

151675

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

151675

**MEVCUT BETONARME YAPILARIN
GÖZLEME DAYALI DEPREM HASAR GÖREBİLİRLİK
RİSKİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ**

Yüksek Mimar Muzaffer Tolga AKBULUT

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi
Tez Danışmanı
Jüri Üyeleri

: 29 Eylül 2004

: Prof. Dr. Ayfer AYTUĞ (YTÜ)

: Prof. Dr. Görün ARUN (YTÜ)

: Prof. Dr. Kaya ÖZGEN (İTÜ)

: Prof. Dr. Mehmet TUNBIŞ (YTÜ)

: Prof. Dr. Orhan HACIHASANOĞLU (İTÜ)

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 . Problem	1
1.2 Amaç	2
1.3 Önem.....	3
1.4 Sınırlılık	3
1.5 Yöntem.....	4
2. DEPREM OLGUSU	5
2.1 Deprem Tanımı ve Tektoniği.....	5
2.2 Deprem Sınıflaması ve Özellikleri	7
2.2.1 Tektonik Kökenli Depremler	7
2.2.2 Volkanik Kökenli Depremler.....	8
2.2.3 Çöküntü Depremleri.....	8
2.3 Deprem Parametreleri	8
2.3.1 Odak Noktası (Hiposantr)	8
2.3.2 Dış Merkez (Episantr).....	8
2.3.3 Odak Derinliği	8
2.3.4 Eşşiddet Eğrileri (İzoseit)	9
2.4 Deprem Dalgaları.....	10
2.4.1 Hacim Dalgaları-Cisim Dalgaları (Body Waves)	11
2.4.2 Yüzey Dalgaları (Surface Waves)	11
2.5 Deprem Ölçülmesi	12
2.5.1 Büyüklük-Magnitude	13
2.5.2 Şiddet-Intensity	15
2.6 Deprem Yapılar Üzerindeki Etkileri.....	18
2.6.1 Yatay Salınımlar	19
2.6.2 Düşey Salınımlar.....	21
2.6.3 Burulma Etkileri.....	21
3. YAPILARIN DEPREME DAYANIM MEKANİZMASI.....	23
3.1 Dinamik Denge	23
3.2 Yapıların Depreme Dayanımlarını Arttırmak İçin İzlenebilecek Yöntemler	25
3.2.1 Deprem Yüklerini En Aza İndirmek.....	26

3.2.2	Yapıların Enerji Biriktirme Kapasitelerini Arttırmak.....	29
3.2.3	Yapıların Enerji Tüketme (Sönümlleme) Kapasitelerini Arttırmak	32
4.	HASAR GÖREBİLİRLİK VE HASAR GÖREBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI....	35
4.1	Deprem Tehlikesi.....	35
4.2	Hasar Görebilirlik (Vulnerability)	35
4.3	Hasar Görebilirliği Etkileyen Parametreler	36
4.4	Hasar Görebilirlik Ölçeği.....	37
4.4.1	Bir Bölge Veya Yapı Grubunun Hasar Görebilirliği	38
4.4.1.1	Şiddet Skalası Temelli Hasar Görebilirlik Yaklaşımı (Gözlemlenmiş Hasar Görebilirlik)	39
4.4.1.2	Spektral Deplasman Temelli Hasar Görebilirlik Yaklaşımı (Hesaplanabilir Hasar Görebilirlik)	48
4.4.2	Bir Yapının Hasar Görebilirliği	52
4.5	Avrupa Makrosismik Skalası (European Macroseismic Scale, EMS-1998)	54
4.5.1	Avrupa Makrosismik Skalasında Yer Alan Yapım Sistemleri	58
4.6	Yapı Ölçeğinde Hasar Görebilirliğinin Belirlenmesine Yönelik Geliştirilmiş Farklı Değerlendirme Yaklaşımları	62
4.6.1	Mimarların Kullanımına Yönelik Basitleştirilmiş Yöntem (Fransa).....	62
4.6.2	Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu Tarafından Mevcut Yapıların Hasar Görebilirliğinin Tespit Edilmesine Yönelik Geliştirilmiş Yöntem (Fransa)	66
4.6.3	FEMA 154-Olası Deprem Tehlikelerine Karşı Yapıların Hızlı Görsel Değerlendirilmesi (ABD).....	69
4.6.4	Yapıların Sismik Değerlendirmeye Dayalı Seçimine Yönelik El Kitabı (CNRC-Kanada)	71
4.6.5	FEMA 310 – Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesine Yönelik El Kitabı (Amerika)	78
4.6.6	Mevcut Yapıların Depreme Dayanıklılığının Belirlenmesine Yönelik Kontrol Kılavuzu (Kanada).....	88
4.6.7	Yapıların Deprem Dayanımlarını Kademeli Değerlendirme Yöntemi (İstanbul Deprem Master Planı).....	93
4.6.8	Zeytinburnu Pilot Projesi Kapsamında Kullanılan Zeytinburnu Yapı Anket Formu (İstanbul)	110
5.	TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ VE DEPREMLERİN NEDEN OLDUĞU HASARLARIN İNCELENMESİ	114
5.1	Türkiye’nin Depremselliği.....	114
5.2.	Mevcut Yapı Stoğu	117
5.3	Geçmiş Depremlerde Betonarme Yapılarda Gözlemlenen Hasarlar ve Yıkım Nedenleri.....	119
5.3.1	Yerleşim Yeri – Yapı Etkileşimine Bağlı Hasarlar.....	119
5.3.1.1	Zeminlerin Dinamik Özellikleri ve Rezonans	120
5.3.1.2	Tepe ve Farklı Zemin Sınırlarında Yer Hareketinin Farklılaşması	121
5.3.1.3	Sıvılaşma.....	122
5.3.1.4	Heyelan – Kaya Düşmesi – Çığ.....	124
5.3.2	Deprem Merkezinin Yerleşim Yeri Uzaklığı.....	125
5.3.3	Yapım Yılı ve 1998 Deprem Yönetmeliği.....	125
5.3.4	Planda Düzensizlik Durumları.....	127
5.3.4.1	Burulma Düzensizliği	128

5.3.4.2	Döşeme Süreksizlikleri	129
5.3.4.3	Planda Çıkmalar Bulunması	132
5.3.4.4	Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması.....	134
5.3.5	Düşeyde Düzensizlik Durumları.....	134
5.3.5.1	Düşey Geometride Düzensizlik	135
5.3.5.2	Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat Etkisi).....	137
5.3.5.3	Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği.....	141
5.3.6	Konsol Elemanlarda Hasarlar	145
5.3.7	Kısa Kolon Oluşumu.....	145
5.3.8	Bitişik Nizam Yapılarda Çekiçleme Hasarı	151
5.3.9	Rijitlik Yetersizliği.....	154
5.3.10	Zayıf Kolon – Güçlü Kiriş	155
5.3.11	Kolon-Kiriş Birleşim Bölgesi Biçimsel Bağlantı Hataları.....	158
5.3.12	Kalitesiz Betonarme Beton Üretimi, Taşıma, Yerleştirme, Bakım Hataları.....	159
5.3.13	Kalitesiz Betonarme Çeliği (Donatı), Hatalı Uygulama ve Korozyon	167
6.	ÖNERİLEN DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	172
6.1	Gereklilik	172
6.2	Değerlendirme Yöntemi Amacı ve Açılımı	174
6.3	Değerlendirme Yönteminin Hedeflediği Yapı Stoğu	176
6.4	Değerlendirme Yönteminin Kurgulanmasında Hedeflenen Sismik ve Performans Düzeyi.....	176
6.5	Değerlendirme Yönteminin Kullanıcıları	178
6.6	Gerekli Araç ve Ekipman.....	178
6.7	Değerlendirme Yöntemi Biçimsel Yapısı	178
6.8	Değerlendirme Yöntemi İşleyiş Şeması.....	180
6.9	İnceleme Adımları	181
6.10	Hasar Görebilirlik Etkenleri.....	182
6.11	Sayısal Değerlendirme Kabulleri.....	183
6.12	Hesaplama Sistemi.....	186
6.13	Deprem Riski Skoru.....	193
6.14	Öneri Değerlendirme Yöntemi	194
7.	ALAN ÇALIŞMASI.....	201
8.	SONUÇ.....	211
	KAYNAKLAR	214
	İNTERNET KAYNAKLARI	219
	EKLER	220
Ek 1	Okul 7'ye ait Malzeme İncelemeleri Raporu.....	221
	ÖZGEÇMİŞ	230

KISALTMA LİSTESİ

ADUAG	Guadelopue Şehircilik ve Bayındırlık Kurumu (Agence d'Urbanisme et d'Aménagement de la Guadelopue)
AFPS	Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu (Association Française du Génie Parasismique)
ASCE	Amerika İnşaat Mühendisleri Kurumu (The American Society of Civil Engineeres)
ATC	Uygulamalı Teknoloji Kurumu (Applied Technology Council)
BRGM	Maden ve Yerbilim Araştırmaları Bürosu (Bureau de Recherches Géologiques et Minières)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CGP	Can Güvenliği Performansı
CNB	Kanada Ulusal Deprem Yönetmeliği (Code National du Bâtiment de Canada)
CNRC	Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü (Conseil National de Recherches Canada)
DAF	Doğu Anadolu Fayı
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
EERI	Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü (Earthquake Engineering Research Institute)
EMS	Avrupa Makrosismik Skalası (European Macroseismic Scale)
FEMA	Amerika Birleşik Devletleri Federal Acil Yönetim Kurumu (Federal Emergency Management Agency)
FSP	Fonksiyon Sürekliliği Performansı
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İMO	İnşaat Mühendisleri Odası
JICA	Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (Japon International Cooperation Agency)
KAF	Kuzey Anadolu Fayı
MSK	Medvedev, Sponheur, Karnik Skalası
NEHRP	Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Deprem Zararlarını Azaltma Programı (National Earthquake Reduction Program)
NIBS	Yapı Bilimleri Ulusal Enstitüsü (National Institue of Building Sciences)
RVS	Hızlı Görsel Değerlendirme (Rapid Visual Screening)
THBB	Türkiye Hazır Beton Birliği
TS	Türk Standartları

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Yeryuvarlağının iç yapısı	5
Şekil 2.2	Levha sınırları ve dünyanın en etkin deprem bölgeleri	6
Şekil 2.3	Deprem mekanizması	9
Şekil 2.4	Deprem dalgalarının yayılımı	10
Şekil 2.5	Hacim dalgaları ve yüzey dalgalarının yerkabuğu içinde yayılımı	10
Şekil 2.6	Deprem dalgalarının yayılma karakteristikleri	12
Şekil 2.7	Deprem dalgalarının yerkabuğu içinde yayılma biçimleri	12
Şekil 2.8	Lokal büyüklük	13
Şekil 2.9	Yatay salınımlar	19
Şekil 2.10	Yapılarda eğilmeye bağlı hasar oluşumu	19
Şekil 2.11	Yapılarda kesmeye bağlı hasar oluşumu	20
Şekil 2.12	Yapılarda P-Δ Etkileri	20
Şekil 3.1	Deprem sırasında yapı üzerinde oluşan kuvvetler	24
Şekil 3.2	Farklı salınım evreleri ve enerji biçimleri	25
Şekil 3.3	Deprem ivmelerinin farklı zemin özelliğine bağlı olarak artışı ve 20 katlı (orta rijitlikte) yapılarda rezonansa bağlı hasar artışı	27
Şekil 3.4	Deprem ivmelerinin şiddetlenmesine yol açabilecek farklı zemin özellikleri	27
Şekil 3.5	Yapının biçimsel özelliğine göre deprem dalgalarının zayıflaması veya şiddetlenmesini gösteren ivme-zaman grafikleri	28
Şekil 3.6	Eşit yükler altında, esnek ve rijit malzemelerin enerji biriktirme kapasiteleri	30
Şekil 3.7	Öngörülen deformasyon altında iki farklı malzemenin enerji biriktirme kapasiteleri	30
Şekil 3.8	Sünek ve sünek olmayan yapıların tek yönlü yükleme altında yük-deformasyon eğrileri	33
Şekil 3.9	Sünek olmayan yapının deprem gibi tersinir yükler etkisindeki yük-deformasyon eğrisi	33
Şekil 3.10	Sünek yapının deprem gibi tersinir yükler etkisindeki yük-deformasyon eğrisi ..	34
Şekil 4.1	Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde tarihsel depremler	40
Şekil 4.2	İzmit depremi eşşiddet haritası	40
Şekil 4.3	20. yüzyılda Türkiye ve çevresinde aletsel büyüklüğü 5.9 ve daha büyük ve/veya şiddeti VII ve daha büyük depremler	41
Şekil 4.4	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda tanımlanan farklı senaryo deprem modelleri	42
Şekil 4.5	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan betonarme bina dağılımı oranı	43
Şekil 4.6	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan 1990 sonrası bina dağılımı oranı	43
Şekil 4.7	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan nüfus yoğunluğu	44
Şekil 4.8	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan hasarlı binaların dağılım oranı	44
Şekil 4.9	1980 öncesi ve sonrasında yapılmış orta yükseklikte betonarme binalar için hasar görülebilirlik eğrileri	45

Şekil 4.10	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan Senaryo deprem Model A'ya göre ağır hasarlı bina oranı.....	46
Şekil 4.11	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan Senaryo deprem Model A'ya göre can kaybı oranı	46
Şekil 4.12	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan tamamen hasar görmüş yapıların dağılımı (spektral deplasman bazlı)	52
Şekil 5.1	Türkiye deprem bölgeleri haritası	114
Şekil 5.2	Türkiye levha tektoniği.....	114
Şekil 5.3	Türkiye'deki en önemli iki fay kuşağı KAF ve DAF	115
Şekil 5.4	Türkiye'de fay hatları ve büyük depremler	115
Şekil 5.5	1999 Marmara depremi'nde etkilenen bölge.....	116
Şekil 5.6	Ülkemizde 1985-1990 yılları arasında inşaa edilen betonarme yapıların, aynı dönemde inşaa edilen toplam yapı içindeki oranı	117
Şekil 5.7	Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'na göre İstanbul'da betonarme yapı dağılımı oranı.....	118
Şekil 5.8	Adapazarı - Kaya zeminde sınırlı hasar, alüvyon zeminde ağır hasar	120
Şekil 5.9	Gölcük - 5 katlı yapılarda ağır hasarlar oluştuğu görülürken, 2 katlı yapılarda hasarların sınırlı kaldığı görülmektedir	121
Şekil 5.10	Farklı zemin ve topoğrafyalarda deprem dalgalarının yansımaları	122
Şekil 5.11	Japonya Niigata'da sıvılaşma yüzünden devrilen yapı grupları	122
Şekil 5.12	Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu : yan yatan yapı.....	123
Şekil 5.13	Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu : zemin içine batan yapı.....	123
Şekil 5.14	Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu : zemin içine batan yapı.....	124
Şekil 5.15	İzmit Körfezinin kuzeyinde sahil şeridinde heyelan	124
Şekil 5.16	Burulma mekanizması	128
Şekil 5.17	Farklı rijitliğe bağlı burulma düzensizliği	129
Şekil 5.18	Yatay ve düşey yüklerin zemine iletimi	129
Şekil 5.19	Yatay ve düşey yük iletim sistemi elemanları	130
Şekil 5.20	Boşlukların gerilmelerin en üst düzeyde olduğu bölgelere yakın öngörülmesi	131
Şekil 5.21	Diyaframlarda öngörülen boşlukların önemli boyutlara ulaşması ($A_b / A > 1/3$)	131
Şekil 5.22	Diyaframların iç köşelerinde gerilme yığılmaları	132
Şekil 5.23	Plan düzensizliği durumu	132
Şekil 5.24	Yapının formundan kaynaklanan burulma	133
Şekil 5.25	Yapıların derzler ile kare veya kareye yakın biçimlere bölünmesi	133
Şekil 5.26	Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması.....	134
Şekil 5.27	Düşey geometrik düzensizlik	135
Şekil 5.28	Geri çekilerek oluşturulmuş katların ara kesitlerinde gerilme yığılmaları	136
Şekil 5.29	Japonya (17.01.1995) Kobe depreminde hasar görmüş bir yapı. Yapının alt kısmı ve üst kısmı arasında salınım farklılığı	136
Şekil 5.30	Düşey geometrik düzensizlik oranları	137
Şekil 5.31	İzmit depreminde, birçok yapının yumuşak kat etkisine bağlı olarak, kısmen veya tamamen çökmesi.....	137
Şekil 5.32	Bingöl depreminde zemin katı işyeri olarak kullanılan yapıda yumuşak kat etkisine bağlı yıkım	138

