremi'nde ayakta kalan yapılardan birinin de WRIGHT'ın ve projenin statikçisi Julius HOTO'nun ortak eseri olan Imperial Hotel'in olması idi (Foto 3.1).



Foto 3.1- Büyük Kanto Depremi'ni çok az bir hasarla atlatan Imperial Hotel

Günümüz mimar ve mühendislerine düşen ise bu işbirliğini olabildiğince geliştirmek, mimari ve statik tasarımcıların yükümlülüğünde olduğunun bilincinde olmak ve bu bilinçle eşgüdümlü çalışmaya özen göstermektir.

Farzad NAEIM, "The Seismic Design Handbook" adlı eserinin "Mimari İlkeler" bölümünde "Belki de son sözü Mete SÖZEN'e bırakmalıyız" diyor ve konuyu onun, mesajını kimsenin reddedemeyeceği şu sözleriyle bitiriyor:

“Düşey yüklere karşı dayanım göz önüne alınırken, mimari ve strüktürel kararlar birbirinden bağımsız olarak verilebilir. Ancak deprem etkileriyle ilgili dayanım söz konusu olduğunda mühendisi mimardan ayırmak ancak felaket hazırlayan bir formüldür” Naeim, 1989).

Bu işbirliğinde her iki tarafın da aynı derecede muhtaç olacağı bir disiplin olan jeoloji mühendisliğinin de unutulmaması gerekmektedir. Üzerine inşaat yapılacak bir zeminin iyi analiz edilmesi, bu zeminin olası bir depremdaki davranışının yeterli bir doğruluk payıyla bilinmesinin mimarın ve mühendisin tasarım çalışmalarında büyük bir belirleyiciliğe sahip olduğu göz ardı edilmemelidir.

3.1.2 Depreme dayanıklı yapı üretiminde betonarmenin yeri

Betonarme, dünyada çok yaygın olarak kullanılan bir yapım teknolojisidir. Bunda malzemenin kolay işlenebilirliği, kolay bulunabilirliği önemli bir yer tutar. Yapım teknolojisinin öğrenilmesi çok güç değildir. Bu özellik çoğu zaman bir avantaj olmasına karşın, teknolojinin getirdiği kolaylıklar bazen de ciddi bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Kolay kalıp ve demir işçiliğinde kısa sürede beceri kazanan işçi ya da usta kendine olan güven duygusuyla, özellikle demir işlerinde yetki alanı dışına çıkarak tasarruflarda bulunmaktadır. Buna bir de teknik kontrol yetersizliği eklenince mükemmel bir yapı malzemesi olan betonarme ile büyük kusurları olan bir yapı ortaya çıkmaktadır.

Tasarım mimari ve statik olarak kurallarına uygun bir şekilde yapılırsa betonarme hem rijitlik hem de süneklik açısından çok iyi sonuçlar veren bir malzemedir. Dayanımda ahşaptan daha iyidir. Süneklikte yeterli olmasına rağmen çelik kadar da sünek olmaması, deprem etkisi altında çelik yapılar ölçüsünde öteleme yapmamakla yapı içerisindeki eşyaların daha iyi korunması sonucunu verir. Ayrıca çelik yapılara nazaran daha ucuza mal olurlar. Yine yangına dayanıksızlık ve paslanma gibi çeliğe ait iki büyük dezavantaj betonarme için daha az önemli tehditlerdir (Bayülken, 1989).

Betonarme için önemli bir kusur olan ağırlık ise bölme duvarlarda daha hafif malzemeler kullanılarak, yine sıvada aynı şekilde hafif malzemeler kullanılarak bir miktar düzeltilebilir. Ancak burada hatırlanması gereken nokta, bölme elemanlarında sadece hafifliğin değil belli bir dayanımın da aranması gerektiğidir. Yapıların deprem etkisi altında davranışlarını incelerken anlatılanlar unutulmamalıdır. Ya da çerçeveler arasında

bölme duvarlarının karşılaşması gereken ilk enerji tüketim noktalarını çelik güçlendirmeler ile oluşturmak gerekir.

Bütün bunlardan anlaşılabilir ki mimari tasarım aşamasında ve diğer aşamalarda mimari ve statik tasarım ilkelerine sıkı sıkıya uymak ve uygulama sırasında yapılan imalatın kontrolünü ihmal etmemektir.

3.1.3 Uygulamada mimari ve strüktürel tasarıma uygunluğun kontrolü

Özellikle ülkemizde yapılan uygulamada mimar ya da mühendis, tasarımını yaptığı projenin uygulanmasında, teknik kontrolde yeterli titizliği göstermemektedir. Bunda teknik uygulama kusurlarına ilişkin yaptırımların olmamasının da payı büyüktür.

10 Nisan 2000-24016 Sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Yapı Denetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararname (KHK/595) ile konuya belirli bir ağırlık verilmiştir. Bu kararnamenin amacı şöyle tanımlanmaktadır:

“Madde 1-Bu Kanun Hükmünde Kararnamenin amacı; yapıda can ve mal güvenliğini sağlamak, kaynak israfına sebep olan plansız, kontrolsüz ve kalitesiz yapılaşmayı önlemek, çağdaş norm ve standartlarda yapı üretmek ve bunun için yapı denetimini sağlamak, yapı hasarı nedeni ile zarara uğrayan kişilerin haklarını korumak ve doğabilecek zararların tazmini sağlamaktır” (KHK/595).

Kararnamenin kapsamı ise şu şekilde tanımlanmıştır:

“Madde 2-belediye ve mücavir alan sınırları içinde ve dışında kalan yerlerde inşa edilecek yapıların denetimi bu Kanun Hükmünde Kararname hükümlerine tabidir” (KHK/595).

Bodrum katları hariç, tek katlı ve inşaat alanı 180 metrekareyi geçmeyen müstakil yapılar ise bu Kararnamenin kapsamı dışında tutulmuştur (KHK/595).

Bu kararname ile bir de “zarar gören, sorumlular “ gibi tanımlar yapılmıştır:

“Zarar gören: Yapı hasarı nedeni ile maddi zarara uğrayan gerçek ve tüzel kişileri...

Yapı sorumluları: Yapım işlerinde görev alan yapı müteahhidi, proje müellifi, şantiye şefi ve yapı denetim kuruluşunu...

Proje müellifi: Mimarlık, mühendislik tasarım hizmetlerini iştigal konusu olarak seçmiş, yapının etüt ve projelerini hazırlayan gerçek ve tüzel kişileri...

Uzman mühendis ve mimarlar: İlgili mühendislik veya mimarlık meslek odalarınca uzmanlıkları belgelendirilmiş mühendis ve mimarları ifade eder”(KHK/595).

Aynı kararnamede görevler ise şu şekilde tanımlamıştır:

“Madde 4- Bu Kanun Hükmünde Kararname kapsamına giren her türlü yapı, yapı denetim üst komisyonundan aldığı izin belgesi ile çalışan ve münhasıran yapı denetimi ile uğraşan tüzel kişiliğe sahip yapı denetim kuruluşlarının denetimine tabidir.

Yapı denetim kuruluşları, yapım faaliyetlerini ve bu işlerde kullanılan malzemelerin standartlara uygunluğunu denetlemek ve jeo-teknik raporlar ile uygulama projelerini kontrol etmekle yükümlüdür. Bu kuruluşlar denetim faaliyetlerinin her aşamasında diğer yapı sorumluları ile birlikte tutanak tanzim etmek, gerektiğinde raporlar düzenlemek ve bunların bir nüshasını ilgili idareye vermek zorundadır.

Yapı denetim kuruluşlarının bünyesinde uzman mühendis ve mimarlar bulunması zorunludur” (KHK/595).

Bu kararnamede sorumluluklar da anlatılmıştır:

“Madde 18- Yapı denetim kuruluşları ile bu kuruluşların uzman mühendis ve mimarları, denetimleri altında inşa edilen yapıların fen ve sanat kurallarına göre aykırı yapılması nedeni ile ortaya çıkan her türlü yapı hasarından kusur aranmaksızın sorumludurlar “(KHK/595).

Kararname, hasarların tazminine de bir tanım getirmektedir:

“Yapı denetim kuruluşu, yapıda meydana gelebilecek hasarları gidermek ve bu hasarları yapı sahibi ödediği takdirde, hasar bedelini hasar bedelini belgelemek kaydıyla hasarın meydana geldiği yıl fiyatlarıyla yapı sahibine ödemek zorundadır(KHK/595).

Görüldüğü gibi yasalar konuya ciddi bir kanun ile çözüm getirmeye çalışmıştır. Bundan sonrası, uygulamanın bu prensiplerden taviz vermeden sürdürülmesi, kontrol mekanizmasının etkinliğinin sağlanması yönünden ele alınmalıdır.

3.2 Depreme Dayanıklı Tasarım Öngörülleri ve Tasarımcı Tercihleri

Bu çalışma kapsamında yapılan literatür ve uygulamaya ait araştırmalar sonucunda depreme dayanıklı yapılarda bulunması gereken koşullar ile çelişen bazı mimari tasarım tercihleri ile karşılaşıldığı görülmüştür. Bunlar;

i- Bol ışık, geniş ve engelsiz alan kullanma eğilimi sonucu ortaya çıkan, büyük kesitli kolonların bulunmadığı geniş ve büyük hacimler,

ii-Yine daha bol ışık alabilme ihtiyacı ya da isteğiyle bırakılan çok miktarda dış cephe boşlukları,

iii- Kolonlar ve kirişlerin, bölme duvarlarla saklanabilmesi için en az bir doğrultuda gerektiğinden küçük boyutlarda yapılması,

iv- Betonarme yapıların bölme duvarlarının yerlerinin istenildiğinde değiştirilebilmesi için, ya da sadece sarkan kirişten kaçınmak için asmolen döşeme ya da kirişsiz döşeme yapılması,

v- Değişik form arayışları ile planda ve yükseklikte basit ve simetrik olmayan yapı biçimleri olarak sıralanabilir.

Görüldüđü gibi, modern mimari uygulamaların pek çoğunda, belki de zamanla bir kural gibi uygulanan bir çok tasarım tercihleri, depreme dayanıklılık açısından bakıldığında bu amaçla çelişen öğeler olarak karşımıza çıkmaktadır (Ambrose,1995; Bayülke 1989). Tasarımcı olarak depreme dayanıklılıkla bol ışık, geniş ve engelsiz iç mekanlar, büyük dış cephe boşluklarının verdiği hafiflik, iç mekanlarda bölme duvarlardan mekan oluşumunda demontable elemanlar olarak yararlanabilme, sarkan bir kirişin görünmediği düz tavanlar arasında bir seçimle karşı karşıya kalınmaktadır. Oysa tasarımcı, tercihini can güvenliğini bilinen en iyi şekilde sağlayan sečenekler yönünde kullanmalıdır.

Aksine yaklaşımların depreme dayanıklı taşıyıcı sistem oluşturmayı güçleştirdiği, buna rağmen bulunan çözümlerin pahalı ya da yetersiz güvenlikte olmasına yol açtığı ise açıkça görülen bir gerçektir.

Biçim, form karmaşıklığına bakmadan, bir yapının yapısal analizinin yapılması olanağı bulunsa da, taşıyıcı sisteminin hem güvenli hem de ekonomik olmasını bir arada sağlamak

mümkün olmayabilir. Bundan başka taşıyıcı sistemin özellikle depremde gelen yatay yüklere karşı davranışı düşey yüklere karşı davranışından farklıdır. Göze çok iyi etkileyen mimari biçimler genellikle düşey yükler göz önüne alınarak ortaya çıkarılmıştır. Önemli yatay yüklerin söz konusu olduğu durumlarda bulunan güvenli ve ekonomik taşıyıcı sistemler günümüzde yaygın olan, mimari estetikte farklılık ve çeşitlilik arayışları açısından zayıf kalmaktadır. Bu da tasarımcıları yukarıda mahzurlu olarak zikredilen tercihlere yöneltmektedir. Deprem yönetmeliklerindeki koşullar ise aslında basit ve simetrik yapılar için geliştirilmiştir. Yapının karmaşık olduğu ölçüde analizi güçleşmekte ve çözüm için bazı yaklaşık kabuller yapılmak zorunda kalınmakta ve sistemin gerçek davranışı yerine yaklaşık davranışı ortaya konulabilmektedir.

Deprem açısından olumsuz yanları olan bir tasarımdan depreme dayanıklı bir taşıyıcı sistemi olan yapı oluşturulması güçtür. Bu nedenle mimari tasarım sırasında daha başlangıçta özen gösterilmesi, öncelikli olarak karar verilmesi gereken unsurlar vardır. Bunlardan en önemlisi yapının planıdır. Bir diğeri yapının düşeyde veya yatayda genel dış kabuk örtüsüdür. Dış ve iç biçim hem yatay hem de düşey düzlemde belli özelliklerde olmak zorundadır. Yatayda veya düşeyde bulunacak her türlü farklılık deprem etkilerinin şiddetinin yer ve büyüklük değiştirmesine yol açmaktadır. Bu nedenle ileriki aşamalarda bahsedilecek tasarım ilkelerinin, tasarımın her safhasında titizlikle irdelenmesi, uygulanabilecek bütün önerilere uyulması, depreme dayanıklılıkta iyi bir yapı ürünü ortaya konulmasına katkıda bulunacaktır.

3.3 Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Uyulması Gereken İlkeler

Çalışmada depreme dayanıklı yapı tasarımına ait ilkeler araştırmasında, konuyla ilgili yönetmeliklerden, inceleme bölgesinden ve dünyadan, söz konusu ilkelere esas teşkil edecek tasarım örnekleri ve fotoğraflar verilecektir.

3.3.1 Yapının planda uygunluğu

Günümüz mimarisinde estetik kaygıların ön plana çıkması ile, yapılarda form ve kütle yaklaşımında kare, dikdörtgen ve dairesel planlı yapı tasarımından uzaklaşmıştır. Planda simetrisinin ön planda bulunduğu dönemlerde tasarımcılarca bezeme ve süslemeye ağırlık verilerek farklılık arayışı ön planda tutulmaktaydı. Ancak malzeme teknolojisi ve yapı tekniklerinin sunduğu imkanlar arttıkça farklı olabilmenin ifade tarzı olarak asimetri

benimsenmeye başlandı. Yirminci yüzyılda ise asimetri, hızla gelişen kentsel dokunun pahalı arsalarına uygun çözümler üretilmesine imkan vermesinden başka neredeyse bir kural olarak benimsenmeye ve bir mimari gereklilik olarak algılanmaya başlandı.

Oysa, basit ve simetrik yapıların hem deprem etkisi altındaki davranışları daha iyi analiz edilebilmekte hem de depreme dayanıklılık için gerekli ayrıntıları daha kolay hesaplanmakta ve yapım aşamasındaki imalatlar da kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir (Ersoy 1999). Basit ve simetrik olmayan yapılarda ise analizlerin güç olması sonucu, statik ve dinamik çözümler çoğunlukla yaklaşık bir biçimde yapılabilmekte, bunun yanında bu tip yapılarda deprem sırasında öngörülemeyen kritik burulma etkileri de ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hareketli plan özelliği taşıyan yapılarda dış cephe alanları daha da büyük olmaktadır. Genellikle pahalı olan dış cephe kaplama malzemelerinin kullanımı artmakta, dış cepheden ısı kaybının büyük olması ek ısıtma ve soğutma bedelleri getirmekte, biçim düzensizliklerinin doğurduğu içeriye ve dışarıya dönük çok sayıda yapı köşesi bulunması çok karmaşık kalıp işçiliğine ve birleşim noktalarında su geçirimsizlik problemleriyle akıntı problemlerine yol açmaktadır. Kaplama malzemelerinin ağırlığı, yine deprem açısından önemli bir kriter olan yapı ağırlığını olumsuz yönde artırıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Kaplama malzemelerinin deprem sırasında yerlerinden koparak düşmeleri sonucu can ve mal kaybına yol açmaları, mimari ya da statik bir parametre olmasa da can güvenliği açısından kaplamaların dikkatli kullanılmaları ve yeterli güvenlikte bir detayla uygulanmaları gerektiğini hatırlatması açısından önemlidir. Kısacası, planda basitlik, simetri ve düzen yoksunluğu yalnız deprem açısından değil, mimari ve yapı ekonomisi açısından da sakıncalar yaratmaktadır (Tezcan, 1998).

Planda basitlik ve düzen sağlanmamış olmasının depremde yaratacağı burulma etkisi önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Depremde yapıya gelen kuvvetler yapının kütle merkezine etkimektedir. Kütle merkezi, bir çok yapıda yapının geometrik merkezi olarak alınabilir. Rijitlik merkezi ise yapıdaki kolon ve perde duvar gibi taşıyıcı elemanların ağırlık merkezidir. Bu iki merkez arasındaki farklılık, yapıya gelen deprem kuvvetlerinin yapıyı rijitlik merkezinden geçen bir düşen eksen çevresinde burmasına yol açar. Normal olarak rijitlikleri ile orantılı yatay yük almaları gereken taşıyıcı elemanlar, bu etkilerle olması gerekenden daha fazla zorlanırlar. Bu burulma momenti ne kadar büyük ve eleman rijitlik merkezinden ne kadar uzakta ise o kadar büyük bir burulma yükü ile zorlanır. Bu nedenle elemanların burulma etkisi altında kalmamaları için yapıların planda olabildiğince

basit ve simetrik biçimlerde yapılmaları, depreme dayanıklı olmaları için önemli bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır (Ambrose ve ark., 1993).

Plandaki bu uyumsuzluklar Deprem Mevzuatı'nda "Planda Düzensizlik Durumları" olarak anılmaktadır. Deprem Mevzuatı yine düzensizlik durumlarına sahip yapıları "Düzensiz Binalar" diye adlandırmış ve bu tür yapıları "Depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile tasarımlarından ve yapımlarından kaçınılması gereken yapılar" olarak tanımlamıştır (Deprem Mevzuatı, 2000). Buradaki "...yapımından kaçınılması gereken yapılar" ifadesi konuya yaklaşımda esas oluşturmaktadır.

Bundan sonraki paragraflarda Deprem Mevzuatı'nda da tanımlanan düzensizlik tanımları sırayla verilecektir. Ancak bu durumlar verilirken konuya ait formüllerdeki hesaplamalara girilmeyecek sadece o kavrama ilişkin bilgi edinilmesini sağlamaya yönelik son eşitlikler olarak verilecektir.

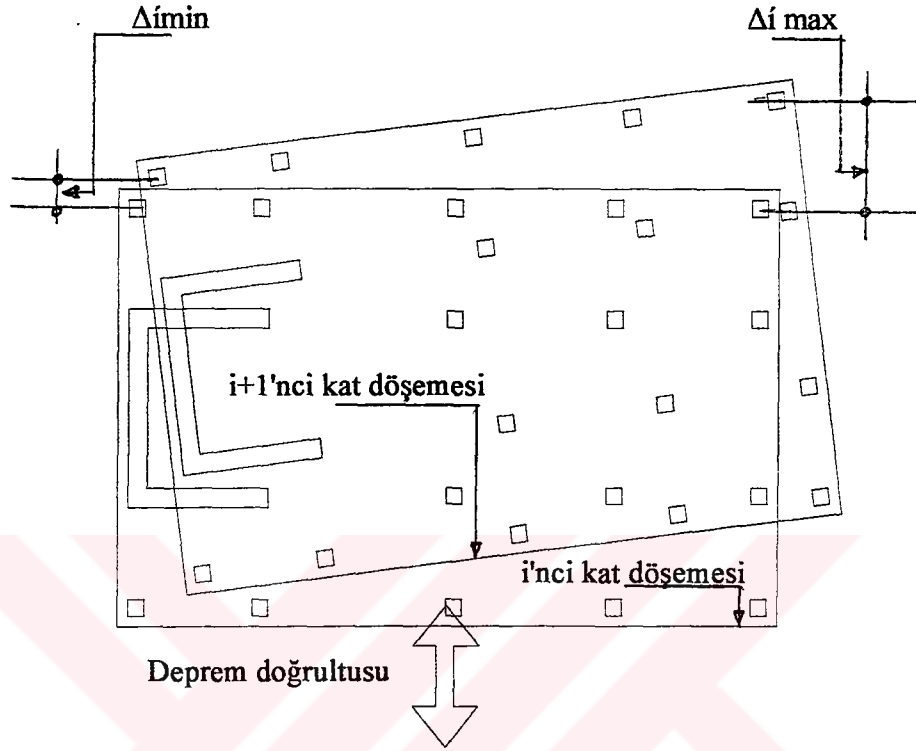
3.3.1.1. Burulma düzensizliği

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelemeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} 'nin 1,2' den büyük olması durumudur (Şekil 3.2).

Şekil 3.2'de $(\Delta i)_{min}$, o kat için minimum görelî kat ötelemesini, $(\Delta i)_{max}$ da maksimum görelî kat ötelemesini ifade etmektedir. $(\Delta i)_{ort}$ ise bu iki büyüklüğün matematiksel ortalamasıdır, yani $(\Delta i)_{ort} = 1/2 [(\Delta i)_{min} + (\Delta i)_{max}]$ olur. Burulma düzensizliği katsayısı η_{bi} ise maksimum görelî kat ötelemesinin ortalama görelî kat ötelemesine oranıdır. Bu durumda $\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{min}$ olur. η_{bi} 'nin 1,2'den büyük olması ($\eta_{bi} > 1,2$) durumunda da o katta burulma düzensizliği vardır denilir.

Burulma düzensizliği yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezinin örtüşmemesi sonucu oluşan bir düzensizliktir. Bu örtüşmezlik, yapıda herhangi bir amaçla bulunan perde duvarların-merdiven ve asansör çekirdekleri gibi- yapının kütle merkezinden uzak bir noktaya yığılmasından dolayı olabileceği gibi, yapıda bir kattaki bölme duvarların yine yapı kütle merkezinden uzak noktalara yığılmasından ötürü de olabilir. Başka bir deyişle açık ön cephe tasarımından da doğabilir.

Ve yapılan gözlemler ile çalışmalar, açık ön cephe uzunluğu arttıkça burulma etkisinin doğurduğu görece kat ötelemesinin de, açıklığın arttığı miktarın karesi kadar arttığını göstermiştir (Şekil 3.3).

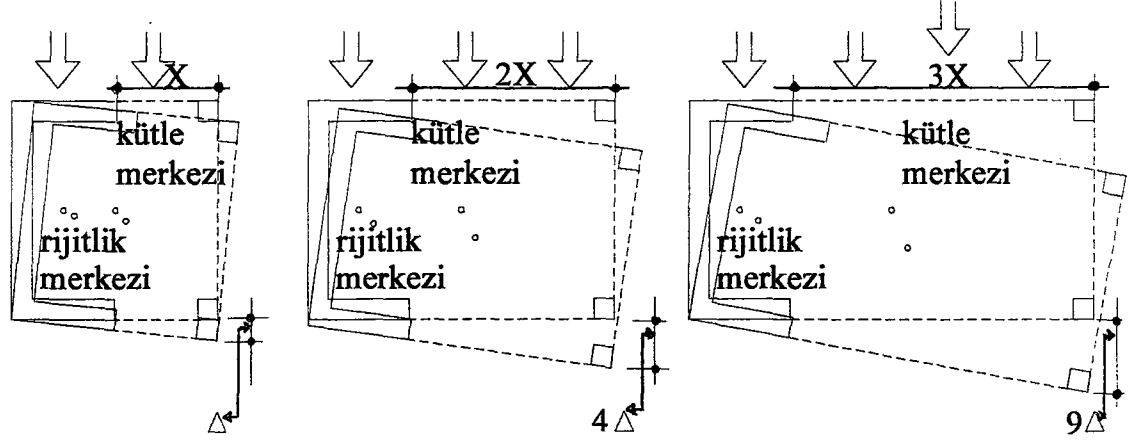


Şekil 3.2 Burulma düzensizliği durumu.

Burulma düzensizliği ve daha ileride ele alınacak diğer düzensizlik türlerine çok sık rastlanmaktadır. Çağdaş mimarlık anlayışını ve estetik kurallarını koyan öncü çağdaş mimarların asimetriyi simetriye karşı öne çıkarmalarının da şüphesiz bu uygulamalarda büyük etkisi vardır. Ancak simetriden ve düzenli planlardan ne kadar çok uzaklaşırsa yapının o kadar çok zorlanacağı, bu zorlamaları yapının taşıyabileceği büyüklüklere indirgeyebilmek için de yine o kadar çok emek ve malzeme harcanacağı günümüzde çok iyi anlaşılmıştır.

6 Mayıs 1976 da Kuzey İtalya'da, resmi kayıtlara göre deprem bölgesi olarak görülmeyen, Friuli Venezia Giulia Bölgesinde meydana gelen M=6,5 Richter büyüklüğündeki depremde (Saat: 09.00; Odak Derinliği: 20 kilometre) Gemona'da bulunan hastane binasının planı burulma düzensizliğini anlayabilmek için iyi bir örnektir (Şekil 3.4). Beş bloktan oluşan bu yapının A Bloğu, merdiven çekirdeğinin sol uca yığılmasından, B bloğu

ise geometrik düzensizlikten ötürü burulmalara maruz kalmış ve bu bloklar ağır hasara uğramıştır.

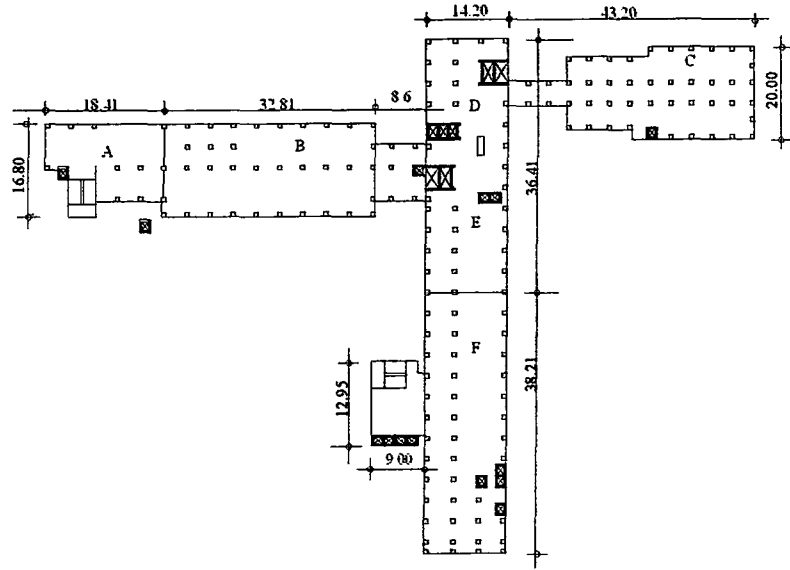


Şekil 3.3 Burulma düzensizliğinden kaynaklanan görelî kat ötelemesi, açık ön cephe uzunluğu artışıının karesi kadar artar (Naeim,1989)

Burulma düzensizliğinden kaynaklanan olumsuzluğa karşı alınacak tedbirler şöyle sıralanabilir:

- i- Bu düzensizliği oluşturmayacak simetrik bir plan tipine dönmek,
- ii- Rijitlik oluşturan bölme ya da perde duvarların mimari kaygılarla mutlaka plandaki yerinde olması gerekiyorsa, bunları dengeleyecek şekilde karşı yönde aynı elemanların tekrar edilmesi ya da burulma etkisini karşılayacak şekilde eleman boyutlarının ve donatılarının artırılması veya,
- iii- Açık ön cephenin yeterli rijitliği sağlanacak şekilde çelik ya da betonarme diyagonal kirişlerle desteklenmesi ve kalan boşlukların açık cephe olarak kullanılması (Şekil 3.5, Foto 3.2).

Görölebileceği gibi bu tür bir düzensizliği gidermeye çalışmanın belirli bir maliyeti vardır. Bu da ek malzeme, ek işçilik, ek zaman demektir.

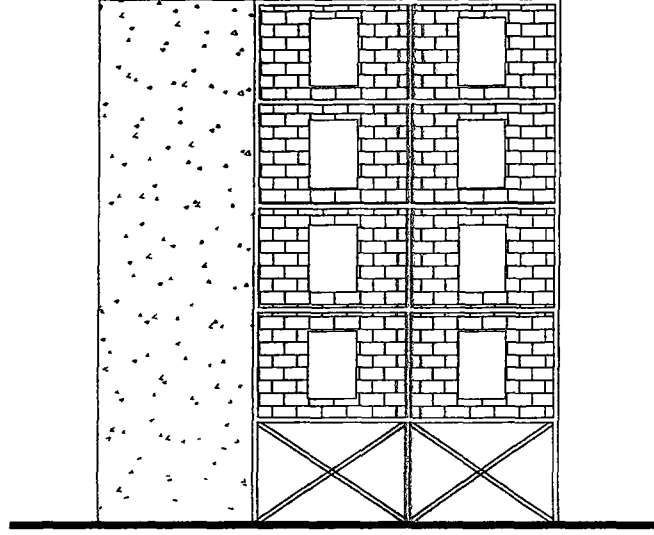


Şekil 3.4 Gemona Hastane Binası kat planı, Friuli, İtalya (Ölçeksiz).
(Polyakov, 1979)

3.3.1.2 Döşeme boşlukları düzensizliği

Bir kat planında merdiven ve asansör boşlukları dahil, döşemelerde çeşitli amaçlar için açılmış boşlukların alanlarının toplamının o katın brüt alanının üçte birini geçmesi durumudur (Şekil 3.6). Döşeme boşlukları düzensizliği durumunda yatay deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılması güçleşebilir veya ani rijitlik azalması olabilir. Bu durumu gidermek için ilave eksantrisite hesapları yapılır ve yatay yüklerin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılması sağlanır. Yine bu ek hesapların getireceği ek yük tabii ki malzeme, işçilik maliyeti ile yapı üretim süresinin artmasıdır.

Foto 3.3'te bu duruma örnek olmak üzere 1967 Caracas Depremi'nde hasara uğrayan Nanguata Sahil Kulübü Binası verilmiştir. Yapı 7 metre kat yüksekliği olan tek katlı, ara katı olan binadır. Ara kat, döşemede boşluk oluşturulması etkisi doğurmuştur. Bu da kolonların boyunu kısaltmış ve kolonlar en zayıf oldukları kolon-kiriş düğüm noktalarında mafsallaşmışlardır.



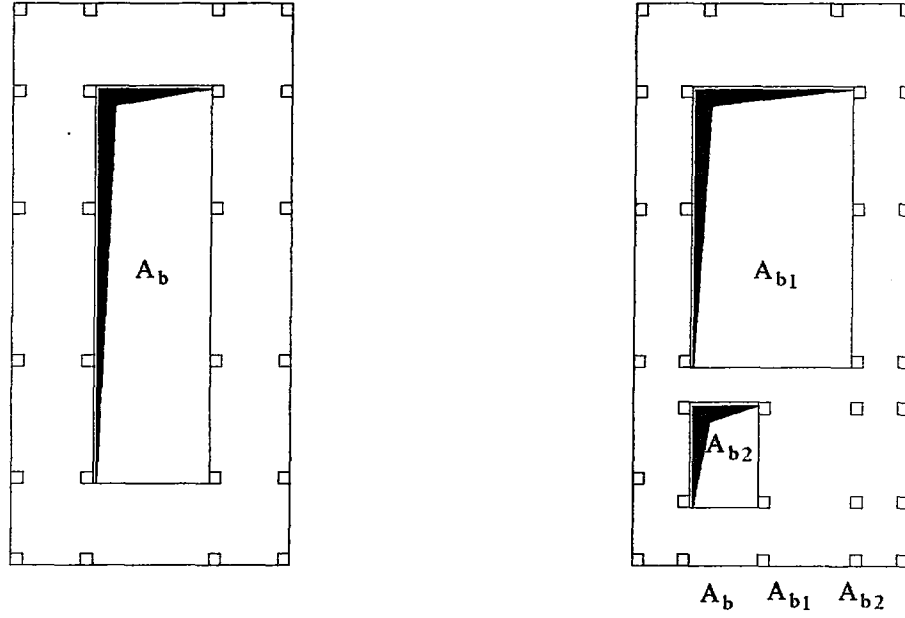
Şekil 3.5 Açık cephenin çelik/betonarme diyagonal kirişlerle desteklenmesi

Döşeme boşluklarındaki bu düzensizlikler deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılmasını güçleştirirler. Bazen, ara katlarda kat yüksekliği farklı ara salonlar oluşturmak amacıyla yine iç kütlede boşluklar açılmaktadır (Şekil 3.7-Foto 3.3). Bu da bir boşluk düzensizliğidir. Yapılması gereken ise mutlaka bu özelliklerde olan bir hacim isteniyorsa, bu hacmin ayrı bir kütle olarak inşa edilmesi, ya da bu durumun bir sıradışılık olduğunun bilinciyle ek hesapların, analizlerin projede mutlaka uygulanması, kolonların güçlendirilmesidir.

3.3.1.3 Planda çıkıntılar bulunması (Planda Kanat düzensizliği).

Bina kat planlarında çıkıntı yapan böylece hareketliliği ortaya koyan kanatların (Re-entrant corners) birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20' sinden daha büyük olması durumudur (Şekil 3.8) (Deprem Mevzuatı 2000)..