Şekil 5.33	Deprem sırasında iki farklı yapı üzerinde deplasmanların oluşumu	138
Şekil 5.34	Geniş vitrin ve/veya diğer katlara oranla herhangi bir katın belirgin yüksek olması : Rijitlik düzensizliği (yumuşak kat etkisi).....	139
Şekil 5.35	Adapazarı'nda zemin katı ticari amaçla düzenlenmiş yapıların yumuşak kat etkisine bağlı çökmesi	139
Şekil 5.36	İzmit'te zemin katı diğer katlarına oranla daha yüksek ve geniş vitrinlerle düzenlenmiş yapıda yumuşak kat etkisine bağlı hasarlar	140
Şekil 5.37	Yapının zemin katının yumuşak kat etkisine bağlı olarak çökmesi	140
Şekil 5.38	Yapının yumuşak kat etkisine bağlı olarak zemin katının çökmesi	141
Şekil 5.39	Konsol ucunda kolonlu yapı	142
Şekil 5.40	Yüklerin zemine dolaylı iletimi : Kiriş tarafından taşınan kolon	142
Şekil 5.41	Yapılarda çıkmanın kullanım alanına sokulma çabası : Konsol ucunda kolon	143
Şekil 5.42	Konsol ucunda kolonlu yapıda köşe kolonda çatlak	144
Şekil 5.43	Zemin katta daha geniş bir alan elde etmek için kaldırılmış perde	144
Şekil 5.44	Düşey salınımlara bağlı olarak, köşe balkonların yıkılması.....	145
Şekil 5.45	Düzce lisesi : Kısa kolon etkisi nedeniyle, bant pencerelerin iki yanındaki kolonlarda hasarlar	146
Şekil 5.46	Ceyhan un fabrikası: Kısa kolon ve taşıyıcı sistem elemanları düzensizliği içeren yapı - zemin katta perdeden kolona geçişte kısa kolon hasarı	147
Şekil 5.47	Deprem sırasında, kısa kolon etkisine bağlı hasar oluşum mekanizması.....	147
Şekil 5.48	Band pencerelerin yanında yer alan kolonlar üzerinde kısa kolon oluşumuna bağlı hasarlar	148
Şekil 5.49	Bodrum katı kısmen gömülmüş yapıda kısa kolon hasarı.....	148
Şekil 5.50	Asma katı taşıyan kolonlarda kısa kolon hasarı	149
Şekil 5.51	Asma katlı yapıda kısa kolon oluşumuna bağlı hasar	149
Şekil 5.52	Zemin katı işyeri olan bir yapının asma katı taşıyan kolonu üzerinde kısa kolon hasarı	149
Şekil 5.53	Merdiven sahanlıklarından kaynaklanan kısa kolon oluşumu.....	150
Şekil 5.54	İzmit : Merdiven sahanlığının bağlı olduğu kolonlar üzerinde kısa kolon hasarları	150
Şekil 5.55	Kısa kolon oluşumuna bağlı hasarlar	150
Şekil 5.56	Kademeli katlar arasındaki kolonlar üzerinde kısa kolon oluşumu.....	151
Şekil 5.57	Farklı yüksekliğe sahip iki yapının çarpışması	152
Şekil 5.58	Adapazarı : Farklı yüksekliğe sahip yapılarda çekiçleme hasarları	153
Şekil 5.59	İzmit : Aynı yükseklikte fakat kat seviyeleri farklı iki yapıda çekiçleme etkisine bağlı olarak zemin katın kolonunda kırılma.....	153
Şekil 5.60	Adana Ceyhan - İki komşu yapının çarpışmasına bağlı olarak kolonda ortaya çıkan kayma çatlağı	153
Şekil 5.61	Yapının yatay rijitlik eksikliğine bağlı olarak tamamen çökmesi (pankek tarzı)	154
Şekil 5.62	İzmit depremi - Zayıf kolon-güçlü kiriş davranışına bağlı olarak oluşan hasarlar	156
Şekil 5.63	İzmit depremi - Zayıf kolon-güçlü kiriş oluşumuna bağlı olarak oluşan hasar	157
Şekil 5.64	Pankek türü göçme	157
Şekil 5.65	Deprem açısından sakıncalı kolon-kiriş bağlantıları	159
Şekil 5.66	Düşük kaliteli beton.....	161
Şekil 5.67	Bingöl depremi – Niteliksiz beton.....	161
Şekil 5.68	Marmara depremi - Kalitesiz beton ve büyük ihtimalle deniz kumu kullanımına bağlı olarak, beton-çelik birleşiminin yetersiz olması ve çeliğin betondan sıyrılması	162

Şekil 5.69	Marmara Depremi – Kalitesiz beton nedeniyle beton-çelik birleşiminin yetersiz olması, buna bağlı ağır hasar.....	162
Şekil 5.70	Bingöl depremi – Yeni Mahalle camisinin kolonunda uygun olmayan agrega boyutuna bağlı hasar.....	163
Şekil 5.71	Bingöl depremi – Kolon giriş bölgesinde yetersiz sargı nedeniyle hasar oluşumu	168
Şekil 5.72	Bingöl depremi – Kolon giriş birleşim bölgesinde etriye sıklaştırması yapılmamış yapıda hasar	169
Şekil 5.73	Bingöl Mehmet Akif İlköğretim Okulu - Kolonda mafsallaşmaya bağlı hasar oluşumu.....	170
Şekil 5.74	Bingöl Karaelmas İlköğretim Okulu – Kolonda mafsallaşmaya bağlı hasar Oluşumu	171
Şekil 6.1	1/5000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası.....	189



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	M, mb, ML, Log M0, Mw, Ms büyüklüklerinin karşılaştırılması.....	14
Çizelge 2.2	Büyüklik ve açığa çıkan enerji ilişkisi	15
Çizelge 2.3	Şiddet skalaları karşılaştırması.....	16
Çizelge 2.4	MSK 1964 Skalası.....	17
Çizelge 3.1	Malzeme dayanımı / Özgül ağırlık oranları	26
Çizelge 4.1.	Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik yaklaşımı.....	47
Çizelge 4.2	HAZUS 99'a ait akış diyagramı.....	49
Çizelge 4.3	EMS 98'de yapı sistemlerine göre hasar görebilirlik sınıfları tablosu.....	56
Çizelge 4.4	EMS 98'de betonarme yapıların hasar sınıflaması	57
Çizelge 4.5	Rölöve fişi	63
Çizelge 4.6.	Örnek doldurulmuş rölöve fişi	64
Çizelge 4.7	Hasar görebilirliği etkileyen faktörlere ait tipik hasar çizimleri	65
Çizelge 4.8	Nitel değerlendirme formu.....	67
Çizelge 4.9	Hasar görebilirlik değerlendirme çizelgesi	68
Çizelge 4.10	Yüksek sismik düzeye ait veri toplama formu.....	70
Çizelge 4.11	Yönteme ait süreç şeması.....	72
Çizelge 4.12a	Sismik seçim formu birinci sayfa.....	73
Çizelge 4.12b	Sismik seçim formu ikinci sayfa	74
Çizelge 4.13a	Sismik seçim formu doldurulmuş örnek birinci sayfa	76
Çizelge 4.13b	Sismik seçim formu doldurulmuş örnek ikinci sayfa.....	77
Çizelge 4.14	Birinci evre değerlendirme süreci şeması	79
Çizelge 4.15	Birinci evre için gerekli kontrol listeleri	80
Çizelge 4.16a	Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar temel strüktür kontrol listesi..	82
Çizelge 4.16b	Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar temel strüktür kontrol listesi sayfa 2	83
Çizelge 4.16c	Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar temel strüktür kontrol listesi sayfa 3	84
Çizelge 4.17a	Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar ek strüktür kontrol listesi.....	85
Çizelge 4.17b	Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar ek strüktür kontrol listesi sayfa 2	86
Çizelge 4.18	Değerlendirme süreci şeması	87
Çizelge 4.19a	Yapıya ait ana sistem ile ilgili değerlendirme önermeleri.....	90
Çizelge 4.19b	Yapıya ait ana sistem ile ilgili değerlendirme önermeleri sayfa 2	91
Çizelge 4.20	Verilere ait özet fişi	93
Çizelge 4.21	Yapı türüne bağlı olarak değerlendirme seviyeleri	95
Çizelge 4.22	Betonarme binaların deprem puanlaması	97
Çizelge 4.23	Yığma ve karma binaların deprem puanları.....	98
Çizelge 4.24	Baz öteleme oranı kapasiteleri (D_{co})	100
Çizelge 4.25	Birinci kademe değerlendirme bina puanlama formu	102
Çizelge 4.26a	İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları bina içinden veri toplama formu genel bilgiler sayfası – sayfa 1 (ikinci kademe değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler).....	105
Çizelge 4.26b	İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları bina içinden veri toplama formu bina bilgileri sayfası – sayfa 2 (ikinci kademe değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler).....	106

Çizelge 4.26c	İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları bina içinden veri toplama formu taşıyıcı sistem özellikleri sayfası - sayfa 3 (ikinci kademe değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler).....	107
Çizelge 4.26d	İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları bina içinden veri toplama formu taşıyıcı sistem bilgileri ve malzeme, işçilik genel kalite değerlendirme sayfası – sayfa 4 (ikinci kademe değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler).....	108
Çizelge 4.27	İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme kritik kata ait taşıyıcı sistem rölöve çalışmaları	109
Çizelge 4.28	Binaların deprem güvenliği incelemesinde katılacaklara yönelik eğitim Programı	110
Çizelge 4.29	Zeytinburnu Pilot Projesi kapsamında kullanılan Yapı Anket Formu	112
Çizelge 5.1	Farklı yönetmeliklere göre yatay yükler	126
Çizelge 5.2	Farklı kolon boylarına bağlı olarak kesme kuvveti artış oranı.....	146
Çizelge 6.1	Değerlendirme süreci şeması	177
Çizelge 6.2	Kontrol listesinden birinci bölüme ilişkin ayrıntı	179
Çizelge 6.3	Kontrol listesinden ikinci bölüme ilişkin ayrıntı.....	179
Çizelge 6.4	Kontrol listesinden genel gözlem bölümüne ilişkin ayrıntı	180
Çizelge 6.5	Kontrol listesi birinci bölümde düşey akış	180
Çizelge 6.6	Kontrol listesi ikinci bölümde yatay akış	181
Çizelge 6.7	İstanbul Kenti'nin Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi.....	188
Çizelge 6.8	Farklı hasar görülebilirlik parametrelerine bağlı olarak C grubu skorunun elde edilmesi.....	192
Çizelge 6.9	Değerlendirme düzeylerine ait en yüksek ve en düşük deprem riski skorları skalası.....	194
Çizelge 6.10a	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi birinci sayfa.....	195
Çizelge 6.10b	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi ikinci sayfa	196
Çizelge 6.10c	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi üçüncü sayfa.....	197
Çizelge 6.10d	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi dördüncü sayfa	198
Çizelge 6.10e	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi beşinci sayfa.....	199
Çizelge 6.10f	Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi altıncı sayfa	200
Çizelge 7.1a	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi birinci sayfa	203
Çizelge 7.1b	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi ikinci sayfa	204
Çizelge 7.1c	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi üçüncü sayfa	205
Çizelge 7.1d	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi dördüncü sayfa ...	206
Çizelge 7.1e	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi beşinci sayfa	207
Çizelge 7.1f	Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi altıncı sayfa.....	208
Çizelge 7.2	Okulların Öneri Değerlendirme Yöntemine göre aldıkları puanlar ve Malzeme Anabilim Dalı tarafından tespit edilen malzeme özellikleri.....	209

ÖNSÖZ

Öncelik ve özellikle, bu tezin hazırlanmasında hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen ve araştırma süresi boyunca konu hakkında yapıcı eleştirileri ile daima yol gösterici olan, değerli hocam Prof. Dr. Ayfer Aytuğ'a, tez izleme komitemde yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Görün Arun'a ve ne yazık ki kısa bir süre önce aramızdan ayrılan değerli hocam Prof. Dr. Mete Ünügür'e,

Alan çalışmamın gerçekleşmesini sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Fevziye Aköz'e, YTU İnşaat Fakültesi, Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı Öğretim Elemanlarına,

Çalışmama fikirleriyle destek veren, değerli hocam Prof. Dr. Kaya Özgen'e, sayın İnşaat Mühendisi Ünal Mutlu'ya,

Gösterdikleri hoşgörü ve anlayış nedeniyle, Tasarım Sorunları Bilimdalı'ndaki tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Akademik çalışma yapmam konusunda beni teşvik eden, tüm çalışmam ve eğitim hayatım boyunca beni destekleyen sevgili babam Yük. Müh. Mimar Polat Akbulut'a, ve tüm çalışmam boyunca benden manevi desteklerini esirgemeyen sevgili anneme ve aileme,

Yapıcı eleştirileri, desteği ve çalışmama değerli katkılarından dolayı sevgili eşim Yük. Mimar Dilek Ekşi Akbulut'a, en içten teşekkürlerimi sunarım.

M. Tolga Akbulut
Mayıs, 2004

ÖZET

Ülkemizin tamamına yakın bir bölümünün aktif deprem kuşağı üzerinde bulunmasına rağmen, bu coğrafyaya uygun bir yaşam biçimi ve yapılaşma gerçekleştirilememesi, bir doğa olayı olan depremleri, çok sayıda can ve mal kaybına yol açan, afetlere dönüştürmektedir.

Depremlerin afetlere dönüşmesinin engellenmesi, geliştirilecek olan bazı strateji ve politikalara bağlı olup, yerleşmelerin sismik risklerinin azaltılmasına yönelik yapılacak çalışmalar bu kapsamda en önemli adımı oluşturmaktadır.

Yerleşmelerin sismik riskinin azaltılması, yeni yapıların sağlam yapılması ve mevcut yapıların hasar görebilirlik riskinin belirlenerek, yüksek hasar görebilirlik riskine sahip yapıların, hasar görebilirliğinin değiştirilmesine yönelik çalışmaların yapılmasına bağlıdır.

Ülkemizde mevcut betonarme yapıların büyük bir bölümünün 1998-Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik tarafından tanımlanan deprem güvenlik düzeyine ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından tanımlanan farklı standart düzeylerine ulaşamadığı görülmektedir. Ülkemizin depremselliğine bağlı olarak her an büyük depremlerle karşılaşma olasılığımız nedeniyle zaman diliminin bizim için paha biçilmez bir değere sahip olması, fayda ve maliyet analizine dayalı, ucuz ve tarama süreci kısa zaman gerektiren stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

“Mevcut Betonarme Yapıların Gözleme Dayalı Deprem Hasar Görebilirlik Riskini Belirlemeye Yönelik Değerlendirme Yöntemi” adlı tez çalışması, yerleşmelerin sismik risklerinin azaltılmasına yönelik hızlı tarama yapma amacıyla bir değerlendirme yöntemi geliştirilmesini hedeflemektedir. Tez çalışması sekiz bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde; problem tanımlanarak, çalışmanın amacı, sınırlılık ve yöntem hakkında bilgi verilmektedir

İkinci bölümde; deprem olgusu kapsamında temel kavramlar (büyüklük, şiddet, deprem dalgaları vb.) ve bilgilere yer verilmekte ve kısaca depremin yapılar üzerindeki etkilerine değinilmektedir.

Üçüncü bölümde; yapıların depreme dayanım mekanizmasının ele alındığı bölüm olup, yapıların deprem dayanımlarını artırmak için izlenebilecek yöntemler açıklanmaktadır.

Dördüncü bölümde; hasar görebilirlik ve hasar görebilirlik yaklaşımları ele alınmakta, dünyada ve ülkemizde hasar görebilirliğin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş farklı değerlendirme yaklaşımları incelenmektedir. Buradan elde edilen çıkarımlar, öneri değerlendirme yönteminin çatkısında kullanılmaktadır.

Beşinci bölümde; Türkiye’nin depremselliği ve depremlerin neden olduğu hasarlar ayrıntılı olarak, hasar fotoğrafları ve grafiklerle desteklenerek incelenmektedir.

Altıncı bölümde; Öneri Değerlendirme Yöntemi’nin gerekliliği, amacı, açılımı ve özellikleri üzerinde durulmakta ve yöntem detaylı olarak açıklanmaktadır.

Yedinci Bölümde; Öneri Değerlendirme Yöntemi’nin uygulandığı alan çalışması yer almaktadır.

Sekizinci bölümde ise çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar açıklanmaya çalışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Deprem, hasar görebilirlik, değerlendirme yöntemi, deprem riski, deprem hasarları

ABSTRACT

Almost the entire homeland of our country is located on an active seismic zone.

Unfortunately, this situation had always been overlooked till lately and every time a major earthquake occurred our country was confronted with severe casualties and economic losses.

Therefore, proper policies and strategies must be constituted to prevent possible earthquakes to turn into disasters. Measures should be taken to reduce the seismic risks on the build environment as an important step in this aspect.

Reducing the seismic risks can be provided by constructing the new buildings in compliance with the seismic construction principles together with reinforcing the existing ones which are highly vulnerable under seismic risks.

It is a fact that most of the existing buildings in our country do not posses the standards defined by the Turkish Standards Institute and safety levels of 1997 Turkish Building Codes. Furthermore, the possibility of facing a major earthquake any moment indicates us that we don't have the luxury of spending time. Therefore, rapid and economical evaluation methods should be developed to analyze the earthquake vulnerability of existing buildings.

This study under the heading of "Visual Evaluation Method of Earthquake Vulnerability Risk of The Constructed Buildings" is aiming to develop a rapid visual evaluation method to reduce seismic risks of the existing buildings.

The study consists of eight chapters.

The first chapter begins with defining the problem and continues with stating its importance, aim and method of the study.

Basic information about earthquakes (magnitude, intensity, seismic waves, etc.) and brief explanations about the effects of earthquakes on buildings are the subjects of the second chapter.

Third chapter is about the resistance mechanisms of buildings against earthquakes and the methods of reinforcing these resistances.

Fourth chapter deals with the different approaches developed in our country and abroad for defining the vulnerability of buildings against earthquakes. The analysis of these researches were used to develop the proposed evaluation method.

The seismicity of our country and the damages caused by the previous earthquakes are studied in-detail together with pictures and graphic presentations in the fifth chapter.

Sixth chapter deals with the proposed evaluation method, its aim, its content, its characteristics and its importance in detail.

In the seventh chapter the proposed evaluation method is tested via a case study.

Eight chapter is about the conclusions of the thesis.

Keywords: Earthquake, vulnerability, evaluation method, earthquake risks, earthquake damages.

1. GİRİŞ

1.1 Problem

Önemli bir deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizin alan olarak yaklaşık %96'sı ve nüfus olarak yaklaşık %98'i deprem riski taşımaktadır.

Nitelikli ve güvenli yapılar üretilmemesi depremleri gerek çok sayıda insan, gerek ise ekonomik kayıplara yol açan afetlere dönüştürmektedir.

Geçmiş depremler, üzerinde yaşadığımız coğrafyanın dünyanın en aktif bölgelerinden biri olduğunu ve bu yöreye uygun bir yaşam biçimi geliştirmemiz gerekliliğini göstermektedir. Bugüne kadar yaşadıklarımız maalesef deprem olgusu konusunda yeterince bilinçli ve hazırlıklı olmadığımız gerçeğini ortaya koymaktadır.

Depremlerin yer kabuğuna bağlı bir doğa olayı olduğu göz ardı edilmemeli, buradan hareketle alınabilecek önlemler, öncelikle yerleşim yeri kararlarında yerbilimsel verilerin göz önünde tutulması, sonrasında içinde oturduğumuz yapıların yeterliliğinin sorgulanması ve bilimsel yöntemlere uygun biçimde yapılmaları gerekliliği üzerine yoğunlaşmalıdır.

Bu değerlendirmeler ışığında mevcut durumu gözden geçirmeye kalktığımızda, niteliği kesin olarak bilinmeyen büyük bir yapı stokuna sahip olduğumuz gerçeği ile karşılaşmaktayız. Bu yapı stoğunun önümüzdeki büyük depremleri nasıl atlatacağı üzerinde en çok tartışılan konuların başında gelmektedir.

17 Ağustos Depremi Marmara Denizi içindeki deprem olasılığını %12 artırarak önceki tahminlerde 50 ± 15 olan olasılık değerini, 62 ± 15 'ye yükseltmektedir. Böylece, yapılan bu hesaplardan, önümüzdeki 30 yıl içerisinde İstanbul'a yakın bir alanda kuvvetli bir deprem olma olasılığı 62 ± 15 , önümüzdeki 10 sene içinde 32 ± 12 olarak bulunmuştur (Barka ve Er, 2002).

Kesin zamanı bilinmemekle birlikte, yukarıda belirtilen süreler içinde İstanbul'da büyük bir deprem olma olasılığı, ve ülkemizin depremselliğine bağlı olarak diğer bölgelerimizde deprem olma olasılıkları, önümüzdeki zaman diliminin önemli bir değere sahip olduğunu ve mevcut yapı stoğunun biran evvel gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Özellikle, İstanbul'a depreme karşı kaderini tayin etme şansı ve felaketten kaçınma seçeneği sunan bu zaman dilimi çok iyi değerlendirilmelidir. Bu nedenle, yapıların depreme dayanıklılıklarını belirlemeye yönelik kapsamlı değerlendirme çalışmasına öncelikle gerçekten önemli hasar görülebilirlik riski taşıyan yapılardan başlamak gerekmektedir.

İlk aşamada yapılması gereken, bütün yapıların hızlı ve basit bir tarama sürecine sokularak, mühendislik büroları ve laboratuvarların desteğine ihtiyaç duymadan, bir ön taramasının yapılması ve bu değerlendirmenin sonucuna göre detaylı analizi yapılması gereken birincil önceliğe sahip yapıların belirlenmeye çalışılmasıdır.

Deprem Konseyi raporuna göre varolan yapılar üzerinde gerçekleştirilecek deprem güvenliği çalışmaları, iki düzeyde özetlenebilir: Hızlı ve basit bir değerlendirme (tarama) ile kapsamlı deneysel ve analitik bir inceleme (değerlendirme). Raporda bu iki değerlendirme aşamasında uygulanacak, Türkiye koşullarına uygun ve elverişli yöntemler geliştirilmesi gerekliliği üzerinde durulmaktadır.

1.2 Amaç

Bütün dünyada olduğu gibi, ülkemizde de depreme dayanıklı yapı tasarımı, deprem yönetmeliklerinde yer alan hesaplamalar ve yapısal tedbirler nedeniyle bir mühendislik uğraşı olarak görülmektedir. Oysa ki bir yapının depreme dayanıklı olması dört temel adımın doğru ve eksiksiz olarak yerine getirilmesine bağlıdır.

- a. Yer seçimi (zemin koşullarının hesaba katılması)
- b. Mimari (formun ve mekanların tasarımı) ve taşıyıcı sistem tasarımı
- c. Mühendislik hizmeti (yönetmeliklere uygun yapısal hesaplamalar)
- d. Eksiksiz ve kaliteli uygulama (projelere uygun inşa edilmesi ve kaliteli malzeme kullanımı)

Bu dört temel adımdan birinin eksikliği yapıların depreme dayanıklılığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu çalışmanın amacı, mevcut betonarme yapıların depremlerde hasar görülebilirliklerini belirlemeye yönelik olarak, yukarıda yer alan adımlara bağlı kalarak, aşağıdaki parametreler ışığında hızlı taramaya yönelik bir kontrol listesi oluşturmaktır.

- a. Yerleşim yeri
- b. Yapma çevre ve etkileşim
- c. Mimari kurgu ve detaylar
- d. Taşıyıcı sistem
- e. Korunma düzeyi

Çalışma bir diğer yönüyle, depreme dayanıklı yapı tasarımında mimari ve taşıyıcı sistem tasarımının en az yönetmeliklerin uygulanması kadar önemli bir rol oynadığı ve depreme dayanıklılığının belirlenmesinde rasyonel yapı tasarımının sorgulanmasının gerekliliğine ve önemine dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.

1.3 Önem

Bu çalışma kapsamında, mevcut betonarme yapıların gözleme dayalı hasar görülebilirlik riskinin belirlenmesine yönelik ortaya konan hızlı ve basit değerlendirme (tarama) yöntemi, yukarıda sözü edilen probleme yönelik ilk denemelerden biri olması açısından önemlidir.

Öneri değerlendirme yönteminin, kontrol listesi şeklinde düzenlenmesi, mimari çizimlerle desteklenmesi, teknik elemanların kullanımına yönelik önemli bir kolaylıktır. Ayrıca bu özellik çalışmaya, yeni yapılacak yapıların tasarım sürecine katkı sağlayabilecek bir tasarım kılavuzu özelliği de kazandırmaktadır.

Öneri değerlendirme yönteminin bir diğer işlevi, kapsamlı deneysel ve analitik inceleme (ikinci aşama) aşamasına yönelik, mevcut yapının, kimlik bilgileri, yerleşim yeri özellikleri, yapma çevre etkileşimi, mimari kurgusu, taşıyıcı sistem özellikleri, korunma düzeyi ve diğer bazı özellikleri ile ilgili veri toplama özelliğidir.

Çalışma, yapıların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesindeki hızı ve basitliği yanı sıra, yeterli deprem güvenliği taşımadığından kuşku duyulan yapıların, ikinci aşamaya iletilmesinde üstleneceği rol nedeniyle önem taşımaktadır.

1.4 Sınırlılık

Mevcut yapıların hasar görülebilirlik riskinin belirlenmesine yönelik değerlendirme yöntemi (tarama yöntemi) betonarme yapılarla sınırlandırılmıştır.

Her yapım sisteminin kendine özgü karakteristiklerinin olması, değerlendirme yönteminin sadece betonarme yapılara özel oluşturulmasını zorunlu kılmıştır.

Betonarme yapım sistemine özgü bir kontrol listesi oluşturulmasının nedeni, bu yapım sisteminin diğer yapım sistemlerine oranla son yıllarda gittikçe artan oranda tercih edilmesine bağlı olarak mevcut yapı stoğu içinde önemli sayısal üstünlüğe ulaşmasıdır. Ayrıca gerek depremlerde hasar gören yapıların büyük oranda betonarme olmaları, gerekse yapılan araştırmalara göre, betonarme yapıların önemli oranda hasar görülebilirlik riskleri içermeleri, çalışmanın betonarme yapılar üzerinde odaklaşmasını bir bakıma zorunlu kılmıştır.

Kontrol listesinin oluşturulmasında, basit ve hızlı uygulanabilir olma birincil amaç olarak gözetilmiştir. Bu nedenle görsel değerlendirmeye yönelik olarak geliştirilmiş ve laboratuvar incelemelerini içermemesi öngörülmüştür.

Sınırlılık bir bakıma amacın hedefinden kaynaklanmaktadır: Mevcut yapı stokunun anlamlı bir öncelik sırası içinde depreme karşı güvenli duruma getirilebilmesine yönelik olarak, deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi.

1.5 Yöntem

Ülkemizin üzerinde bulunduğu coğrafya, tarihsel süreç içinde sayısız depremlerin olması nedeniyle önemli bir laboratuvar konumundadır.

Bundan önceki sayısız depremler ve bu depremlerin yapılar üzerindeki etkileri önemli bir veri kaynağı olarak çalışmanın kurgusunda değerlendirilmiştir. Ayrıca sadece ülkemizdeki depremler ile sınırlı kalmayıp, dünyada meydana gelmiş depremler ve bu depremlerden elde edilen çıkarımlar da çalışma için önemli bir veri kaynağı olmuştur.

Özellikle, yüksek depremselliğe sahip ülkelerin mevcut yapılarının hasar görebilirliğine yönelik, kendi ihtiyaçları doğrultusunda, kendi yönetmeliklerine uygun olarak geliştirdikleri yöntemler incelenmiş, Türkiye’de halen geçerli olan yönetmelikler (1997 Deprem Yönetmeliği) ve standartlar (TS 500, vd.) temel alınarak, geçmiş depremlerdeki hasar nedenlerinden elde edilen çıkarımlarla birleştirilerek değerlendirme yöntemi (kontrol listesi) oluşturulmuştur.

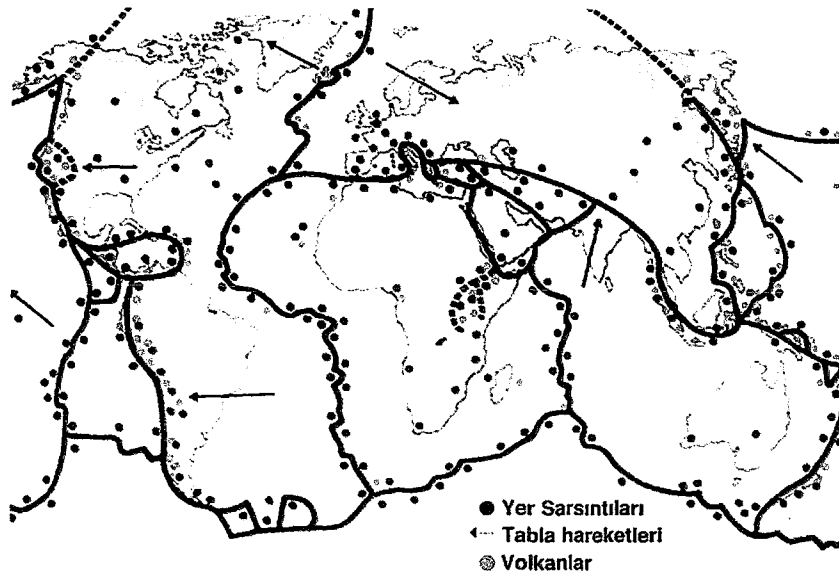
Değerlendirme yöntemi, alan çalışması olarak, YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı tarafından Maltepe İlçesi’nde, ilköğretim yapılarının “Depreme Dayanıklılık Tespit Çalışması” kapsamında yürütülen malzeme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan incelemelere katılarak 10 ilköğretim yapısı üzerinde denenmiştir.

Şekil 2.1 Yeryuvarlağının iç yapısı [1]

Bu teoriye göre, yer yuvarlağının “litosfer” diye adlandırılan, soğuk ve sert tabakası tek parçadan oluşmamaktadır. Kalınlığı 70-150 km arasında değişen ve dünyanın yarıçapı ile karşılaştırıldığında (ortalama 6371km) çok ince olan bu tabakayı oluşturan kırılğan plakalar “asthenosfer” diye adlandırılan magmatik bir tabakanın üzerinde yüzmektedir. Soğuma sırasında merkezden dışarıya kaçan ısı dış kabukta basınç oluşturur. Ancak ısı akımının homojen olarak dağılmaması nedeniyle yer kabuğu farklı gerilmelerin etkisi altında kalır ve kırılarak parçalara bölünür. Binlerce yıldır devam eden bu parçalanma sonucunda yer kabuğu farklı büyüklükte, lego parçalarına benzetebileceğimiz tektonik levhalara ayrılmıştır. Birbirleriyle temas halinde olan bu levhalar üzerlerinde kıtaları ve okyanusları taşımaktadır. Bu tektonik levhalar yukarıda değindiğimiz ısı farklarından dolayı birbirlerini sürekli itip çekerler, sıkıştırırlar (Sucuoğlu, 2002).

Levha sınırlarında 3 çeşit temel hareketlilik vardır. Bu hareket sırasında levhalar birbirlerinden koparlar, birbirlerini sıyırlar veya birbirlerine çarparlar. Bunlar "uzaklaştıran", "yakınlaştıran" ve "yanal sıyıran" sınırlardır. Günümüzde bilinen belli başlı levhalar şunlardır: Pasifik, Afrika, Kuzey Amerika, Güney Amerika, Avrasya, Hindistan, Arabistan, Karayip, Kokos, Antartika, Nazka, Fiji ve Filipin levhaları (Şekil 2.2) (Özcep, 2002).

- a. Yakınlaştıran (Birbirlerine yaklaşan levhalar) - Güney Ege Denizi, Kafkasya, Şili, Hindistan gibi sıkışma bölgelerinde
- b. Uzaklaştıran (Birbirlerinden uzaklaşan levhalar) - Okyanus ortalarında
- c. Yanal sıyıran (Yanal hareket eden levhalar) - Kuzey Anadolu Fayı, Kaliforniya'daki San Andreas Fayı gibi levha sınırlarında (Özcep, 2002)



Şekil 2.2 Levha sınırları ve dünyanın en etkin deprem bölgeleri (Barka vd., 2002)

Levhaların hareketi oldukça yavaştır, yılda mm mertebesinde ölçülür. Birbirleri ile göreceli hareketleri nedeniyle levha sınırlarında oluşan gerilmeler yavaş yavaş artar, sonunda levha sınırlarında fay hatları olarak adlandırdığımız daha zayıf kayalarda ani kırılmalara, yırtılmalara neden olurlar. Bu ani yırtılmaların adı depremdir (Sucuoğlu, 2002).