Deprem Yönetmeliği bu düzensizlik durumunu "A3 Türü Düzensizlik" diye anmıştır ve başlık olarak ta "Planda Çıkıntılar Olması Durumu" başlığını kullanmıştır. Çalışmada bu düzensizlik "Planda Kanat Düzensizliği" olarak adlandırılmıştır.



A, ilgili katın boşluklar dahil toplam brüt alanıdır.

$A_b / A > 1 / 3$ durumunda o döşemede boşluk düzensizliği vardır denilir.

Şekil 3.6 Döşeme boşlukları düzensizliği durumu



Şekil 3.7 Döşeme boşlukları düzensizliği



Foto 3.2 Açık cephenin diyagonal kirişlerle destelenmesi, San Fransisco (EERI)

Çıkıntılıların kendi doğrultusunda %20'yi geçmemeleri durumu izin verilen üst bir sınırdır. Bu durumda yine ek hesaplar gerekmektedir ve özellikle köşelerdeki düğüm noktalarında doğacak olan, taşıyıcıları zorlayıcı ilave büyük gerilmeler irdelenmelidir. Bu gerilmeler yapıyı iki ayrı yöndeki düzlemlere ait arakesit doğrultuları boyunca burulma etkisi uygulayarak ayırmaya çalışır (Şekil 3.9). Bu zorlama hem yatay hem de düşey doğrultuda cereyan eder. (Şekil 3.10), (Naeim ,1989).

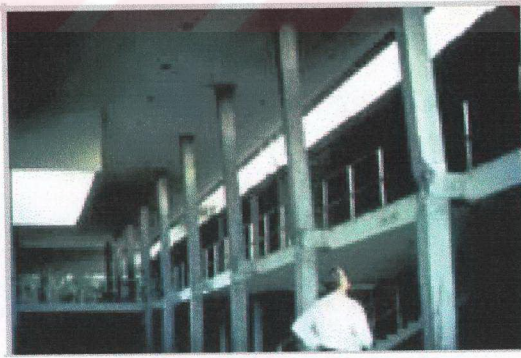
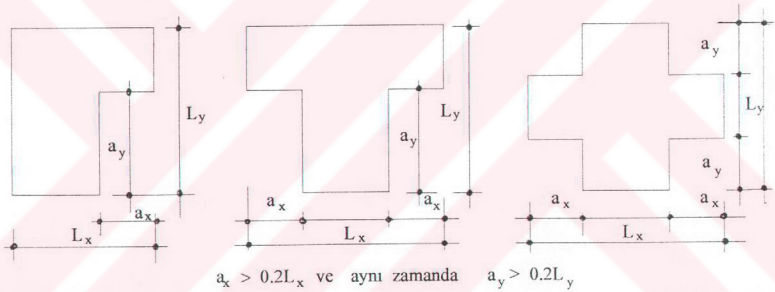


Foto 3.3 Naiguata Sahil Kulübü Binası,Venezüella, 1967 Caracas Depremi (EERI)

Tasarımcıya bu aşamada düşen görev ise ek hesaplar gerektiren bu tür zorlamalardan kaçınmaktır. Bu tür çıkıntılar ne kadar küçük olursa yapının analizi o kadar basitleşecektir. Çıkıntılar sıfıra indirildiğinde ise basitlik maksimuma ulaşacaktır. Hesaplardaki basitlik ise yapının davranışındaki belirsizliklerin de minimuma indirilmesi anlamına gelmektedir.

Planda kanatlarla böyle bir hareketlilik mutlaka isteniyorsa, bu tür gerilmelerden yapıyı korumak için uygulanacak çözüm, ya her birimin bir diğerinden düğüm noktalarında derzlerle ayrılmasıdır, ya da kanatların tamamen ayrı blok olarak inşa edilmesidir. Bu durumda istenmeyen gerilmeler doğmayacaktır. Çünkü derzlerle ayrılan kanatlar (Şekil 3.11) münferit olarak çalışacaklardır (Ambrose ve ark, 1993).

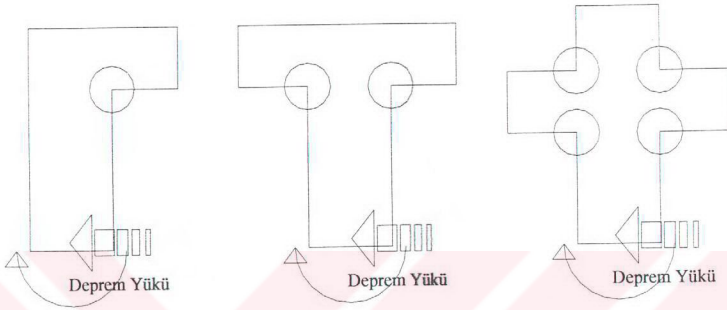


Şekil 3.8 Planda kanat düzensizliği

Ancak bu kez de bırakılan derzin genişliğinin ne kadar olacağı sorusu gündeme gelecektir. İşte burada önceki başlıklarda işlenen mimar-mühendis ortak çalışması söz konusu olacaktır. Mimar bu aşamada, kesinlikle bir statik hesapçısı ile birlikte, oluşturulan her bir birimin salınım periyotlarını hesaplamalı, buna göre salınım miktarlarını belirleyip bırakılacak derzlerin genişliğini doğru bir şekilde hesap etmelidir.

Uygulamada ise derzlerin harç, atık tuğla ve benzeri yapı malzemeleri ile doldurulmalarına dikkat edilmelidir. Bu şekilde bir olumsuzluğu önlemek için ise derzler köpük levhalarla önceden doldurulabilir. Çünkü, derz aralığı bu tür malzemelerle

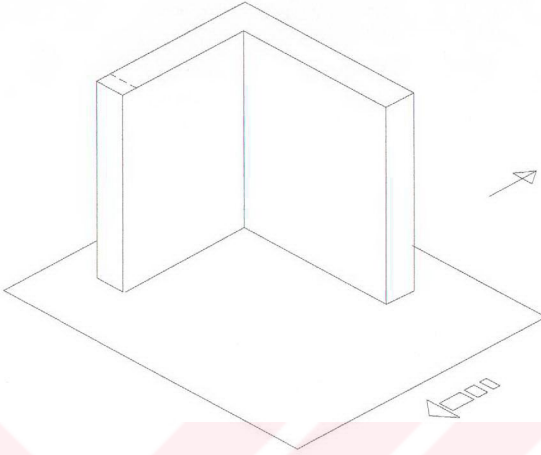
dolar ve bir de yetersiz olursa ayrılan birimlerin yine yekpare bir blok gibi hareket etmesi tehlikesi doğar.Ya da birimlerin ayrı ayrı yapacağı ötelenme miktarlarından az, ancak beraber çalışmalarına engel olacak yeterlikte olursa bu kez birimlerin birbirlerine çarparak sadme (darbe-pounding) etkisi oluşturmalarına neden olur.



Şekil 3.9 Deprem yükü birbirine dik doğrultuda bulunan düzlemleri düğüm noktaları arakesitlerinden ayırmaya çalışır.

Çalışmada, bu derzler için “Deprem derzleri” tanımlaması tercih edilmiştir. Bu terimin çalışma kapsamında araştırmalar sonucu sadece Ersoy tarafından kullanıldığı anlaşılmaktadır (Ersoy,2000). Yapı sektöründeki terim karmaşası burada da kendini göstermekte ve derz denilince akla ilk gelen dilatasyon derzleri olmaktadır. Ya da strüktürel amaçlı olmayan fayans ve seramik derzleri akla gelmektedir. Oysa bir derzin, depremden gelecek yatay kuvvetlerin oluşturacağı gerilmeleri baştan önlemek için “Deprem Derzleri” olarak konulacağını bilmesi, depreme dayanıklı yapı tasarımı duyarlılığının geliştirilmesi açısından çok büyük bir işlev görecektir.

Mimari tasarım açısından; daire planlı yapılar depreme dayanıklılık açısından en iyi tepki veren yapılardır (Celep ve ark.,1992). Simetrik olduklarından her yönde aynı oranda deprem kuvveti ile zorlanırlar ve yine simetri nedeni ile her yönde aynı ölçüde taşıma güçleri vardır. Ancak daire kesitli yapıların analizi diğerlerine göre daha karmaşıktır. Daire planlı yapıların her fonksiyona cevap veremez oluşu bu tür mimari tasarımların önünü kesen en önemli nedendir.

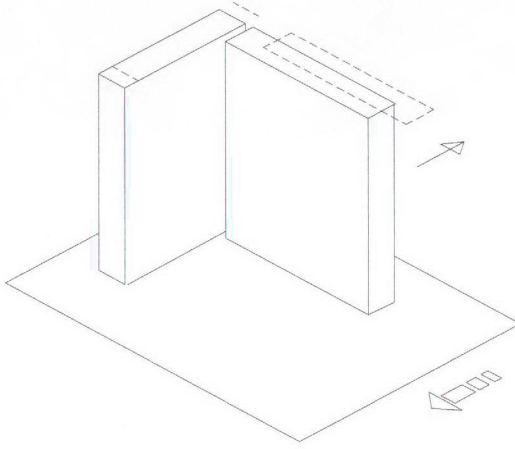


Şekil 3.10 Kanatlarda oluşan gerilmeler yapıyı düşeyde de zorlar.

Depreme dayanıklılıkta dairesel planlı yapıları, simetri ve yatay yüklerden etkilenme açısından kare planlı yapılar izlemektedir. Kare planlı yapıları da dikdörtgen planlı yapılar izler. Dikdörtgen planlı yapılarda dikkat edilmesi gereken nokta ise, bu plandaki bir yapının uzun kenarının kısa kenara oranının göre çok büyük olmamasıdır. Uzun kenar, gerekiyorsa derzlerle parçalanmalıdır. Yine burada önemli olan nokta yapı rijitlik ve kütle merkezlerinin örtüşmesidir.

Şekil 3.11’de basit tek kanatlı bir yapı için verilen deprem derzi örneği her karmaşıklıktaki plan durumları için geçerlidir. Böylece her kanat kendi münferit salınımını yapacak, gereksiz burulmalar oluşmayacaktır (Şekil 3.12).

Şekil 3.13’te ise planda uygunluk açısından tavsiye edilen ve edilmeyen plan tipleri topluca verilmiştir. Şekil 3.19’da verilen Olive View Tıp Merkezi zemin kat planı, iyi olmayan plan tipi için güzel bir örnektir. Verilen örnekler, özellikle uygun olmayan plan tipleri açısından aynı ilkeler doğrultusunda çoğaltılabilir.

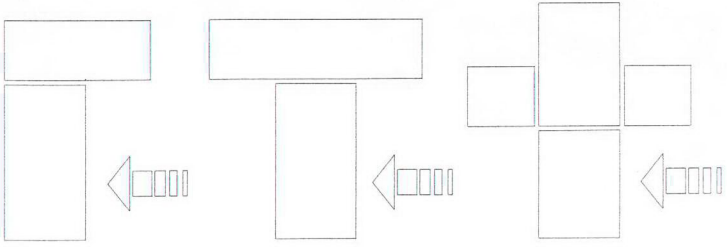


Şekil 3.11 Deprem derzleri ile ayrılan kanatlar düğüm noktalarını rahatlatır.

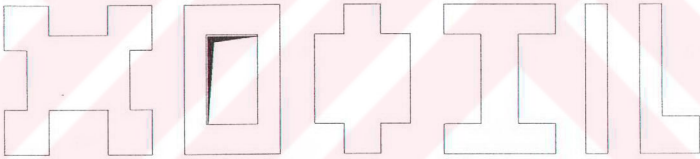
3.3.1.4 Taşıyıcı elemanların eksenlerinin paralel olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik, yatay deprem kuvvetlerinin doğrultularına paralel olmaması durumudur. Bu durumda, “Planda Dikeylik Düzensizliği” vardır denilir. Eksenlerin paralel olmaması durumu kesinlikle burulmalara yol açacaktır (Şekil 3.14). Simetri kaybolacaktır. Gerekçe ne olursa olsun bu düzensizlikten kaçınmaya çalışılmalıdır. Yapı arsasının kent ticaret merkezinde ve çok değerli olması halinde dahi en azından önceki başlıklarda anlatılan çözümlerden uygun olanı kullanılarak bu olumsuzluk giderilmeye çalışılmalıdır (Tezcan, 1998).

Depremde oluşan yatay kuvvetlere karşı koyabilmek açısından, taşıyıcıların asal eksenlerinin paralel olmaması durumu gerçekten çok önemlidir. Tabiri caiz ise deprem kuvvetleri bir yapıya zarar vermek istemese bile bu tür bir plana sahip yapıda çok önemli burulmalar oluşacak, yapıda belki pek de önemli olmayan ufak tefek imalat ya da malzeme kusurları, üzerlerine gelen aşırı gerilmeler yüzünden hassas bölgeler oluşturacaklar ve olmaları gerekenden çok daha büyük birer yapı kusuru kimliği kazanarak onarılamaz hasarlara neden olacaklardır.



Şekil 3.12 Deprem derzleri her kanadın ayrı bir birim olarak çalışmasını sağlar.



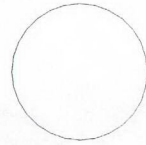
Uygun Olmayan Plan Türleri



İyi



Daha İyi



En İyi (Analizi Zor)

Şekil 3.13 Deprem açısından uygun olan ve olmayan plan türlerine örnekler

Bu tür tercihler genellikle arsanın pahalı ve değerli olduğu ticaret ve iş merkezlerinde rağbet görmektedir. Tasarımcı için bu tercih zorunlu kılındığında getirilecek çözüm, kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların asal eksenleri boyunca meydana gelen iç kuvvetlerin, depremin her iki yönde birden etkimesi haline karşılık gelecek şekilde artırılmasıdır. Depremin önce x- yönünde etkimesi halindeki iç kuvvet değerine, y- yönünde etkimesi halindeki iç kuvvetin yüzde otuzu eklenir. Daha sonra da y- yönünde etkimesi halindeki iç kuvvet değerine x- yönünde etkimesi halindeki iç kuvvetin yüzde otuzu eklenir. Elde edilen verilerden daha büyük olanı hesaplarda kullanılır (Tezcan, 1998).

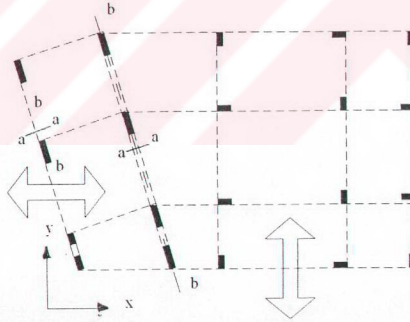
Bu ifadeyi formüle edersek:

$$B_a = B_{ax} + 0,3 B_{ay}$$

$$B_a = B_{ay} + 0,3 B_{ax} \text{ eşitlikleri elde edilir.}$$

Burada:

B_{ax}; x- yönü depremi için a-a eksenini doğrultusundaki iç kuvvet, **B_{ay}**; y- yönü depremi için a-a eksenini doğrultusundaki iç kuvvet, **B_a** ise; a-a eksenini doğrultusunda artırılmış toplam iç kuvvettir.



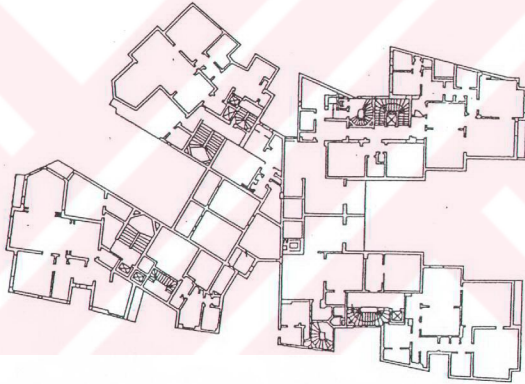
Şekil 3.14 Düşey taşıyıcıların asal eksenlerinin paralel olmaması durumu

Bu düzensizliğe birebir uyan çok güzel bir örnek 4 Mart 1977 Karpatlar Depremi (Romanya, $M=7,2$) ve bu depremde yıkılan altı ile on dört arası katlara sahip apartman binalarıdır. Bu yapıların planlarında ne simetriye ne de planda dikeyliğe uyulmamıştır.

Böylece, yapılarda oluşan burulmalar, daha deprem sona ermeden, yapılara verilebilecek maksimum zararı vermişlerdir (Şekil 3.15, Foto 3.4).

3.3.2 Yapıların düşey doğrultuda uygunluğu

Yapıların düşey doğrultuda belli bir sistematikte ve düzende olması en az yataydaki düzeni kadar önemlidir. Kolonların, perde duvarların, bölme duvarlarının rast gele değil ama belli bir ilke doğrultusunda yerleştirilmeleri katlar arası davranış birlikteliği sağlayacağından çok önemlidir. Bu anlamda yine belli terimlerle adlandırılan düzensizlikler, bu düzensizliklere neden olan tasarım hataları, ve bunlardan nasıl kaçınılabileceği ilgili başlıklar altında incelenecektir.



Şekil - 3.15 Romanya Depremi'nde hemen yıkılan çok katlı apartman binaları kat planı
Ölçeksiz (Polyakov, 1981)



Foto 3.4 Aynı yapılara ait bir bloğun deprem sonrası durumu (Polyakov, 1981)

3.3.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)

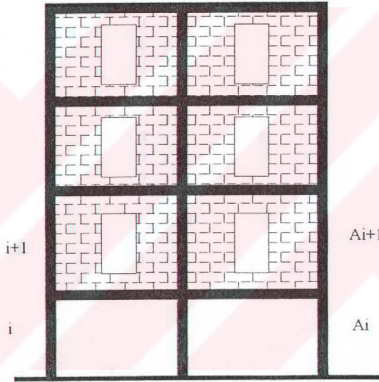
Betonarme yapılarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir “etkili kesme alanı”nın, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan “Dayanım Düzensizliği Katsayısı η_{ci} ’nin 0,80 den küçük olması” durumudur. Bu tanım, “Deprem Yönetmeliği”nde “Zayıf Kat” terimi ile anılmaktadır (DY 2000). Uluslar arası literatürde “yumuşak kat” (Soft Story) terimi kullanılmaktadır. Tezcan ise “Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri” adlı eserinde aynı düzensizliği ifade etmek için, “Zayıf Kat” teriminin konunun önemini vurgulamakta yetersiz kaldığını belirterek “Tehlike Katı Düzensizliği” terimini kullanmayı tercih etmiştir (Tezcan, 1998). Bu çalışmada da aynı kaygı ile bu terim kullanılacaktır. Tezcan’ın tanımı şöyledir:

“Bir katta mevcut olan kolon, perde ve bölme duvarlarının hepsi bir alt veya bir üst katta aynen devam etmeyebilir. Genelde yapıların giriş (zemin) katlarında mağaza ve restoran (için geniş açıklıklı alanlar) elde etmek gibi nedenlerle veya bir iç bahçe etkisi yaratmak amacıyla kolonlar, perdeler ve bölme duvarları daha az bırakılmaktadır (Ya da hiç bırakılmamaktadır). İşte, herhangi bir kat planında, göz önüne alınan kolon, perde ve yığma bölme duvarı alanlarının toplamını gösteren “ $A =$ etkin kesme alanı”nın, bir üstteki etkin kesme alanına oranı (η_c) 0,80’den büyükse, o yapıda rijitlik farklılığından dolayı

“Tehlike Katı Düzensizliği” vardır denilir. Bu oran 0,60’tan küçükse, bina tasarımı bu oranları karşılayacak şekilde yeniden yapılır”(Şekil 3.16).

Bu noktada kontrol olgusunun önemi ortaya çıkmaktadır. Proje kontrol ve vize işlevi üstlenen müdürlükler ile, meslek odalarının bu sınırları dikkate almaları gerekir.

Tehlike katı oluşumuna neden olacak mimari tasarım ve uygulamalardan kaçınılamıyorsa yapıya etkiyecek deprem kuvvetleri sonucu doğacak olan ek gerilmelerin karşılanmasını sağlamak için yatay yükler $1/(1,25 \eta_c)$ ile çarpılarak artırılır. Bu işlemin sonucu ise eleman boyutlarının ve/veya donatılarının önemli oranda artmasıdır. Ek olarak kolonlar tüm yükseklikleri boyunca etriye ile sarılma bölgesi kuralları çerçevesinde sarılır. (Tezcan, 1998).



Etkin Kesme Alanı (Her Yön ve Her Kat İçin): $A = A_0 + 0.015 A_d$

$D_c = A_i / A_{i+1}$ ise Düzensizliğin Mevcut Olma Şartı: $0,60 < D_c < 0,80$

Şekil 3.16 Komşu katlar arası dayanım (Tehlike katı/ Zayıf kat) düzensizliği

Şekil 3.16’da verilen:

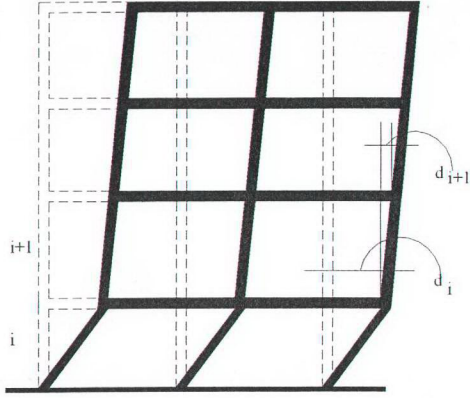
A_0 , kolon ve perdelerin gövde alanlarının toplamı; A_d , bölme duvarların pencere ve kapı boşlukları hariç, plandaki alanlarının toplamı ve D_c , Herhangi i’nci kattaki etkin kesme alanı değerinin, bir üstteki kata ait etkin kesme alanı değerine oranıdır.

Tehlike katı düzensizliği terimi aynı zamanda katlar arası görelî kat ötelenmeleri arasındaki oranın 1,50'den büyük olması durumunda da geçerlidir. Bu düzensizliğin nedeni de bir alt katta bulunan bölme duvarların boşaltılması ya da azaltılmasıdır (Şekil 3.17). Bu nedenle ayrı bir başlık altında verilmesine gerek duyulmamıştır.

Deprem Yönetmeliğinde bu düzensizlik türü B2 türü düzensizlik olarak adlandırılmış ancak ne yatay yük artışı şeklinde ne de kolonların tüm boylarınca sarılmaları şeklinde bir yaptırım tanımlanmamıştır. TEZCAN, 1998'de konuyu ele almış ve hem yatay yüklerin 1,25 çarpanı ile artırılmasını hem de kolonların tüm boylarınca sarılmaları yaptırımının gereğine işaret etmiştir. Ancak 1999 İzmit Depreminde sonra yeniden düzenlenen Deprem Yönetmeliği'nde bu madde 1998'de düzenlenen haliyle bırakılmıştır (Tezcan 1998). Bu çalışmada da aynı görüş paylaşılmaktadır. Ülkemiz açısından unutulmaması gereken ise Türkiye'nin bir deprem ülkesi olduğudur.

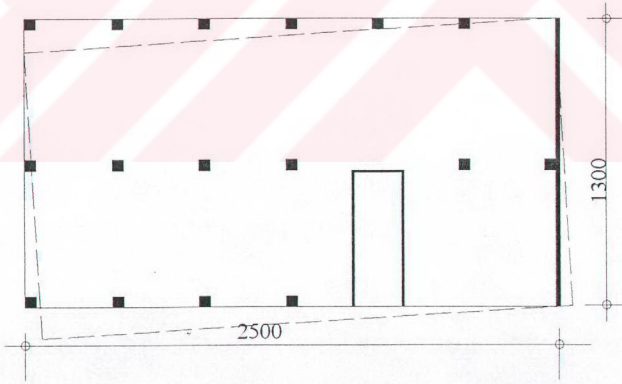
Yine bu duruma örnek olarak, Şekil 3.13 te verilen şematik pozisyonun, Friuli Depreminde bir fotoğrafla desteklenmesi uygun görülmüştür. Üç katlı ve betonarme karkas olarak inşa edilen yapının zemin kat duvarları boşaltılmış ve ayrıca planda merdiven çekirdeği yapının sağ tarafına daha yakın tasarlanmıştır. Böylece hem dolgu duvarı hem de simetri düzensizliği oluşmuş ve yapı zemin kat kolonlarının mafsallaşmasıyla düşeyliğini kaybederek sağ yanına doğru önemli bir miktarda plastik ötelenmeye maruz kalmıştır (Şekil 3.18, Foto 3.5).

Bu duruma bir başka örnek olarak 9 Şubat 1971 San Fernando Depremi'nde ($M=6,6$; Odak Derinliği 13 km) ağır hasar alan Olive Wiew Tıp Merkezi verilebilir. Yapı tasarım olarak pervane düzeninde birbirine bağlanmış dört bloktan oluşmaktadır. Her blok kanat olarak çıkıntı yapmıştır ve bloklar arasında bir iç bahçe vardır. Kanat uçlarına birer merdiven bloğu yerleştirilmiştir (Şekil 3.19). Bu merdiven bloklarından üçünün yer aldığı yapıların zemin katları boşaltılmış, sadece birinin zemin katına perde duvar yapılmıştır. Diğer üç blok çökmüş, bu blok bir miktar ötelenmiştir. Altı katlı ana blokta bodrum ve zemin kata duvar örülmemiştir. Bu blokta bütün zemin kat kolonları mafsallaşmış, yapı ağır hasara uğramıştır (Foto 3.6). Ayrıca yapının bir diğer bloğunda yine zemin katın boşaltılmasından dolayı mafsallaşma olmuş ve yapı yıkılmıştır (EERI).



$D_k = d_i / d_{i+1}$ ise düzensizliğin mevcut olma şartı : $D_k > 1,50$

Şekil 3.17 Göreli kat ötelemelerinden dolayı tehlike katı düzensizliği

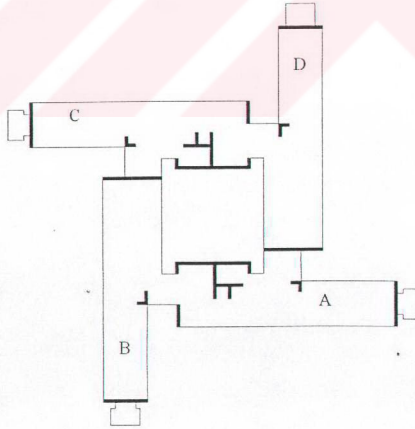


Şekil 3.18 Sadece üç katlı bir yapı simetri ve dolgu duvarı düzensizliğinden dolayı yıkıma götüren bir ötelenmeyle gelen ağır bir hasar yaşamıştır, Friuli Depremi.



Foto 3.5 Şekil 3.18’de verilen yapının deprem sonrası durumu

Yapının planındaki simetri eksikliğinden dolayı burulmaya maruz kaldığı da saptanmıştır. Ayrıca dikkate değer bir not olarak, hasar gören kolonlar incelenmiş ve fretli kolonların etriyelilere göre daha dayanıklı oldukları gözlenmiştir. Etriyeli kolonlarda ise, etriyesi yetersiz olanların performansının çok zayıf kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.19 Olive View Tıp Merkezi zemin kat planı (Ölçeksiz).

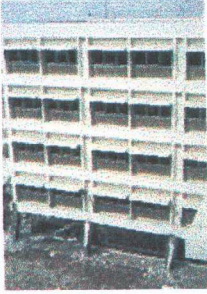


Foto 3.6 Olive View Tıp Merkezi tehlike katı mafsallaşması ve kolon ayrıntıları

Yine 1979 Imperial Valley Depremi'nde hasar gören Imperial County Hizmet Binası da tehlike katı, kolon moment bölgelerindeki etriye yetersizliği gibi parametrelerin birlikteliği sonucu ağır hasar almıştır (Foto 3.7). Yapı altı katlı betonarme bir yapı olup doğu ve batı cephelerinde, son kattan aşağıya, zemin kata kadar çerçeve sistemde dolgu olarak duvar örülmüş, zemin katta ise hem kolonlar içeri çekilmek suretiyle konsol oluşturulmuş; hem de duvar örülmeyle tehlike katı oluşumu sağlanmıştır. Depremde, bu iki cephenin kolonları özellikle kolon altlarında, etriye yetersizliğinin de etkisiyle gelen burulmaları karşılayamamış ve patlamışlardır. Bu durum güney doğuda, deprem yönlerinin kesişme noktasında bulunan köşe kolonunda maksimum düzeyde belirginleşmiştir (EERI).

3.3.2.2 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

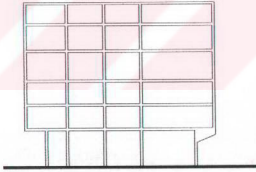
Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya gusseli kolonların üzerine veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alt katlarda kirişlere veya kolonlara oturtulması durumudur. Bu duruma ait yapı örnekleri, Deprem Yönetmeliği'nden alınan şekliyle Şekil 3.20'de verilmiştir.

Şekil 3.20'de gösterilen süreksizlik tiplerinden (a) ve (d) tipleri son Deprem Yönetmeliği'ne göre kesin olarak yasaklanmıştır, yapılmalarına izin verilmez. Ancak (b) ve (c) tipleri yasaklanmamışlardır, fakat üstteki kolon ve perdeleri taşıyan kirişlerle bu kirişlerin uçlarındaki düğüm noktalarına birleşen diğer tüm kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvetler %50

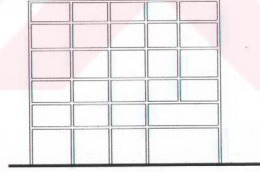
oranında artırılır, boyutlandırma buna göre yapılır ve ilgili kolonların tüm boylarınca sarılma bölgesi kurallarınca etriye sıklaştırması yapılır.



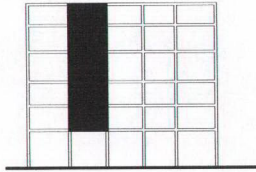
Foto 3.7 Imperial County Hizmet Binası ve ayrıntılar



a



b



c



d

Şekil 3.20 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği örnekleri

3.3.3 Yapı yüksekliği boyunca düzensizlik

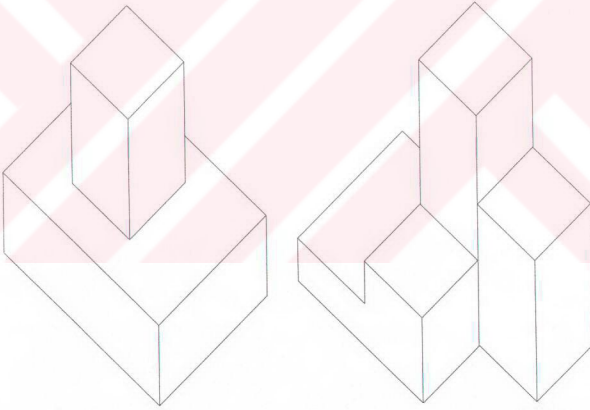
Bu düzensizlik türü, genellikle alt katlarda daha geniş olan bir küleden, üst katlarda daha dar bir küleye geçiş olarak tanımlanabilir (Şekil 3.21). Bu tür uygulamadan genellikle kent merkezlerinde ticari alanların değerlendirilmesinde veya otel, kule yapılar gibi prestij yapılarında yönetim birimlerinin yer aldığı bloğun oluşturulmasında yararlanılmaktadır. Aynı yapı için iki veya daha fazla kütle yan yana tasarlandıklarında kütlelerin yükseklik farkından dolayı salınım periyotları, dolayısıyla görelî kat ötelenmeleri farklı olacaktır. Bu fark ta kütlelerin çarpışmalarına (pounding/hammering) ve çekiçleme diye anılan etkilere neden olacaktır. Bu etkinin engellenmesi için her iki kütlelerin birbirlerinden deprem derzleriyle ayrılması ve bu derzlerin, blokların ayrı ayrı salınımlarının toplamı kadar genişlikte bırakılması gerekmektedir (Şekil 3.22).

Başka bir deyişle ifade etmek gerekirse bu derz, “ Her iki blok için yönetmeliğine uygun olarak ayrı ayrı hesaplanmış en büyük görelî ötelenmelerin toplamı” kadar olmalıdır (Celep ve ark.,1992). Bu durum, bir yapıyı oluşturan blokları için, olduğu kadar bitişik nizamda yapılmış komşu iki yapı için geçerlidir. Komşu yapılar için konu ayrıca “döşeme düzensizlikleri” adı altında incelenecektir.