2.2 Depremin Sınıflaması ve Özellikleri

Depremleri farklı özelliklere göre sınıflamak mümkündür. Oluşum mekanizmalarına göre 4 sınıf altında toplanabilir.

a. Tektonik kökenli depremler

- Volkanik aktiviteyle ilişkisiz tektonik depremler
- Volkanotektonik depremler

b. Volkanik kökenli depremler

c. Çöküntü depremleri

d. İnsanların neden oldukları depremler

- Kasıtlı olan depremler (nükleer patlamalara bağlı)
- Kasıtlı olmayan depremler

2.2.1 Tektonik Kökenli Depremler

Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girmektedir. Levha hareketleri sonucu, çoğunlukla levha sınırları boyunca (eski veya aktif fayların zayıflığına bağlı olarak) oluşan bu depremler tektonik kökenli depremler olarak tanımlanırlar.

Litosferik plakların hareketleri sonucu kaya tabakalarda ortaya çıkan gerilim, potansiyel enerji birikimine neden olmaktadır. Kaya tabakaların bu enerjiyi biriktirme kapasitesi aşıldığında, hızla ilerleyen bir yırtılma ortaya çıkmakta ve bu yırtılma dayanımın en az olduğu iz üzerinde ilerlemektedir. Bu durumda yeraltının statik dengesi bozulmakta, kaya tabakalarında tutulan deformasyon enerjisi, ısı enerjisi, fayın kırılması ve az bir bölümü de kinetik enerji olarak açığa çıkarak, yeryüzünde tükenene kadar, geçtiği her yerde sarsıntıya neden olan deprem dalgaları şeklinde yayılmaktadır (Zacek, 1996). Sismik hareket, yeraltında yeni bir denge oluşana kadar devam etmektedir. Kaya tabakasındaki yırtılma, büyüklüğün 6 ve üzerinde olduğu depremlerde yüze kadar ulaşabilir.

2.2.2 Volkanik Kökenli Depremler

Volkanik kökenli depremler, yerin derinliklerindeki ergimiş magmanın yeryüzüne çıkışı sırasında oluşan patlamalara bağlı olarak meydana gelirler. Litosfer tabakasını oluşturan plak hareketlerinden bağımsız olup yanardağlara bağlı olduğundan yereldirler. Açığa çıkan enerji çok yüksek olmayıp, etkileri sınırlıdır (Zacek,1996).

Japonya ve İtalya’da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmekte olup, Türkiye’de aktif yanardağ olmadığı için bu tip depremlerle karşılaşılmamaktadır.

2.2.3 Çöküntü Depremleri

Yeraltındaki mağara, kömür ocakları galerileri v.b. boşlukların tavan bloklarının çökmeleri sonucu oluşur. Yer kürenin herhangi bir yerinde olabilir. Tektonik kökenli depremlere göre etkileri oldukça az ve sınırlıdır (Zacek, 1996).

2.3 Deprem Parametreleri

Herhangi bir deprem oluştuğunda, bu depremin tarif edilebilmesi ve daha iyi anlaşılabilmesi için bazı parametreleri tanımlayan kavramlardan söz edilmektedir. Bu kavramlar aşağıda kısaca açıklanmaktadır (Şekil 2.3).

2.3.1 Odak Noktası (Hiposantr)

Depreme yol açan hareket yeryüzünün, onlarca kilometre altında meydana gelmektedir. Yerin içinde deprem enerjisinin ortaya çıktığı bu noktaya depremin odak noktası veya iç merkezi (hiposantr) denilmektedir. Odak noktası gerçekte bir nokta olmayıp bir alan olsa da, pratik uygulamada nokta olarak kabul edilmektedir [2]

2.3.2 Dış Merkez (Episantr)

Odak noktasına, yani iç merkeze en yakın olan yer üzerindeki nokta, dış merkez (episantr) olarak isimlendirilmektedir. Günlük dilde depremin merkezi diye tanımlanan bu yer, depremin en kuvvetli olarak hissedildiği ve depremin en fazla hasara yol açtığı alandır. Odak noktası, depremin büyüklüğüne göre, bazen yüzlerce kilometrelik bir alanı kapsayabilir [2]

2.3.3 Odak Derinliği

Deprem enerjisinin açığa çıktığı noktanın yeryüzüne olan en kısa uzaklığı, depremin odak derinliği olarak adlandırılır. Başka bir deyişle odak noktası (hiposantr) ve dış merkez (episantr) arasındaki uzaklıktır. Tektonik depremler odak derinliklerine göre 3’e ayrılmaktadır [2].

a. Sığ depremler

Yerin 0-60 km derinliği arasında olan depremler. Genelde kıtasal alanlarda görülürler (Türkiye, Ege vb.).

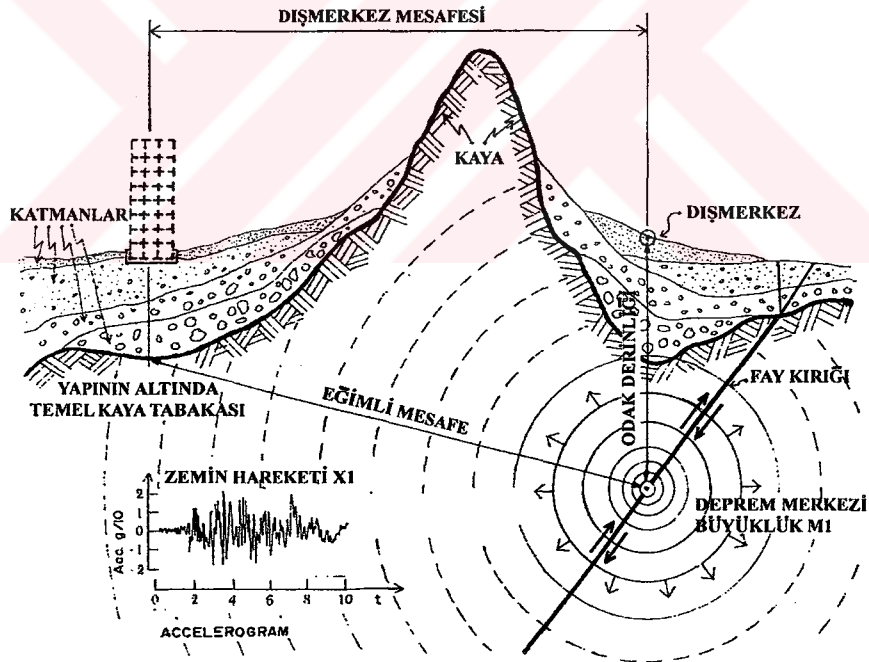
b. Orta derinlikte depremler

Yerin 70-300 km derinliği arasında olan depremler. Dalma-batma bölgelerinde görülürler (Japonya, Filipinler vb.).

c. Derin depremler

Yerin 300-700 km derinliği arasında olan depremlerdir. Derin depremler daha çok bir levhanın bir diğer levhanın altına girdiği bölgelerde olurlar (örneğin okyanus levhasının en uç kesimlerinde).

Türkiye'de olan depremler genellikle sığ depremlerdir ve derinlikleri 0-60 km. arasındadır. Derin depremler çok geniş alanlarda hissedilir, buna karşılık yaptıkları hasar azdır. Sığ depremler ise dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilirler.



Şekil 2.3 Deprem mekanizması (Lagorio, 1990)

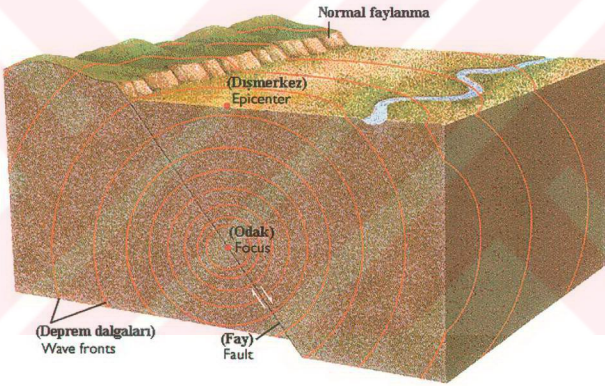
2.3.4 Eşşiddet Eğrileri (İzoseit)

Depremi hasar yaptığı bölgede, aynı şiddetle sarsılan bölgelerin sınırlarını gösteren haritalara eşşiddet haritaları denilmektedir. Hasar şiddetleri romen rakamları ile gösterilir ve iki eğri arasında kalan bölgeye yazılır.

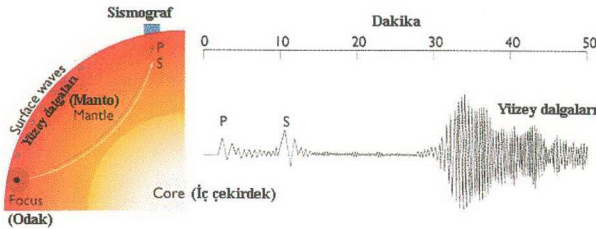
2.4 Deprem Dalgaları

Deprem sırasında, açığa çıkan enerjiye bağlı olarak, depremin odak merkezinden her yöne çeşitli türde sismik dalgalar yayılır (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5).

Bu dalgalar farklı ortamlardan geçerken iletilen enerji azar azar dağıtılır ve tüketilir. Yüksek frekanslı deprem dalgaları, alçak frekanslı (uzun periyotlu) deprem dalgalarına göre daha hızlı tüketilir. Uzun periyotlu hareketler, depremin merkezine göre uzaktaki yerlerde, yakındaki yerlere oranla daha etkili olurlar. Bu yerlerde, salınım periyodu uzun olan yüksek yapılar daha çok etkilenirler. Gerçekten de, bu binaların salınımları zeminin salınımı ile etkileşime girerek rezonansa neden olabilirler (Zacek, 1996). Deprem dalgaları “hacim dalgaları” ve “yüzey dalgaları” olmak üzere iki grupta incelenebilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.4 Deprem dalgalarının yayılımı [3]



Şekil 2.5 Hacim dalgaları ve yüzey dalgalarının yerkabuğu içinde yayılımı [3]

2.4.1 Hacim Dalgaları – Cisim dalgaları (Body Waves)

Hacim dalgaları, odak noktasından başlayarak yerküre içinde her yönde yayılırlar. Bu yayılma sırasında farklı zemin tabakalarının sınır bölgelerinde ve yüzeye vardıklarında yansır veya kırılırlar. Hacim dalgaları “P” ve “S” dalgaları olmak üzere iki farklı dalga türü olarak ele alınabilir (Şekil 2.6).

a. P dalgaları

“P” dalgaları birincil (primaire) dalgalar olup, boyuna dalgalar (tanecik hareketleri yayılma doğrultusuna paralel olup dalga hareketi bir yay gibi sıkışma ve genleşme şeklindedir (Şekil 2.6), hızı kabuğun özelliğine göre 1,5 ile 8 km/sn dir) olarak isimlendirilirler. Birincil dalgalar olarak nitelendirilmeleri kayıt istasyonlarına ilk ulaşan dalga olmasından kaynaklanmaktadır. Yıkım etkisi düşüktür [2].

b. S dalgaları

“S” dalgaları ikincil (secondeire) dalgalar olup tanecik hareketleri yayılma doğrultusuna dik ve çapraz olduğundan (Şekil 2.6) enine dalgalar olarak isimlendirilirler. Hızı “P” dalgalarının hızının %60-70’i oranında değişir. İkincil dalgalar olarak nitelendirilmesi deprem kayıt istasyonlarına -“P” dalgalarından sonra- ikinci olarak ulaşmasından kaynaklanmaktadır. “S” dalgaları sıvı ve gaz ortamlardan geçemezler [2].

2.4.2 Yüzey Dalgaları (Surface Waves)

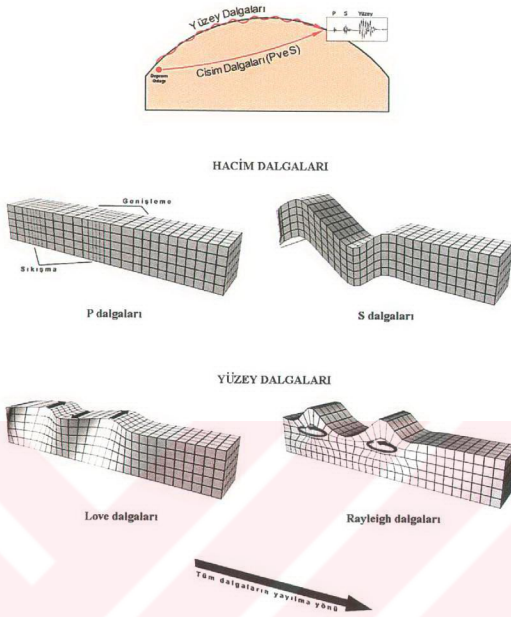
Yüzey dalgaları, hacim dalgalarının yerkürenin yüzeyine ulaşması ile ortaya çıkmakta ve yüzeye paralel olarak yayılmaktadırlar. Depremi odağı ne kadar derinse, etkisi o ölçüde azdır. Yüzey dalgaları “Rayleigh” ve “Love” dalgaları olmak üzere iki farklı dalga türü olarak ele alınabilir (Şekil 2.6).

a. Rayleigh dalgaları

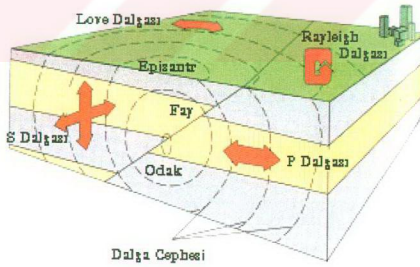
Rayleigh dalgaları, dalga benzeri, ters yönde eliptik hareketli bir yol izlerler (Şekil 2.6). Bu hareketlerin şiddeti derinliğe bağlı geometrik olarak artar. Hızları “S” dalgalarının yaklaşık %90’ı kadardır. Rayleigh dalgalarına bağlı olarak zeminin düşey ivmeleri çok yüksek değerlere ulaşabilir (Mertol ve Mertol, 2002).

b. Love dalgaları

Love dalgaları, yüzeye paralel düzlemde kesme etkisi yaratarak, özellikle yatay konstrüksiyonları sallır (Şekil 2.6). Love dalgalarının hızı “S” dalgaları gibidir (Mertol ve Mertol, 2002).



Şekil 2.6 Deprem dalgalarının yayılma karakteristikleri [4]



Şekil 2.7 Deprem dalgalarının yer kabuğu içinde yayılma biçimleri [5]

2.5 Depremi Ölçülmesi

Yer hareketinin hassas bir biçimde ölçülmesi için sismograflar kullanılmaktadır. Sismograflara öncelikle hacim dalgaları (p ve s dalgaları), daha sonra da yüzey dalgaları ulaşmakta, bu veriler analiz edilerek depremin yeri ve büyüklüğü belirlenmektedir.

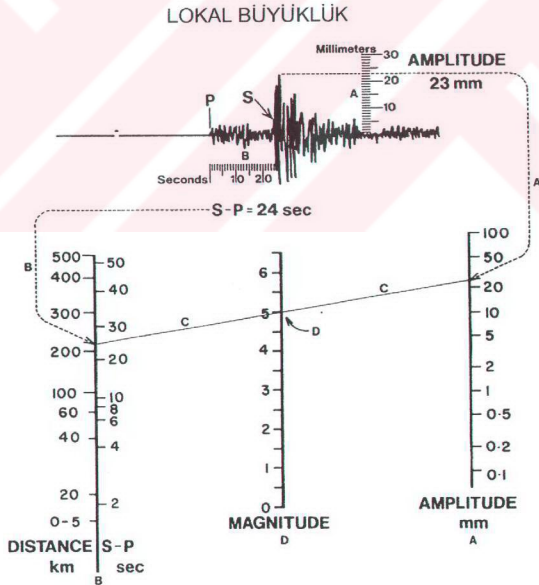
Yeryüzünde meydana gelen depremlerle ilgili iki farklı ölçüm sınıflandırması yapılmaktadır. Bunlardan ilki “Büyüklik-Magnitude”, diğeri ise “Şiddet Skalası-Intensity” sınıflamasıdır.

Depremlerden sonra açıklanan değerlerin doğru ölçüm sınıflandırmaları içinde değerlendirilmeleri oldukça önemlidir.

2.5.1 Büyüklik – Magnitude

Depremın büyüklüğü, tamamen yapıların gördüğü hasardan bağımsız olarak, deprem sırasında depremin kaynağında ortaya çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir.

Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi mümkün olmadığından, depremler aletsel olarak ölçülmeye çalışılmıştır. Bu alanda ilk çalışmalar 1931 yılında Japon Wadati tarafından yapılmış, 1935 yılında Amerikalı Charles Richter “Lokal büyüklüğü” M_L tanımlamıştır. Richter’e göre lokal büyüklük (günümüzde hatalı olarak Richter ölçeğine göre diye tanımlanmaktadır), depremin merkezinden 100 km uzağa sağlam bir zemin üzerine yerleştirilmiş özel bir sismografla, “S” dalgalarının mikron cinsinden ölçülen maksimum genliğinin, 10 tabanına göre logaritması olarak tanımlanmasıdır (Zacek, 1996).



Şekil 2.8 Lokal büyüklük (Arnold ve Reitherman, 1982)

- M_s Yüzey dalgası büyüklüğü : Rayleigh yüzey dalgalarının maksimum büyüklüğüne bağlı olarak tanımlanır.
- m_b Cisim dalgası büyüklüğü : P dalgalarının maksimum büyüklüğüne bağlı olarak tanımlanır.
- M_d Süreye bağlı büyüklük : Kayıt merkezine yakın, $M < 4.5$ 'tan küçük depremlerin önemini ortaya koymak için kullanılır.
- M_w Moment büyüklüğü : Önemli büyüklükteki depremler için kullanılır. Yaraticısının adı Kanamori olarak da adlandırılır.

Moment büyüklüğü, sismik momente M_0 bağlı olarak hesaplanır (Zacek, 1996).

$$M_0 = \mu \cdot S \cdot D \quad (2.1)$$

μ = Ortamın rijitlik sabiti

S = Kırığın alanı

D = Fayın ortalama deplasmanı'dır.

Çizelge 2.1 M , m_b , M_L , $\log M_0$, M_w , M_s büyüklüklerinin karşılaştırılması (Krnitzsky vd., 1993)

M	m_b Cisim Dalgası	M_0 Sismik Moment	M_w Moment	M_s Yüzey Dalgası
5.4	5.0	6.3×10^{23}	5.4	5.0
5.9	5.5	6.3×10^{24}	6.0	5.8
6.7	6.0	7.7×10^{25}	6.7	6.7
7.5	6.5	1.0×10^{27}	7.5	7.5
8.3	7.0	2.3×10^{28}	8.4	8.3

Meydana gelmiş depremlerden daha büyük bir deprem olabileceği için, maksimum büyüklük değeri tanımlanmamıştır. Bugüne kadar kaydedilen hiçbir deprem 10 büyüklüğünü aşmamıştır. Litosfer tabakasında birikebilecek maksimum mekanik enerji miktarına izin verebilecek fiziksel sınırın en fazla 10 büyüklüğünde bir depreme yol açacağı sanılmaktadır. 8 veya daha üst büyüklükteki depremler 100 - 400 km uzunluğundaki kırılmalara ve faylarda metrelik kaymalara, 7-8 büyüklüğündeki depremler 1-10 kilometrelik kırılmalara ve 1 veya birkaç metrelik kaymalara neden olurlar (Zacek, 1996).

Depremi merkezinde ortaya çıkan enerji ve büyüklük arasındaki sayısal bağı ortaya koyabilmek için birçok matematiksel denklem ileri sürülmüştür. Yüzeysel depremlerde genelde aşağıdaki denklem kullanılmaktadır. (E Joule cinsinden) :

$$\log E = 4,8 + 1,5 M_w \quad (2.2)$$

(2.2) denkleminde de anlaşılmaktadır ki, büyüklük arttıkça açığa çıkan enerji miktarı hızla artmaktadır. Aşağıdaki tabloda büyüklüğün her 0,2 civarında artması durumunda, açığa çıkan enerji miktarının yaklaşık 2 kat arttığı açık olarak görülmektedir.

Çizelge 2.2 Büyüklük ve açığa çıkan enerji ilişkisi

Büyüklük	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8
$\log E = 4,8 + 1,5 M_w$	$\sim 2 \times 10^{15}$	$\sim 4 \times 10^{15}$	$\sim 8 \times 10^{15}$	$\sim 16 \times 10^{15}$	$\sim 32 \times 10^{15}$	$\sim 63 \times 10^{15}$
Artış oranı		$\sim x 2$	$\sim x 4$	$\sim x 6$	$\sim x 8$	$\sim x 10$

2.5.2 Şiddet – Intensity

Depremi şiddeti, herhangi bir derinlikte olan depremin, insanlar üzerindeki (II-VI), yapılar üzerindeki (VI-X) ve doğa üzerindeki (X-XII) etkilerinin, ölçüsü olarak tanımlanmaktadır ve yıllar boyunca yapılan gözlemlere göre hazırlanan şiddet skalalarına göre belirlenmektedir.

Büyüklük ile karşılaştırıldığında daha öznel (sübjektif) bir ölçme yöntemidir.

Şiddet, depremin odak bölgesindeki büyüklüğü hakkında bilgi vermekten çok deprem dolayısı ile oluşan hasarı belirten parametrelere bağlı bilgi vermektedir. Depremi herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için deprem sonrası o bölgede meydana gelen hasarlar tespit edilerek depremin şiddetine karar verilir (Tuna, 2000).

Şiddet skalaları her ne kadar ortaya çıkan enerjiyi tanımlamasalar da, kullanılmalarının bir başka nedeni de, geçmişte meydana gelmiş depremlerin tarihsel kaynaklardaki bilgilerle dayanarak sınıflandırılmalarına imkan tanımasıdır.

Günümüzde farklı ülkelerin ihtiyaçlarına uygun olarak hazırlanmış 40'tan fazla şiddet skalası bulunmaktadır. En fazla kullanılan şiddet skalası 1964 yılında Medvedev, Sponheuer ve Karnik tarafından tanımlanan ve Unesco ile Avrupa Deprem Komisyonu tarafından tavsiye edilen MSK Skalasıdır. Diğer önemli skalalar Mercalli, EMI (Echelle Macrosismique Intensité), MM (MMI) gibi skalalardır.

Çizelge 2.3 Şiddet skalaları karşılaştırması (Krinitzsky vd, 1993)

MERCALLI	JAPONYA METEOROLOJİ KURUMU	ÇİN HALK CUMHURİYETİ	ROSSI, FOREL	MEDHENEV, SPONHEUER, KARNIK
I	I	I	I	I
II		II	II	II
III		III	III	III
IV	II	IV	IV	IV
V	III	V	V	V
VI	IV	VI	VI	VI
VII	V	VII	VIII	VII
VIII		VIII	IX	VIII
IX	VI	IX		IX
X	VII	X	X	X
XI		XI		XI
XII		XII		XII

MSK Skalası diğer skalalara göre daha detaylı olup, bina tiplerine göre, farklı şiddetlerde deprem etkilerini göstermektedir. Aşağıdaki tabloda MSK Skalasının ayrıntılı bir biçimde açılımı yer almaktadır.

Çizelge 2.4 MSK 1964 Skalası (Zacek, 1996)

		DEPREM ETKİLERİ			
BÜYÜKLÜK	ŞİDDET	KERPIÇ, PIŞMEMİŞ TOPRAK EVLER	TUĞLA, BETON BLOK, YIĞMA - AŞŞAP KARİŞİMİ YAPILAR	KALİTELİ AŞŞAP VE DONATILI YAPILAR	DIŞ ORTAM
1 ~ 3	I Duyulmayan	İnsanlar tarafından hissedilmeyen sarsıntı			
3 ~ 3.9	II Çok Hafif	Özellikle üst katları bazı insanlar tarafından hissedilebilen sarsıntı			Hissedilmeyen sarsıntı
	III Hafif	Bazı insanlar tarafından hissedilebilen zayıf sarsıntı; özellikle sarkan nesneler hafif bir şekilde sallanabilir	Bazı durumlarda hissedilebilen sarsıntı		
4 ~ 4.9	IV Az Şiddetli	Geniş oranda hissedilebilen sarsıntı; pencere ve kapılarda titreşimler, duvar ve döşemelerde çatırtılar, donatılarda sallantılar	Bazı insanlar tarafından hissedilebilen sarsıntı		
	V Şiddetli	Uykudakilerin uyanması, hayvanların huzursuz olması, dengesiz nesnelerin devrilmesi	Birçok insan tarafından hissedilebilen sarsıntı;		
5 ~ 5.9	VI Çok Şiddetli	Duvarlarda çatlaklar; kiremitlerin ve bacakların kısmen düşmesi	Alçı yüzeylerde çatlaklar; duvarlarda küçük kırılmalar	Tabak çanakların kırılması ve ağır mobilyaların hareket etmesi	İslak zeminlerde santimetre bazında çatlaklar, dağlarda toprak kayması; kaynakların debisinin değişiminin su seviyesinin değişmesi
	VII Hasar Yapıcı	Duvarlarda gedikler; bölgesel çökmeler; dolguların ve bölücü duvarların yıkılması	Duvarlarda çatlaklar; kiremitlerin ve bacakların kısmen düşmesi	Alçı yüzeylerde çatlaklar; duvarlarda küçük kırılmalar	Ayakta durma zorluğu; eğimli kum veya çakıl yüzeylerde kısmen göçme; denizde dalga; su kaynaklarının suyunun çekilmesi
6 ~ 6.9	VIII Yıkıcı	Bölgesel veya bütünsel çökme	Duvarlarda gedikler; bölgesel çökmeler; dolguların ve bölücü duvarların yıkılması	Duvarlarda çatlaklar; bacakların kısmen düşmesi; ağır mobilyaların devrilmesi	Anıtların yer değiştirmesi; zeminde santimetre bazında çatlaklar, küçük toprak kaymaları; yeni su kaynaklarının oluşması
	IX Çok Yıkıcı	Bütünsel çökme	Bölgesel veya bütünsel çökme	Duvarlarda gedikler; bölgesel çökmeler; dolguların ve bölücü duvarların yıkılması	Zeminde 10cm genişliğinde çatlaklar; anıtların devrilmesi; birçok toprak kayması
7 veya daha büyük	X Ağır Yıkıcı	Bütünsel çökme	Bölgesel veya kimi zaman bütünsel çökme		Zeminde 1m genişliğinde çatlaklar; dik eğimli yerlerde kaymalar; yamaçlarda kaymalar; köprülerde önemli hasarlar
	XI Çok Ağır Yıkıcı	Bütünsel çökme	Hemen hemen bütünsel çökme		Köprülerin, barajların, demir yollarının, yolların ve kanalizasyon sisteminin yıkılması; yeryüzünün ayırt edilebilir biçimde deformasyonu
	XII Yok Edici	Bütünsel çökme			Topoğrafyanın değişmesi

Her ne kadar Çizelge 2.4’de büyüklük ve şiddet arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmışsa da bu kesin bir ilişki değildir.

Belirli bir büyüklükteki depremde, yapısal hasarlar, deprem merkezinin derinliğine, sarsıntının süresine, yapı kalitesine, depremin episantırına bağlı uzaklığa, topografyaya ve yüzeyel jeolojik oluşumlara bağlı olarak çok çeşitlilikler göstermektedir. En önemli yapısal hasarlar genelde alüvyon tabakalar üzerinde kurulmuş yapılarda görülmektedir (Zacek, 1996).

2.6 Depremın Yapılar Üzerindeki Etkileri

Bu bölümde öncelikle depremin yapılar üzerindeki etkileri ele alınmaya ve kısaca açıklanmaya çalışılacaktır. Bu etkilerle ilgili daha ayrıntılı değerlendirmeler, 5. Bölümde yer almaktadır.

Depremlerin etkilerini dolaylı ve dolaysız olmak üzere iki grupta inceleyebiliriz.

- a. Depremin dolaysız etkileri; yapılar üzerindeki etkileri olarak tanımlanabilir ve insanların can güvenliği bakımından birincil derecede öneme sahiptir.
- b. Dolaylı etkiler ise; yangınlar, gaz kaçaqları, kimyasal kirlilik, barajların yıkılmaları v.b. olarak özetlenebilir.

Deprem dalgalarının neden olduğu, zemindeki yatay ve düşey titreşimler, yapılar üzerinde bazı etkilere neden olurlar. Bu etkiler yapıda yatay ve düşey titreşimlere ve yapının burulmasına neden olurlar.

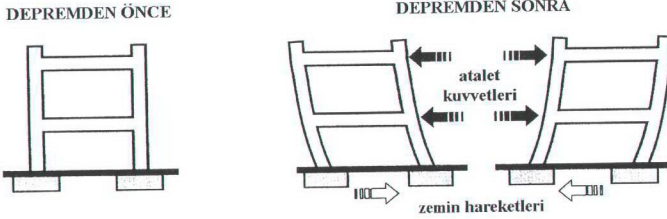
Zemin hareketinin hemen tersi yönde ortaya çıkan atalet kuvveti, yapının ağırlığına bağlı olarak artmaktadır. Buna göre, ağır ve masif kütleler, hafif kütlelere göre deprem kuvvetlerinin daha fazla etkisinde kalmaktadırlar.

Atalet kuvvetleri yapılar üzerinde tersinir yükler olarak etkili olurlar. Tersinir yükler altında yapı elemanları farklı davranışlar gösterdiğinden, seçilecek yapı elemanlarının ve malzemelerinin dayanımları ve enerji sönümleme kapasitelerinin yüksek olması istenmektedir. Aksi taktirde önemli hasarların ortaya çıkması kaçınılmazdır. Örneğin geleneksel tuğla, taş, beton blok binaların, tersinir yükler altındaki davranışları zayıf olduğundan, bu tip binalarda çok zayıf depremlerde bile, yıkıma kadar varabilen önemli hasarların oluştuğu görülmektedir.

Depreme karşı dayanımda, seçilecek yapı elemanlarının sünek olmasına ve bu yapı elemanlarının bir araya getirilmesi ile oluşan yapı bütünüünün enerji tüketme kapasitelerinin yüksek olmasına çalışılmaktadır.

2.6.1 Yatay Salınımlar

Yapıların yatay rijitlikleri, düşey rijitliklerinden daha zayıf olduğundan, yatay salınımları, genelde daha tehlikelidir (Şekil 2.9). Farklı yapısal elemanlar üzerinde etkiyen, ötelenme, balansman ve deformasyonların etkisinde kalırlar (Zacek, 1996).

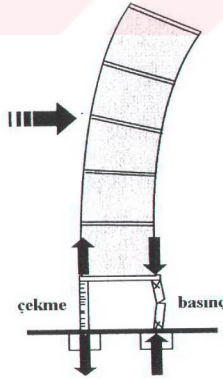


Şekil 2.9 Yatay salınımlar (Zacek, 1996)

Yatay salınımların etkileri aşağıdaki biçimlerde ortaya çıkmaktadır.

a. Eğilme

Öncelikle eğilme nedeniyle, özellikle binanın zemin katlarında, malzemenin dayanım kapasitelerinin aşılması halinde, çekme kuvvetlerine bağlı olarak kopmalar ve basınç kuvvetlerine bağlı olarak ezilmelerden kaynaklanan yapısal hasarlar oluşabilmektedir (Şekil 2.10).



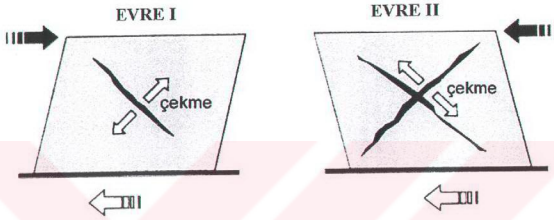
Şekil 2.10 Yapılarda eğilmeye bağlı hasar oluşumu (Zacek, 1996)

Metal gergi çubukları ile oluşturulmuş köşegenlerde, gergi çubuklarının kesitlerine bağlı olarak flambaj problemleri görülebilmektedir.

Yapısal olmayan elemanlar üzerinde, özellikle binanın esnek tasarlanması durumunda, hasarlar oluşabilmektedir.

b. Kesme

Kesme etkilerine bağlı olarak köşegenler üzerinde çapraz çatlaklar oluşabilmektedir (Şekil 2.11).