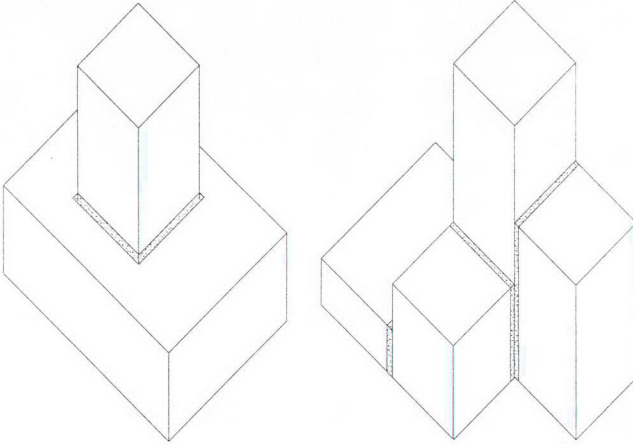
Bu tür düzensizlik bazen ters piramit uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Tamamen farklı olmak kaygısıyla yapılan bu uygulamada, konsol genişlikleri üst katlarda giderek artırılmaktadır. Deprem bölgelerinde normal konsollar bile sınırlandırılırken, böylesi bir uygulamanın binanın salınım periyoduna yapacağı olumsuz etkiler açısından iyi irdelenmesi gerekmektedir. Olive View Tıp Merkezi’ndeki konsol uygulamasında ankraj yetersizliğinin neden olduğu hasar (EERI), konsollara hem tasarım hem de yapım aşamasında gösterilmesi gereken özenin önemini ifade etmek için yeterlidir (Foto 3.8).



Foto 3.8 Olive View Tıp Merkezi, konsolda ankraj yetersizliği



Şekil 3.21 Yapı kütleleri arasında yükseklik düzensizliği

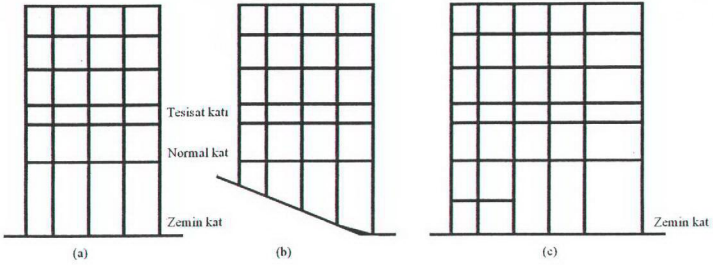


Şekil 3.22 Yükseklikleri farklı kütleler deprem derzleriyle ayrılmalıdır

3.3.4 Kat yüksekliği düzensizlikleri

Yapılarda katlar arasında yükseklik farklılıkları olabilmektedir. Bu, arsa verilerinden veya mimari tercih nedeniyle olabilir. Çok katlı yapı tasarımlarında uygulanan tesisat katları ile yapı zemin katları, genellikle birincisinde daha basık, ikincisinde ise daha yüksek olmak üzere farklı yüksekliklerde tasarlanmaktadır. Zemin katlar çoğunlukla iş merkezi ve otel gibi ticari yapılarda yüksek tasarlanmaktadır. Ya da zemin koşulları nedeniyle aynı katta yükseklik farkları oluşabilmektedir (Şekil 3.23). Bu da kaçınılması gereken, ya da tasarım aşamasında iyi irdelenmesi gereken bir düzensizlik türüdür.

Teknik ya da mimari tercihler nedeniyle bu düzensizlikten kaçınılamıyor ise, farklı yükseklikteki kat kolonlarının boyutlandırılmasına özen gösterilmelidir. Bu da kolon kesitlerinin önemli bir miktarda artması ile sonuçlanan bir analiz süreci ile gerçekleştirilir. Ayrıca kolon- giriş düğüm noktalarının uygulamada çok iyi bir kontrolle hatasız imal edildiğinden emin olmak gerekir.



Şekil 3.23 Kat yüksekliklerinde düzensizlikler

3.4 Yapı Elemanları Düzeyinde Düzensizlikler

Yatay ve düşey düzlemlerde ele alınan düzensizliklerden sonra, bir de yapı elemanı düzeyinde kaçınılması gereken düzensizlikler vardır. Bunlar, temel düzenlemelerine ait düzensizlikler, çerçeve sistemlerde yatay düzlemde kolon düzenine ait düzensizlikler, kısa kolon davranışı, perde duvarlar ve yatay düzlemde perde duvar düzenine ait düzensizlikler, kiriş sürekliliğine ait düzensizlikler, kolon ve kirişlerin düzlemselliğine ait düzensizlikler, kolon ve kirişlerin zayıflık-güçlülük ilişkileri, döşeme sürekliliğine ait düzensizlikler, kiriş ve döşemelerin kütleli düzensizlikleri olarak sırasıyla işlenecektir.

3.4.1 Temel düzenlemelerine ait düzensizlikler

Depreme dayanıklı yapı söz konusu olunca, temellerin tekil ya da mütemadi, veya radye oluşu, temellerin kademelendirilmesi gibi tercihler yapının deprem karşısındaki davranışlarını belirleyen parametrelerdir.

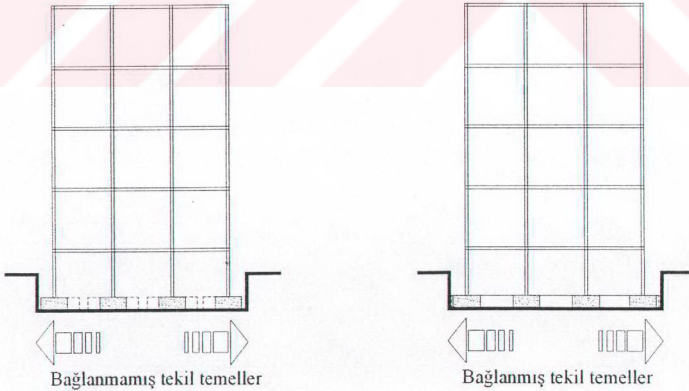
3.4.1.1 Bağlanmamış tekil temeller

Tekil temeller gcl bağ hatıllarıyla hatta kirişleriyle birbirine bağlanmalıdır. Bu bağlama işlemi temel pabuçlarının deprem yükleri altında birlikte davranmalarını ve yatay yüklere karşı dayanışmalarını sağlar (şekil 3.24).

Tekil temellerin yapının oturması açısından da olumsuzlukları dikkate alınarak deprem bölgelerinde uygulanmasının getireceği sakıncalar hatırd tutulmalıdır (Celep ve ark.,1992).

Bu sorunun çözümü sürekli ya da radye temel uygulamasıdır. Sürekli temele ait iyi tasarlanmış temel kirişleri veya radye temelin yekpare betonarme bloğu, yatay telemelere karşı tüm yapıyı, bu kuvvetlere karşı koymak üzere rijit bir bütün olarak bu kuvvetlerin önüne koyacaktır (şekil 3.25).

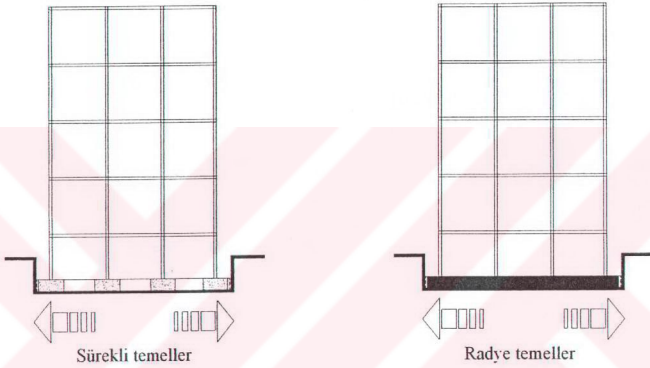
Ancak uygulamada ise, radye temellerin uygulanması bir yana, çok kötü zeminlerde dahi, sürekli temeller bile çok az tercih edilmektedir. Tamamen ekonomik olarak öne sürülen gereklerle yapılan bu yanlış tercihlerin, satış sırasında alıcılar tarafından temel yapım sisteminin sorgulanması ile olumlu yönde değişeceği umulur.



şekil 3.24 Tekil temel pabuçları birbirlerine gcl hatıllarla bağlanmalıdır.

3.4.1.2 Temel derinliğinin yetersiz oluşu

Bodrum olmayan yapılarda yapının toplam maliyeti içinde kazı maliyetini azaltmak amacıyla yüzey temelleri yapılması bir yanlışlıktır. Oysa temelin derin yapılması en basit anlamda sağlam zemine biraz daha yaklaşımdır. Tasarımda derin temele ilaveten, güçlü kolon – zayıf kiriş yaklaşımının tercih edilmesi ve temelin perde duvarlarla desteklenmesi deprem kuvvetlerine karşı önceden alınmış iyi bir tedbir olarak düşünülmelidir (Şekil 3.26).

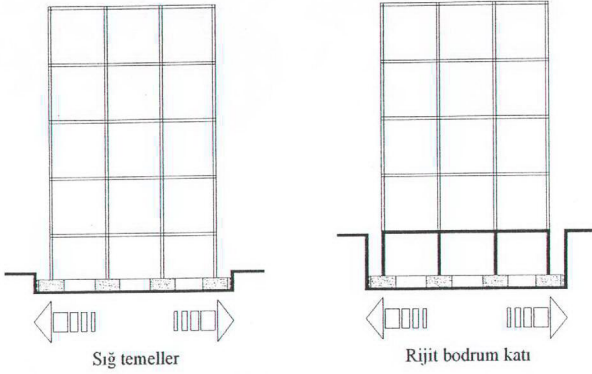


Şekil 3.25 Sürekli ve radye temeller yapı davranışında bütünlük sağlar

3.4.1.3 Temel seviyelerinin farklılığı

Taşıyıcı sistemin oluşturulmasında temel seviyelerinin düzleşmesi yapının davranışının bütünlüğü açısından son derece önemlidir. Düzleşmekten sapmak yüklerin iletiminde farklılıklar yaratacağı gibi yatay yüklere karşı kesintisiz davranış beraberliğini de bozacaktır (Şekil 3.27).

Temel seviyelerinin farklılığının doğuracağı diğer bir olumsuz davranış ise kısa kolon davranışdır. Şekil 3.21'den de görülebileceği gibi düzey olarak daha yukarıdaki temellerde kolonlar kılacak, rijitlik bozularak rijitlik düzensizliği de doğacak, ötelenmeler farklı yüksekliklerdeki kolonlarda büyük oranda farklılaşacaktır (Celep ve ark., 1992).



Şekil 3.26 Rijit bodrum katı sığ temellere tercih edilmelidir

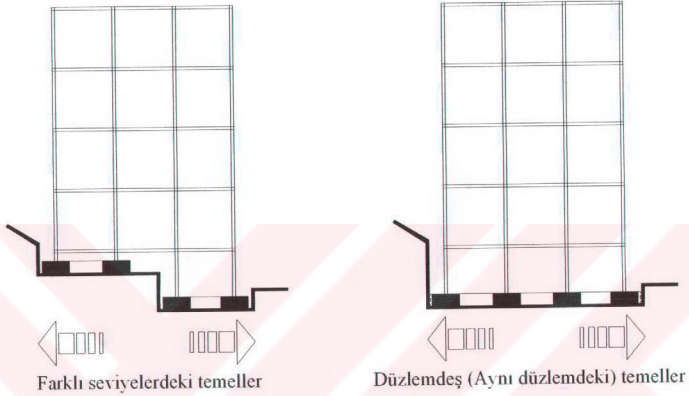
Temel seviyelerinin farklılığı, beraberinde getirdiği kolon yüksekliği farklılığı ile kısa kolon davranışı, kısa kolonlarda gerilme artışları sonucu burkulma ve mafsallaşma da doğuracaktır. Buna 22 Mayıs 1997 Jabalpur (Hindistan) Depremi'nden C planlı bir yurt binası örnek verilebilir (Foto 3.9). Yapı zemini eski, küçük bir göl yatağıdır, zeminde tehlike katı oluşturulmuş ve kolonlar kademeli yerleştirilmiş durumdadır. Bu dört faktör zemin kat kolonlarında ağır hasar yol açmıştır (EERI).

3.4.2. Kolon-kiriş düğüm noktalarındaki düzensizlikler

Taşıyıcı sistemin oluşturulmasında görülen olumsuzluk ise kolon ve kirişlerin düğüm noktalarında oluşan tasarım ile uygulama hatalarıdır. Bunlardan ayrı olarak mimari tercihe ait düzensizlikler de vardır. Ülkemizde gerek tasarım gerekse yapım kusurlarının en büyük düzeyde görüldüğü bölge kolon kiriş düğüm noktalarıdır.

Yapım kusuru olarak gözlenen en yaygın kusur, kolon – kiriş düğüm noktalarında kolon etriyelerinin kiriş içerisinde devam ettirilmemesidir. Bunun sonucu olarak yapının deprem kuvvetlerine karşı davranışı ise, kolonların zayıflayan bu noktalarda mafsallaşarak bir alt katın üzerine yığılmasıdır. Bu duruma, projelendirmelerde ilgili detayların verilmemesi ve “kolon kiriş düğüm noktalarında i'nci deprem bölgelerine ait kurallar uygulanacaktır” gibi sadece bir proje notu ile kalınarak konunun yeterince vurgulanmaması veya yapım süreci

içerisinde uygulayıcıların kontrol mühendisleri tarafından yeterince denetlenmemeleri neden olmaktadır.

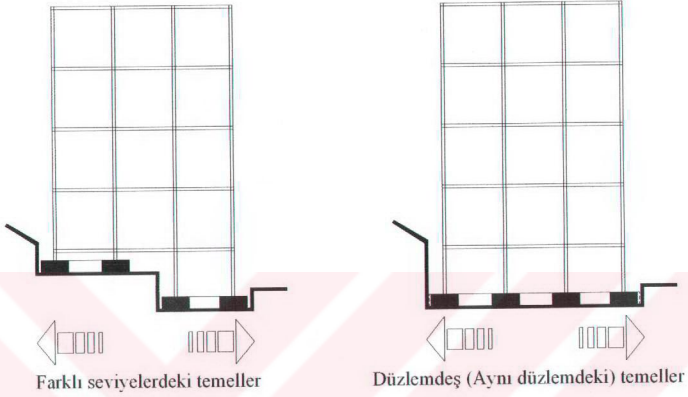


Şekil 3.27 Temel seviyelerinin farklılığı yapı davranışının bütünlüğü açısından önemlidir.



Foto 3.9 Kademeli kolonlar, çürük zemin, tehlike katı, C plan bu yurt binasında birleştirilmiştir, 22 Mayıs 1997 Jabalpur Depremi, Hindistan (EERI)

Foto 3.10 ve foto 3.11'de yukarıda tanımlanan kusurdan dolayı, kolon-kiriş düğüm noktalarının mafsallaşarak bütün kat döşemelerinin iskambil kağıdı etkisi olarak tanımlanan tarzda birbiri üstüne çökmesi durumu verilmiştir.



Şekil 3.27 Temel seviyelerinin farklılığı yapı davranışının bütünlüğü açısından önemlidir.



Foto 3.10 Kat kolonlarının mafsallaşmasıyla oluşan iskambil kağıdı etkisi, 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, M=7,4



Foto 3.11 Kat kolonları mafsallaşması sonucu toptan yıkım,17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, Kaynaşlı (BBC)

Depremi yapı türü seçmediği, yapıya işlevine göre değil “depreme ne kadar dayanıklı yapıldığına” göre etkidiği Foto 3.12’te görülmektedir. Fotoğrafta kolonları mafsallaşarak tamamen yıkılan bir cami yapısı verilmiştir.

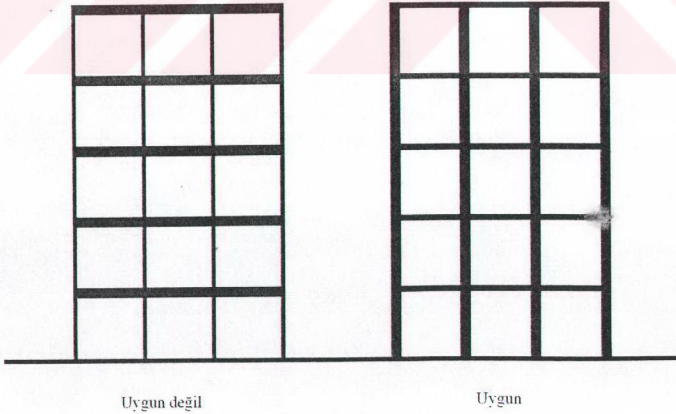


Foto 3.12 Kolon mafsallaşması sonucu toptan yıkım,17 Ağustos 1999 İzmit Depremi, Kaynaşlı (BBC)

3.4.2.1 Kuvvetli kiriş zayıf kolon oluşumu

Bir yapıda, normal koşullar altında, kolonlar sadece aksel basınç etkisi altında çalışırlar ve kirişlerle birlikte buldukları yapının ve üzerindeki diğer elemanların ağırlığını, düşey doğrultuda çalışarak temele iletirler. Ancak bu durum, yapı üzerinde sadece kendi ağırlığı etkilediği zaman doğrudur. Yapıya deprem etkisi ile gelen yatay yükler etkimeye başladığında yapı her yönden gelen ani darbelerle sarsılır. İşte bu anda yapının üzerinde durduğu kolonlar da her yönden art arda gelen, statik hesaplara dahil edilmeyen, kesme, burulma, eğilme kuvvetleri gibi ve tüm yapının ağırlığı ile doğru orantılı olarak büyüyen kuvvetlere karşı koymaya çalışır. Bir yapının deprem kuvvetlerine karşı ne kadar dayanıklı olduğu deprem sürecinin bu safhalarında test edilir. Yapı bölme duvarlardan başlayarak tüm çerçeveye kadar, hangi bölgesinde zayıfsa o kısımlarda hasar görecektir.

Örneğin, kolonlardan daha güçlü tasarlandığı ve imal edildiği durumlarda kirişler, kolonlara bir balyoz gibi darbe etkisi (Pounding) uygulayarak kolonların düğüm noktalarında kırılmasına yol açarlar (Celep ve ark.,1992; Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Güçlü kolon-zayıf kiriş düzeni diğerine tercih edilmelidir

3.4.2.2 Kiriş sürekliliğindeki düzensizlikler

Kirişlerin düşeyde, aralarında kot farkı olmadan düzenlenmeleri gerekmektedir. Farklı kotlarda bulunan kirişler, düzlem olarak kolon-kiriş düğüm noktalarının altında kalarak deprem kuvvetleri gibi yatay kuvvetlerin etkimesi durumunda kolonlara kesme kuvveti uygulamaktadırlar (Şekil 3.29).

Tasarım açısından yapılması gereken ise, bu düzensizliğe neden olan koşulların ortadan kaldırılmasıdır. Şekil 3.29'daki örnekte görülen düzensizlik temel pabuçları arasındaki kot farkından ileri gelmekte, çözümü ise gerekli temel kazısının yapılarak düzensizliğin ortadan kaldırılmasıdır (Celep ve ark.,1992).

3.4.2.3 Kirişsiz döşemeler yapılması

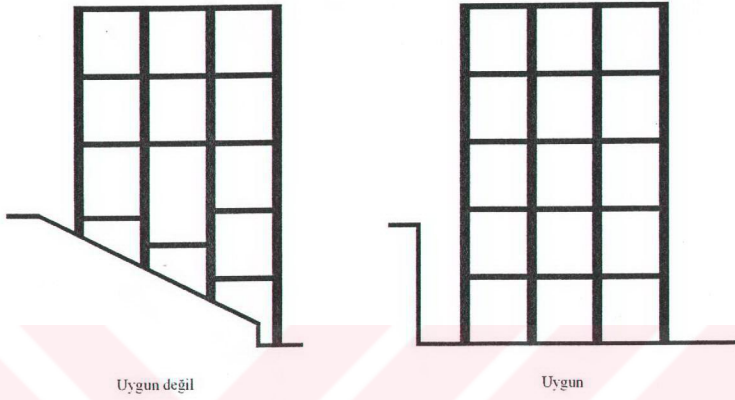
Mimari tasarım aşamasında estetik kaygularla kirişsiz döşeme yapılması tercih edildiğinde, döşemelerde oluşacak zımbalama etkisinin yaratacağı olumsuzluklar iyi irdelenmelidir (Şekil 3.30). Zımbalama etkisi ile, yapılacak olan mantar döşeme, kolon ile olan arakesit yüzeyinden delinerek kolona geçecektir. Mümkünse döşeme-kolon-kiriş sistemine geçilmelidir.

3.4.2.4 Kolon-kiriş düğüm noktalarının hemyüz olması

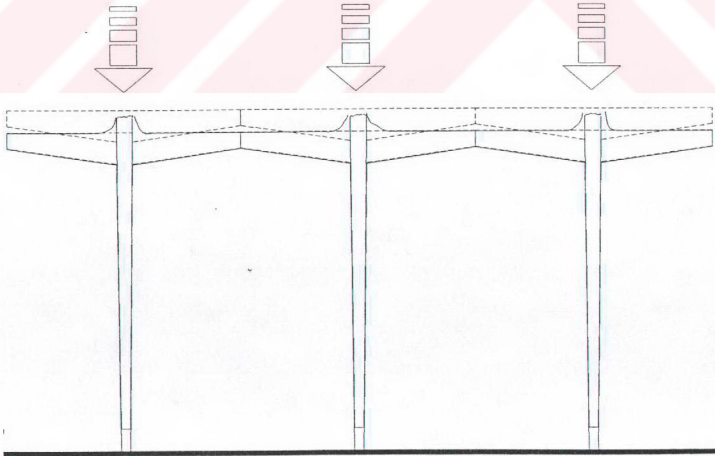
Mimari tasarım aşamasında görsel etki yaratmak amacıyla kolon ve kirişlerin düğüm noktalarında gölge oluşturmak, yapının dikeyliğini ya da yataylığını vurgulamak gibi kaygularla mimari düzenlemeler yapılmaktadır. Bu amaçla ya kolonlar, ya da kirişler diğerinden daha ileriye çıkıntı (projeksiyon) yapacak şekilde tasarlanmaktadır (Şekil 3.31, 3.32).

Kolon-kiriş düğüm noktalarında deprem etkisi altında büyük kesme kuvvetleri oluşacaktır. Bir kolona sapanan kirişler yeterli sayıda ve biçimde sapanıyorsa, yani kolonun dört yanından sapanıyorsa düğüm noktalarının taşıma gücü kirişlerin sağladığı yanal destek ile daha da artacaktır. Ancak üç veya daha az yüzden sapanıyorsa bu kez, kirişlerden kolona doğru kesme kuvveti uygulanacaktır. Bir de kolonlar projeksiyon yapıyorsa bu olumsuzluk daha artacaktır. Projeksiyon etkisi aranıyorsa, bu kısım hesap sonucu çıkan kesite ilave edilerek yapılmalıdır. Dolayısıyla kolon kesiti, kesme kuvvetlerine karşı bu düğüm

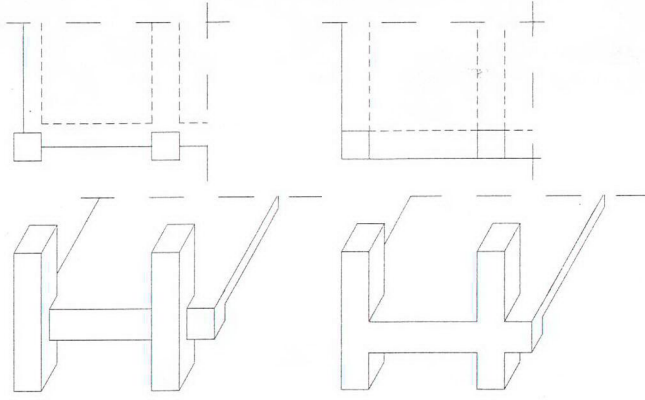
noktasında mimari tercih olarak konulacak çıkıntıdan (projeksiyon) bağımsızlaştırılmış olacaktır.



Şekil 3.29 Kirişlerin düşeyde aynı düzlemde bulunmalarına dikkat edilmelidir.



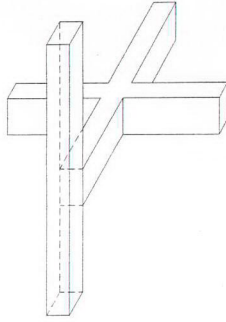
Şekil 3.30 Kirişsiz döşemelerde zımbalama etkisi kaçınılmazdır



Şekil 3.31 Dış aks kolonlarında projeksiyon olması durumu

Şekil 3.32 'deki gibi bir bağlantıdan ise kesinlikle kaçınılmalıdır. Saplama kiriş diye anılan bu uygulama birçok değişik şekil ve düzenlemelerle uygulanmaktadır. Böyle bir uygulama hem kirişlerin düğüm noktalarında, hem de kolon-kiriş düğüm noktalarında aşırı burulmalara neden olacaktır.

Foto 3.13'te verilen düğüm noktası detayı, bu tür yanlış uygulamaya bir örnektir ve 14 Eylül 1995 Meksika Depremi'nde böylesi bir uygulamanın yapıldığı bir hastane binasında hasara neden olmuştur (EERI).



Şekil 3.32- Çok sakıncalı bir düğüm noktası



Foto 3.13- Bir hastane binasında doğru olmayan kolon-kiriş düzeni uygulaması,
Ometepec,14 Eylül 1995 Meksika Depremi

3.4.3 Bölme ve dolgu duvarlarına ait düzensizlikler

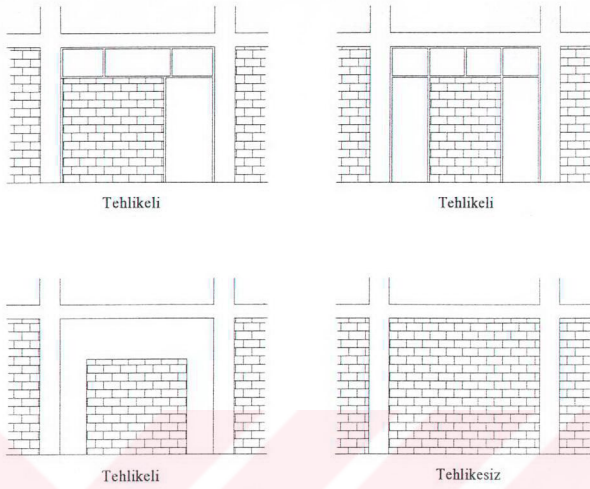
Mimari tasarımlarda, taşıyıcı olmayan ancak bölücü eleman olarak tasarlanan duvarlar tuğla, beton briket gibi malzemelerden yapılmakta ve bu duvarlar yük taşımak için tasarlanmamaktadırlar. Ancak özellikle dolu tuğla ve taş bölme duvarlar ile bir ölçüde diğer benzer malzemelerin, büyük olmayan yatay deprem kuvvetleri karşısında da önemli

rijitlikleri ve yatay yük taşıma güçleri vardır. Yapıların deprem kuvvetlerine karşı davranışında ilk hasarın, bölme duvarlarının bu özelliğinden dolayı bu duvarlarda başladığı görülmektedir. Bu anlamda çerçevelerin deprem etkilerine karşı statik direnç göstermelerinde bölme duvarlarının önemi çok büyüktür. Duvarların dolu tuğla ile daha dayanıklı bir malzemeden yapılmış olması bu duvarlara fazladan bir rijitlik sağlamakta, ve boşluklu olanlara göre aynı hasarın oluşumu için daha fazla yatay kuvvet gerektirmektedir. Yapının bütününde düşünüldüğünde tasarımdaki parametreleri etkileyecek başka unsurlar yoksa, bölme duvarların dolu tuğla ile örülmesi veya perde duvar tasarlar gibi yapının belirli akslarındaki bölme duvarların dolu tuğlalar ile örülmesi yönüne gidilmelidir. Ancak bu belirli aksların bölme duvarlar ile örülürken dikkat edilmesi gereken husus ise, bunların simetrik bir düzen içerisinde örülmesidir. Bu duvarlar, yapının karkas çerçeve sistemi simetrik olsa bile eğer yapının kütle merkeziyle örtüşmeyen bir rijitlik merkezi oluşturacak bir konumda yerleştirilmiş iseler, betonarme perde duvarlarda olduğu gibi kendilerinin oluşturdukları rijitlik merkezi etrafında olmak üzere yapıda burulma etkilerine yol açarlar.

Mimari tasarımda düzensizliklerden kaçınılması, mekanların oluşturulmasında kullanılan bölme duvarlarının simetrik yerleştirilmesi gerektiği ve bu duvarların belirli katlarda boşaltılmasının tehlike katı oluşturduğu vurgulanmıştır. Bu duruma örnek olarak 1976 Guatemala Depreminden, Guatemala City Terminal Oteli Binası verilecektir (Foto 3.14). Yapı, altı katlı betonarme bir yapıdır. Merdiven çekirdeği asimetrik bir düzende tasarlanmış, ancak bunu dengeleyecek şekilde bölme duvarlar yerleştirilmiştir. Yapımdan sonra ikinci katta bir restorana açık alan elde edebilmek için bölme duvarlar kaldırılmıştır. Yapı, depremde çok büyük burulma etkilerine maruz kalarak bu kata ait kolonlar kırılmışlardır. (EERI).

Diğer bir örnek te 1967 Venezüella Depreminden seçilmiştir (Foto 3.15). 12 katlı Capri Residencia Binası'nın tüm zemin kat bölme duvarları boşaltılmıştır. Ve yapının iki ucunda on bir kat boyunca örülen bölme duvarlar, ötelenmesi diğer katlara göre daha fazla olan zemin kata en yakın ilk iki katta strüktürel sistemden ayrılmıştır (EERI).

Bölme duvarlarının tasarım ilkelerine uygun olmayan düzenlerde yerleştirilmeleri halinde, yanal kuvvetlere maruz kaldıklarında düzlemlerinden kayarak devrilme olasılıklarının olması da unutulmamalıdır. Betonarme bir çerçeve içine en az dört kenarları ile oturtulmadıkları durum örnek olarak verilebilir. Bunun deprem sırasında yaratacağı tehlike ise önemlidir (Bayülke, 1989), (Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Düzlemi dışına devrilebilme tehlikesi olan bölme duvarlar

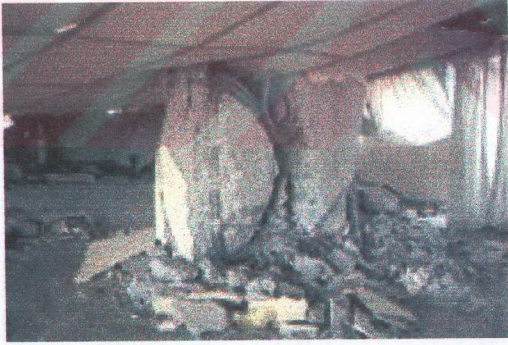
3.4.4 Bant pencereler ve kısa kolon davranışı

Okul, hastane, kışla ve yurt binaları gibi yapılarda, genellikle kat planları akslarında tasarlanan koridorlara, bodrum katlarına, tuvalet ve duş gibi mekanlara dolaysız olarak aydınlatma sağlamak amacıyla taşıyıcı sistemi oluşturan çerçevelerde, kolondan kolona uzanan bant pencereler yapılmaktadır (Şekil 3.34).

Bu durumda kolonun, çerçeve içinde yer alan duvar yüksekliğine kadar olan kısmı, duvarla birlikte daha fazla öteleme yapabilecek, duvar seviyesinin üstünde kalan kısmı ise daha rijit davranarak yeterli öteleme yapamayacaktır. Böylece aynı yapı elemanı üzerinde iki farklı davranış biçiminin doğurduğu kuvvetli bir burulma etkisi sonucunda kolonun, kısa kolon etkisinin başladığı nokta ile bir üstündeki kolon-kiriş düğüm noktasından mafsallaşarak kırılması, kesilmesi kaçınılmaz olacaktır (Foto 3.16). Bant pencerelerin yapılmaması, daha az ışık alma riskinin kısa kolon etkisi riskine tercih edilmesi olacaktır.



(a)

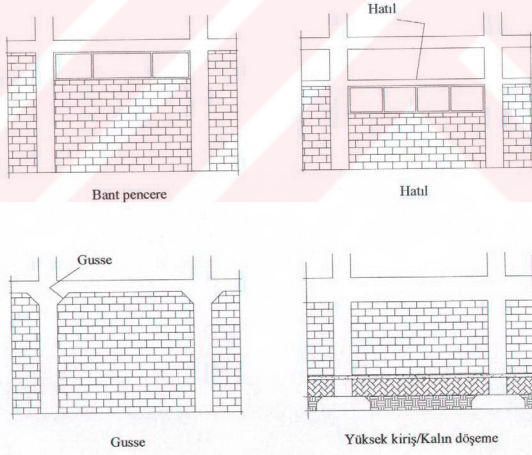


(b)

Foto 3.14 Terminal Oteli Binası (a) ve kolon detayı (b), Guatemala City, 1976 Guatemala Depremi



Foto 3.15 Capri Residencia Apartmanı, Caracas, 1967 Venezüella Depremi



Şekil 3.34- Kısa kolon oluşumuna neden olan detaylar



Foto 3.18 Aynı depremde bir başka okulda iki kısa kolon hasarı. Hasar sağdaki resimde dolgu duvarına da etkimiş (Foto- Eduardo FIERRO).



Foto 3.19 Camaná'da, Peru Yeni Deprem Yönetmeliği'ne göre inşa edilmiş ve depremi hasarsız atlatan bir okul. Sağda, kısa kolon oluşumunu engellemek için dolgu duvarın kolonlardan elastomerik bir yalıtım malzemesiyle derzlenmesi görüntülenmiştir (Foto- E.FIERRO).

Kısa kolon oluşumuna yol açan bir diğer durum da, tasarım aşamasında büyük açıklıklı döşeme oluşturulması isteği sonucu ortaya çıkan kalınlığı fazla olan döşemelerdir. Bunlar hem kalınlıkları nedeniyle kolon boyunun kısaltılması etkisi yaratmakta hem de kalınlıkları sonucu oluşan aşırı ağırlıkları nedeniyle kolonlara gelen yükü hesaplanan

değerlerin çok ötesine götürmekte, böylece yatay ötelenmelerin öngörülen değerleri aşmasını sağlayarak yapının yıkılmasına neden olmaktadır (Bayülke, 1989).

Bu duruma örnek olarak 4 Mart 1977 Bükreş Depreminde ($M=7,2$) yıkılan iki katlı bilgisayar binasının sistem salonlarının döşeme ve kirişleri verilebilir. Bu yapı toplam üç katlı olmasına rağmen, sistem salonlarının bulunduğu bloğa ait kiriş ve döşemelerin açıklıklarının çok büyük olmasından ötürü, bu elemanlar olağanüstü yüksek ve sonuçta ağır olarak inşa edilmiştir.Yapının diğer bloğunun herhangi bir hasara uğramamasına rağmen, ağır kiriş ve döşemelere sahip olan bu blok hemen yıkılmıştır (Polyakov, 1989; Foto 3.20, 3.21, 3.22).

Bu yapıda ayrıca gusseler kullanılmış, konsollara da ağır betonarme prefabrik cephe elemanları asılmıştır. Tüm bu etkenlerin ortak katkısı sonucu sistem bloğu depremde ilk yıkılan yapılar arasına girmiştir (Polyakov,1989; Şekil 3.36).

Valentin Valiente Okulu da güçlü ve yüksek kirişlerin neden olduğu hasarlara örnek olarak verilebilir. Yapı sadece iki katlı olarak tasarlanmış bir betonarme yapı olup, planda simetriktir. Ancak, kirişler kısa yönde ve güçlü kirişlerdir. Uzun yönde ise hiç kiriş yoktur ve kolonlar sadece döşeme ile birbirlerine bağlanmışlardır. Kolon-kiriş düğüm noktalarında ise etriye konulmamıştır. Bölme duvarlar ise kat yüksekliğinin sadece $2/3$ 'ü yüksekliğinde imal edilmiştir.Bu imalatın ürünü de tamamen yıkılan bir yapıdır (Foto 3.23).



Foto 3.20 Kalın döşeme ve kirişler nedeniyle yıkılan bilgisayar binası, yıkılmadan önce, Karpatlar Depremi, Bükreş-ROMANYA

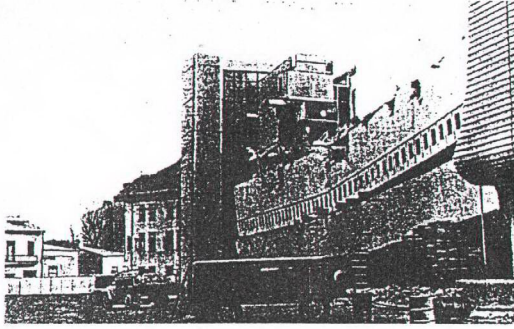


Foto 3.21 Kalın döşeme ve kirişler nedeniyle yıkılan bilgisayar binası, Karpatlar Depremi, Bükreş-ROMANYA.

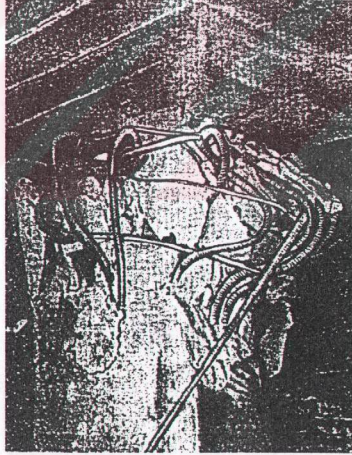
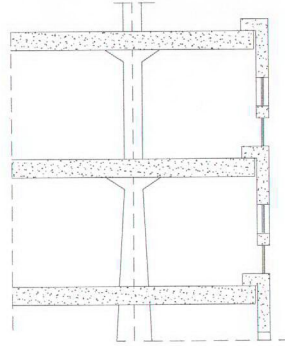


Foto 3.22. Aynı binanın hasarlı zemin kat kolonu, Karpatlar Depremi, Bükreş-ROMANYA



Şekil 3.36 Aynı bilgisayar binasının döşeme-kolon-cepne ilişkisi; kalın döşeme, gusse ve döşemelere asılan ağır cephe elemanları yapıyı depreme karşı hassas hale getirmiştir



Resim 3.23 Valentin Valiente Okulu, Cariaco.

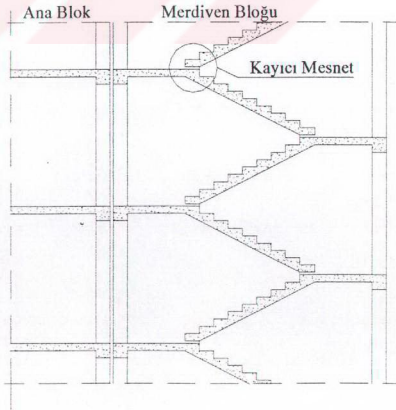
3.4.5 Merdivenler

Merdivenler bir yapı içinde bulunanların can güvenliği açısından en önemli yapı elemanlarıdır. Deprem dayanıklı da tasarlanrsa, bir yapının belirli büyüklükteki depremlerde belirli düzeylerde hasara uğrayacağı da öngörüldüğünden, deprem sonrası yapıda bulunanların tahliye edilmesi açısından merdivenlerin işlevselliği önemlidir.

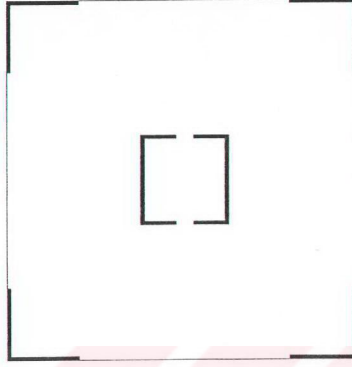
Merdivenler bir yapı bünyesindeki en rijit elemanlardır. Bu rijidite de merdivenler açısından en olumsuz özelliktir. Yapı güvenliği açısından merdivenlerin hasar görmesini önlemek için merdivenler tasarım aşamasında ana yapıdan ayrı bir blok olarak tasarlanmalı ve statik yönüyle düşünüldüğünde de, merdiven kolları kirişler üzerine kayıcı bir mesnet düzeneği ile yerleştirilmelidir. Tasarım ve statik açıdan doğru olanı ise bunların her ikisinin birden uygulanmasıdır (Şekil 3.37).

3.4.6 Perdeler

Perdelerin üzerlerine gelen deprem kuvvetleri karşısındaki davranış biçimleri bir önceki bölümde anlatılmıştı. Perdelerin bu kuvvetler karşısındaki performansları, yerinde kullanıldıkları takdirde kolonlara göre çok daha işlevseldir. Yapının rijitliğini artırmak için betonarme kuralları içinde bulunabilecek en uygun çözüm yapıyı, simetrik bir düzende perdelerle desteklemektir (Naeim, 1989; Şekil 3.38).



Şekil 3.37 Merdiven bloğunun rijitliğini azaltmak gerekir



Şekil 3.38 Yapı planı simetrik olmalı ve perdelerle desteklenmelidir.

Yalnız perde için Başlık 3.3.2.2’de verilen düzensizlikleri oluşturmamak gerekmektedir. Aksi halde perde tasarlanma amacına hizmet etmez ve yapının davranış bütünlüğüne zarar veren bir yapı elemanı olur.

Perdeler yapıya rijitlik vermelerinin yanında sünek davranışlarıyla aynı zamanda iyi bir enerji söndürücü olarak ta görev yaparlar. Tabii ki bu özelliklerini hayata geçirebilmeleri için tasarım aşamasında iyi etüt edilmiş, uygulama aşamasında ise yeterli kontrolün yapılmış olması gerekmektedir.

Yapıların yıkılması genellikle, katlar arası görelî ötelenmelerin beklenenden büyük olması sonucu kolonların yıkılmasından ileri gelmektedir. Yapılar yatay deprem yüklerine karşı tasarlanırken, kiriş ve kolonlarda oluşan çerçeve yerine, birbirlerine dik, her iki yönde de bulunan perdelerle bu yüklerle karşı koyacak şekilde tasarlanırlarsa, perdelerin rijitliği ve enerji söndürme kabiliyetleri ile ötelenmeler küçülür, statik hesaplar sonucu belirlenen sınırları aşmaz ve hasar olasılığı ya da hasar büyüklüğü azalır.

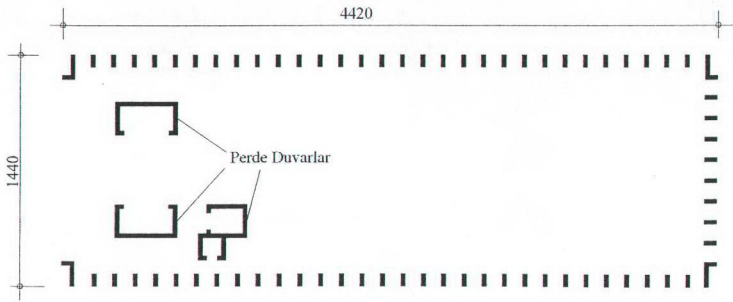
Mark FINTEL’in çok katlı yapılarda perdeler için söylediği şu sözler, her türlü betonarme yapı için uygulanması gerektiği düşüncesiyle aşağıda verilmiştir:

“Bugüne kadar binaların depremlerde yıkılmaması en önemli kaygımızdı. Halbuki, gittikçe deprem güvenliği ilkesinin içine, yıkılmayı önlemekten çok hasarın kontrol altında tutulması çabaları girmektedir. Hasarı kontrol altında tutabilmenin en etkin ve mantıklı yolu, yapıya deprem perdeleri yerleştirmektir. Geçmiş deprem hasarlarının incelenmesi bize gösteriyor ki, betonarme yapıları deprem perdesiz inşa etmek hiç de akıllı bir davranış değildir.”

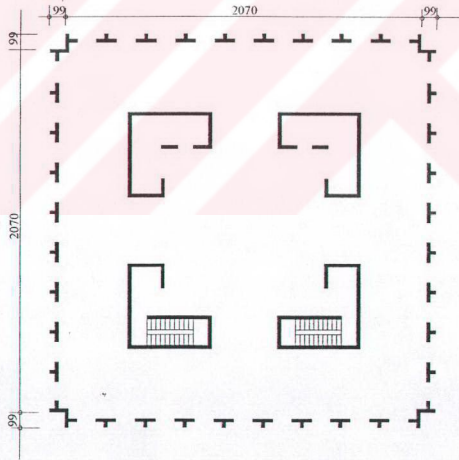
Perdeli sistemlerin doğru uygulandıklarında ulaşılabilecekleri başarı düzeyini anlamak için Banco Central de Nicaragua ve Banco de America yapılarının performanslarını incelemek yeterlidir. Birbirlerine komşu bu iki yapı, 23 Aralık 1972 Managua-NICARAGUA Depreminde çok farklı davranış sergilemişlerdir (Tezcan 1998).

Banco Central de Nicaragua binası iki bodrumlu, çatısında eksantrik yerleştirilmiş bir çekme kat bulunan 15 katlı çerçevesel bir yapıdır. Asansör ve merdiven evi kat planlarında eksantrik bir konumda yerleştirilmiştir. 14,4 m. açıklığındaki kirişleri taşıyan kolonlar bu yapıda ki ana taşıyıcı sistemi oluştururlar. Kolonlar dikdörtgen kesitli ve yapının uzun cephesi boyunca aynı yönde olmak üzere tasarlanmışlardır. Asansör ve merdiven evini saran perde duvarlar yapının rijitlik merkezini bu çekirdek merkezine taşımış ve kütle merkezinden çok uzaklaşan rijitlik merkezi nedeniyle yapıda olağanüstü bir burulma oluşmuştur. 14,4 m. açıklığı geçen kirişler 70x200 cm. gibi devasa boyutlarda olmasına rağmen burulmanın etkisi ile önemli miktarlarda yatay ötelenmeler meydana gelmiş, bunun sonucu olarak ta kolon – kiriş düğüm noktalarında onarım kabul etmeyen büyük hasarlar oluşmuştur. Depremden sonra yapının zemin kattan sonraki katları yıkmak zorunda kalmıştır (Şekil 3.39).

Bu yapının yer aldığı yol aksının diyagonal olarak karşı tarafında bulunan bir başka yapı olan Banco de America binası yapı aynı depremi strüktürel sisteme zararı olmayan çok hafif bir hasarla atlatmış, bazı küçük onarımlarla bir hafta gibi kısa bir süre içerisinde yeniden kullanıma sunulmuştur. Bu yapı ise, iki katı bodrum olan, dıştan T kesitli kolonlarla çevrili bir çerçeve, içerisinde de asansör ve merdiven evi çevresine “L” şeklinde betonarme perde bir kutu yerleştirilmiş, her iki yönde de simetrik bir plana sahiptir. Yapı aynı zamanda kütle ve rijitlik merkezleri yönünden de simetrikdir. Yine yükseklik boyunca belirli bir düzeye sahiptir. Yapı toplam 17 katlı olup depremi yapı kabuğunda oluşan çok küçük kılcal çatlaklar ve cephesindeki mermer kaplamaların yerlerinden ayrılarak düşmesinden başka bir hasar oluşmamıştır (Şekil 3.40).



Şekil 3.39 Banco Central de Nicaragua, tipik kat planı – NİKARAGUA (Ölçeksiz).
(Simetri yok, narin cephe, kolonlar aynı yönde tasarlanmış)



Şekil 3.40 Banco de America- NİKARAGUA, tipik kat planı (Ölçeksiz)
(Simetriye uyulmuş, kare plan, kolonlar iki yönden de etkiyecek kuvvetlere karşı "T" formunda tasarlanmış)

Yer aldıkları bölge açısından birbirlerine çok yakın bu iki yapının bu kadar farklı davranmalarında, mimari tasarım açısından elde edilen simetrisinin ve yapılarıdaki taşıyıcı sistemin oluşturulmasında perdelerin doğru kullanılmasının, depreme dayanıklılık oluşumunu ne denli önemli bir şekilde etkilediği çok açık bir şekilde görülmektedir. Her iki yapının Banco Central de Nicaragua binası yıkılmadan önceki durumları Foto 3.24'te verilmiştir.

Perdelerin yerinde ve yeterli kullanıldıklarında gösterdikleri performansın yeterliliğine bir başka örnek te 1967 Venezüella Depreminden verilecektir. Yapıldığı dönemin teknik verilerinin ve malzeme teknolojisinin günümüze göre daha zayıf oldukları düşünülse bile, perde duvarların davranış yeterliliklerine iyi bir örnektir. Yapı on iki katlı bir apartman binasıdır. Tabanda dört kat garaj ve çatıda bir kat çekme kat vardır. Farklı kotlarda apartman daireleri yerleştirilmiştir ancak yapı, her iki yönde de perde duvarlarla desteklenmiştir. Ve yapı depremde hiçbir yapısal hasar görmemiştir (Foto 3.25).

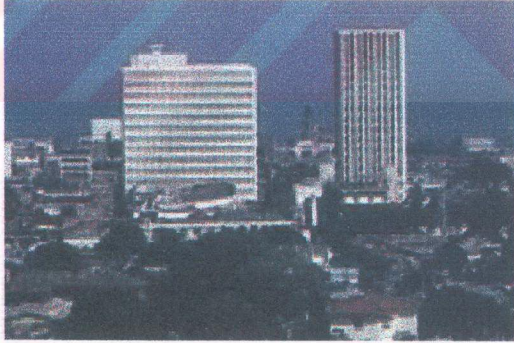


Foto 3.24 Banco Central de Nicaragua ve Banco de America binalarının deprem öncesi görünümleri (EERI)

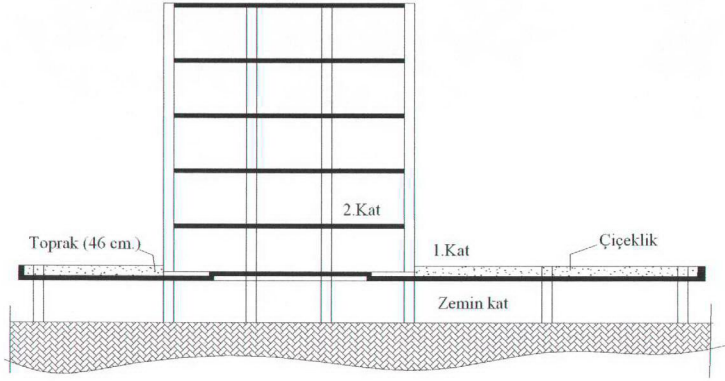


Foto 3.25 Depremi hasarsız atlatan 12 katlı bir apartman binası,Venezüella (EERI)

3.4.7. Ağır kütle düzensizliği

Yapılarda büyük açıklıkları geçen yüksek kirişler ve kalın döşemelerin yaptığı ağır kütle etkisinin bir benzerini de döşeme üstlerine ilave edilen çiçeklik gibi peyzaj elemanları yapmaktadır. Normalde doğal zemine oturması gereken bu tür elemanlar başka estetik kaygılarla, zeminden yükseltilmiş döşemelere oturtulursa ve gerekli hesaplamalar yapıp ona göre boyutlandırılmazlarsa sonuç kaçınılmaz olarak yıkıma giden ağır hasardır. 9 Şubat 1971 San Fernando Depremi'nde($M=6,5$) ağır hasar gören ve yıkılan, Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Eyaleti'nde bulunan Olive View Hastanesi Poliklinik binasının iki tarafındaki yapay bahçeleri taşıyan teraslar bu duruma örnektir. Bu yapıda, döşemeden ayrı olarak 46 santimetre yüksekliğindeki toprak bir kütle taşıyan terasın kolonları, ağır kütleli yatay kuvvetleri artırması sonucu gelen aşırı yükü kaldıramamışlar ve yıkılmışlardır (Şekil 3.41, Foto 3.26).

Yapıda birinci kat döşemesi üzerinde oluşturulan yapay bahçenin strüktürel sisteme yüklediği ağırlık nedeniyle ve ayrıca zemin katında bölme duvarları örülmeden açık bırakılan, böylece bünyesinde halihazırda bir tehlike katı oluşmuş bulunan ana binada da büyük miktarda öteleme ile kolonların çoğunda mafsallaşma meydana gelmiştir (Tezcan,1998).



Şekil 3.41 Olive View Hastanesi polikliniği, yapay çiçekliği taşıyan teras, Kaliforniya-ABD

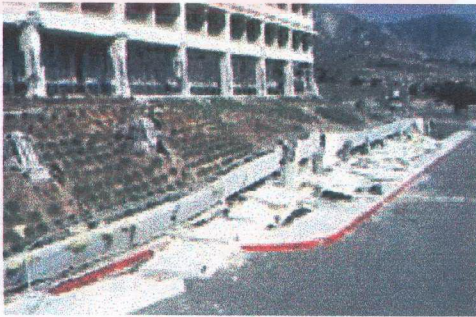


Foto 3.26 Olive View Hastanesi çiçeklik terasının depremden sonraki durumu ve bir detay (EERI)

3.5 Yapısal Olmayan Mimari Elemanlar

Bu çalışmada, yapı elemanı düzeyinde yapılması gerekenler içerisinde bölme duvarlar; strüktürel elemanlar olmamalarına rağmen, kirişler ve döşemelerle birlikte ele alınmıştır. Bunun nedeni, doğurduğu etkilerin yapısal önemi olmasındandır. Bir de, sadece estetik ve dekoratif tercihlerle yapıya giren elemanlar vardır ki bunlar, “yapısal olmayan mimari elemanlar” olarak tanımlanacak ve bir başlık altında kısaca değinilecektir. Bu çalışmada kullanılan başlık, adı geçen elemanların cins ismi olarak kullanılacaktır. Bazı yayınlarda bu elemanlar, “mimari elemanlar” olarak adlandırılmaktadır. Oysa, mekanik, elektrik ve yapısal özelliği olan diğer mimari elemanlar da bu tanımın kapsamı içine girerler. O halde “mimari elemanlar” terimi, işlevi tam olarak ifade edememektedir. Bu tanım belki de, elektrik ve mekanik aksamın bu kadar karmaşık ve detaylı olmadığı zamanlardan kalma bir alışkanlıkla kullanılıyor olabilir. Henry J. Lagorio, “Earthquakes: An Architect’s Guide To Non-Structural Seismic Hazards” adlı eserinde bu elemanlara, bir yapının bütünlüğü içerisinde; bunların da kendi içlerinde strüktürel özellikler içeriyor olmaları gerektiğinden bazen “İkinci derece strüktürel elemanlar” da dendiğini ifade etmektedir. Bu okula göre, eğer bu malzemelerin strüktürel bir özellikleri olmasaydı, o durumda kendi ağırlıklarını bile taşıyamaz ve çökerlerdi (Lagorio 1990).

Mimar Marcy Wang (1987) ise bunlar için ana taşıyıcı sisteme esasen dahil olmayan, ancak onların performansını etkileyen ya da onlardan etkilendikleri için “strüktürel olmayan” terimi yerine “dışsal strüktürel-(extrinsic)” elemanlar teriminin kullanılmasını önermiştir. O halde tanım olarak, “ Geleneksel anlamda strüktürel yapının bir elemanı olmayan ancak bir yapının toplam fonksiyonu ve kullanımı için çok önemli olan elemanlardır” denilebilir.

Bu elemanların depremlerle ilgili olarak üç türlü bağlantısı vardır:

- i- Yapıya ek olarak getirdikleri ağırlıkları ile,
- ii- Deprem sırasında yerlerinden koparak düşmeleri ve insanlarla kıymetli eşyalara verdikleri zararlar ile ve
- iii- Uygulanmaları sırasında uygulayıcıların strüktürel elemanlara verdikleri zararlar ile.

Mermer, doğal taş kaplama gibi cephe kaplamaları ağırlıkları ile yapıya ek bir yük getirmektedirler. Eğer cepheye yeterince sağlam monte edilmemişlerse, yerlerinden ayrılarak zarar verici bir nitelik kazanmakta, hatta mal ve can kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle, bu tür kaplamaların uygulama detaylarının çok iyi etüt edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Yapı yüksek kotlu veya alçak kotlu olsun, elamanın yapıya stabil olarak montaj yöntemleri çok iyi etüd edilmeli ve bu kaplamaların depremlerde yaratacakları tehlike dikkate alınmalıdır. Kullanılacak kaplama ve bağlayıcı malzemenin fiziksel özellikleri çok iyi bilinmeli, genişleme derzlerinin gerekip gerekmediği iyi araştırılmalı ve gerekiyorsa uygun derzler mutlaka konulmalıdır.

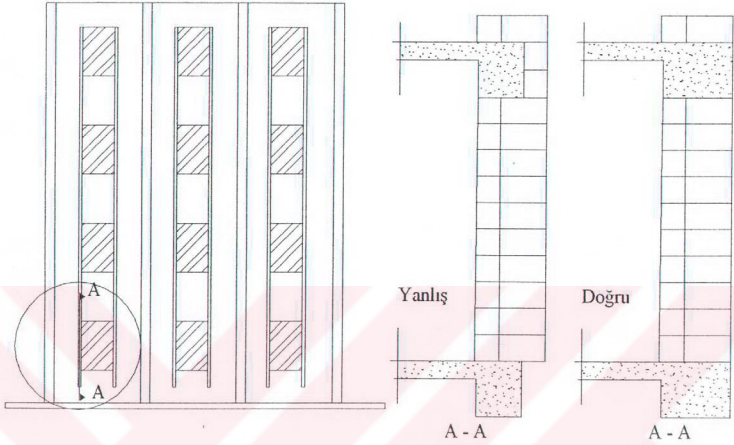
Bu başlıkta incelenebilecek bir diğer eleman tipi de asma tavanlardır. Yapı içerisinde konumuz açısından ele alındığında asma tavanlar da, hem ağırlıkları ile hem de düşme riskleri ile tıpkı cephe kaplamaları gibidir. Bunların uygulanması sırasında da malzeme özellikleri ve detaylar çok dikkatli etüt edilmelidir. Asma tavan malzemesinin hafif malzemelerden seçilmesine dikkat edilmelidir. Bu, asma tavanın taşıyıcı sisteme getireceği ek yük açısından önemlidir. Yine, asma tavanın monte edileceği elemanla olan bağlantı detayı da önemlidir. Asma tavan yapımına proje aşamasında karar verilmiş olması ise, tavan sıvası gibi imalatların yapılması gereğini ortadan kaldırarak, yapı maliyetinin kontrolüne de imkan verir.

Döşeme kaplamaları tercihinde ise hafif malzemelerin seçilmesine dikkat edilmelidir. Tesviye yapılması gerekiyorsa, tesviye betonunun kalınlığının taşıyıcı sisteme getireceği yük statik hesaplar yönüyle irdelenmelidir.

Uygulamada sıklıkla rastlanılan ve cephe estetiği elde edilmesi amacıyla yapılan, strüktürel bir görev taşımayan ve pencere kenarlarına tuğladan yapılan süs kolonları; dış cephede tuğlalar kirişlerden bir miktar dışarı taşırılarak ve sonraki sıralar bu projeksiyonun üzerinde yükseltilerek yapılmaktadır. Statik yönünden yapılması gereken ise, her katta kirişin süs kolonunu taşıyacak şekilde ileriye doğru taşınıp, söz konusu süs kolonlarının kirişte oluşturulan bu taşmaların üzerine bindirilmesidir. Bu durumda, bu taşmaların hatıl görevi gördüğü ve süs kolonlarının koparak düşme riskini minimize ettiği görülmektedir (Şekil 3.42).

Yapının strüktürel sisteminden koparak ayrılma riski taşıyan bir diğer yapı elemanı da çatı alın ya da parapet duvarlarıdır. Yapıların en üst kotunda yer alan bu duvarlar, yapıların ve

kendilerinin yüksekliği arttıkça, yanal deprem kuvvetlerinin oluşturduğu salınım etkisinin son katlarda maksimum düzeye ulaşmasından dolayı, yerlerinden koparak ayrılmaya doğal olarak daha yatkın hale gelirler.

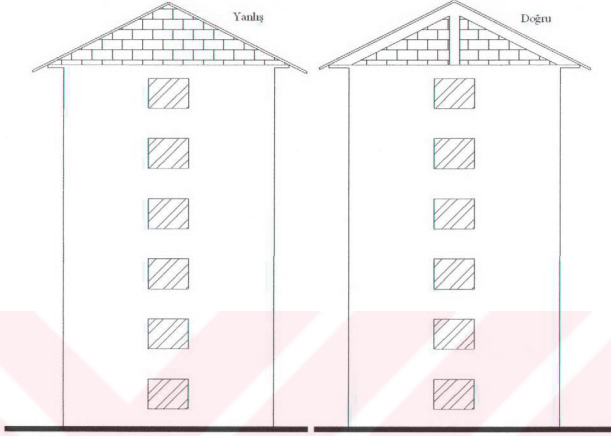


Şekil 3.42 Süs kolonları kirişlere oturmalarıdır (Gökçe, 2002)

Nitekim, Adana-Ceyhan Depreminde, Ceyhan'da TEDAŞ binasının çatı parapet duvarı yıkılmış ve can kaybına neden olmuştur. Mimari tasarım açısından irdelendiğinde, alın ya da parapet duvarlarının bir hatıl çerçeve içine alınmaları, ya da bu duvarların tamamen perde duvar olarak imal edilmeleri gerektiği anlaşılmaktadır (Şekil 3.43).

Çalışma bölgesinde ki yapılarda saptanan bir diğer uygulama hatası ise, elektrik ve sıhhi tesisata ait boru ve kılavuzların kolonlarla kirişlerin içerisinden geçirilmeleriyle bu yapı elemanlarının strüktürel olarak zayıflatılmalarıdır. Bu amaçla kolonlar ve kirişler üzerinde çok derin kanallar açılmakta ve bu kanallar etriye sargılarının ötesine kadar geçirilmektedir. Bu uygulamanın en yaygın olan bir türü, özellikle mekanik tesisatın, kirişlerin düşeyde delinerek bunların içerisinden geçirilmesidir. Bu durum özellikle asmolen döşeme uygulamasında yatay kirişler seçildiğinde ortaya çıkmaktadır. Statik açıdan taşıma güçleri zaten sınırlı olan ve yanal kuvvetlere karşı zayıf olan yatay kirişler, üzerlerinde açılan 5-10 santimetre çapındaki açıklıklarla iyice zayıflatılmakta; sonuçta

strüktürel açıdan önemli bir görev üstlenmiş olan bu yapı elemanları kesit zayıflaması ile büyük hasar görmekte ve deprem sel yanall yüklerle karşı daha hassas (vulnerable) duruma düşmektedir (Foto 3.27).



Şekil 3.43 Alın/parapet duvarları hatıl çerçeve içine alınmalıdır

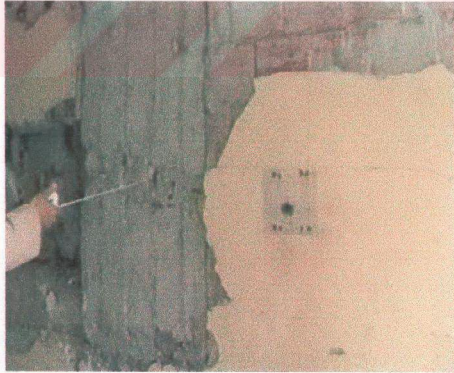


Foto 3.27 Yanlış tesisat uygulamalarının neden olduğu kolon hasarı (Gökçe, 2002)

3.6 Uygulama Teknikleri

Önceki bölümlerde uygulama hataları ve sonuçlarına değinilmiştir. Ancak, çalışmada konunun önemi açısından, uygulama tekniklerinin ayrı bir alt başlık olarak belirtilmesi uygun görülmüştür.

Doğruyu bulma çabaları ile çağdaş anlamda ne kadar iyi bir mimari ya da strüktürel tasarım yapılırsa yapılsın; yapının üretimi aşamasında gerek mimari, gerekse strüktürel işçiliğin kalitesi yeterince denetlenmez, detayların uygulanmasında gerekli titizlik gösterilmezse ortaya çıkacak ürün büyük bir olasılıkla kusurlu bir yapı olacaktır. Bu kusurluluk ta yapıyı deprem kuvvetlerine karşı hassas (vulnerable) duruma düşürecektir. Fotoğraf 3.28'da verilen, ve 1971 San Fernando Depremini Yaşayan Holly Cross Binası literatüre kötü işçilik örneği olarak geçmiştir (EERI).

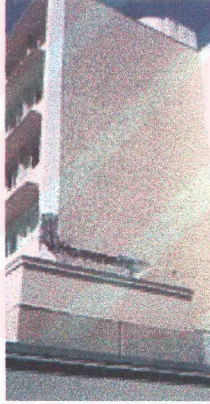


Foto 3.28 7 katlı Holy Cross binası, kötü işçilik, Los Angeles.

3.7 Malzeme Seçimi

Mimari tasarım yönünden üstün özellikler sergileyen bir yapı yapılmış olsa da, yapımda kullanılan malzemelerin standartlara uygun seçilemediği ve uygulamasının doğru yapılmadığı betonarme yapılarda depreme dayanıklılık açısından yeterli performans beklemek çok yanlıştır.

Malzeme seçimi açısından yanlışlık ta çoğunlukla agregada yapılmaktadır. Öncelikle, kazı ocaklarından temin edilen kum yıkanmamakta, ya da yetersiz yıkanmaktadır. Çoğunlukla da hiçbir granülometrik analiz yapılmadan beton agregası olarak kullanılmaktadır. Uygulamada granülometrik anlamda ince tane oranı yüksek malzeme (Milli kum) tercih edilmektedir. Bunun nedeni ise, milli kumun kalıba yerleştirilmesi ve çok fazla segregasyona uğramamış bir yüzey elde edilmesinin, standartlara uygun granülometrideki bir agregadan aynı yüzeyi elde etmekle kıyaslandığında daha kolay ve zahmetsiz olmasıdır.

Adana-Ceyhan Depremi'nde, birbirlerine komşu betonarme karkas iki binadan birisinde kullanılan beton kalitesinin standart değerlere sahip olmaması nedeniyle tamamen yıkılması; diğer yapının hasar görmeden ayakta kalması doğru malzeme kullanımının gereğini vurgulamaktadır (Foto 3.29). Yine Kocaeli Depremi'nde, betonun dağılması ve yapının kendi üzerine tamamen yığılması şeklinde oluşan yıkılmaların çoğunda gözlenen etkin kusur betonun kalitesizliğidir. Betonun birlikte kullanıldığı çelikle gerekli aderansı sağlayamaması ya da bünyesindeki tuzlar nedeniyle çelikle olan aderansı ve basınç dayanımı iyice zayıflayan beton, çoğu yapılarda çelikten kolaylıkla sıyrılarak yapının kendi üzerine yıkılmasına neden olmuştur (Foto 3.30).