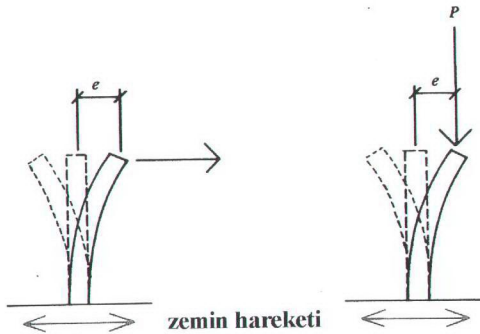


Şekil 2.11 Yapılarda kesmeye bağlı hasar oluşumu (Zacek, 1996)

Bir diğer hasar türü, ankraj bulonlarında kesme etkilerine bağlı olarak kopmaların meydana gelmesidir.

c. P-Δ Etkileri

Katların yatay yükler altındaki göreceli deplasmanlarına ve kütlelerin ağırlığına bağlı olarak, düşey yüklerin dış merkezliği, kolon ve duvar gibi düşey elemanların üzerinde ek aksiyel yüklere neden olmaktadır (Şekil 2.12). Bu olay P-Δ Etkisi olarak isimlendirilir.



Şekil 2.12 Yapılarda P-Δ Etkileri (Arnold ve Reitherman, 1982)

d. Balansman

Özellikle yumuşak zeminlerde, yatay salınımlara bağlı olarak yapıların zemin içinde eğilmeleri söz konusu olabilmektedir.

2.6.2 Düşey Salınımlar

Düşey salınımların yapılar üzerindeki etkileri, yapıların özellikle engebeli ve zayıf zeminlerde kurulmuş ve depremin episantrına yakın olması durumunda önemlidir. Bu bölgelerde zemin salınımlarının yüksek frekanslı olması ve yine binaların düşey salınım periyodlarının düşey rijitliklerinin yüksek olmasına bağlı olarak yüksek frekanslı olmaları, yapılara etkileyen yüklerin yükselmesine neden olmaktadır (Zacek, 1996).

Düşey salınımların yapılar üzerindeki etkileri, depremin episantrından uzaklaşıldıkça azalmaktadır. Bina üzerinde düşey salınımların etkileri en çok aşağıdaki durumlarda ortaya çıkmaktadır.

a. Uzun konsollarda problemler

Konsolların uzun olması ve konsol uçlarında giriş öngörülmemesi durumunda, özellikle balkon, çatı ve kapı saçakları olarak oluşturulmuş çıkmalarda yıkıma kadar varan önemli hasarlar görülebilmektedir.

b. Kolonlarda flambaj problemleri

Özellikle boyutlandırma hatalarından dolayı kolonlarda flambaj problemleri ortaya çıkabilmektedir.

c. Balansman

Zemini özelliklerinin uygun olmaması durumunda, düşey salınımdan kaynaklanan balansman problemleri ortaya çıkabilmektedir.

d. Farklı oturmalar

Zemin hareketleri her noktada aynı olmadığı için, gerekli önlemlerin alınmaması durumunda farklı oturmaların ve buna bağlı yapısal hasarların ortaya çıkması mümkündür.

2.6.3 Burulma Etkileri

Zemindeki yatay deplasmanlar, yatay salınımlara ek olarak yapılar üzerinde burulma etkilerinin doğmasına neden olabilirler.

Burulma bir deformasyon olayı olup, yapının ağırlık merkezinin rijitlik merkezinden farklı olduğu durumlarda, (özellikle düzensiz bina formları, simetrik dağıtılmamış kararlılık

elemanları v.b.) ortaya çıkar. Yapının ağırlık merkezi, ağırlıkların simetrik olarak dağıtıldığı durumlarda yapının geometrik merkezidir. Yapının rijitlik merkezi ise, yatay stabiliteyi sağlayan (kolonlar, kararlılık elemanları, perdeler) rijitlik elemanlarının ağırlık merkezidir.

Deprem sırasında, deprem etkisinin bileşeni yapının ağırlık merkezinde oluşurken, buna karşı oluşan tepkinin bileşeni yapının rijitlik merkezinde karşılığını bulur.

Burulma, rijitlik merkezi etrafında gerçekleşir ve iki merkez arasındaki mesafe levye kolu işlevi görür. Burulma etkileri aşağıdaki durumlarda görülür:

a. Bina formlarının simetrik olmaması

Simetrik olmayan bina formlarının (H, L, T vb.) burulma dayanımları, basit bina formlarının burulma dayanımlarından daha düşüktür.

b. Taşıyıcı sistemin simetrik olmaması

Taşıyıcı sistem elemanlarının (perdeler, kararlılık elemanları, kolonlar), merdiven kovasının, düşey şaft elemanların simetrik olarak yerleştirilmemeleri burulma sebebi olmaktadır.

c. Aynı katta farklı kolon yüksekliklerinin olması

Aynı katta yer alan farklı kolon yükseklikleri farklı rijitlik değerlerine sahip olduğundan, deprem sırasında burulma olabilir.

d. Önemli yatay uzunluklara sahip yapılar

Derzler ile bölünmemiş ve önemli yatay uzunluklara sahip yapılar, zemin hareketleri sırasında farklı yatay deplasmanların etkisinde kalabilirler, bunun sonucu olarak burulma olabilir.

3. YAPILARIN DEPREME DAYANIM MEKANİZMASI

3.1 Dinamik Denge

Newton'un 3. Hareket Kanunu'na göre (Etki-Tepki prensibi); herhangi bir nesne üzerine bir kuvvet etki ettiğinde, etkiyen kuvvetle aynı büyüklükte fakat bu kuvvete zıt doğrultuda bir diğer kuvvet ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle her bir etki için, aynı büyüklükte ve zıt doğrultuda bir tepki vardır. Buna göre;

$$F_{\text{etki}} = F_{\text{tepki}} \quad (3.1)$$

$$\text{ETKİ} = \text{TEPKİ}$$

Deprem sırasında yapılar, salınımların sebep olduğu deplasmanlara karşı koymaya ve konumlarını korumaya çalışırlar. Bu durumda, yapı üzerinde, zemin hareketine zıt doğrultuda, etki kuvveti olarak adlandırılacak bir kuvvet ortaya çıkmaktadır. Yapı ne kadar ağır ise, zemin hareketine zıt doğrultuda oluşan etki kuvveti o kadar büyük olur. Örneğin betonarme ve ahşap iki farklı yapı tipinde aynı ivme altında ortaya çıkan etki kuvveti aynı olmayıp, betonarme yapılarda etki kuvveti çok daha fazladır. "Etki kuvveti, üst yapının deformasyonuna ve üst yapı tarafından karşı konulması gereken yüklerin ortaya çıkmasına neden olur. Bunlar deprem yükleridir (Zacek, 1996).

$$F_{\text{etki}} \nearrow = m (\text{kütle}) \nearrow_x a (\text{ivme}) \nearrow \quad F_{\text{etki}} \nearrow = \text{Deprem yükü} \nearrow \quad (3.2)$$

$$F_{\text{etki}} \searrow = m (\text{kütle}) \searrow_x a (\text{ivme}) \searrow \quad F_{\text{etki}} \searrow = \text{Deprem yükü} \searrow$$

Deprem sırasında, etki kuvvetinin bir bölümü, yapının strüktürel ve yapısal özelliğine bağlı olarak yapı tarafından tüketilirken (sönümlenirken-yutulurken), diğer bir bölümü geri döndürme kuvveti ile dengelenmeye çalışır. Yapının ayakta kalması aşağıda yer alan eşitliğin sağlanmasına bağlıdır.

$$F_e = F_g + F_t \quad (3.3)$$

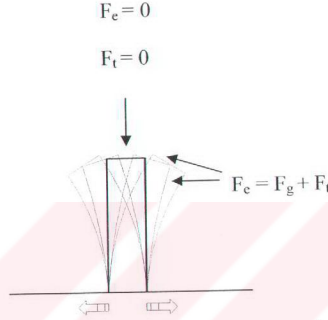
$$(\text{etki}) = (\text{tepki})$$

$$F_e = \text{Etki kuvveti}$$

$$F_g = \text{Geri döndürme kuvveti}$$

$$F_t = \text{Tüketilen kuvvet}$$

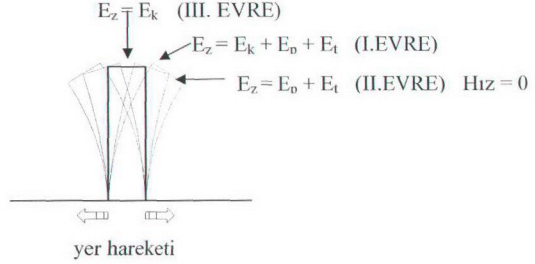
Salınımların sebep olduğu deplasmanlara karşı koymaya çalışan yapıların taşıyıcı sistem elemanları üzerinde herhangi bir bozulma oluşmaması için, strüktür dayanımının ve enerji tüketme kapasitesinin yeterli düzeyde olması gerekir. Deprem sırasında yapı üzerinde oluşan kuvvetler ayrıntılı bir biçimde Şekil 3.1’de görülmektedir. Deprem sırasında yapı salınımlına bağlı olarak etki, geri döndürme ve sönümlenme kuvvetleri, maksimum ve minimum değerler arasında hareket etmektedirler.



Şekil 3.1 Deprem sırasında yapı üzerinde oluşan kuvvetler (Zacek’e göre, 1996)

Depremın yapılar üzerindeki etki mekanizması aynı zamanda enerji biçiminde de tanımlanabilir. Zemin hareketi ile yapıya iletilen enerji (E_z), yapının bu enerjiyi sönümleme ve biriktirme kapasitesine bağlı olarak dengelenmeye çalışılır. Yapı bir sarkaç olarak düşünülürse, sabit olması durumunda kinetik enerjisi sıfırdır. Hareket etmeye başladığından itibaren, yapıya iletilen enerjinin (E_z) bir kısmı yapı sönümlemesine (E_t) bağlı olarak tüketilir, tüketilemeyen enerjinin bir kısmı yapının hızına bağlı kinetik enerji şeklinde (E_k) ortaya çıkar, diğer bir kısmı ise elastik deformasyon özelliğine bağlı olarak yapıda geçici olarak birikir (E_p = biriken potansiyel enerji) (Zacek, 1996).

Şekil 3.2’de farklı salınım evreleri ve buna bağlı enerji denklemleri yer almaktadır. Bu denklemler incelendiğinde II. Evrede yapı hızının sıfır olmasına bağlı olarak kinetik enerjinin (E_k) ortadan kalktığı, buna karşın hızın maksimum olduğu III. Evrede kinetik enerjinin maksimum olduğu görülmektedir. II. Evre en kritik evre olup yapının bu enerjiyi sönümleme ve biriktirme kapasitesine bağlı olarak dengelemeye çalıştığı, bir başka deyişle içinde eritmeye çalıştığı evredir. Bu evrede zemin hareketi ile yapıya iletilen enerji yapının bünyesinde eritilebilirse (bir bölümü tüketilip (E_t), bir bölümü geçici olarak biriktirebilirse (E_p)), taşıyıcı elemanlar üzerinde hasar oluşmaz (Zacek, 1996).



Şekil 3.2 Farklı salınım evreleri ve enerji biçimleri (Zacek'e göre, 1996)

E_z = Zemin hareketi ile yapıya iletilen enerji

E_k = Kinetik enerji

E_p = Yapıda geçici olarak biriken potansiyel enerji

E_t = Tüketilen enerji

3.2 Yapıların Depreme Dayanımlarını Arttırmak İçin İzlenebilecek Yöntemler

Yapıların depreme dayanımlarını arttırmak için izlenecek yöntemler Newton'un 3. Hareket Kanunu'na (Etki-Tepki prensibi) dayanarak ortaya konabilir. Yukarıda da belirtildiği gibi etki kuvveti ne kadar büyükse, deprem yükü ve tepki kuvveti aynı oranda büyük olacağından, izlenecek yöntem bu eşitlik üzerine kurulmalıdır.

a. Etki kuvvetini dolayısıyla deprem yükünü en aza indirmek ($F_{etki} \propto \text{Deprem yükü} \propto$)

Bunun için $F_{etki} \propto m$ (kütle) $\propto a$ (ivme) $\propto$ eşitliğinden hareketle;

- Kütle ağırlığını en aza indirmek,
- Zemin ve yapıdan kaynaklanan ivmeleri en aza indirmek,

b. Tepki kuvvetini, yapının etki kuvvetine cevabını en üst düzeye çıkarmak

Bunun için $E_z = E_p + E_t$ eşitliğinden hareketle;

- Yapıların enerji biriktirme kapasitelerini arttırmak,
- Yapıların enerji tüketim kapasitelerini arttırmak,
- Yapıların mekanik (malzeme dayanımı / özgül ağırlık) dayanımlarını arttırmak

gerekmektedir (Zacek, 1996).

3.2.1 Deprem Yüklerini En Aza İndirmek

Etki kuvveti ile yapının kütlesi ve ivmesi arasında (3.2) eşitliğinde belirtildiği gibi doğrusal bir ilişki mevcuttur. Buna göre deprem yüklerini en aza indirmek için, kütle ağırlığını ve zemin ve yapıdan kaynaklanan ivmeleri en aza indirmek gerekmektedir.

a. Kütle ağırlığını en aza indirmek

Yapının kütle ve ivmesi ne kadar fazla ise, etki kuvveti o kadar fazla olmakta, buna bağlı olarak yapıya etkiyen deprem yükü o kadar artmaktadır.

Çelik, ahşap, alüminyum esaslı yapıların betonarme ve yığma yapılara oranla depreme dayanıklı olmalarının en önemli nedenlerinden biri kütle ağırlıklarının az olmaları nedeniyle yapıya etkiyen deprem yüklerinin daha az olmasıdır. Çelik, ahşap ve alüminyum yapıların, betonarme ve yığma yapılara göre malzeme dayanımı/ölgül ağırlık oranları daha yüksektir. Bu oranın yüksek olması yapı kütle ağırlığını göreceli olarak azaltmakta, buna bağlı olarak yapıya etkiyen deprem yükünü azaltmaktadır.

Çizelge 3.1'de bazı yapı malzemelerinin malzeme dayanımı/ölgül ağırlık oranları yer almaktadır. En iyi performansa sahip malzeme alüminyum olup, sonrasında sırasıyla ahşap, çelik ve betonarme yer almaktadır.

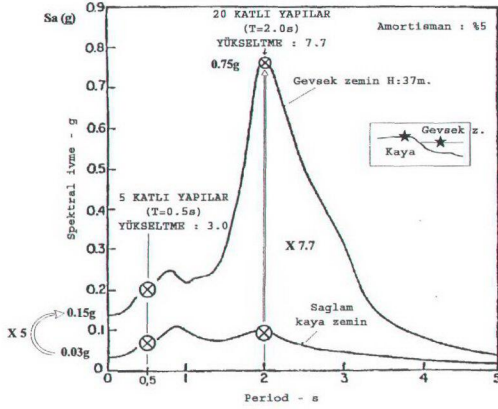
Çizelge 3.1 Malzeme dayanımı / Ölgül ağırlık oranları

	Yığma	Betonarme	Çelik	Ahşap	Alüminyum
Malzeme Dayanımı (kgf/cm^2) / Ölgül Ağırlık (kg/m^3)	50/1800	350/2500	4200/7800	800/800	4000/2700
Performans Sırası	5	4	3	2	1

Buna göre malzeme dayanımı (mekanik dayanım)/ölgül ağırlık oranları daha yüksek yapı malzemelerini tercih etmek ve daha hafif bileşenler kullanmak depreme dayanım açısından olumlu bir yaklaşım olacaktır.

b. Zemin ve yapıdan kaynaklanan ivmeleri en aza indirmek

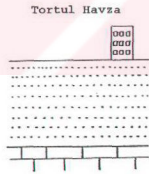
Zeminin etkileri ile ilgili ilk analizler, 1967 Caracas depremi sonrasında ve 70'li yıllar boyunca özellikle Berkeley Üniversitesi'nce yapılan araştırmalara ve Shake hesap yönetmeliğinin getirilerine dayanarak ortaya konmuştur. Fakat deprem ivmesinin zeminin yapısına bağlı olarak arttığı gerçeği net bir şekilde, 1985 Mexico depremi sonrasında gözler önüne serilmiştir (Şekil 3.3) (Mouroux ve Monge, 2000).



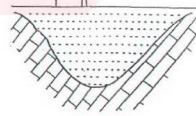
Şekil 3.3 Deprem ivmelerinin farklı zemin özelliğine bağlı olarak artışı ve 20 katlı (orta rijitlikte) yapılarda rezonansa bağlı hasar artışı (Mouroux ve Monge, 2000)

Kaya katmanı tarafından aktarılan deprem dalgaları zeminin jeolojik, jeomekanik özelliklerine, zemin tabakalarının yapısına ve topoğrafik özelliklerine bağlı olarak zayıflar veya şiddetlenir (Şekil 3.4) (Mouroux ve Monge, 2000).

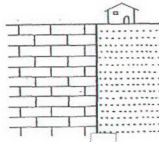
SAĞLAM KAYA TABAKASI ÜZERİNDE YUMUŞAK ZEMİN



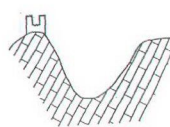
Alüvyonlu vadi



YANAL DEVAMSIZLIK



TOPOGRAFIK ENGEBE

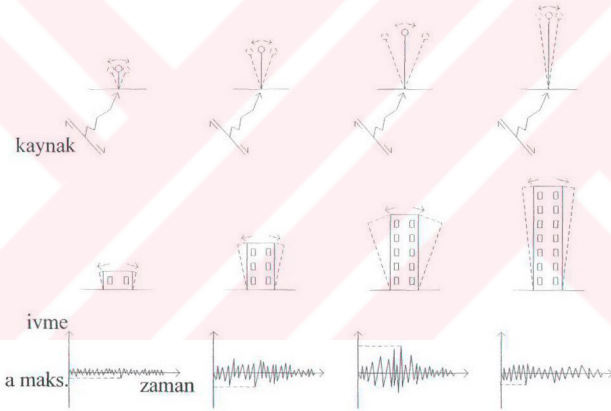


Şekil 3.4 Deprem ivmelerini şiddetlenmesine yol açabilecek farklı zemin özellikleri (Mouroux ve Monge, 2000)

Zeminin yapıya uyguladığı ivmeleri en aza indirmek için, öncelikle yapının konumlanacağı bölgenin ve zeminin doğru seçilmesi gerekmektedir. Yerleşim yeri seçiminde deprem dalgalarının şiddetlenmesine yol açmayacak bölge ve zemin seçimleri yapılmalıdır. Buna göre yapıların;

- Yapıların arazilerin tepe veya sırt bölgelerinde,
- Önemli yükseklığe sahip alüvyon tabakası üzerinde,
- Arazi eğiminin değiştiği yerlere yakın yerlerde (10m'den az),
- Farklı zemin sınırlarına yakın yerlerde konumlanmasından kaçınılmalıdır (Mouroux ve Monge, 2000).

Yapının biçimsel ve taşıyıcı sistem özellikleri de yapıya iletilen deprem dalgalarının zayıflaması ve şiddetlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yapının biçimsel özelliğine göre deprem dalgalarının zayıflaması veya şiddetlenmesini gösteren ivme-zaman grafikleri (Mouroux'ya göre, 2000)

Biçimsel ve taşıyıcı sistem özellikleri doğru olarak kurgulanmayan yapılar, her ne kadar deprem yönetmeliklerine uygun olarak yapılsalar da, deprem yüklerinin artışına yol açarak, önemli hasarların ve yıkımların oluşmasına sebep olabilirler.

Prof. Milan Zacek, “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” isimli kitabında, yapıdan kaynaklanan ivmeleri en aza indirmek için temel prensipleri aşağıda sıralamaktadır.

- Yapı salınım periyodunu, zemin salınım periyodundan farklı seçmek, buna göre sağlam zeminlerde esnek (salınım periyodu uzun) yapılar, yumuşak zeminlerde rijit (salınım periyodu kısa) yapılar tercih etmek,
- Yapılarda bodrum kat öngörmek,
- Yapılarda yükleri her katta geometrik merkeze simetrik olarak dağıtmak, önemli yükleri alt katlara yerleştirmek,
- Yüksek amortisman özelliğine sahip yapılar tasarlamak,
- Taşıyıcı sistemi düzenli ve simetrik olarak öngörölmüş, basit formulu ve simetrik yapılar tasarlamak, (bu burulma kaynaklı ivme artışını sınırlandırmaktadır)
- Özellikle rijit ve alçak yapılarda deprem izolatörleri kullanarak, salınım periyodunu uzatmak (Zacek, 1996).

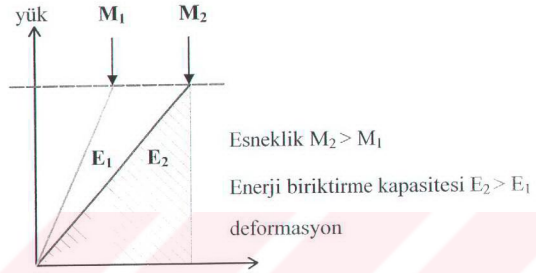
3.2.2 Yapıların Enerji Biriktirme Kapasitelerini Arttırmak

Yapıların enerji biriktirme kapasiteleri, elastik deformasyon özelliklerine bağlıdır. Her yapının elastik deformasyon özelliği farklı olduğundan deprem yükleri altında farklı performanslar gösterebilirler. Deprem kuvvetinin büyüklüğüne bağlı olarak, yapılar tıpkı birer yay gibi deformasyona uğrarlar. Bu kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak, kuvvet ortadan kalktığında elastik deformasyon sınırı aşılmamışsa eski durumlarına geri dönerler. Elastik deformasyon sınırının aşılması durumunda ise gevrek tipte yapı elemanları üzerinde kopmalar, sünek tipte yapı elemanları üzerinde plastik deformasyonlar ortaya çıkabilir (Zacek, 1996).

Gevreklik ve süneklik yapı elemanlarının sadece özünde olan özellikler değildir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinin dışında dış hava şartlarına, etkiyen hıza, elemanların biçimine ve diğer parametrelere bağlıdır. Genellikle, belirli bir ısıda sünek tip özelliği gösteren bazı malzemeler, yüksek veya düşük sıcaklıkta gevrek tip malzeme özelliği gösterebilmektedirler. Örneğin, çelik bir yapı normal ısı koşullarında sünek iken, -30 derece civarında kırılgan özellik göstermektedir (Zacek, 1996).

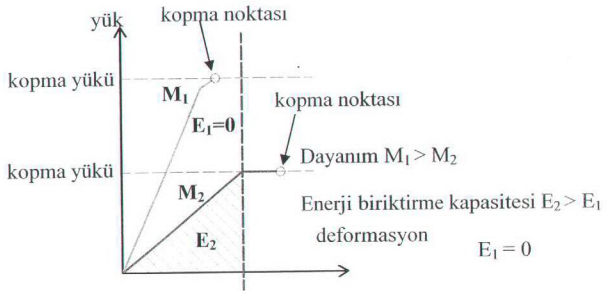
Ayrıca yapının kırılgan ve sünek olması, yapı malzemelerinin bir araya gelmesi ile oluşan yapı elemanlarının biçimsel, boyutsal ve yüzeysel özelliklerine ve bu elemanların birleşim türü ve bağlantı özelliklerine bağlıdır.

Yapı elemanlarının enerji biriktirme kapasiteleri yük/deformasyon grafiklerinde görülebilmektedir. Esnek malzemeler daha kolay deforme olabildikleri için, rijit malzemelere göre daha fazla enerji biriktirme kapasitelerine sahiptirler. Şekil 3.6'da eşit yükler altında, iki farklı esnek ve rijit malzemenin enerji biriktirme kapasiteleri görülmektedir. M_2 malzemesinin esnekliği M_1 malzemesine göre daha fazla olup buna göre enerji biriktirme kapasitesi daha fazladır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Eşit yükler altında, esnek ve rijit malzemelerin enerji biriktirme kapasiteleri

Şekil 3.7'de, iki farklı malzemenin öngörülen deformasyon sınırına göre, enerji biriktirme kapasiteleri görülmektedir. Buna göre M_1 malzemesinin kopma sınırı daha yüksek olmasına rağmen, deformasyon özelliği daha azdır. Kopma sınırı daha düşük olan M_2 malzemesinin ise deformasyon sınırı daha yüksektir. M_2 malzemesi öngörülen deformasyon sınırına kopmadan ulaşırken, M_1 malzemesi bu sınıra ulaşamamış ve kopmuştur. Deformasyon özelliği daha yüksek malzemelerin daha fazla enerji biriktirme kapasitesine sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 3.7 Öngörülen deformasyon altında iki farklı malzemenin enerji biriktirme kapasiteleri

Yapıların enerji biriktirme kapasitelerini arttırmak için olası çözüm önerileri aşağıda sıralanmaktadır:

- Esnek malzemeler seçmek (çelik, ahşap),
- Esnek bir taşıyıcı sistem seçmek. Bu durumda, kaçınılması gerekenler;
 - Yüksek kirişler, boyutları veya donatıları abartılmış kirişler, Virendeel kirişleri,
 - 4m den az kısa kirişler (6-8m arası açıklıklar çok uygun olup, buna karşın 12m'den fazla açıklıklar, tehlikeli düşey salınımlara sebep olabilirler),
 - Belirli bir katın kolon yüksekliklerinin, ilgili kat yüksekliğinin altında olması (asma katları, galerileri, merdiven sahanlıklarını, farklı yükseklikteki kat döşemelerini, su basman döşemelerini, v.b. taşıyan kolonlar; bu elemanlar, duvarlar veya ikincil bir taşıyıcı sistem tarafından taşınmalıdır),
 - Pencere altı duvarları veya rijit dolgu duvarlar (özellikle ilgili kat yüksekliği boyunca olmadığı durumlarda),
- Rijit bir taşıyıcı sistem seçilmesi durumunda, taşıyıcı elemanların kesit boyutlarını arttırmak,
- Taşıyıcı sisteme yüksek bir süneklik düzeyi vermek,
- Taşıyıcı sistem için yüksek hiperstatiklik düzeyi tercih etmek,
- Yapının içinde yüklerin dağılımını doğru sağlamak;
 - Döşemelerin yatay rijitliğini stabilize elemanların rijitliğinden yüksek tutulması (rijit diyafram olgusu),
 - Kütlesi, dayanıklılığı ve rijitliği, yatayda olduğu kadar düşeyde de (zayıf bölgelerden, aşırı dayanıklı bölgelerden, kolonlar ya da ayaklar üzerinde yükselen katlardan, v.b. kaçınılmalıdır.) aynı dağılıma sahip taşıyıcı sistemler tasarlanması,
 - Aynı özelliğe sahip taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliğinin benzer kılınması,
 - Taşıyıcı sistem elemanları arasında mekanik bir devamlılık sağlanması (yüklerin iletimi),
 - İç köşelerdeki gerilme yığılmalarının sınırlandırılması (kollardan oluşan binalar veya geri çekilerek oluşturulmuş katları olan veya önemli boyutlu çıkmalara sahip binalar), ani kesit değişimlerinden kaçınılması, taşıyıcı elemanların veya birleşimlerinin L

biçimli olmasının engellenmesi, kolonları kirişler üzerine oturtulmaması, döşemelerde veya taşıyıcı sistemde büyük delikler (özellikle eleman sınırlarında) açılmaması,

- Taşıyıcı olmayan bölücü duvarların en kesitini arttırmak gerekmektedir (Zacek, 1996).

3.2.3 Yapıların Enerji Tüketme (Sönümleme) Kapasitelerini Arttırmak

Yapıların salınımları sırasındaki enerji tüketimi aşağıdaki biçimlerde sınıflandırılabilir.

a. Enerjinin çevre ortama yansiyarak tüketilmesi

Yapılar tarafından enerjinin bir kısmı atmosfere diğer kısmı zemine yansıtılır. Atmosfere yansıtılan enerji miktarı ihmal edilebilir düzeyde iken, buna karşılık zemine yansıtılan enerji miktarı zemin yapı etkileşimine bağlı olarak önemli miktarlara ulaşabilir (Zacek, 1996).

b. Sürtünme ile tüketilmesi

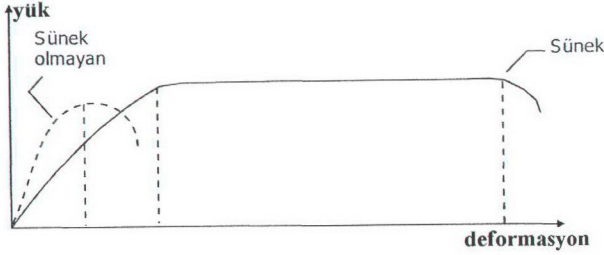
Yapının özelliklerine bağlı olarak, birleşim elemanları, çatlaklar ve derzlerde, malzemelerin ara yüzeylerindeki sürtünmeye bağlı olarak önemli miktarda enerji tüketimi olabilir. Bu tipte bir enerji tüketimi için yapıların çok miktarda derze sahip olması veya bağlantılarının rijit olmaması gerekmektedir. Bu tip yapılara örnek olarak ahşap ve geleneksel yığma yapılar verilebilir (Zacek, 1996).

c. İç tüketim – Deformasyonlara bağlı enerji tüketimi

İç tüketim, en önemli enerji tüketimi biçimini temsil etmektedir. Temel olarak malzemelerin akışkanlığına ve esnek olmayan (elastiklik ve plastiklik özelliği) davranışına bağlıdır (Zacek, 1996).

Malzemelerin plastiklik özelliği, kırılman olmaları, buna karşın sünek olma özelliği ile bağlantılıdır. Malzeme ve elemanların çatladıktan sonra kopma noktasına kadar yapacağı deformasyon miktarının az ya da çok oluşu yapının kırılman ya da sünek olması ile ilgilidir (Şekil 3.8). Plastiklik özelliği arttıkça, şekil değiştirmelere bağlı olarak enerji tüketimi artmaktadır.

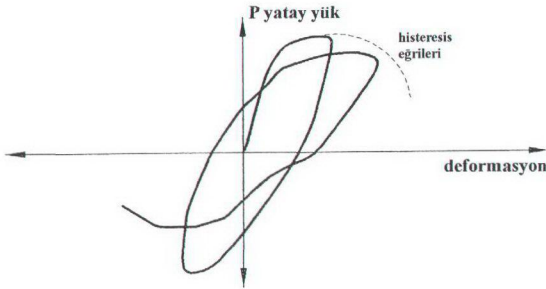
Bu özellik yapının plastik enerji yutma gücü olarak tanımlanır. Depremde yapıya gelen enerji, yapının ek yerlerinin mafsallaşması ile tüketilir. Çok sayıda eleman bulunması ile daha yüksek şiddette bir depremin enerjisi çok daha kolay yutulur. Bu nedenle çok sayıda kolonu olan yapılar deprem açısından daha güvenli olan yapılardır (Çamlıbel, 1994).



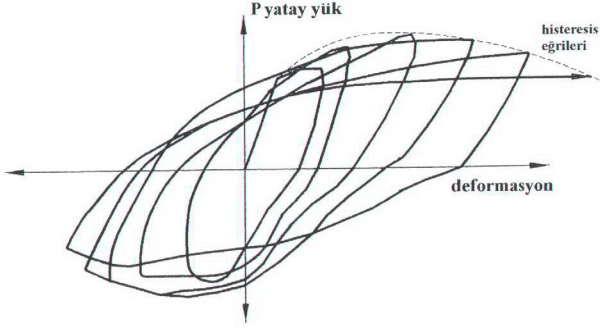
Şekil 3.8 Sünek ve sünek olmayan yapıların tek yönlü yükleme altında yük-deformasyon eğrileri (Tuna, 2000)

Deprem yüklerinin değişen “tersinir” yükler olduğunu unutmamak gerekir. Yükün yön değiştirmesi sonucu elemanın aynı noktasına bir anda basınç kuvveti gelirse bir sonraki anda da çekme kuvveti gelebilir. Bir çekme bir basınç olarak yükün yön değiştirmesi yapı elemanı için ağır bir yükleme koşuludur. Şekil 3.9’de sünek olmayan, Şekil 3.10’da sünek yapı elemanlarının tersinir yükler altındaki davranışları şematik olarak verilmektedir (Bayülke, 2001).

Kırılgan bir yapı tersinir yükler altında bir iki devir yaptıktan sonra yıkılırken, sünek yapı tersinir yükler altında çok daha fazla sayıda devir yapabilir. Sünek yapılar bu özellikleri nedeni ile deprem açısından üstün yapılardır. Yapı elemanlarının tersinir yükler altındaki davranışlarını veren eğrilere “histeresis” eğrileri denir. Histeresis bir yapı elemanında daha önce bu elemana uygulanmış yükleme geçmişinin bu elemanın yeniden yüklenmesi durumunda oluşan davranışa etkisi olarak tanımlanır. Histeresis eğrisi bir anlamda daha önceki yüklemelerin oluşturduğu hasarın göstergesidir (Bayülke, 2001).