Çelik ve çimento belirli bir standartta üretildiği için bunlarla ilgili kusurlar; çelikte işçilik kusurları, çimentoda da stoklama ortamının olumsuz fiziksel koşullarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Malzeme kusuruna eklenecek diğer bir madde de beton üretiminde kullanılan karışım suyu ve bu suya ilişkin kalite problemleridir. Suyun madeni tuzlar içermesi, suyun yapısına ilişkin kusurlardan; suyun yetersiz ya da gerektiğinden fazla kullanılması da betonun mukavemetini etkileyen kullanıma ilişkin kusurlardandır.

3.8 Statik Tasarım Açısından Yapılması Gerekenler

Statik olarak projelendirmeyi yapan mühendisin, tasarımın bütün aşamalarında mimarla birlikte bir ekip olarak beraber çalışması ve gerekli durumlarda ortak karar vermesi gerekmektedir. Ancak, statik tasarım yapılırken statikçinin de kendi başına kaldığı, mimarın herhangi bir katkısının olmadığı aşamalar da vardır. Bu aşamalardan biri statik hesabın yapıldığı aşamadır. Üzerinde anlaşılmış yapının statik hesabında statikçi tek başınadır.

Burada yapılması gereken, hesabı tüm ihtimalleri dikkate alarak denemek ve en olumsuz koşullara göre irdelemektir.



Foto 3.29 İki binadan birinin tamamen yıkılması malzeme kalitesizliğindedir,1998 Ceyhan Depremi (Çelebi, 1998)



Foto 3.30 Malzeme kalitesizliğinin baskın kusur olduğu yıkılmalar.1999 İzmit Depremi (BBC)

Bundan sonraki aşama ise hesapların sonucunun çizimlere geçirilmesidir. Çizimlerde tüm detaylar yeterince verilmeli, etriye kancalarının nasıl olacağı açık bir şekilde çizilmeli, sıklaştırmalar yine çizimle açık bir şekilde gösterilmelidir.

Son aşama ise tüm bu yapıların uygulanmasının denetimi ile, ihmal unsurunu ortadan kaldırmaktır. Uygulanmayan detay hiç tasarlanmamış demektir.

3.9 Zemin Araştırması

Daha önce depreme dayanıklı yapı tasarımı sürecinin mimari tasarımla başladığına işaret edilmişti. Burada dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir nokta da, depreme dayanıklı yapı yapılması sürecinin, üzerine yapı yapılacak arsa ya da arazi henüz seçilirken başladığıdır. Çünkü daha bu aşamada, dolgu ve yumuşak bir zemin ile karşı karşıya kalınmışsa yapıyı zorlayacak deprem kuvvetlerinin olduklarından daha fazla büyümesi sonucuna imkan sağlanıyor olabilir.

Zemin hakkında bilinmesi gereken ilk parametre, genelde bölgenin, özelde de arazinin depremselliğidir. Bu da, bölgenin herhangi aktif bir fayın neresinde olduğu ile ilgilidir. Ülkemizde ve verilecek bazı örneklerden de görüleceği üzere dünyanın başka bazı bölgelerinde de aktif fay hatları üzerine yerleşim bölgeleri kurulduğu olmuştur. Böylesi bir seçimin, inceleme ve araştırma yöntemlerinin yetersiz verilerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ancak günümüz teknolojisi bugün zemin yapısı ile ilgili detaylı bilgi elde edilmesi konusunda ileri düzeyde gelişme kaydetmiştir. Henüz kent planlaması aşamasında, mevcut kentin ve yeni yerleşim bölgelerinin daha sorumlu bir anlayışla daha az riskli alanlara kaydırılması en iyi çözümdür.

Zemin-depreme dayanıklı yapı ilişkisi hakkında söylenebilecek ilk şey, fay hattı üzerine yerleşim kurulmamasıdır. Bu ise, jeoloji uzmanları ile koordinasyonlu bir çalışmayı gerektirir. İlk adımda jeolojik etüd için bir uzmandan yararlanılmalıdır. Bir bölgenin zemin etüdü verilerinin fay hattını işaret etmemesi, gelecek uzun vadede de bir fay kırığı oluşmayacağı anlamına gelmemekle birlikte bu tür bir tedbir yakın gelecek açısından belirli düzeyde bir güvenlik arz eder. İkincisi ise mevcut fay hatlarından mümkün olduğunca uzaklaşmaktır. Depremın odak noktasından uzaklaşıldıkça etkisinin de azaldığı bilinen bir gerçektir. Kobe Depreminde fay hattının tam üzerine yapılan iki yapıya ait görüntüler konunun önemini yeterli açıklıkta ifade etmektedir (Foto 3.31, 3.32). Foto 3.31'deki binanın bütünü hasar görmemekle birlikte, zeminin fay hattı boyunca kırılmasıyla yapı, arka cephe yönünde zemine gömülmüştür. Foto 3.32'deki yapı ise tamamen yıkılmıştır.

İzmit Depreminde, Tepecik Kullar Köyünde bulunan, yedi bloktan oluşan bir toplu konut sitesinin yerleşim alanı bir fay hattı üzerinde yer aldığından sadece bir blok yıkılmadan ayakta kalmıştır. Bu da bu bloğun, fay kırığından diğer bloklara göre biraz daha uzakta kalmasıyla ve malzeme ile işçiliğin diğer bloklara göre daha kaliteli olmasıyla açıklanabilir (Foto 3.33).

Zemin seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta, zeminin sıvılaşmaya uygunluğunun etüt edilmesidir. Sıvılaşma, gevşek toprak ya da kumlu zeminin deprem dalgaları etkisiyle sıkıştırılması ve bu suretle büyük alanlara yayılan çöküntülerin oluşması, ya da yine deprem dalgalarının yaptığı basınç etkisiyle yakın çevredeki yüzeye yakın yer altı sularının yumuşak zemine nüfuz etmesiyle zeminin sıvılaşması şeklinde tanımlanabilir. Bazen yer altında bulunan kum yığınlarının zeminde oluşan zayıf noktalardan yüzeye püskürdüğü görülmüştür (Foto 3.34).

Sıvılaşma olayının esas olumsuz etkisi, yapının oturduğu zeminin sıvılaşma sonucu dayanımını kaybetmesi, yapıyı statik olarak taşıyamaz hale gelmesi, ve yapının başkaca bir hasara uğramadan zemin içine gömülmesi veya çoğunlukla çökme yönünde eğilmesi, şeklinde olmaktadır. Bu konuda çok sayıda örnek vermek mümkündür (Foto 3.35, 3. 36, 3.37, 3. 38, 3. 39, 3. 40). Yine bu tür zeminlerde yapılaşmadan kaçınılmalı, ya da sağlam zemine ulaşmada kazık temellerden yararlanılmalıdır.

Zeminin yapısının yapı davranışına bir diğer etkisi ise, deprem dalgalarının etkimesi sonucu zemin periyodunun yapı hakim periyoduyla rezonansa girerek deprem kuvvetlerinin büyüklüğünün artmasına neden olmasıdır. Zemin yapının içine gömülmesine izin vermeyecek kadar sağlam, ancak yapı çeşitli nedenlerle artan kuvvetlere dayanamayacak kadar dayanıksız ise yapı çok ağır hasar görecektir.

Rezonans konusunda ortaya konulabilecek esas yaklaşım yapı periyodu ile zemin hakim periyodunu birbirinden uzaklaştırmaktır. Bu amaçla, yapılacak yapı yumuşak zeminlerde öncelikle sağlam tabakaya kadar temel indirilmeli, yapı periyodu ise düşük tutulmalıdır. Zemin sert kaya ise yapı periyodu yüksek (1 sn. gibi) tutulmalıdır (Bayülke, 1998).

Yine yamaçlara yapılan yapılar için oluşacak bir diğer tehlike, yamaç zemininin, zeminde oluşan zayıflama etkisiyle kayması sonucu, yapıların da yamaç zemiyle beraber kayması durumudur.



Foto 3.31 Fay hattının ortasından geçtiği bu yapı, yıkılmamasına rağmen arka cephe yönünde aşırı derecede yatmıştır, Kobe Depremi (EERI)



Foto 3.32 Kobe Depremi'nde fay hattı üzerine yapılmış bir başka bina (EERI)



Önce



Sonra

Foto 3.33 Tepecik Kullar Köyü'nde 7 bloklu bir sitenin deprem öncesi ve sonrası durumu.
Fay kırığı bu blokların ortasından geçmiştir, 1999 Kocaeli Depremi



Foto 3.34 Sıvılaşma sonucu iki katlı bir evin zayıf temel grobetonunun patlaması , katın kumla dolması, 9 Ekim 1995 Manzanillo, Meksika Depremi, $M=7,6$ (EERI)



Foto 3.35 Wufeng'te, eski Vilayet Merkezi'ndeki bu binalar sıvılaşmadan hasar görmüşlerdir, 20 Eylül 1999, Tayvan Depremi (EERI)



Foto 3.36 Dört katlı bu binanın zemin kat kolonları sıvılaşmadan dolayı zemine 50 cm. gömülmüştür, Tayvan Depremi. (EERI)

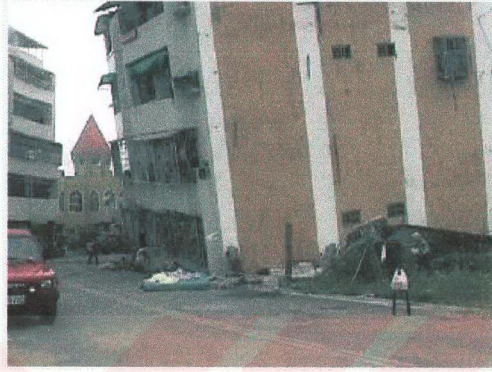


Foto 3.37 Zemine 2-3 metre gömülen bir başka yapı (EERI)



Foto 3.38 Aynı binanın 1.katının zemin kat seviyesine inmesi ve zemine gömülen bir araba (EERI)



Foto 3.39 Zemin sıvılaşmasından ötürü bu yapı blokları kütle halinde bir yanlarına yatmışlardır, Niigata.16 haziran 1964 Niigata Depremi, Japonya, $M=7,5$ (EERI)



Foto 3.40 Zemin sıvılaşmasının etken olduğu ağır hasarlı bir yapı,17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi

Zemin için diğer bir parametre de zeminin coğrafi konumudur. Özellikle kıyı şeridi üzerinde yer alan yerleşimlerde kıyıya sıfır yapılaşmalardan kaçınılmalıdır. Deniz ya da okyanusların derinliklerinde meydana gelen depremler, karada her zaman belirgin bir etkinlik göstermese bile, su da çok büyük salınımlara neden olmakta bu da kıyıya kadar vuran ve yükseklikleri 5-10 metreden başlayıp otuz metrelere varan dalgalara neden olabilmektedir. Bu dalgalara “Tsunami” denmektedir. Tsunamiler kıyıya yakın hemen

herşeyi denize sürüklemektedir (Foto 3.41). Ülkemizde de son Kocaeli depreminde tsunami oluşup oluşmadığı sorusu uzmanlar arasında tartışma konusu olmakla birlikte bu olasılığın dikkate alınması ve kıyı yapılaşmalarından kaçınılması doğru bir yaklaşımdır.

Deprem kuvvetleri etkisi altındaki zemin-yapı ilişkisinde dikkat edilecek noktalar şöylece özetlenebilir:

i- Aynı büyüklükteki bir depremde, aynı özelliklerdeki bir yapı, yumuşak ve gevşek bir zemin üzerinde olduğunda, sert ve kayaç bir zemin üzerinde olduğundan daha çok yıkılma riski altında olduğu görülmektedir. Yapılması gereken ise, ya o zeminde yapılaşmadan kaçınılması, ya da yapı temelinin beton kazık-temel elemanlarıyla sağlam zemine dayandırılmasıdır.

ii- İyi bir zemin etüdüyle zemin özellikleri detaylı bir şekilde araştırılmalı, fay hatları üzerinde yapılaşmaktan kaçınılmalıdır.

iii- Yapay dolgu zeminlerde yapılaşmaktan kaçınılmalıdır.

iv -Sahil şeridi yerleşimlerinde kıyıya sıfır yapılaşmalardan kaçınılmalıdır.

Bu bölüm, yapısal anlamda ve zemin seçiminde yapılan hatalardan birini veya birkaçını aynı anda içeren dünya depremlerine ait örnekler ve sonuçları verilerek bitirilecektir.

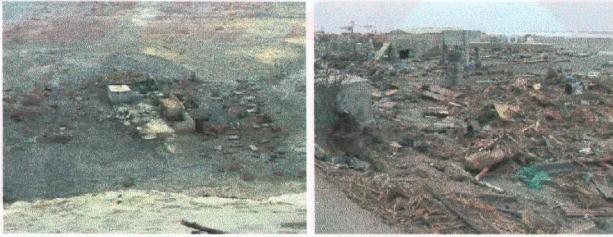


Foto 3.41 Haziran 2001 Peru Depremi'nde sahil şeridinde 30 kilometrelik bir kıyı uzunluğunu etkileyen tsunaminin geride bıraktığı görüntüler (E.FIERRO)

4 Ağustos 1998 Bahia de Caràquez Depremini yaşayan binalar (Ekvator, $M=7,1$), önceki başlıklarda verilen hemen bütün mimari ilkelere aykırılığıyla dikkati çeken yapılar olarak ilginç bir örnek teşkil etmektedir. Öncelikle bir sahil kasabası olan bu yerleşim kumlu

yumuşak bir zemine sahiptir.Yerleşim turistik nitelikte bir kasabadır. Yerleşim bölgelerindeki yapılarda 8 ile 11 metre açıklıklı yatay kirişler kullanılmıştır.Yatay kirişlerin taban genişlikleri 60-80 cm, yükseklikleri ise 35-40 cm'dir. Çok geniş balkonlar kötü birer konsol olarak çalışmışlardır.Kolondan kolona geniş bant pencereler kullanılmıştır. Binaların çoğunda kütle düzensizlikleri ve tehlike katları (Yumuşak kat) oluşturulmuştur. Bölme duvarları yumuşak sünger taşından örülmüştür. Köşeleri eğri geçmek, yuvarlamak için çok fazla kalın sıva kullanılmıştır.Köşe binalarının hemen hepsinde yola bakan cepheler açık kalmış diğer iki cephe bölme duvarlarıyla kapatılmış, böylece simetri merkezi bozulmuştur. Sonuç olarak, yapıların büyük bir bölümü ağır hasar görmüş üçü ise tamamen yıkılmıştır (EERI, Foto 3.42).

Miramar Binası da tamamen yıkılmaya bir örnek teşkil etmektedir.Yapı 6 katlı olup, merdiven, projesinde köşe merdiveni olarak tasarlanmış duvarlar da merdiven evi ve asansör shaftı çevresine yığılmıştır. Böylece rijitlik merkezi simetrik olmadığı gibi, ayrıca yapı planı da asimetric düzenlenmiştir. İlk iki katta plan alanının %40'ı kadar boşluk verilmiş, böylece bir açıklık düzensizliği oluşturulmuştur. Kirişler bir yönde çok derin, bir yönde de çok sığ imal edilmiştir. Diğer bir çok betonarme yapı depremi az hasarlı ya da hasarsız atlatırken bu yapı ilk iki katın merdiven çekirdeğini oluşturan kısmı hariç tamamen yıkılmıştır (EERI, Foto 3.43).



Foto 3.42 Tamamen yıkılmış 6 katlı bir yapı, 4 Ağustos 1998 Bahia Depremi (EERI)



Foto 3.43 Cumana'da Miramar Binası, 9 Temmuz 1997 Cariaco , Doğu Venezüella Depremi (EERI)

Melaque'de Grand Casa Oteli ise ağır kütle etkisine iyi bir örnektir. Beş katlı bu yapının üç adet merdiven şaftı vardır. Her bir şaftın üstüne 45'er tonluk su depoları yerleştirilmiştir. 9 Ekim 1995 Meksika Depremi'nde ($M=7,7$) üzerlerindeki bu ağır kütlelerin etkisiyle merdiven evleri tamamen yıkılmışlardır (Foto 3.44).



Foto 3.44 Ağır kütle etkisine bir örnek, Grand Casa Oteli, Melaque (EERI)

Tehlike katı ve kısa kolon oluşumuna birer örnek 7 Eylül 1999 Atina Depremi'nden verilmiştir (Foto 3.45, 3.46).

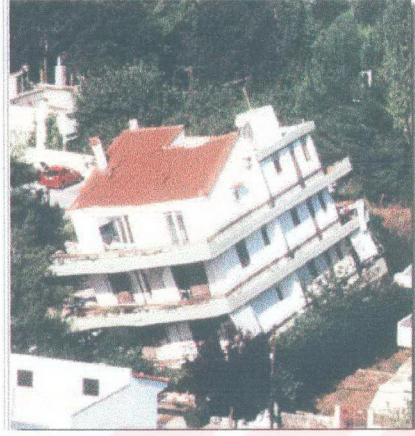


Foto 3.45 Zeminde tehlike katı (Yumuşak kat) oluşumu, 7 Eylül 1999 Atina Depremi, M=5,9 (EERI, Sunday Ethnos)

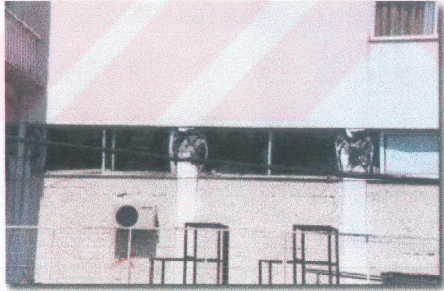


Foto 3.46 Chelidonou'da bir sanayi yapısında kısa kolon oluşumu, 7 Eylül 1999 Atina Depremi (EERI, Sunday Ethnos)

La Benemerita Universidad Autonoama Tıp Okulu'nda ise 6,4 mm'lik çelik etriye kullanılmış ve kolon uzun kenarı kadar etriye aralığı bırakılmıştır. Ayrıca 90 derece kırılmış küçük kancalar, ek yerlerinde yetersiz detaylar, paslanma ve mimari elemanların

donatıya kaynaklanması gibi bariz uygulama hataları yapılmıştır (Foto 3.47). 1980 Cezayir El Esnam Depreminde Galerie Algerienne binası, kolon-kiriş düğüm noktalarının uygulama hatasından dolayı bu noktalardan mafsallaşarak yıkılmıştır (Foto 3.48).



Foto 3.47 Kolon kesme dayanımı yokluğu, La Benemerita Universidad Autonoma de Puebla Tıp Okulu, Tehuacan Depremi, Meksika, M=6,7 (EERI)



Resim 3.48 . Galerie Algerienne binası, 4 katlı yapı, kolon kiriş bağlantıları yetersizliği. Domino taş etkisi, 1980 Cezayir El Esnam Depremi (EERI)

3.10 Depremde Hasar Görmüş Yapılarda Güçlendirme Yöntemleri

Deprem etkisinde kalmış, yıkılmasını gerektirmeyecek kadar az hasar görmüş yapılarda güçlendirme ve onarımlar yaparak bu yapıların kullanım ömürlerini uzatmak mümkündür. Ancak yapının gördüğü hasar düzeyinin ve onarılabilirlik ya da güçlendirilebilirliğinin, konusunda uzman mimar ve mühendislerce saptanması gerekmektedir.

3.10.1 Çatlakların onarımı

Çatlaklar yapıda bir dayanım yetersizliğinin ifadesidir. Çatlağa neden olan etken ortadan kaldırıldıktan sonra çatlak onarımı yapılmalıdır. Çatlak onarımlarında çatlağın genişliğine göre değişik yöntemler kullanılmaktadır. Çatlaklar kapatılmazsa bunlardan sızan nem betonarmenin donatısında paslanmaya neden olacaktır. Ayrıca çatlamış kesitli betonarme elemanların rijitlikleri de zamanla azalır ve bu nedenle de yapının dinamik özellikleri olumsuz yönde değişir. Bu anlamda çatlaklar özellikle dış hava koşullarına açık olan yapı elemanlarında güç azalmalarına neden olmaktadır.

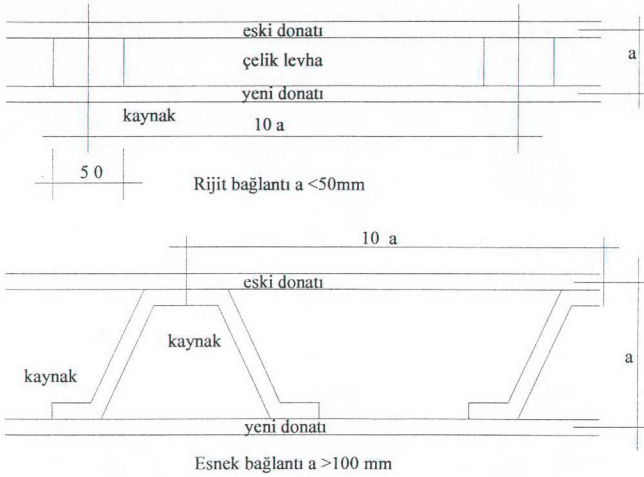
Çatlakların onarımından anlaşılan bunların çeşitli yöntemlerle doldurulmasıdır. Yapı elemanının eski gücünü kazanmasını sağlamaya çalışmaktan çok aranan şey, bunların daha fazla güç yitirmelerini önlemektir (Demir, 1999).

Bu çalışmada çatlak doldurma yöntemlerinin ayrıntılarına değinilmemiştir. Çatlak doldurma işlemlerinde çimento şerbeti, epoksi reçineleri, çok ince kumlu ve yüksek çimento dozlu harçlar, ve özel katkı maddeli başka harçlar kullanılmaktadır. Çimento şerbeti ve epoksi reçinelerinin derin çatlaklara nüfuz edebilmeleri için basınç uygulanması gerekebilir. Bu yöntemler zaman alıcı, uygulanması zor ve pahalı yöntemlerdir. Gereken özen gösterilmezse istenen amaca ulaşmak zorlaşabilir (Demir, 1995).

3.10.2 Kirişlerin güçlendirilmesi

Betonarme bir kirişin güçlendirilmesi çekme kapasitesinin artırılması, moment kapasitesinin artırılması, kesme kuvveti taşıma gücünün artırılması ya da bunların hepsinin birden yapılması şeklinde olmaktadır. Bunlardan hangisinin uygulanacağına ise gerekli analizler yapıldıktan sonra karar verilebilir.

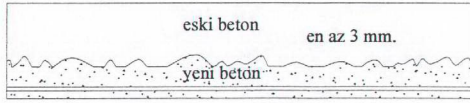
Çekme kapasitesini artırmak için sadece ilave çekme donatıları konulur. Bu donatılar eski donatıya, çelik levhaların ya da “V” bağlantıların aracılığıyla kaynaklanmak suretiyle eklenirler. Eski ve yeni donatılar arasındaki uzaklık kısa olursa bağlantı rijit, uzun olursa esnek olur (Chronopoulos, 1989). Şekil 3.44’ te bu bağlantı türleri verilmiştir.



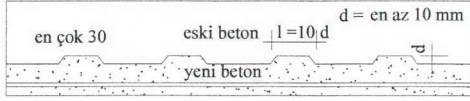
Şekil 3.44 Eski ve yeni donatılarda bağlantı türleri

Kirişlerin moment kapasitelerinin artırılması kiriş yüksekliklerini artırmakla sağlanır. Bunun için kiriş alt yüzeylerine beton bir kesit ilave edilir ve bu kesitin en alt yüzeyine gelecek şekilde ilave donatı konulur. Böylece hem kiriş en kesiti artırılmış olur hem de moment kolu uzatılmış olur. İlave donatılar “Z” ve “V” şeklinde hazırlanmış çelik elemanlarla eski donatılara bağlanırlar. Bu arada eski etriyelere yeni etriyeler kaynaklamak ta eski ve yeni boyuna donatıların birlikte çalışmasına olumlu katkıda bulunacaktır (Chronopoulos, 1989). Yine eski ve yeni betonun beraber çalışmasını sağlamak için , eski beton yüzeyinin pürüzlendirilmesi,dişlendirilmesi ya da eski beton yüzeyine epoksi reçine ile çakıllar yapıştırmak gibi yöntemler kullanılabilir. Kirişlerin yan yüzeylerine donatılı beton ilave ederek kesit alanını artırmak ta kirişlerin kesme dayanımını artırır (Şekil 3.45, 3.46, 3.47).

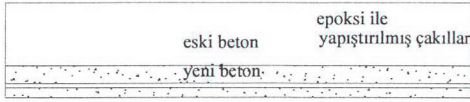
Kirişlerin alt yüzeylerine veya yan yüzeylerine ya da hem alt hem de yan yüzeylerine çelik levhalar epoksi harcı ile yapıştırılarak kirişlerde sırasıyla eğilme momenti taşıma kapasitesi, kesme kuvveti taşıma kapasitesi ya da bunların her ikisinin aynı anda artırılması yoluna da gidilmektedir (Bayülke, 1995).



Pürüzlü yüzey ile kaynaştırma

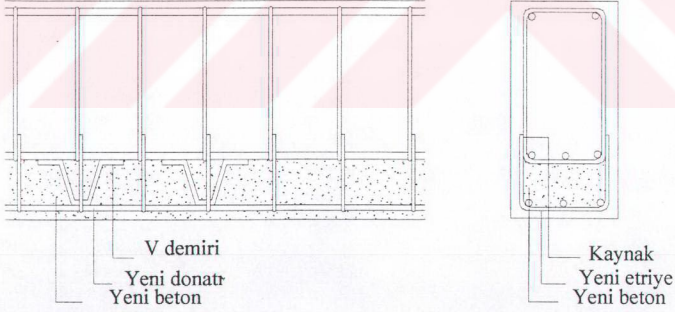


Dişli yüzey ile kaynaştırma

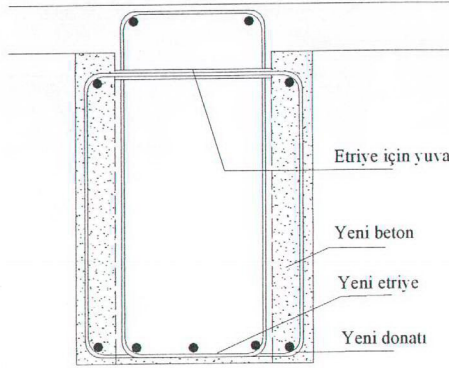


Epoksi ile kaynaştırma

Şekil 3.45 Eski ve yeni betonların kaynaştırılma yöntemleri.



Şekil 3.46 Kirişin enkesitinin artırılarak moment kapasitesinin artırılması



Şekil 3.47 Kiriş yan yüzeylerinin ilave betonarme betonu ile kalınlaştırılarak kirişin kesme dayanımının artırılması

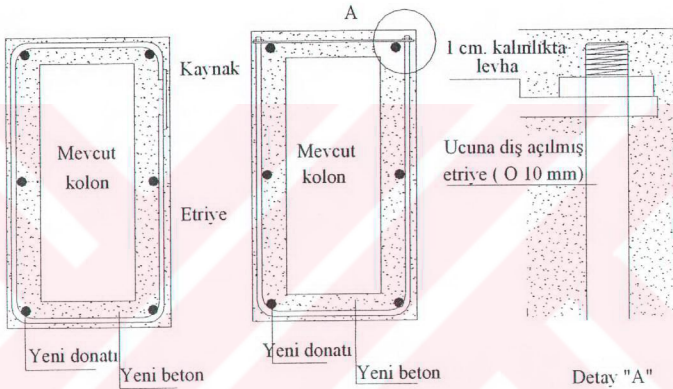
3.10.3 Kolonların güçlendirilmesi

Kolonlarda da aksel yük, moment ve kesme kuvveti taşıma kapasitesini artırmaya yönelik onarımlar ve güçlendirmeler yapılabilir. Bu da sırasıyla kolonların tüm çevresine yeni betonarme bir gömlek dökülerek kesit artırması sağlanması, kolonların iki yanına yine yeni betonarme kesit artırımları yapılması, ya da tüm kolonun çelik bir kafes içine alınması şeklinde yapılmaktadır. Yine bunlar da sırasıyla “mantolama” ya da “gömlek geçirme”, “kanat ekleme” ve “çelik gömlek giydirme” olarak adlandırılırlar. Kolonlar perde duvara dönüştürülerek de güçlendirilebilir. Yeni donatının eski donatıya ankrajı konusunda kirişlerdeki kurallar ve yöntemler burada da geçerlidir. Rijit ve esnek ankraj detayları burada da geçerlidir. Ayrıca eski ve yeni betonların beraber çalışmalarını sağlamak için yüzeylerin hazırlanması konusunda kirişler bahsinde söylenenler burada da geçerlidir. Yeni donatı olarak paslı çelik kullanılmaktadır (Bayülke, 1995; Şekil 3.48, 3.49).

Kolonların güçlendirilmesi çalışmalarında, hasarlı bölümler kolon çekirdeğine kadar kazınmalı ve varolan beton basınçlı su ile iyice yıkanmalıdır. Manto kalınlığı da 5-10 santimetredir. 5 santimetrelilik bir mantolama, 25 cm.x 25 cm. gibi küçük kolonlarda % 96’lık, 40 cm. x 40 cm. gibi büyük kolonlarda % 96’lık bir kesit artışı sağlamaktadır.

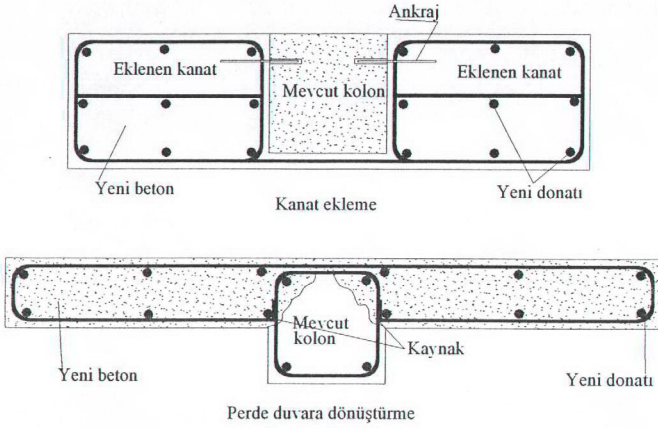
10 santimetrelük bir mantolama ise küçük kolonlarda % 224'lük, büyük kolonlarda ise % 125'lik bir kesit artışı sağlamaktadır.

İleri derecede hasar görmüş, ancak henüz yıkılmamış kolonlar da onarılıp, güçlendirilebilmektedir. Yalnız bunlarda boyuna donatı ve etriyelerden içeriye doğru geçiş de paralanmış tüm beton iyice temizlenir ve yıkanır. Burkulan donatı düzeltilir ve yeni donatı eski donatı üzerine kaynaklanır. Yeni etriye daha sık aralıklarla yerleştirilir. Ve uygun bir yöntemle yeni beton dökülür (Şekil 3.50).

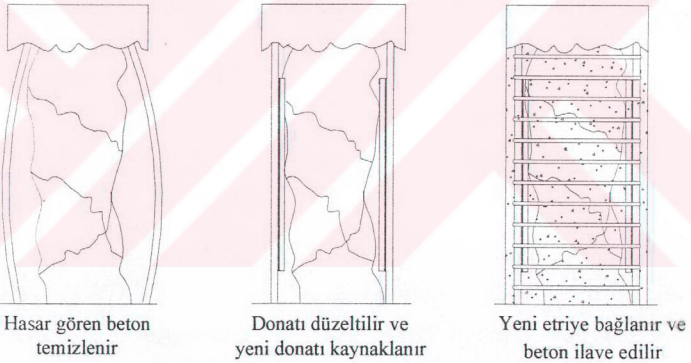


Şekil 3.48 Kolonlarda mantolama ve iki ayrı etriye bağlantısı çözümü

Etriyelerin uygulanmasında gösterilecek dikkat ve özen güçlendirmenin etkinliğini artıracaktır. Etriyelerin betonu sarma etkinliği betonun basınç dayanımını artıracaktır. Bunun için etriyelerin gevşek bağlanmaması önemlidir. İşin sıfırdan yapıyor olmaması uygulamada zorluk çıkaracaksa da etriyelerin şekil 3.48'de gösterildiği gibi kaynaklı ya da bulonlu kapatma teknikleriyle kapatılması, tel bağlantıdan daha uygun bir çözümdür (Demir, 1999).



Şekil 3.49 Kolonların kanat eklenerek ya da perde duvara dönüştürülerek güçlendirilmesi



Şekil 3.50 Mafsallaşan kolon uçlarının onarımı

3.10.4 Çerçevesiz doldurularak yapılan güçlendirmeler ve perdeler

Yapının yatay yüklere karşı dayanımını artırmanın diğer bir yöntemi de betonarme çerçevelerin aralarının doldurulması ve böylece rijitliğin artırılmasıdır. Bu kapsamda çerçeveler:

- i- Donatısız yığma duvarlarla,
- ii- Donatılı yığma duvarlarla,
- iii- Yerinde dökme perde duvarlarla ,
- iv- Mevcut perde duvarın kalınlaştırılmasıyla,
- v- Hazır dökülmüş panolarla,
- vi- Diyaagonal çelik elemanlarla doldurulup güçlendirilebilir.

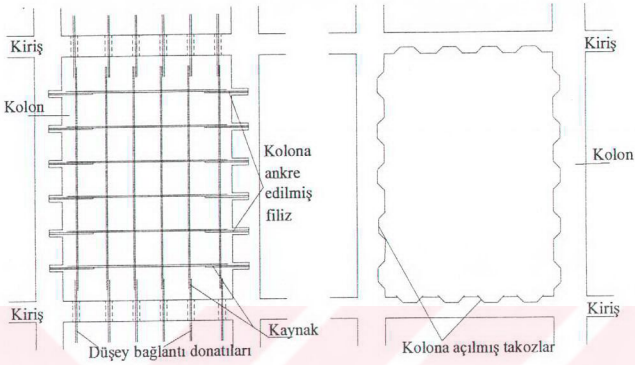
Bunlardan donatısız yığma duvarlarla yapılan güçlendirmeler en zayıf olanıdır ve sadece kirişlere destek vermek ya da bunları askıya almak gibi bir işlev görürler. Yerinde dökme perde duvarlar ise önemli miktarda bir rijitlik sağlarlar. Burada yeni ve eski donatının yekpareliğini sağlamak önemli bir uygulama detayı olarak ortaya çıkmaktadır. Yatay donatılar kolonlara epoksi harcı ile ankre edilen filizlere kaynatılarak, düşey donatılar ise kirişlere açılan deliklerden geçirilerek bu devamlılık sağlanmaya çalışılır. Aynı şekilde eski beton ile yeni betonun birlikte çalışmalarını sağlamaya yönelik önlemler alınmalıdır (Bayülke 1995; Şekil 3.51).

Kolonun etriyesinin yeterli sıklıkta olmasının, ilave perdenin istenen moment taşıma gücüne ulaşmasına büyük ölçüde katkı sağladığı görülmüştür. Eğer etriye yeterliliğinden emin olunamıyorsa perde ile duvar arasında bir miktar derz bırakmak daha uygun olacaktır. Çünkü yanal yükler altında perdelerden ötürü kolonlara büyük bir basınç kuvvetleri gelir. Ve boyuna donatılar da etriyelerle yeterince kısıtlanmamış ise, mevcut kolonlar hasar görürler. Bu uygulamada sadece perde ile kolon arasındaki kirişler çok kısa olduğunda, kirişlerde kesme kırılması oluşabilir. Bu kirişler bağ kirişleri gibi çalışacağından da bu oluşumun bir sakıncası yoktur.

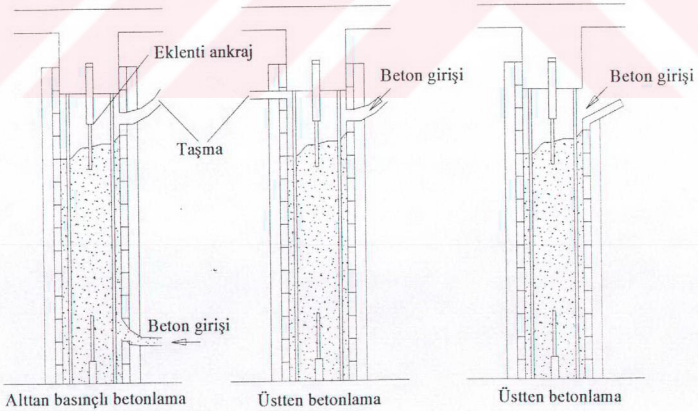
Perdelerin güçlendirmede bir başka kullanılışı da mevcut perdenin yanına ikinci bir perde daha yaparak perde duvarın kalınlaştırılmasıdır. Şekil 3.52'de çerçevelere betonarme perde betonu döküm yöntemleri verilmiştir. Yalnız yeni perde ile eski perdenin beraber çalışmasını sağlamak için gerekli olan ankraj ve yüzey pürüzlendirme gibi önlemler alınmalıdır.

Çerçevelerin boşluğu yerinde dökme yerine, hazır panolarla da doldurulabilir. Bu daha çok okul, hastane ve büro yapıları gibi standart açıklıkları fazla olan yapılarda işe yarayabilir. Yalnız, panoların yapı içerisinde taşınabilecek boyut ve ağırlıkta olmalarına dikkat

edilmelidir. Hazır panoların yerinde dökme perdelerle göre daha az yatay yük taşıma kapasiteleri vardır ancak daha sünek davrandıkları görülmektedir (Yüzüğüllü, 1980).



Şekil 3.51 Boş çerçevelerin betonarme perde ile doldurulması



Şekil 3.52 Güçlendirmelerde yerinde beton dökme yöntemleri

Bu yöntemler dışında, çerçeveler arasına çelik diyagoneller koymak ta bir güçlendirme yöntemidir. Bunlar çerçeveye bulonlar ya da kaynak ile bağlanabilirler. Özellikle zamanın önemli olduğu durumlarda pahalı da olsa tercih edilebilir. Çelik diyagonaller de yerinde dökme betona göre daha güçsüzdürler.

Yapılan deneylerde mevcut çerçeve içine konulan perdenin çerçeveye bağlanmadığı durumlarda bu perdelerin tersinir ve devresel yüklemeler altında etkili olmadığı görülmüştür (Ersoy ve Diğerleri, 1989). Ancak, perdenin donatılarının kolon ve kirişlerin donatılarına kaynakla bağlandığında perdelerin çok iyi davranış gösterdikleri, yine perdenin donatılarının kolon ve kirişlerin içine konulan takozlara bindirmeli olarak bağlandığı durumlarda ise daha üstün bir davranış gösterdikleri de aynı çalışmada gözlenmiştir. Evvelki paragraflarda da belirtildiği gibi bu tür uygulamalarda perde konulan çerçevelerin kolonlarının güçlendirilmesi kolonların davranışlarını da iyileştirecektir.

Vintzeleou (1989) çerçevelerin çeşitli yöntemlerle doldurulmasıyla elde edilen dayanımla ilgili tüm çalışmalarını değerlendirdiği çalışmasında şu sonuçları elde etmiştir:

i- Donatısız yığma dolgu duvarı ile kapatılan çerçevelerin boş çerçevelere göre dayanımı en az iki kat fazladır. Ancak duvar malzemesi olarak beton briket gibi düşük dayanımlı elemanlar kullanıldığında bu fazlalık %40 kadar olmaktadır.

ii- Yığma dolgu duvarlar donatılı olarak yapılır ve bu donatılar da çerçeveye kaynakla bağlanırsa dayanım beş kat kadar daha fazla olabilmektedir.

iii- Dolgu duvar yığma yerine yerinde dökme perde duvar olarak yapılırsa dayanım artışı altı kata kadar çıkabilmektedir.

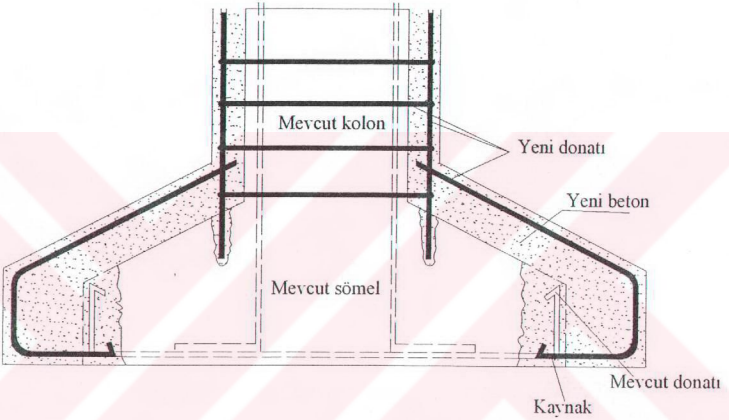
iv- Ön dökümlü betonarme plaklarla yapılan dolgularda bu artış yaklaşık 3-5 kat kadar olmaktadır. Burada dayanım farkını doğuran etken panoların çerçeveye bağlanma türüdür.

v- Perde duvarların yapım aşamasında kolonlarla beraber dökülmesi ise 15-20 kat daha fazla artış sağlamaktadır.

vi- Kalınlaştırılmış betonarme perde duvar ile aynı kalınlıkta yerinde dökülmüş perde duvarın davranışı arasında, yerinde aynı kalınlıkta dökülmüş perdenin lehine olmak üzere ancak %10'luk bir fark görülmüştür (Goto ve Adachi, 1991).

3.10.5 Temelerde yapılan güçlendirmeler

Yapıların temellerinde iki nedenle güçlendirme yapılabilir. Bunlardan birincisi, mevcut temelin yetersiz olması nedeniyle yapılan güçlendirme, ikincisi ise yapıya yeni eklenen perde duvar gibi elemanlar için ilave edilen temeller ile tüm temel sistemine yapılan güçlendirmedir. Hangi amaçla yapılırsa yapılsın eski ve yeni temellerin betonunun ve çeliğinin beraber çalışmasını sağlayacak ayrıntılara dikkat edilmelidir (Şekil 3.53).



Şekil 3.53 Temelerde güçlendirme yapılırken eski ve yeni malzemelerin birlikte çalışması sağlanmalıdır

BÖLÜM IV

CEYHAN-ADANA DEPREMİ'NİN TEZİN KONUSU AÇISINDAN İRDELENMESİ

Bu bölümde Ceyhan-ADANA Depremi, oluşumu ile ilgili olarak tanıtıldıktan sonra jeolojik açıdan ve yapısal hasarlardan hareketle, depremde ağır ve orta derecede hasar gören yapılar mimari tasarım ilkeleri yönüyle irdelenecektir.

4.1 Ceyhan-ADANA Depremi

Deprem 27 Haziran 1998 günü saat 16:56 da, 35.85 Kuzey Enlemi, ve 35.55 Doğu Boylamı'nda meydana gelmiştir. Büyüklüğü Richter Ölçeği'ne göre $M=6,2$ dir. Deprem 23 km derinlikte cereyan etmiştir. Odağı Tarsus'un 50 kilometre doğusuna düşmektedir. Deprem, İçel, Kayseri, Niğde illeri ve Konya'nın Ereğli ilçesinde doğrudan hissedilmiştir. Komşu ülkelerden Suriye, Ürdün, İsrail ve Kıbrıs'ta da hissedilmiştir (Deprem Araştırma Merkezi, Ankara, 1998; Şekil 4.1, 4.2).

Depremde can kaybı konusundaki resmi rakamlar küçük farklılıklar göstermekle birlikte, 150 kişi ölmüş binlerce kişi de yaralanmıştır. Ölenlerin 76'sı Ceyhan İlçesindedir. Deprem 150 kilometre çaplı bir alanı kapsamış ancak 30 kilometre çaplı bir alanda zarar vermiştir (DAM, 1998).

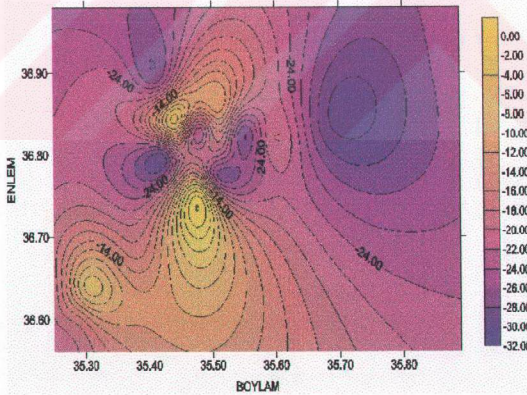
İlk depremden sonra çok sayıda artçı depremler olmuş bunların çoğunluğunu da $M=3$ büyüklüğüne kadar olanları teşkil etmiştir. $M= 2,3$ büyüklüğündeki depremler, 43 adet ile oluş sıklığı açısından birinci sırayı almıştır. 2, 3,9; 4,3; 4,4; 4,5; 4,9, 5;1 büyüklüğünde olanlar da birer adet olmakla en az tekrarlayan artçılar olmuşlardır. Bu artçılar sırasında can kaybı olmamıştır (DAM, 1998; Şekil 4.3, 4.4).

4 Temmuz 1998, saat 05:05' te, $M=5,1$ büyüklüğünde, tüm artçılar içerisinde en büyük olan bir artçı deprem meydana gelmiş, bu artçı deprem sırasında da can kaybı olmamış ancak yaşanan panikten dolayı yaklaşık 1000 kişi yaralanmıştır.

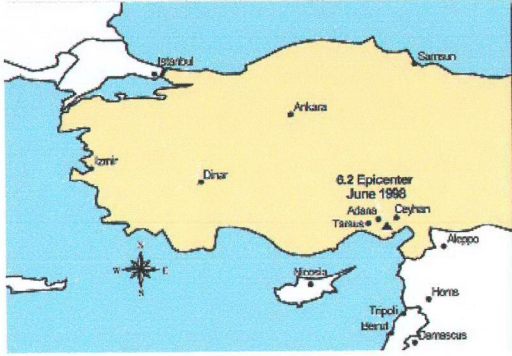
4.2 Bölgenin Coğrafi ve Jeolojik Özellikleri

Deprem oluşumuna neden olan fay, Misis – Ceyhan Fayı'dır (Barka, 1998) ve KKD yönündedir.

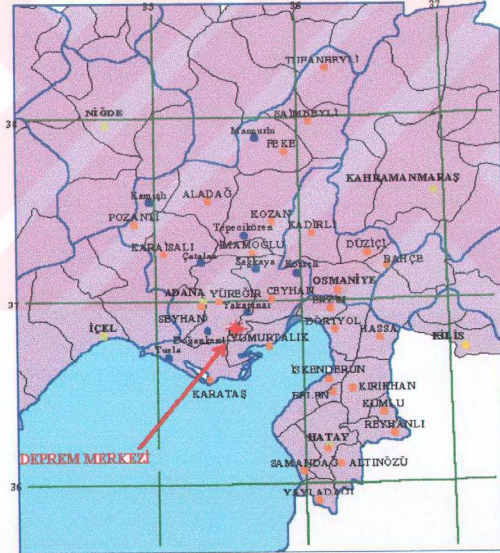
Bölge jeolojik olarak, Adana – Ceyhan havzası olarak adlandırılır ve çakıl taşı, kum ve kilden oluşan alüvyon ağırlıklı bir yapı arz eder. Havza, kuzeyde ise Toros Dağları ile çevrilmiştir. Kil tabakası kalınlığı mevkiine göre değişmekle beraber, bir ile altı metre arasında değişmektedir. Adana'da bu 1-3 metre arasındadır. Kil katmanının altında gevşek, çakıllı alüvyon ya da kum ve killi kum cepleriyle karışık olarak yoğun, kumlu, sıkı alüvyonlu katman vardır. Adana'nın kuzeyinde ki jeolojik oluşum sert konglomeratır (DAM, 1998, Şekil 4.5).



Şekil 4.1 Ceyhan-ADANA Depremi odak çözümlenmesi
(Deprem Araştırma Merkezi-Ankara)

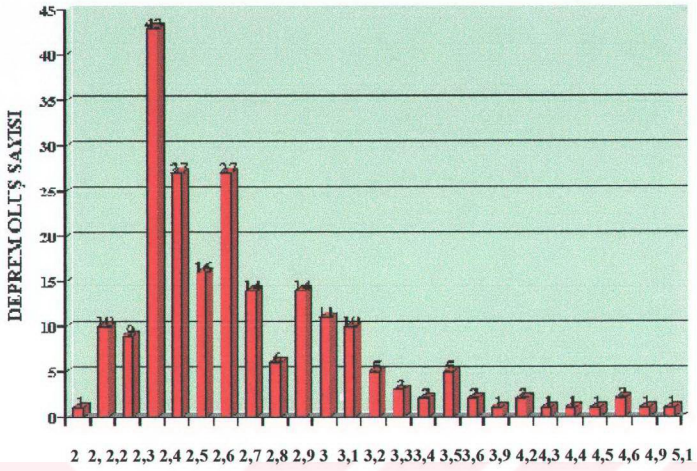


(a)



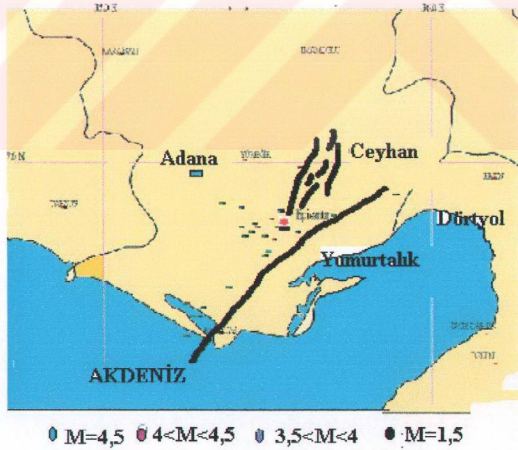
(b)

Şekil 4.2 Ceyhan-ADANA Depremi bulduru haritası
(Deprem Araştırma Merkezi – Ankara)

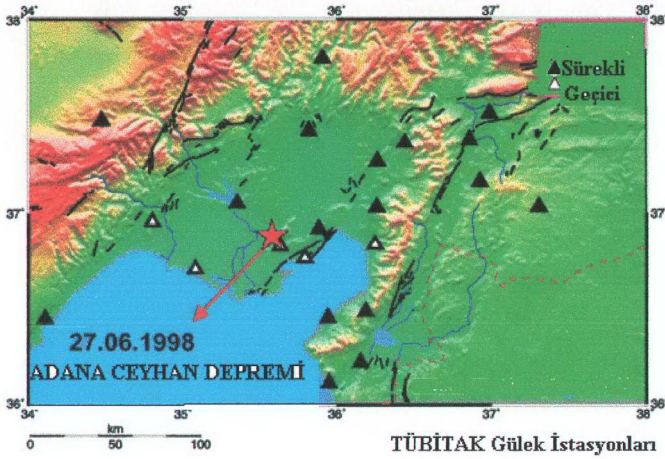


BÜYÜKLÜK

Şekil 4.3 Artçı depremlerin büyüklüklerine göre oluş sıklığı (DAM, 1998)



Şekil 4.4 Artçı depremlerin dağılımı (DAM, 1998)

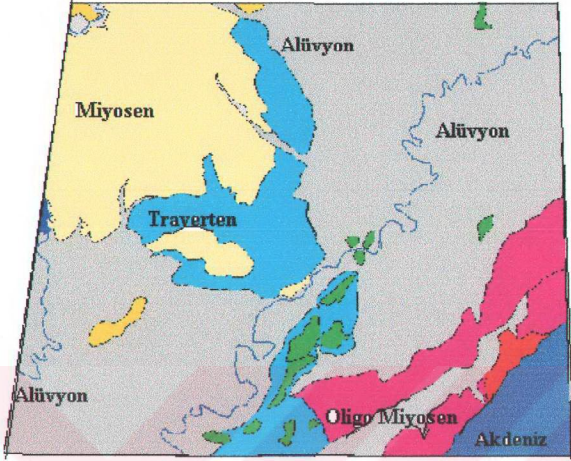


Şekil 4.5 Deprem bölgesinin jeolojik haritası (DAM,1998)

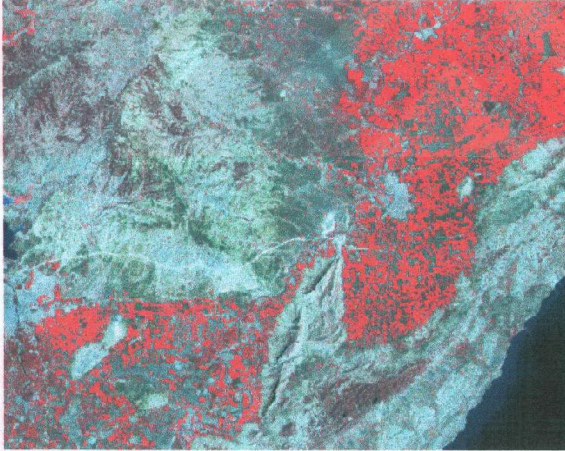
Bölgenin daha ayrıntılı bir jeolojik oluşum haritası Şekil 4.6'da verilmiştir. Bu haritada alüvyonlu alanın kapladığı alanın tüm deprem alanına oranının büyüklüğü oldukça barizdir. Şekilde verilen alan Adana Havzası ile İskenderun Havzası arasındaki tüm alanı kapsamaktadır ve bu alan içerisinde en önemli yerleşim merkezi Adana'dır. Diğer önemli yerleşim bölgeleri ise Ceyhan, Misis, İmamoğlu ve Köşreli ilçeleridir. Bölgenin önemli yükseltileri Cebelınur dağları (780 mt), Harami dağı (614 mt), Camdan dağı (335 mt) ve Kızılkaya'dır (544 mt). Bölgenin önemli akarsuları ise Seyhan ve Ceyhan İlçesinden geçen Ceyhan nehridir. Şekilde adı geçen oluşumların kısaca tanımlanmaları uygun olacaktır.

Alüvyon: Adana havzası ile Misis- Andırın hazasında eski alüvyonlar, dere boylarında ise genç alüvyonlar bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmakta yeni alüvyonlarda kötü boyutlanmış, tutturulmamış çakıl, kum ve mil ihtiva etmektedir.

Traverten: Kalsiyum Karbonat yığınlarının Pleyistosen sonu ve Kuvaterner başında çökmesiyle oluşmuşlardır. Cebelınur dağı etrafında da bulunurlar(Acar 1987).



(a)



(b)

Şekil 4.6 Deprem bölgesi jeolojik oluşumu (a) ve bölgenin uydur görüntüsü (b)
(DAM,1998)

Miyosen: Schmidh (1961) Güvenç formasyonu olarak adlandırılan bu birim bölgenin kuzeyinde yoğun olarak bulunur. Güneyde de Ali Hoca köyü yakınlarında bulunur. Gri renkli çakıl ve kumtaşından oluşur.

Oligo Miyosen: Bol planktonik fosilli kırıntılı bir yığındır. Orta eğimli alanlarda gözlenirler. Yakın çevreden gelen sedimanter ve ofiyolitik kayaların aşınarak dar ve uzun bir havzada hızlı bir şekilde depolanmasıyla oluşmuştur (Ayhan ve Bilgin, 1988)

Üst Kretase: Harami dağı, Kürt dağı, Cebelinur dağı ve Dededağ boyunca büyük bloklar halinde gözlenirler. Volkanosedimanter bir yığın sunarlar. Manganezli kireçtaşı içeren tüf, volkanik kumtaşı, killi kireçtaşı, ve aglomeralarla temsil edilirler. Genellikle yüksek eğimli alanlarda gözlenirler. Genellikle bloklar halinde bulunan bu birimde kireçtaşları kırılğan bir yapıya sahiptirler. Şekilde yeşil renk ile gösterilmiştir.

Bölgedeki fayların kısıllığından ötürü büyüklüğü 7'den fazla olan depremler bölge tarihi boyunca hiç olmamıştır ve gelecekte de beklenmemektedir. Ancak büyüklüğü 7'den küçük olan çok sayıda deprem olmuştur (DAM,1998).

4.3 Bölgede Deprem Sonrası Oluşan Yüzeysel Deformasyonlar

Deprem sırasında özellikle Ceyhan Nehri boyunca, nehre yakın kesimlerde nehir yatağının konumuna ve eğimine göre çökme ve heyelan yapıları oluşmuştur. Bunlardan en büyüğü ise Misis ilçesinin güneybatısında Abdioğlu köyü civarında oluşmuştur. Nehir kenarında yer alan tarlalarda 1,5 metreye varan çökme veya heyelanlar görülmüştür. Bu oluşumlar nehrin uzantısına paralel olarak gelişmişlerdir (Foto 4.1) Bazı yerlerde açıklıklar 50 cm'ye kadar varmıştır.

Adana-Ceyhan depreminin en önemli özelliklerinden biri de ülkemizdeki depremlerde çok sık görülmeyen zeminde sıvılaşma olaylarının meydana gelmesidir. Nehir boyunca zeminin alüvyon ağırlıklı olduğu önceki paragraflarda belirtilmişti. Yine yer altı su seviyesinin zemine çok yakın olduğu da ifade edilmişti. Nehre yakın yerlerde bu yakınlık daha da artmaktadır. Tüm bu faktörlerin bulunduğu bir ortamda da sıvılaşma olaylarının beklenmesi doğaldır ve öyle de olmuştur. Deprem sırasında, depremi yaşayanlarca ifade edildiğine göre 10 metre yüksekliğe kadar kum fışkırmaları olduğu tesbit edilmiştir.



(a)

(b)

Foto 4.1. Ceyhan Nehri boyunca çökme/heyelan yapıları; a- Abdioğlu Köyü,
b-Güveloğlu Köyü¹

En büyük sıvılaşma olayı Karamezar köyünün Karaçalılık mevkiinde olmuştur ve 4 kilometre karelik bir alanı etkilemiştir. Ancak bölgede herhangi bir mühendislik yapısı olmadığı için hasar da olmamıştır. Bir diğer sıvılaşma ise Ceyhan girişinde, Ceyhan Nehri'nin her iki kıyısında meydana gelmiştir. Yaklaşık 10 metre devam eden bu sıvılaşmaların yönü ise KG olarak gözlenmiştir (Foto 4.2). Güveloğlu civarındaki sıvılaşmalarda kum volkanı fişkırmalarının izleri çok bariz bir şekilde görülebilmektedir (DAM, 1998; Foto 4.3).

4.4 Deprem Sonucu Yapısal Hasarlar

Ceyhan ilçesi yapılaşma açısından son yıllarda hızlı bir süreç yaşamıştır. 27 haziran depreminin bu hıza yavaşlatıcı bir etkisi olmuştur. Deprem sonrası hasar gören mevcut yapılar içinde yapılış tarihi olarak eski olanlar, malzeme olarak ahşap ya da yağma taş/tuğla yapılarıdır. Özellikle eski kent merkezi, iş merkezi niteliğinde olup burada yapılar 1-2 katlı yapılarıdır. Ancak yeni yerleşimlerde yapılan binaların strüktürel sisteminde betonarme çerçeve kullanılmakta ve çok katlılık tercih edilmektedir. Bu yapıların çoğunda da asmolen döşeme kullanılmıştır. Bu tercihin nedeni ise kirişlerin döşeme içlerinde bırakılması suretiyle mekan içlerinde sarkan giriş bulunmamasıdır. Yapılarda betonarme kullanılması malzeme seçimi yönüyle doğru ancak, asmolen döşeme ve yassı kirişlerin kullanımı ile

¹ <http://www.sismo.deprem.gov.tr/Adana/jeolojik.html>

zemine yönelik hiçbir etüt yapılmadan; böyle bir etütten elde edilecek verilere göre gerekli olması halinde, zeminde yapılması zorunlu hiçbir iyileştirme yapılmadan yerleşim bölgeleri açılması doğru değildir.



Foto 4.2 Ceyhan'a girişte sıvılaşma olayları²

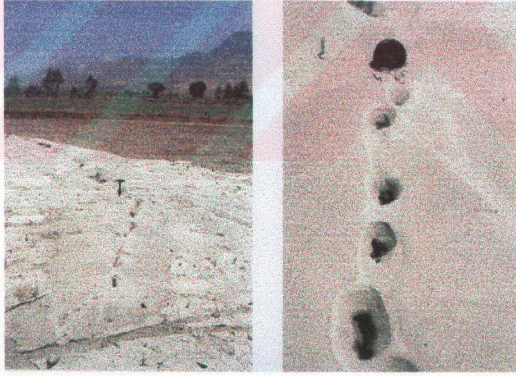


Foto 4.3 Güveloğlu sıvılaşmasında kum volkanı çıkışları ve ayrıntıları³

² <http://www.sismo.deprem.gov.tr/Adana/jeolojik.html>

³ <http://www.sismo.deprem.gov.tr/Adana/jeolojik.html>

Bu yapılardan sadece ikisi zeminle birlikte üç katlı, diğerleri 5 ya da daha fazla katlıdır.⁶

Çizelge 4.1 Ceyhan'da yıkılan binalar (DAM, 1998)

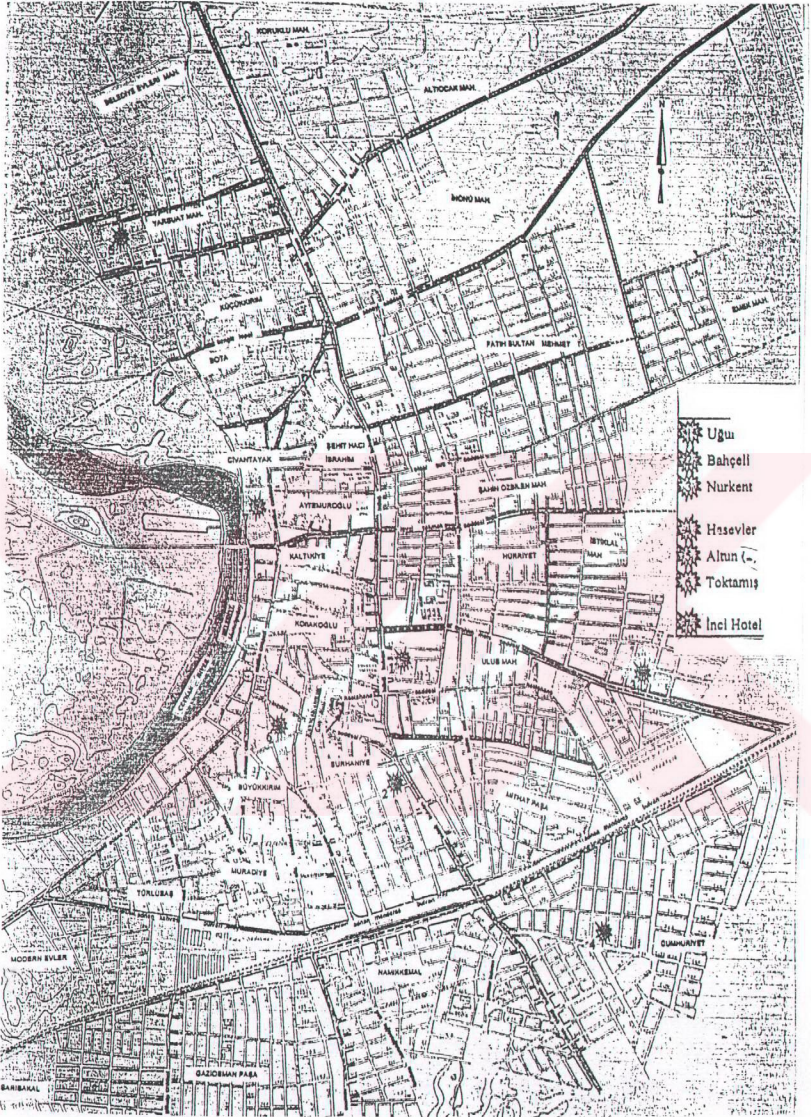
Sıra No	Bina Adı	Cadde, Mahalle
1	Uğur Ap.	İnönü Caddesi, Ulus
2	Bahçeci Ap.	İnönü Caddesi, Burhaniye
3	Nurkent Ap.	İbrahim Mete Caddesi, İstiklal
4	Hasevler Ap.	Hasan Cerit Caddesi, Cumhuriyet
5	Altun Ap.	Stadyum Çevresi, Yarsuvat
6	Toktamiş Ap.	Yaltır Ortaokulu Çevresi, Burhaniye
7	İnci Otel	Atatürk Caddesi

Yıkılan binaların şehir haritası üzerindeki dağılımına bakılacak olursa, bu yedi adet yapının tüm kent içinde değişik bölgelerde olduğu görülmektedir. Bu da kentin büyük bir kısmının zemin yapısının alüvyonal yapıda olmasındandır (Şekil 4.8). Bu veriler, kentin zemin yönüyle yapılaşmaya uygun olmadığını ve yapılaşmaya açılacak alanlarda ise zemin islahının gerekli olduğunu göstermektedir.

Yapı hasarlarının ve yıkılmalarının nedenleri bir sınıflandırmaya tabi tutulacak olursa şöyle bir sıralama yapılabilir.

Zemin yapısı, çoğu yapıların yıkılmasında önemli bir işlev görmüştür. Yerleşim birimlerinin yer aldığı, eski nehir yatağı zemin üzerine yapılan 5-7 katlı yapılar, deprem dalgalarının zeminin salınımlarını (periyot) büyütmesi ve bu salınımların yapıların salınımlarıyla örtüşmesi sonucu yapım kusurlarının da katkısıyla ya yıkılmışlar ya da ağır hasar görmüşlerdir ve müdahale ile yıkılmayı beklemektedirler (Foto 4.4). Yerel yönetimce, yıkımına karar verilen bir çok yapının yıkımı beklediği ifade görülmektedir. Bu yapıların yıkımı ve enkazın kaldırılması da maddi bir külfet getirmektedir. Buradan “ Depreme dayanıklı bir yapı yapma süreci yapıyı yeterince sağlam bir zemine inşa etmek çabasıyla başlar” ifadesinde tanımını bulacak bir sonuç çıkarmak hiç yanlış olmayacaktır.

⁶ Adana Bayındırlık İl Müdürlüğü Arşivi.



Şekil 4.8 Çeyhan Şehir Haritası ve Yıkılan Binaların Dağılımı (Tezcan, 1998)



Foto 4.4 Eski nehir yatağı dolgu zemin üzerine yapılmış bir kooperatif binası
(Gökçe, 2002)

Yıkılan yapıların biri hariç, diğerleri 5 ya da daha fazla katlı yapılarıdır. Eski kent merkezindeki bir-iki katlı ve çoğu oldukça eskidir. Ancak bu binalardan yıkılan olmamıştır. Bu da zemin-yapı yüksekliği-deprem ilişkisinin önemini göstermektedir.

Ticari değeri olan zemin katlar yıkılan ya da ağır hasar gören tüm binalarda saydamlığı sağlamak amacı ile boşaltılmış ve literatürde “Yumuşak Kat-Soft Story” diye adlandırılan bu çalışmada da çoğunlukla “Tehlike Katı” olarak adlandırılmış olan mimari tasarım kusuruna neden olunmuştur. Bu yanlış uygulama ülkemizdeki en yaygın ve sunacağı tehlikeler hakkında en az bilgi sahibi olunan bir mimari tasarım yaklaşımıdır. Ceyhan’da da bu mimari tasarım kusurunun statik tasarım aşamasında ek hesaplarla düzeltilmesine çalışılmamıştır. Yıkılan ya da ağır hasar gören yapılarda kötü zemin etkisinin yanında tehlike katı etkisi de önemli bir rol oynamıştır. Bu yapıların çoğunda dikkörtgen kesitli kolonlar ya da perde olarak konulan elemanlar ağırlıklı olarak aynı yönde tasarlanmışlardır (Foto 4.5).

Cumhuriyet mahallesinde bulunan Hasevler Yapı Kooperatifi’ne ait yapılarda zemin kat kolonları hiçbir yatay ötelenme olmaksızın kırılmışlar ve bu yapıların zemin katları tamamen çökmüştür. Burada da tehlike katı etkisinin ve kolonların kesme dayanımlarının yetersizliği hasara neden olmuştur (Foto 4.6). Kolonlarda etriye sıklaştırması olmadığı gibi betonda çok iri agrega ve toprak parçalarının varlığı gözlenmiştir (Foto 4.7).



Foto 4.5 Tehlike katı, kötü zemin, aynı yönde tasarlanmış kolonlar; Sonuç: ağır hasar, yıkım kararı (Gökçe, 2002)



Foto 4.6 Tehlike katı, kolonlarda kesme dayanımı yetersizliği, Hasevler Yapı Kooperatifi Cumhuriyet Mahallesi, (Bayülke-DAM, 1998)



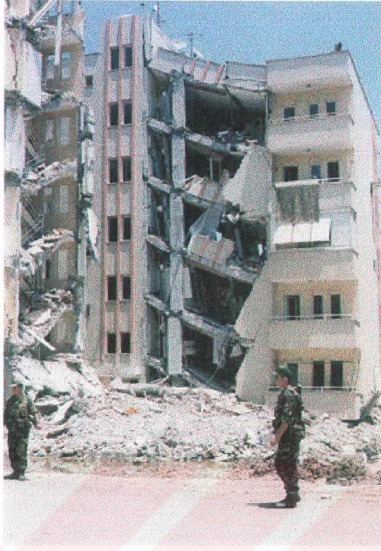
Foto 4.7 Hasevler'den bir kolon detayı (Bayülke-DAM,1998)

Aynı kooperatifteki bir başka bloğun zemin katında dolgu duvarı örülen kısmı yıkılmamış, dolgu duvarı örülmemeyen kısmı ise yıkılmıştır. Bu da, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve yapımında dolgu duvarların ihmal edilmemesi gerektiğinin bir kantıdır. Görülmektedir ki, tehlike katı, bir yapı sistemi içinde dahi farklı davranışlara neden olabilmektedir (Foto 4.8).

Yine aynı kooperatife ait bir diğer blokta, mekan düzenlemesinde salon açıklıklarının çok geniş olarak tasarlanması, bunun sonucu olarak ağır yatay kiriş oluşumları, yapım kusuru olarak kalitece yetersiz beton ve donatı imalatı sonucu yapı bloğu, kusurların yoğunlaştığı bu noktalarda ağır hasar görekerek yıkılmıştır (Foto 4.9).



Foto 4.8 Bloğun sağ yanındaki dolgu duvarı kendi üstünde yıkılmayı önlemiştir (Bayülke-DAM, 1998).



(a)



(b)

Foto 4.9 Kötü zemin, Büyük açıklıklar, ağır yatay kirişler, kötü düğüm noktası
a- Blok görünüşü b- Çerçeve detayı (Bayülke-DAM, 1998)

Yapılaşmaya uygun olmayan zeminin de etkisiyle kolon-kiriş düğüm noktalarından tamamen mafsallaşarak yıkılan Nurkent Kooperatifi'ne ait bir blokta da tehlike katı ve çelik kullanımının yetersizliği de rol oynamışlardır (Foto 4.10).



Foto 4.10 Kötü zemin, tehlike katı, kötü çelik işçiliği

Bu bloklardaki kolonlarda, özellikle zemin kat kolonlarında tehlike katı etkisiyle de kesme çatlakları meydana gelmiştir. Tüm bu kolonların ortak özelliklerinden biri de yetersiz donatı, bilhassa yetersiz enine donatıdır. Hasar gören bloklarda etriye aralıkları en az 25, çoğunlukla da 30 santimetre ve daha yukarıdır (Foto 4.11). Perde yapımında 38 santimetrelilik etriye aralığı bırakıldığı tesbit edilmiştir (Foto 4.12).

Beton kalitesizliği ve etriye yetersizliği, bitmiş kullanılmakta olan ve tüm statik yükünü almış kolonlarda değil, daha inşaat halinde olan ve statik olarak tam yüklenmemiş kolonlarda da hasara neden olabilmektedir. Sıvası henüz bitmemiş, döşeme kaplamaları ve çatısı yapılmamış, kullanıma açılmamış bir yapının zemin kat kolonları kesme hasarına uğramışlardır (Foto 4.13). Bu tür hasarlar, depremden ağır ve orta derecede hasar görmüş hemen tüm yapılarda gözlemlenmiştir (Foto 4.14).

Her depremde olduğu gibi bu depremde de kısa kolon oluşumlarına yol açan tasarım kusurları saptanmıştır. Kolonlar, deprem kuvvetlerinin etkisiyle oluşan kesme çatlaklarıyla hasara uğramışlardır (Foto 4.15).



Foto 4.11 Yetersiz etriye, kalitesiz beton, kolonda kesme hasarı (Gökçe, 2002)



Foto 4.12 Perdede 38 santimetre aralıkla etriye ve kesme çatlakları (Gökçe, 2002)

Yapılarda perde duvar kullanımı yok denecek kadar azdır. Perde duvarları deprem sırasında, enerji söndürümünde önemli bir görev üstlenmektedir. Deprem sonrası ODTÜ’ce sürdürülmekte olan güçlendirme çalışmalarında perde uygulamaları yaygın olarak yapılmaktadır.



Foto 4.13 Henüz inşaat aşamasında bir yapı ve zemin kat kolonlarında kesme hasarı
(Bayülke-DAM, 1998)



Foto 4.14 İki ayrı yapıya ait kolon hasarları (Bayülke-DAM, 1998)

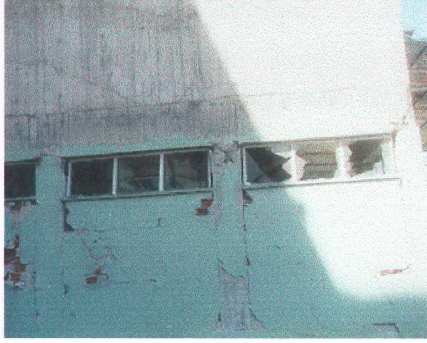


Foto 4.15. Bir yapıda kısa kolon hasarı (Bayülke-DAM, 1998)

Depremden zarar gören bir başka kooperatifin bloklarındaki uygulamada saptanan bir kusur da; elektrik kılavuz borularının ana donatı ile çekirdek beton arasında geçirilmesi ile kolonlardan bazılarının aşırı derecede zayıflatıldıkları ve bu kolonların ağır hasar görmüş olmalarıdır (Foto 4.16).

Depreme dayanıklı yapı tasarımında bölme duvarlarının, alın, kalkan ve parapet duvarlarının betonarme bir çerçeve içine alınması gerektiğine üçüncü bölümde değinilmişti. Ceyhan Telekom lojman binasının betonarme çerçeve içine alınmamış olan kalkan duvarının bir kısmı yıkılmış ve bir çocuğun ölümüne neden olmuştur (Foto 4.17).

Sonuç olarak, Ceyhan'da depreme dayanıklı yapı tasarımı endişesi ile icra edilen bir yapı imalatının yaşanılan bu deprem felaketine kadar olmadığı sonucuna varılmış olup ayakta kalan yapıların ise, bu endişeden hareketle tasarlandıklarından ya da imal edildiklerinden değil malzeme ve uygulama tekniği açısından biraz daha iyi oldukları için yıkılmamış veya az hasar gördükleri tespit edilmiştir. Bu büyüklükte bir depremin mimari tasarım ilkeleri açısından ve uygulama tekniği yönüyle bilimsel ve teknik verilere uygun olarak yapılmış yapılara yıkıcı etkisi olmaması gerekirdi.

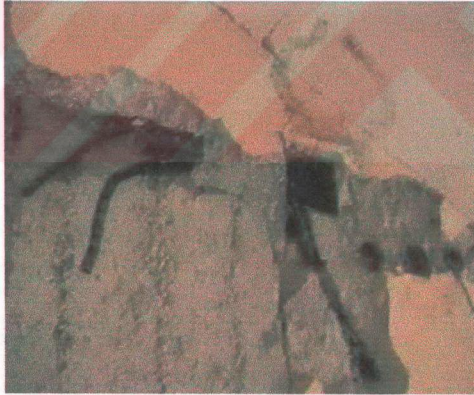


Foto 4.16 Aynı yapıda iki ayrı kolonda elektrik borusu çekirdek beton ile ana donatı arasından geçirilmiş, ağır hasar (Gökçe, 2002)



Resim 4.17. Telekom Lojmanı, kalkan duvar yıkılması bir çocuğun ölümüne neden olmuştur (Bayülke-DAM, 19989)

4.5 Depremden Zarar Gören Yapılarda Onarım Çalışmaları

Oturulabilir derecede hasar görmüş yapıların iyileştirme ve güçlendirme çalışmaları Orta Doğu Teknik Üniversitesince oluşturulan uzman bir ekip denetiminde devam etmektedir. Bu çalışmalarda üçüncü bölümde verilen yöntemlerden mantolama ve iki kolon arasının betonarme perde duvar ile kapatılması yöntemi uygulanmaktadır. Yapıların özellikleri dikkate alınarak yapılan hesaplara göre belirli akslar arasına, betonarme perde duvarlar ilave edilmekte, böylece hem yapı bir bütün olarak daha rijit kılınmakta hem de daha çok deprem enerjisini söndürecek ek elemanlara sahip olunmaktadır (Foto 4.18).

Bu perdeler temelden başlayıp son kata kadar devam etmektedir. Perdeler, hem zemine hem de komşu kolonlara yatayda ve düşeyde epoksi reçinesi ile ankre edilen çelik filizlere bağlanmaktadır (Foto 4.19, 4.20).

Bu çalışmada örnek olarak verilen, bir yapıya ait güçlendirme projesinin birinci kat mimari ve kalıp rölemleri ile güçlendirme projesine ait aynı kat planı incelenirse, güçlendirme projesinde önerilen perdelerin çokluğu hemen göze çarpacaktır. Güçlendirme projesinde

önerilen perdeler ilk projelendirme aşamasında önerilse ve yapım aşamasında da uygulansaydı yapı bu derecede hasar görmeyecek; böyle bir güçlendirmeye, onarıma ihtiyaç duyulmadan işlevini yerine getirmeye devam edebilecekti (Şekil 4.9, 4.10, 4.11).



Foto 4.18 Güçlendirme çalışmaları çerçevesinde bir yapıya eklenen perdeler (Gökçe-2002)



Foto 4.19 Mevcut kolonlar arasına perde ilavesi (Gökçe-2002)

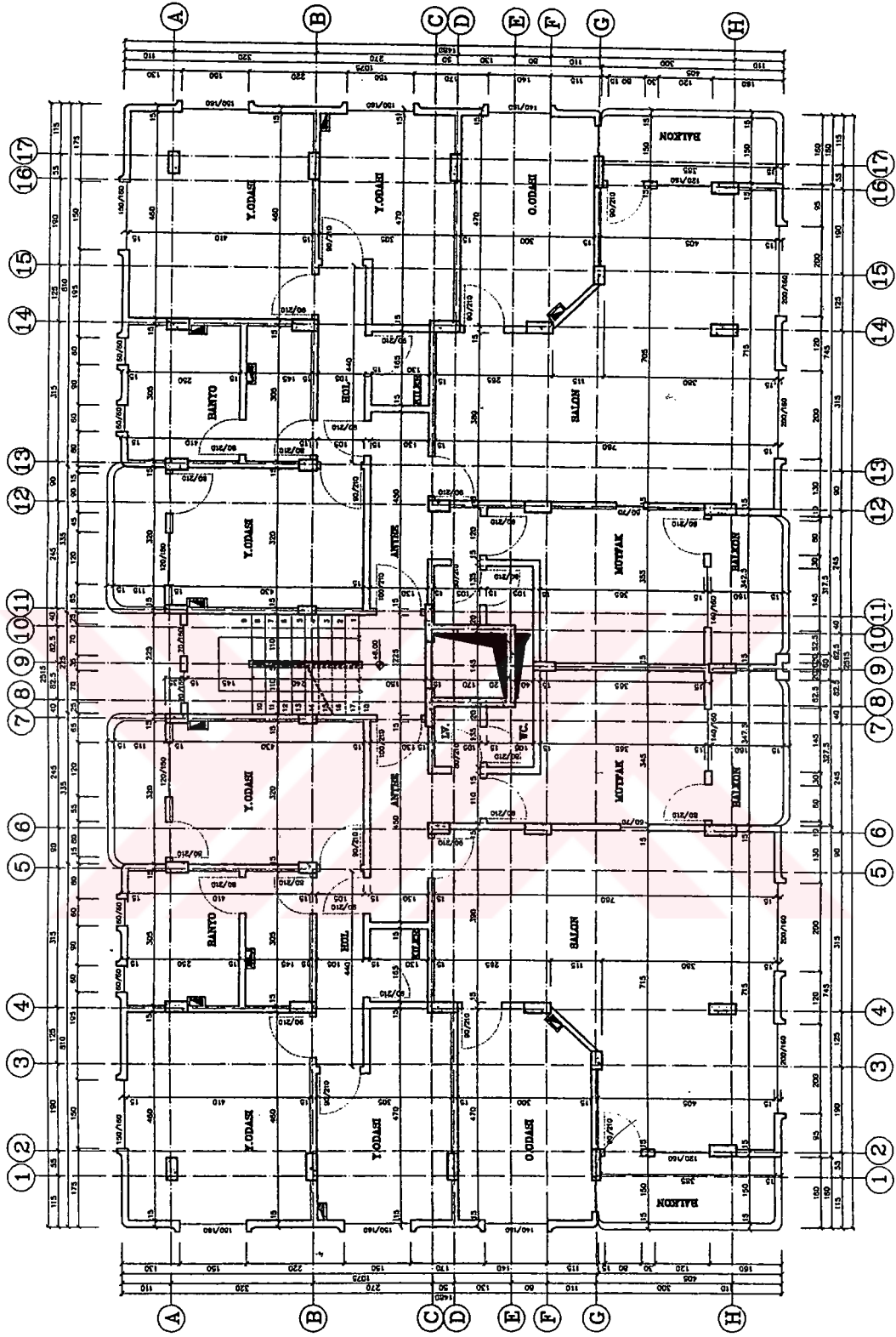


Foto 4.20 Yeni perdelerin mevcut kolonlara ankraj detayı (Gökçe, 2002)

Bölgede yapısal güçlendirilme çalışmaları tamamlanan yapılar sahiplerine teslim edilmekte iskan müsaadesi verilmektedir (Foto 4.21).

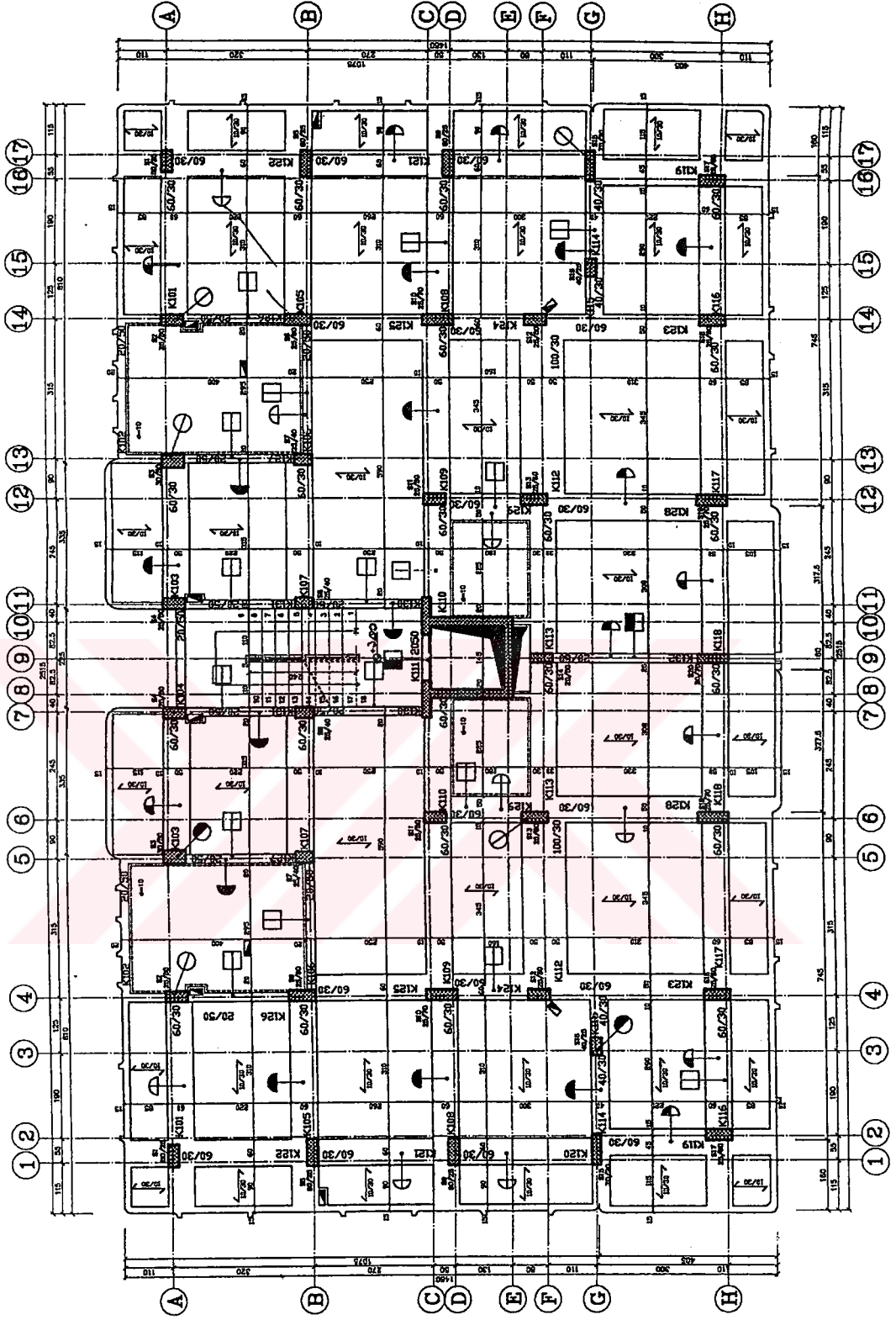


Foto 4.21 Güçlendirmesi tamamlanmış ve kullanıma açılmış bir yapı (Gökçe, 2002)



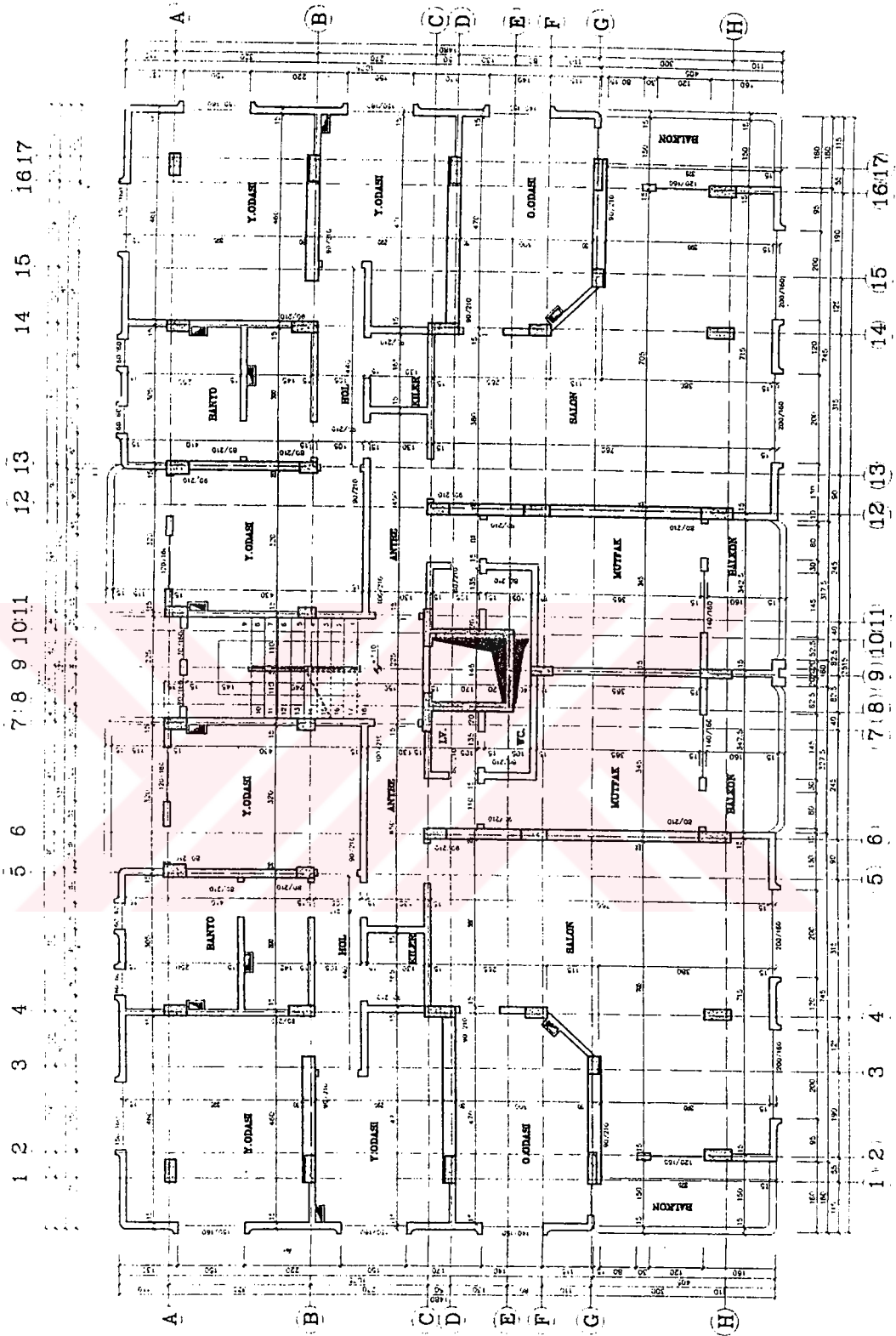
Şekil 4.9 Orta hasar raporlu Aydızt Apartmanı 1. kat mimari röleve planı (Ölçeksiz).⁷

⁷ Adana Bayındırlık İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.



Şekil 4.10 Aydızt Apartmanı 1. kat statik röleve planı (Ölçeksiz).⁸

⁸ Adana Bayındırlık İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.



Şekil 4.11 Aydın Apartmanı güçlendirme mimari uygulama planı (Ölçeksiz).⁹

⁹ Adana Bayındırlık İl Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

4.6 Deprem Sonrası İnşa edilen Deprem Konutlarının Tasarım İlkeleri Açısından İrdelenmesi

Devlet eliyle depremde yıkılan konutlar yerine acilen 1000 adet konut üretilmiştir. Deprem konutları depreme dayanıklı yapı tasarımında mimari ilkeler açısından incelendiğinde şu sonuçlar elde edilir:

i- Kat planlarında simetriye uyulmaya çalışılmıştır.. Rijitlik ve geometrik merkezler örtüşmüyorsa da aralarında kuvvetli bir burulma etkisi oluşturacak kadar bir açıklık yoktur. Merdiven çekirdeği merkeze yerleştirilmeye çalışılmıştır. Bu da tasarım açısından incelendiğinde istenen bir durumdur (Şekil 4.12, 4.13, 4.14, 4.15).

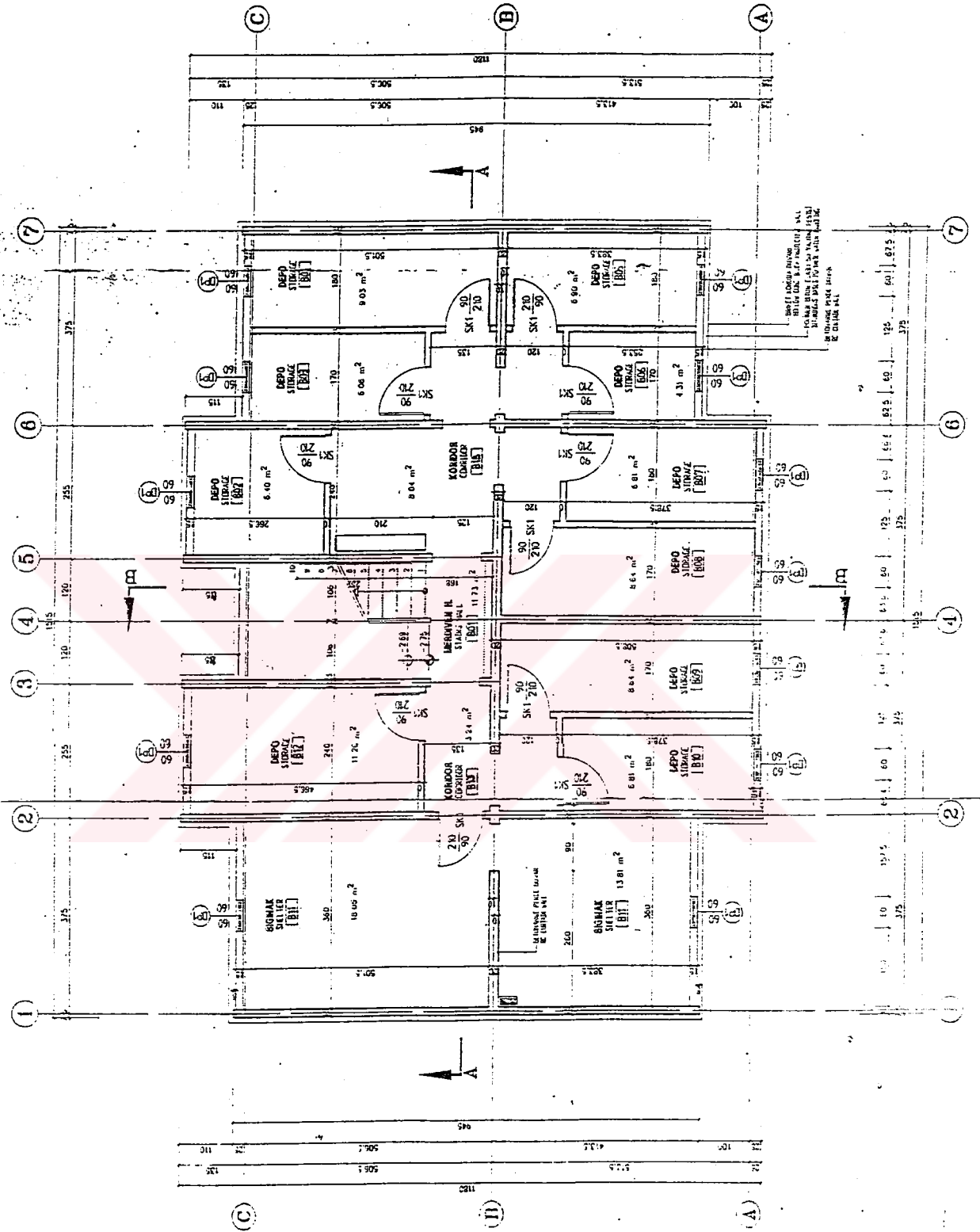
ii- Yapılar tünel kalıp teknolojisi ile ve bodrum kat dahil perde duvarlarla inşa edilmiştir (Şekil 4.16). Perde duvarların enerji söndürümü klasik betonarme çerçeve sisteme göre daha iyidir.

iii- Kısa kolon etkisi yaratacak bant pencere açılmamıştır. Pencere boşluğu oluşturulmasında bölme duvarlarıyla kapatılan cepheler kullanılmıştır. Perde duvarlarda, sadece sağ ve sol cephelerde, banyolar için 70*70 cm'lik pencere boşlukları açılmıştır, yani perdeler zayıflatılmamıştır (Foto 4.22).

iv- Parapet duvar yapımında betonarme kullanılmıştır (Şekil 4.17). Parapet duvarlarının yığma olarak tuğladan yapıldıklarında, deprem sırasında yıkılarak sonucu can ve mal kaybına yol açtıkları sık rastlanan bir durumdur.

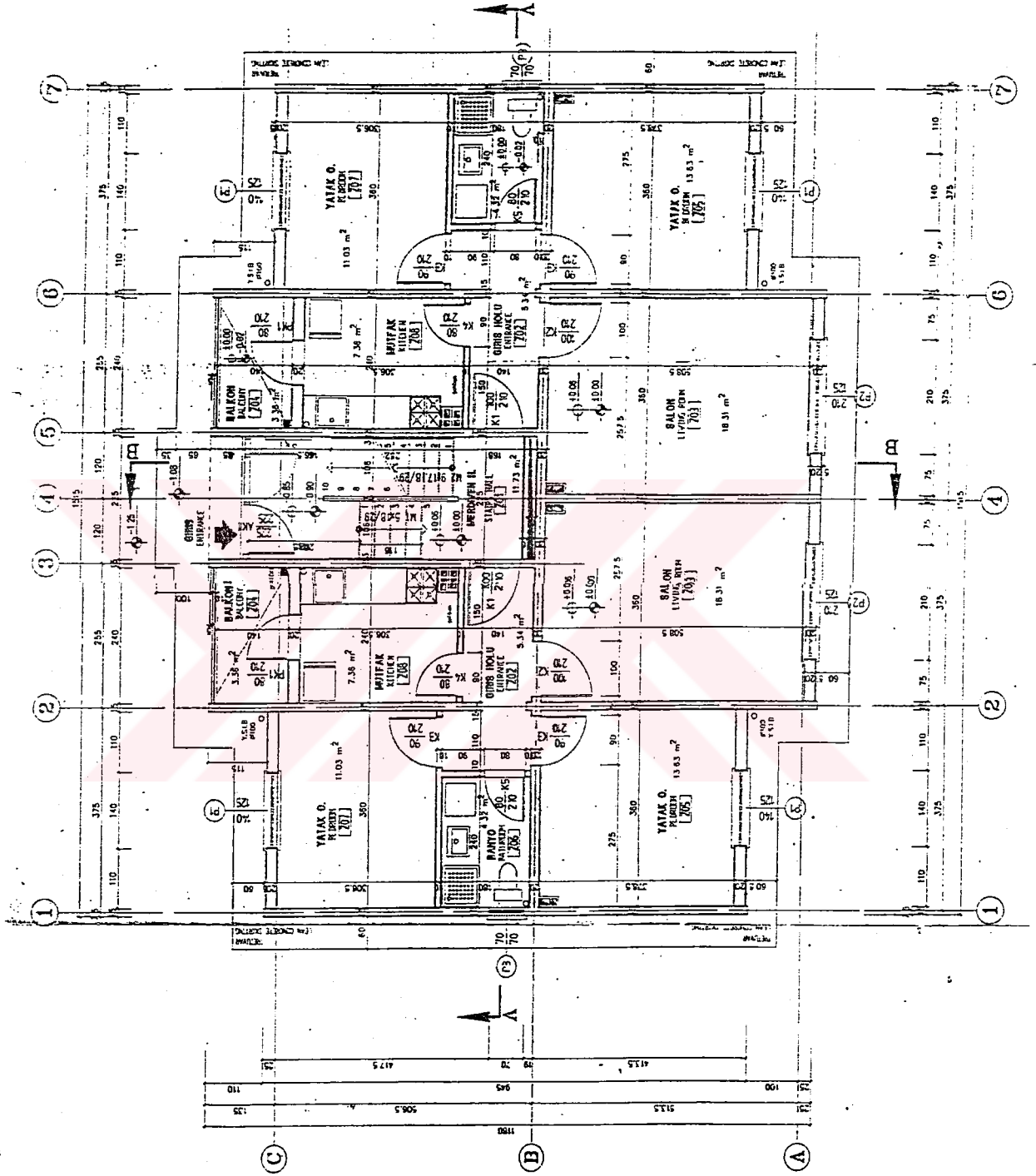
v- Temel tipi olarak radye temel kullanılmıştır.

Bu konutlar depreme dayanıklılık açısından tasarım ilkeleri yönüyle olumlu bir durum arz etmektedir. Devlet eliyle depreme dayanıklı yapı üretiminde gerekli standartlara bu yapılarda yaklaşıldığı görülmektedir. Ancak bu standartlara sadece devlet eliyle yapılan yapılarda değil, özel mülkiyet altında yapılacak olan yapılarda da hem proje aşamasında hem de uygulamada ulaşılması gerekmektedir. Çünkü son Afyon Sultandağı Depremi'nde, Çay Belediyesine ait yapı kooperatifinde perdeli sistemin kullanıldığı bir blok, zeminin yapısı yönüyle olumsuz olması, betonun mukavemet açısından yetersiz kalması ve hesap sonuçlarını karşılamayan çelik kullanımı sonucu yıkılmıştır (Ek-1).



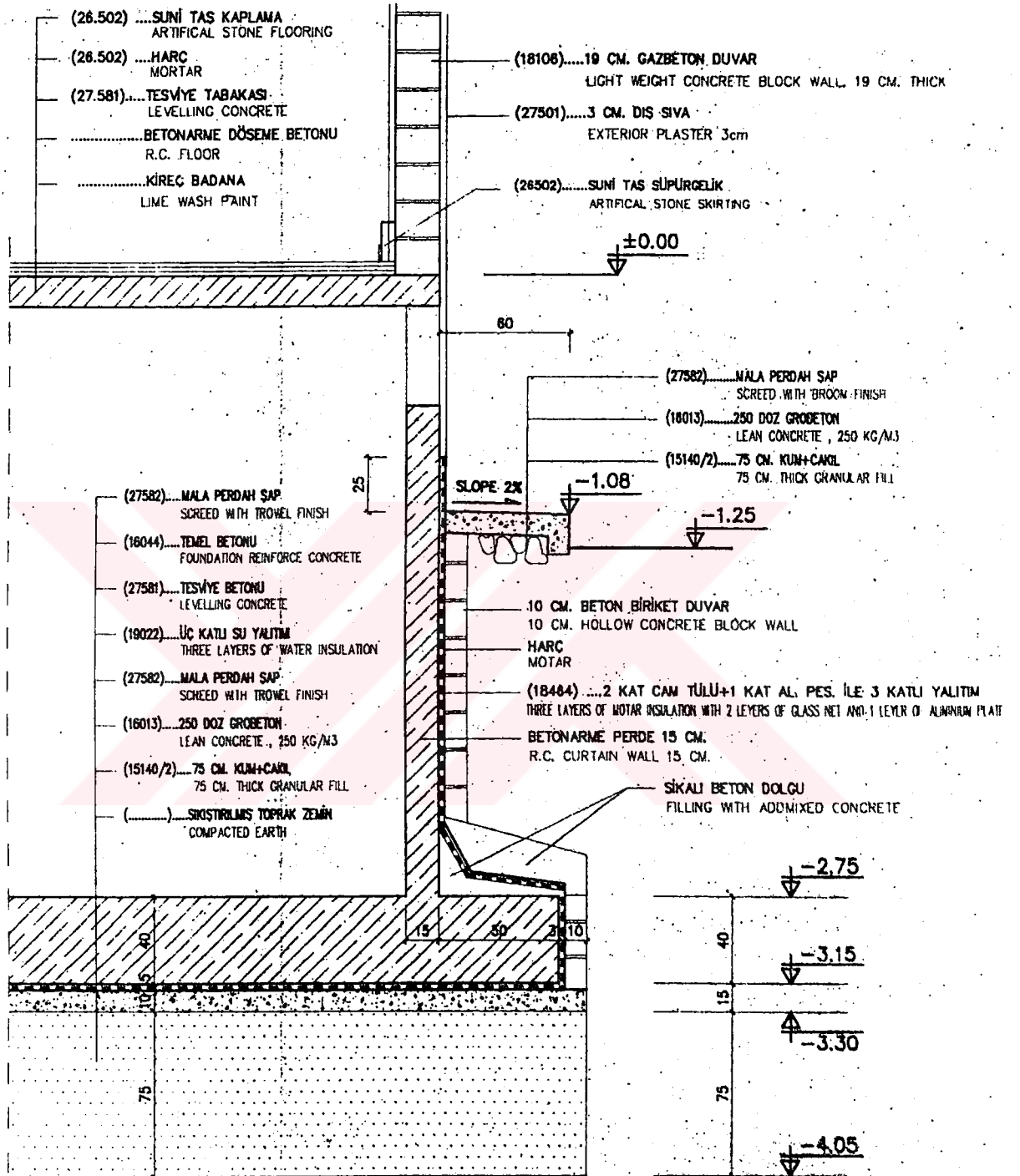
Şekil 4.12 Ceyhan deprem konutları bodrum kat planı (Ölçeksiz).¹⁰

¹⁰ Ceyhan Belediyesi'nden temin edilmiştir.



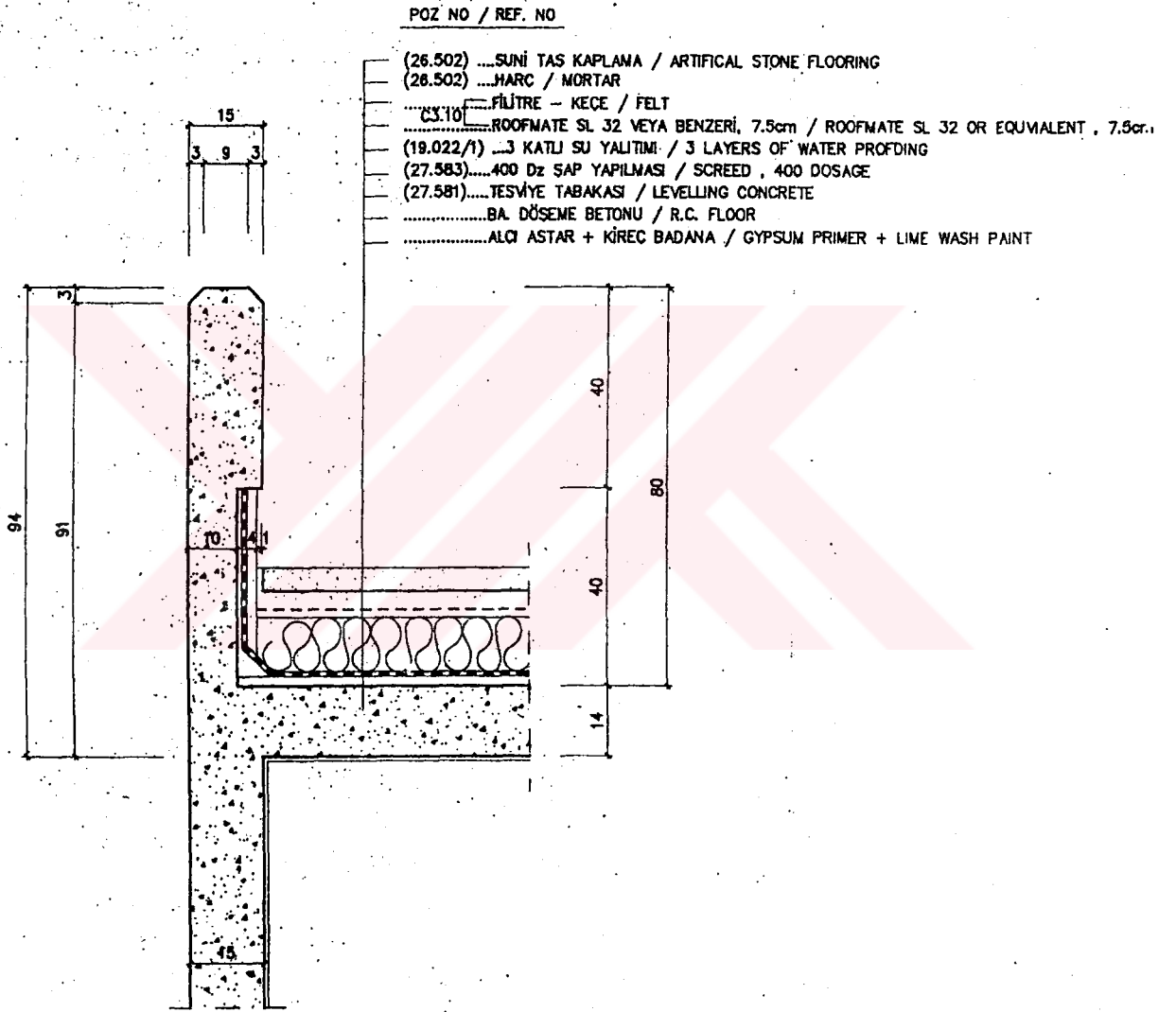
Şekil 4.13 Deprem konutları zemin kat planı (Ölçeksiz).¹¹

¹¹ Ceyhan Belediyesi'nden temin edilmiştir.



Şekil 4.16 Deprem konutları bodrum temel detayı (Ölçeksiz).¹⁴

¹⁴ Ceyhan Belediyesi'nden temin edilmiştir.



Şekil .4.17 Deprem konutlarından parapet detayı (Ölçeksiz).¹⁵

¹⁵ Ceyhan Belediyesi'nden temin edilmiştir.



(a)



(b)

Foto 4.22 Ceyhan deprem konutları, a-Ön cephe, b-Sağ cephe (Gökçe, 2002)

BÖLÜM V

SONUÇ VE ÖNERİLER

Depreme dayanıklı yapı tasarımı mimari tasarım kriterleri, tüm dünya mimar ve mühendislerinin üzerinde önemle durdukları ve çalıştıkları bir konudur. Bu konuda sürekli bir bilgi akışı ve alışverişi vardır. Yeryüzündeki hiçbir tasarımcı, depreme dayanıklı yapı yapma beceri ve bilgisi ile donatılmamıştır. Bugün dünyanın herhangi bir yerinde yapılan ve depreme daha dayanıklı olan bir bina ancak ciddi gözlemlerin ve acı tecrübelerin ciddiye alınması sonucudur.

Tezin sunuşunda da bahsedildiği gibi deprem doğal bir olaydır. Diğer bir deyişle doğal dengenin ince ayarlarının yapılması için gerekli bir doğal olaydır. Tıpkı yağmur, yıldırım, fırtına gibi doğal bir olay. Ancak gücünün büyüklüğü, insanların yapı yaparken bilerek veya bilmeyerek yaptıkları hataları gizlemesine imkan vermemektedir. Ve yapılar, depremlerde hasar görmekte veya yıkılmaktadırlar.

Bu, depremlerle yaşayan diğer ülkelerde de böyle olabilmektedir. Görünen odur ki, her depremden sonra yeni bir şeyler öğrenmekten ve bir sonrakinden nasıl korunulacağını araştırılmasına girmekten başka yapılacak başka bir şey yoktur. Yanlışların bulunup, aynı yanlışın tekrar edilmemesinin yöntemleri araştırılmalıdır.

Depremlerin büyüklüğü ya da şiddeti mühendislik açısından, her zaman doğrudan bir anlam taşımamaktadır. Çünkü yapıların depreme dayanıklılığında, depremde yapılara gelecek olan yatay kuvvetler ve yapıların bu kuvvetlere karşı dayanımını artırıcı prensiplerin ne kadar iyi anlaşılması olduğu, tasarım ve uygulama açısından uyulacak parametrelere ne kadar özen gösterilmiş olduğu önem arz etmektedir.

Depremlerde yapılara gelen kuvvetler dinamik kuvvetlerdir. Bunların özellikleri ve yapılara etkimesi; depremin büyüklüğü, depremin merkezine uzaklık, yerel zemin koşulları, yapıların mimari düzenleri ve dinamik özellikleri gibi parametrelere bağlı olarak önemli değişiklikler göstermektedir.

Gerçekte depremler, özellikle yapıları yıkmak için bilinmez bir gücün tasarlamış olduğu araçlar değildir. Depremler, yerküre kabuğunun kendi sistematiği içindeki olağan devinimleridir. Yapılar da bu devinim sırasında kendilerine gelen enerjiyi atalet momentleri ile karşılayıp, söndürmeye çalışmaktadırlar. Bu esnada, mimari tasarım ve yapım sürecine ait hatalar yapıların işini zorlaştırmakta ve yapılar tasarım, uygulama ve malzeme açısından kusurlu olan noktalarından zayıflayarak yıkıma kadar gidebilen bir hasar süreci yaşamaktadırlar. Dikkat edilirse, aynı depremde komşu iki binadan biri tamamen yıkılırken diğerinin hiç hasar görmediği durumlar olabilmektedir.

Bu durumun nedenlerinden en önemlisi kuşkusuz depreme dayanıklı bir yapıda uyulması gereken mimari tasarım ilkelere proje müellifliği yapan tasarımcılarca yeterli özenin gösterilmeyişidir. Bunun nedeni ücret yetersizliği ya da başka hangi tür bir neden olursa olsun, artık bir mazeret olmamalıdır. Tüm tasarımcılar meslek odalarınca konu hakkında bilgilendirilmeli ve yönlendirilmelidir.

Bir diğer neden de gerekli teknik kontrol sürecinin yeterince uygulanmamasıdır. Tasarım kriterlerine ne kadar uyulursa uyulsun proje yeterli doğrulukta uygulanmadıkça o tasarımın kendinden beklenen işlevi yerine getirmediği yaşanan deneylerle bir çok kez görülmüştür. Yapı ustaları uygulamada çoğu kez bilinçsiz tasarruflar yapmakta, projede tadilatlar yapmaktadır. Bu tür tasarruflar en sık olarak yapı çeliği işçiliğinde olmakta, ustalar kendilerince fazla gördükleri donatıları azaltmaktadırlar. Bunun en son örneği ile çalışma bölgesi Ceyhan'da karşılaşmıştır. Tek daire üzerine kurulu, üç katlı bir yapı inşaatının kontrolü sırasında çelik ustası, altında bölme duvarı olan kirişlere pilye konulmaması gerektiğini dolayısıyla statik tasarımcısının gereksiz yere çok fazla çelik kullandığını kendinden çok emin bir şekilde söyleyerek eleştiride bulunmaktaydı. Bir başka inşaattaki bekçi de betonu kaç gün suladığı sorulduğunda önce 15 gün diye cevap vermiş, 28 gün sulaması gerektiği hatırlatılınca da kaç gün istenirse o kadar sulayabileceğini ifade etmiştir. Tüm bunlardan betonarme yapım tekniğinde kontrol mekanizmasının hala yeterli ve bilinçli bir sistematiğe oturtulamadığı görülmektedir.

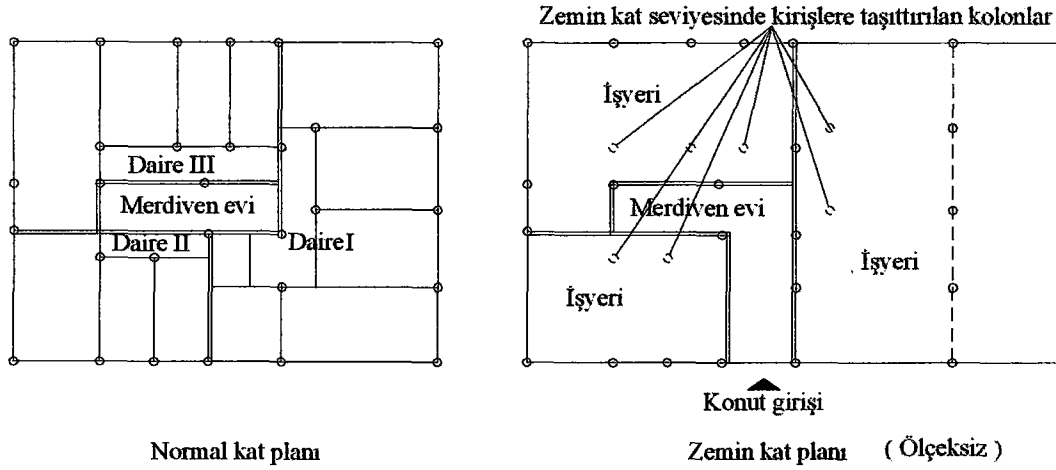
Ülkemizde betonarme yapılarımızın hesapları, çoğunlukla B160 denilen ve 28 günlük küp dayanımı 160 kg/cm² olması gereken kalitede betona göre yapılmaktadır. Ancak, yapılan beton imalatları pratikte çok ender olarak bu dayanıma ulaşabilmektedir. Çoğu yapılarda beton dayanımı, 80-100kg/cm²'ye ancak ulaşabilirken en iyi durumda 120 kg/cm² civarında olmaktadır. Bu yetersizlik genellikle, granülometrisi kurallarına göre

ayarlanmamış agrega kullanımından ve akıcılığı kolaylaştırmak için su/çimento oranının çok yüksek tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Ceyhan Depremi'nde komşu iki binadan birisi yıkılırken diğer yapının sağlam kalması tasarım, işçilik, ve malzeme, özellikle de beton kalitesi ile ilgilidir. Yine, Adapazarı-Kocaeli Depremi'nde kendi üzerine katlanarak yıkılan ve özellikle büyük bir balyozla vurulmuş ta tuz-buz olmuşçasına kendi üzerine yıkılmış yapıların çoğunda tespit edilen hataların mimari tasarım kusurları olmasının yanında gözlenen baskın kusur, kullanılan betonun kalitesizliğidir. İçindeki çelikle gerekli aderansı sağlayamayan, ya da içindeki tuzlar nedeniyle aderansı iyice zayıflayan beton, çelikten kolaylıkla sıyrılmış ve yapılar kendi üzerlerine yıkılmışlardır.

Çalışma bölgesi olan Ceyhan'da (ADANA) yıkılan ya da oturulamaz derecede ağır hasar gören ve yıkılmak üzere bekletilen yapılar, ağırlıklı olarak tehlike katı/yumuşak kat (Soft story) , kısa kolon, tesisat kanallarının kolon boyuna donatıları ile çekirdek beton arasından geçirilerek kolonların zayıflatılması gibi mimari tasarım ilkelerine zıt düşen hatalardan, malzeme ve/veya strüktürel tasarım ve uygulama hatalarından ya da zemin kusurlarından dolayı bu hasarlara uğramışlardır. Yukarıda sayılan temel birkaç mimari tasarım ilkelerinin bile göz ardı edilmesinin doğurduğu sonuçlar konunun öneminin vurgulanması açısından çok büyük bir önem arz etmektedir.

Yapının strüktürel elemanlarındaki düzensizlik türüne çok çarpıcı bir örnek olarak, çalışma bölgesinde olmamakla birlikte bir kent merkezinde bulunan bir apartman binası verilebilir. Bu yapı, konut olarak kullanılan birinci ve altıncı katlarda, her katta üç adet daire olarak tasarlanmış ve zemin katı da mağaza-dükkan olarak düzenlenmiştir. Bodrum kat dahil sekiz katlı betonarme karkas bir yapıdır. Bu yapının mimari tasarım ve strüktürel sistem oluşumunda dikkat çeken yönü ise, konut olarak kullanılan dairelerin dış hatları boyunca bulunan kolonlarının zemin katta aynen uygulanmasına rağmen; bu dairelerin iç hacimlerinin oluşumunu sağlayan kolonların zemin kat döşemesi seviyesinde sonlandırılmış ve bu döşemedeki kirişlere taşıtırılmış olmasıdır (Şekil 5.1). Ayrıca zemin katta, işyeri cephelerinin cam ile geçilmesi suretiyle rijitlik düzensizliğine ve tehlike katı oluşumuna neden olan bölme duvar boşaltması yapılmıştır. Bu yapının, bu kenti merkez alan orta büyüklükteki bir depremde ağır hasar görüp mal, ya da daha orta büyüklüğün sınırlarını zorlayan bir depremde ise yıkılıp can ve neden olacağını şimdiden öngörmek mümkündür.



Şekil 5.1 Bir kent merkezinde bir apartmanın şematik kat planları-kolonlar yaklaşık olarak yerleştirilmiştir-(Gökçe, 2002)

Çalışma bölgesi olan Ceyhan'da da karşılaşılan en yaygın yapım kusuru, taşıyıcı sistem oluşturulmasında ana taşıyıcı yapı elemanları olan kolonlara ait etriyelerde azaltma yapılmış olması, etriyelerin kolon-kiriş düğüm noktalarında kiriş yüksekliğince devam ettirilmemiş olması ve yine kolonlarla kirişlerde sarılma bölgesi uygulanmamış olmasıdır. Hasevler Yapı Kooperatifinde deprem etkisiyle yıkılan ve ağır hasarlı olup yıkılmayı bekleyen, yapıların etriye aralıklarının 35-40 santimetre olduğu tespit edilmiştir. Uygulamada yanlış bir tutumla bu durumu, etriyelerin sadece ana donatıları bağlamak için kullanıldığı ve çelik israfını önlemek için etriye azaltıldığı tespit edilmiştir. Bu tespit, yapı imalatının teknik bilgi yönüyle yetersiz kişiler eliyle yürütülmesinin, deprem sonucu oluşan yapısal hasarların önemli bir nedeni olduğunu göstermektedir.

Strüktürel olmayan ancak yapısal hasara neden olan bir diğer uygulama hatası da elektrik ve sıhhi tesisata ait boru ve kılavuzların taşıyıcı sistemi oluşturan kolonlar ve kirişler içine gömülmesidir. Bu amaçla kolonlar ve kirişler üzerinde çok derin kanallar açılmakta, hatta bu kanallar etriyelerin ötesine kadar geçirilmektedir. Bu uygulamanın en yaygın, şimdiye kadar da açık etkilerine şahit olunmadığından hala yapılmakta olan bir türü, özellikle düşey mekanik tesisatın, kirişler delinerek bu kirişlerin içerisinden geçirilmeleridir. Bu durum özellikle asmolen döşeme uygulamasında yatay kirişler seçildiğinde daha büyük

boyutlarda ortaya çıkmaktadır. Taşıma güçleri zaten az olan ve yanal kuvvetlere karşı zayıf olan yatay kirişler, tam ortalarından açılan 5-10 santimetre çapındaki açıklıklarla iyice zayıflatılmaktadır. Sonuçta bu yapı elemanlarının betona ait yapıları büyük hasar görmekte ve depremsel yanal yüklere karşı daha hassas (vulnerable) duruma düşmektedirler.

Çalışma bölgesi Ceyhan'da yapılan deprem konutlarında tasarım ve uygulama açısından belirli bir standarda ulaşıldığı belirtilmişti. Bölgede yapılan çalışmalar sırasında, yerel yönetim teknik ekiplerince, projelerin uygulamaya ait bütün aşamalarının sıkı bir denetim altına alındığı gözlenmiştir. Bu durum, deprem bilincinin gelişimi yönüyle kurumlar açısından iyi bir gelişmedir. Ancak bu ekiplerin denetimlerinde karşılaştıkları zorluklar gözlemlendiğinde, projeleri uygulayan sivil ekiplerin çoğunun depreme dayanıklı bina yapımı konusunda hala yeterli bilince ulaşamamış oldukları gerçeğiyle karşılaşmıştır.

Uygulamada yapılan hatalarla ilgili olarak bu çalışma açısından en son iki örnek, 3 Şubat 2002 Sultandağı Depremi'nde yıkılan ya da zemin kat kolonları hasar gören Çay Belediyesi'ne ait Yeşilçay Kooperatif binaları ile yine Çay İlçesi'nde bulunan ve binalarının % 80'i yıkılan sanayi sitesidir.

Yeşilçay Kooperatifi'ne ait üç bloktan biri kolon-kiriş düğüm noktalarından mafsallaşarak tamamen yıkılmış, diğerleri ise zemin kat kolonlarının mafsallaşması sonucu ağır hasar görmüşlerdir. Ayrıca, bu iki blok yapı zemininin sınıvlaşmasıyla zemine bir yönde gömülmüşlerdir. Yapıların yıkılmasında ya da ağır hasar görmesinde, yapılaşmaya uygun olmayan alüvyonlu zemin yapısından dolayı oluşan rezonans etkisinin etken olduğu anlaşılmakla birlikte, “ çelik işçiliği yetersizliğinin ve beton kalitesizliğinin de diğer önemli etkenler olduğu” gözlenmiştir. Beton örneği üzerinde yapılan incelemede 7 ve 15 elek çaplarına uygun olması gereken agrega bulunamamıştır. Agregada tamamen yassı form hakimdir ve çimento oranı da düşüktür. Betonun 28 günlük basınç dayanımına ulaşana kadar su kürüne tabi tutulup tutulmadığı tespit edilememiştir. Tüm bu nedenlerden dolayı beton-çelik aderansının yeterli düzeyde oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bu deprem ile ilgili olarak bölgeden alınmış fotoğraflar eklerde sunulmuştur.

3 Şubat 2002 Sultandağı Depreminde Çay ilçesinde tek katlı yapılardan oluşan sanayi sitesinde yıkılan yapıların taşıyıcı sistemini oluşturan kolon-kiriş bağlantı noktalarının tamamında etriyeye de, boyuna donatı ankrajına da rastlanamamıştır. Ayrıca betonun standartlara uygun olmadığı yönündeki tereddütler giderilememiştir.

Tüm bu tespitlerden hareketle, bu çalışma “Depreme Dayanıklı Yapı Üretiminin 5 Doğrusu” olarak nitelenebilecek 5 ilke ile sonlandırılacaktır.

Bunlar:

i- Doğru zemin,

ii- Doğru mimari tasarım,

iii-Doğru statik tasarım,

iv-Doğru imalat,

v- Doğru malzeme’ dir.

Bu doğrulardan birinin veya birkaçının aynı anda yokluğu depremleri olduklarından daha fazla yıkıcı kılmaktadır. Bu doğrulara ne kadar uyulursa, yapılar depreme o kadar dayanıklı olacak, ne kadar ihmal edilirse de depreme bir o kadar daha az dayanıklı yapılar elde edilecektir.

KAYNAKLAR

- Ambrose, J. ve Vergun, D., 1995. "*Simplified Building Design For Wind And Earthquake Forces*".
- Ambrose, J. Ve Vergun, D., 1993. "*Seismic Design Of Buildings*".
- Arnold, C., 2000. "The Nature Of Ground Motion And It's Effects On Buildings",
www.eerc.berkeley.edu/lessons/arnold.num.
- Aydınöğlu, M. N., ve Erdik M., 1995. "*17 Ocak 1995 Hyogo-Ken Nanbu (Kobe) Depremi Gözlem ve Değerlendirme Raporu*".
- Bayülke, N., 1998. "27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depreminde Yapısal Hasar",
www.dam.gov.tr.
- Bayülke, N.,1995. "*Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım Ve Güçlendirmesi*".
- Bayülke, N.,1993. "*Depreme Dayanıklı Betonarme Ve Yığma Yapı Tasarımı*".
- Bayülke, N., 1989. "*Depremler ve Depreme Dayanıklı Betonarme Yapılar.*"
- Celep, Z. Ve Kumbasar N., 1992. "*Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*".
- Demir, H.,1999. "*Depremlerden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım Ve Güçlendirilmesi*".
- Ersoy, U.,1999. "Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi", *Deprem Güvenli konut sempozyumu*, s 65-77.
- Fintel ,M., 1974. "Ductile Shear Walls in Earthquake Resistant Multistory Buildings", *ACI Journal, June 1976*, s 296-304.
- Garcia, B., 2000. "*Earthquake Architecture*".
- Kasım, E. ve Yıldırım F.K.,2000. "*Yapı Denetimi Ve Deprem Mevzuatı*".

Krinitzsky, E.L., Gould, J.P. ve Edinger, P.H., “ *Fundamentals Of Earthquake Resistant Construction*”

Lagorio, H.J., 1990. “*Earthquakes, An Architect’s Guide To Nonstructural Seismic Hazards*”.

Moehle, J.P., Mahin, S.A., 2000. “ Observations On The Behavior Of Reinforced Concrete Buildings During Earthquakes”,
www.eerc.berkeley.edu/lessons/concretemm.html.

Naeim, F., 1989. “ *The Seismic Design Handbook*”.

Paulay, T., 1992. “*Seismic Design Of Reinforced Concrete And Masonry Buildings*”.

Polyakov, S.V., 1989. “*Design of Earthquake Resistant Structures*”.

Reitherman, R. K., 2000. “Frank Lloyd Wright’s Imperial Hotel: A Seismic Re-Evaluation”, www.eerc.berkeley.edu/lessons/Reitherman.num.

Sorgu, V.D., 2000. “ *İnşaatıların Deprem Hasarlarından Doğan Sorumlulukları ile Hasarlı Binaları Onarma ve Güçlendirme Yolları*”.

Tankut, T., 1999. “Betonarme Yapıların Deprem Dayanımı Bakımından Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi”, *Deprem Güvenli Konut Sempozyumu*”, s. 87-93

Tezcan, S.Ş.,1998.”*Depreme Dayanıklı Tasarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri*”.

Tezcan , S. S.,1998.”*Jine 27, 1998 Adana-Ceyhan Earthquake, Turkey*”.

Tuna, M. E., 1995. “*Depreme Dayanıklı Yapı Tasarım İlkeleri*”.

Dowrick, D. J., 1987. “*Earthquake Resistant Design For Engineers And Architects*”.



Foto 5 Çay Sanayi Sitesi, zayıf kolon-ağır dōşeme, donatı miktarı ve ankraj yetersizliği, beton kalitesizliği, alüvyon zemin (Gökçe, 2002)



Foto 6 Çay Sanayi Sitesi (Gökçe, 2002)

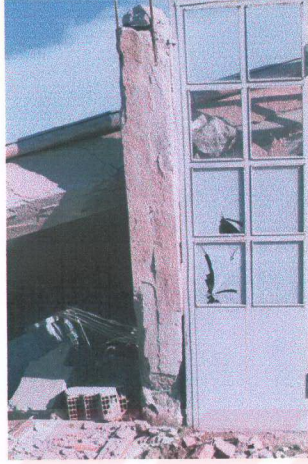


Foto 7 Çay Sanayi Sitesi , detay, kolon bitiminde donatı ankrajı ve etriye yok
(Gökçe, 2002)



Foto 8 Çay Sanayi Sitesi, detay, düğüm noktası (Gökçe, 2002)



Foto 9 ay Sanayi Sitesi, iş makinesini kurtarmaya çalışan bir vatandaş (Gökçe, 2002)

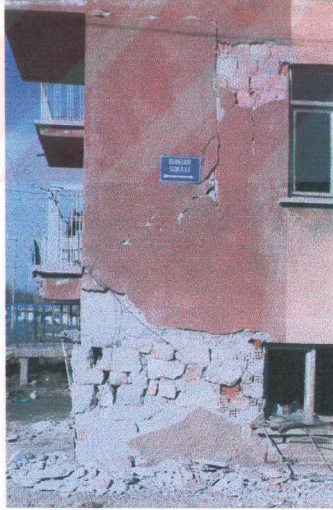


Foto 10 ay İlçesi, yığma bir binadan ke detayı, malzeme düzensizliğine dikkat (Gökçe, 2002)



Foto 11 Çay İlçesi , ağır hasarlı yığma bir bina, merdiven rijitlik merkezi oluşturarak burulma etkisi doğurmuş (Gökçe, 2002)



Foto 12 Çay İlçesi, Yeşilçay Kooperatif binalarından yıkılan blok, alüvyon zemin, rezonans etkisi, kalitesiz beton, kalitesiz demir işçiliği (Gökçe, 2002)



Foto 13 Aynı bina (Gökçe, 2002)



Foto 14 Aynı bina (Gökçe, 2002)

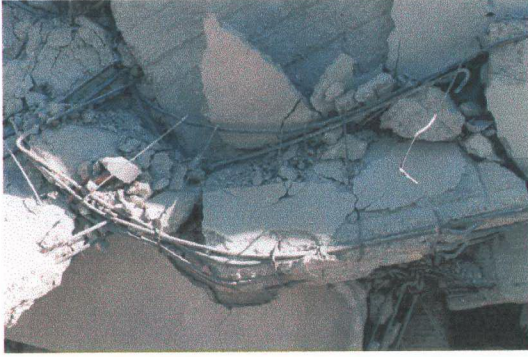


Foto 15 Aynı binadan detay (Gökçe, 2002)



Foto 16 Aynı kooperatif bloklarından alüvyon zemine gömülmüş, ağır hasarlı diğer blok (Gökçe, 2002)



Foto 17 Hiç hasar görmemiş bir ilköğretim binası (Gökçe, 2002)