Şekil 3.9 Sünek olmayan yapının deprem gibi tersinir yükler etkisindeki yük-deformasyon eğrisi (Bayülke, 2001)



Şekil 3.10 Sünek yapının deprem gibi tersinir yükler etkisindeki yük-deformasyon eğrisi (Bayülke, 2001)

Eğer en şiddetli depremde yapıya gelen yüklerin hiçbir çatlak olmadan taşınması isteniyorsa yapının elastik yatay yük taşıma gücü yüksek olmalıdır. Öte yandan şiddetli depremlerde yapının bir miktar hasar görmesine izin verilirse daha düşük yatay kuvvetlere elastik olarak dayanabilen ancak yüksek plastik enerji tüketme gücü olan, bir diğer deyişle sünek yapılar da yapılabilir. Depremde gelen enerjinin tümünün elastik olarak tüketilmesi isteniyorsa yapı maliyeti çok artar. Plastik olarak enerji tüketimine izin verilince, “sünek yapı ile başlangıç maliyeti azalır. Buna karşılık şiddetli bir deprem sırasında hasar ve bu hasarın onarımının da bir bedeli olacaktır (Bayülke, 2001).

Yapıların enerji tüketme kapasitelerini arttırmak için olası çözüm önerileri aşağıda sıralanmaktadır (Zacek, 1996).

- Yapıların enerji biriktirme kapasitelerini arttırmak için sıralanan çözüm önerilerini izlemek, (özellikle yüksek süneklik düzeyi elde edilmesi ile ilgili tavsiyeler)
- Güçlü kolon-zayıf kiriş prensibine uymak,
- Sünek bir davranış elde edebilmek için, yapısal elemanları, kesme veya burulma yerine eğilmeye çalıştırmak,
- Belirlenen ivme eşliğinin aşılması durumuna yönelik sigorta (hasar görmesi beklenen) yapı elemanları öngörmek,
- Sismik yalıtım elemanları kullanmak,
- Zemin-yapı etkileşimi ile enerji tüketimini sağlayabilmek için yumuşak zeminlerde yapılacak yapılarda bodrum kat öngörmektir (Zacek, 1996).

4. HASAR GÖREBİLİRLİK VE HASAR GÖREBİLİRLİK YAKLAŞIMLARI

4.1 Deprem Tehlikesi

Deprem tehlikesi doğanın bir özelliği olup, depremlerin ne zaman olacağı henüz bilinmemekle birlikte, nerede, hangi periyotlarla, hangi şiddette olma olasılıkları geçmiş verilerden yararlanarak istatistiksel modeller yardımıyla hesaplanabilmektedir (Şengezer, 1999)

Gelecekte olabilecek depremlerin, zaman, yer ve şiddet bakımından tahmin edilebilmesi, hem mevcut yapı stoğunun hasar görebilirliğinin, hem de yeni yapılacak yapıların olası depremlere dayanıklı olarak yapılabilmesi için gereklidir.

Deprem tehlikesinin tahmini, tektonik, sismoloji ve mühendislik sismolojisinin konusudur. Deprem Tehlike modelindeki önemli parametreleri aşağıda görüldüğü gibi saymak mümkündür (Şengezer, 1999).

- Dış merkez
- İç merkez
- Büyüklük
- Tekrarlama ilişkileri
- Gerilme düşüşü
- Sismik moment
- Fay mekanizması
- Azalım ilişkileri
- Yapının altında veya bitişiğinde yer alan yerel jeolojik yapı
- Geçmiş depremlere ait isosismik haritalar

4.2 Hasar Görebilirlik (Vulnerability)

Hasar görebilirlik, öngörülen bir tehlikenin, öngörülen zarar düzeyinde oluşması durumunda, bir risk unsurunda (ya da risk unsuru grubunda) meydana gelecek kayıp derecesi olarak tanımlanır (Coburn, vd.,1994).

Avrupa Makrosismik Skalası'na (EMS 98) göre ise hasar görebilirlik daha sadeleştirilmiş bir ifadeyle, yapıların depreme karşı gösterdikleri davranış farklılıklarını tanımlamaktadır.

Tamamen aynı iki depremde, iki farklı yapı grubu ele alındığında, bir grup diğerinden daha iyi performans göstermekte ise, daha fazla hasar görmüş yapılara göre daha az hasar görmüş yapılar için depremden hasar görebilirlik özelliği daha az veya daha az hasar görmüş yapılar depreme daha dayanıklıdır denebilir (EMS 1998).

Hasar görebilirlik analizleri, fiziksel, sosyal ve ekonomik alanlardaki riskleri ve bu riske bağlı taşıyıcı sistem ve diğer sistemlerde ortaya çıkabilecek hasarlar ve insan kayıplarını içermektedir (Erdik ve Aydınöğlu, 2001).

Hasar görebilirlik değerlendirmeleri, genellikle, eski depremlerden elde edilen çıkarımlara (hasar görebilirliğin çıkarımlara bağlı yapılması), az miktarda da analitik araştırmalara (hasar görebilirliğin tahminlere bağlı yapılması) bağlı olarak yapılmaktadır (Erdik ve Aydınöğlu, 2001).

Yapının deprem sırasındaki davranışı çok sayıda parametreye bağlıdır; Taşıyıcı sisteme, yapının biçimine, yapının kalitesine, yapı elemanlarının durumuna, taşıyıcı sistem elemanları ile diğer elemanlar arasındaki etkileşime vb. Bu parametreler büyük oranda tahmin edilebilse dahi hasar görebilirliği etkileyen tüm parametreler saptanamamaktadır.

4.3 Hasar Görebilirliği Etkileyen Parametreler

Hasar görebilirliği etkileyen parametreleri aşağıdaki ana başlıklar altında toplamak mümkündür.

- a. Depremi şiddeti ve özellikleri
- b. Zemin ve yerleşim yeri özellikleri
- c. Yapısal ve biçimsel özellikler
- d. Uygun malzeme seçimi ve uygulama kalitesi

Sismik yer hareketi çok karmaşık bir olaydır. Pek çok sayıda parametre ile karakterize edilmektedir. Bunlar hız, ivme, hakim ivme, hakim hız, sıklık içeriği, yön ve hareketin sürekliliği parametreleridir. Yer hareket parametresinin özellikleri, kaynağın doğasına, kaynak ve alan arasındaki jeolojik özelliklere, alanın jeolojisine bağlıdır ve her biri bağımsız olarak değişebilmekte, dolayısı ile hasarı etkileyebilmektedir. Ayrıca zemin yapısının özelliklerinin şiddeti azaltıcı ya da artırıcı etkilerinin olduğu bilinmektedir (Şengezer, 2001)

Yapıya ait biçimsel ve yapısal özellikler ile uygun malzeme seçimi ve uygulama kalitesinin hasar görebilirliği önemli ölçüde etkilediği bilinmekte olup, bu özelliklere uygun açılımlar aşağıda yer almaktadır.

- Uygun taşıyıcı sistem seçimi
- Yapının biçimsel özellikleri (boyutsal düzenlemeler)
- Kat adeti
- Uygun malzeme seçimi ve işçilik kalitesi
- Yapım kalitesi
- Yapının yönetmeliklere uygun yapılıp yapılmaması
- Yapının yaşı
- Yapının daha önce gördüğü hasarlar
- Yapının önceki depremlerde gördüğü hasarlar
- Yapının geçirdiği tadilatlar
- Yapıda donatı korozyonu
- Yapının korunum durumu
- Yapıya ilave yüklemeler

Yapı sistemlerinin özellikleri ve bunların zemin nitelikleri ile kombinasyonları da hasarın artmasına sebep olmaktadır. Deprem hasarını etkileyen söz konusu kombinasyonlar aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Şengezer, 2001).

- Zemin hakim periyodu ile yapı periyodunun çakışması-rezonans olayı
- Zemin tabaka kalınlıkları, yapı sistemleri ve kat adetleri arasındaki ilişkiler
- Zemin özellikleri, yapı sistemleri ve kat adetleri arasındaki ilişkiler

4.4 Hasar Görebilirlik Ölçeği

Hasar görebilirlik analizi, bir risk unsurunda meydana gelebilecek afet tehlikesinin tahmin edilme eylemi sürecidir (Coburn, vd.,1994).

Hasar görebilirlik analizleri tek bir yapı ölçeğinde olabileceği gibi, belirli bir yapı grubu veya belirli bir bölge ölçeğinde de olabilir. Her iki yaklaşım arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Tek bir yapı ölçeğinde ele alınan hasar görebilirlik yaklaşımları ile öncelikle yapı ile ilgili özel ve deterministik bir sonuca ulaşılmaya çalışılırken, yapı grubu veya belirli bir bölge ölçeğinde ele alınan hasar görebilirlik yaklaşımları ile o bölge bazında olası güvenilir sonuçlara ulaşılmaya çalışılmaktadır.

Daha üst ölçeklerde yapılan hasar görebilirlik analizlerinde amaç yapı ölçeğinde değil, analizin yapıldığı bölge ölçeğinde güvenilir bir tahmin elde edebilmektir (Zacek, 2001).

Belirli bir bölge ölçeğinde yapılan hasar görebilirlik analizlerinde, mevcut yapı stoğu tek tek detaylı olarak incelenmekten çok, geçmiş depremlerden elde edilen gözlem veya deneyimlere dayanan veriler doğrultusunda oluşturulan kabullere dayalı olarak analiz edilir. Bölge ölçeğinde yapılan bu analizlerde bütünden parçaya giden (kent ölçeğinden, yapı ölçeğine) tüm dengelimci bir yaklaşım ve bunun sonrasında parçadan bütüne giden (yapı ölçeğinden, yapı grupları ve kent ölçeğine giden) tümevarımcı bir yaklaşım gözlemlenmektedir.

Hasar görebilirlik analizlerinde, ölçek ne olursa olsun ulaşılmaya çalışılan hedef -belirli bir deprem şiddetinde, analiz edilen sistemin (yapı, altyapı, v.b) istenilen performans düzeyine ulaşp ulaşamayacağına ilişkin tahmin- aynı olmakla beraber, izlenilen yöntem ve adımlar farklıdır.

4.4.1 Bir Bölge veya Yapı Grubunun Hasar Görebilirliği

Depremi belirli bir bölgeyi etkilemesi söz konusu olduğundan, tehlikenin gerçekleşmesi halinde oluşacak kayıplar yine bölge ölçeğinde olacaktır. Bu nedenle daha üst ölçeklerde yapılan hasar görebilirlik analizlerinde, hasar görebilirlik tüm bir bölge ölçeğinde ele alınmalıdır. Değerlendirme sadece yapılarla sınırlı kalmamalı, aynı zamanda kentsel donanımları, karayollarını, taşıma şebekelerini, gerekli ağırları kapsamalıdır. Aynı zamanda dolaylı olarak ortaya çıkabilecek kayıp ve zararları da göz önüne almalıdır. Kent veya bölge bir sistem olarak kabul edilmelidir (Zacek, 2001).

Hasar görebilirlik analizleri bir yönden fiziksel hasar görebilirlik analizlerini, diğer yönden sosyo-ekonomik hasar görebilirlik analizlerini içermelidir. Fiziksel hasar görebilirlik, yapıları, altyapıyı ve teknik donanımları kapsamakta olup, bunların tasarım, yapım ve kullanım özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Sosyo ekonomik hasar görebilirlik ise deprem sonrasında ortaya çıkabilecek can kayıpları ve yaralanmaları, sosyal bozulmayı, travmaları ve ekonomik etkileri içermektedir.

Erdik ve Aydınoğlu'na (2001) göre fiziksel hasar görebilirlik ilişkilerini üretebilmek (fiziksel hasar görebilirlik analizini yapmak) için “Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik” ve “Spektral temelli hasar görebilirlik” olarak iki temel yaklaşım bulunmaktadır.

a. Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik (gözlemlenmiş hasar görebilirlik); deprem sonrasında gözleme veya deneyimlere dayalı olarak oluşturulan hasar verilerine dayanmaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda deneyime dayalı veri yaklaşımı olarak da isimlendirilmekte, bu yaklaşım bazı yapı gruplarının ortak karakteristiklere sahip oldukları ve depremlerde benzer tipte hasarlara uğrayabilecekleri olgusuna dayanmaktadır. Bu yapı grupları için bir seri hasar görebilirlik standardı geliştirilmiştir (Erdik ve Aydınoglu, 2001).

Var olan çalışmaların büyük bir bölümünde, sonuçlar geçmiş depremlere bağlı gözlemlere dayalıdır. Bu yöntem yoğun depremselliğe sahip ülkelerde kaçınılmaz bir yaklaşımdır. Yöntembilim basit olup, benzer tip yapıların hasar dereceleri ve hasar görmüş yapı yüzdeleri hesaplanmakta, daha sonra hasar sonuçları, depremi temsil eden örnek bir fiziki parametreye bağlı olarak dağıtılarak düzenlenmektedir (Thibault, 1996).

b. Spektral deplasman temelli hasar görebilirlik (hesaplanabilir hasar görebilirlik) ise; strüktürün sayısal analizine dayanmakta olup, bu analiz, detaylı zaman-süreç analizine veya sadeleştirilmiş yöntemlere göre yapılmaktadır. Bu yaklaşımda hasar görebilirlik ilişkileri, bir unsurun oluşma veya aşılma olasılığı ile bağlantılıdır ve bu tip hasar görebilirlik ilişkilerinde HAZUS (1999) da geliştirilen yöntem kullanılarak belli spektral deplasmanlar için yapı hasarı belirlenmektedir (İBB, 2002)

4.4.1.1 Şiddet Skalası Temelli Hasar Görebilirlik Yaklaşımı (Gözlemlenmiş Hasar Görebilirlik)

Deneyime dayalı veri yaklaşımı veya gözlemlenmiş hasar görebilirlik yaklaşımı olarak da isimlendirilen bu yaklaşım, bazı yapı sınıflarının ortak özelliklere sahip oldukları ve depremlerde benzer tipte hasarlara uğradıkları olgusundan hareket etmektedir.

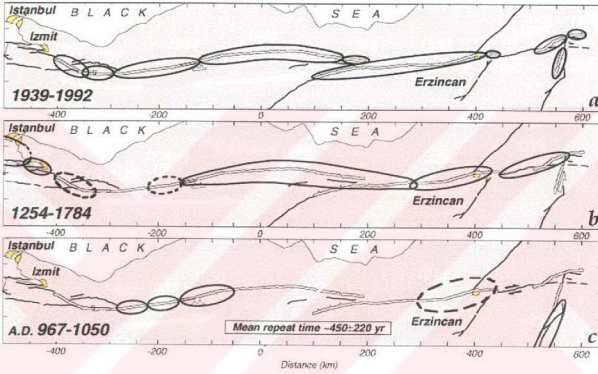
Gözlemlenmiş hasar görebilirlik yaklaşımı, geçmiş depremlerde elde edilen çeşitli yapısal sistemlerin hasar kayıtlarından yararlanmaktadır. Bunun için istatistiksel araçlar kullanılmakta, kurulan modeller geleceğe yansıtılmaktadır. Ancak yapısal sistemlerin geçmiş depremlerde hasar kayıtlarının yeterli miktarda bulunmaması bu yaklaşım için bir olumsuzluk oluşturmaktadır (Şengezer, 1999)

Özellikle depremsellik düzeyi yüksek olmayan ve buna bağlı olarak hasar kayıtları yetersiz olan ülkelerde (ör: Fransa), bu yaklaşımın kullanılması gerçekçi değildir.

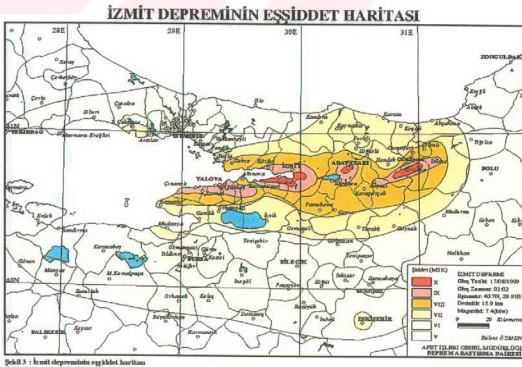
Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik yaklaşımlarında süreç, aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

a. Bölgesel sismik aktivite haritalarının ele alınması

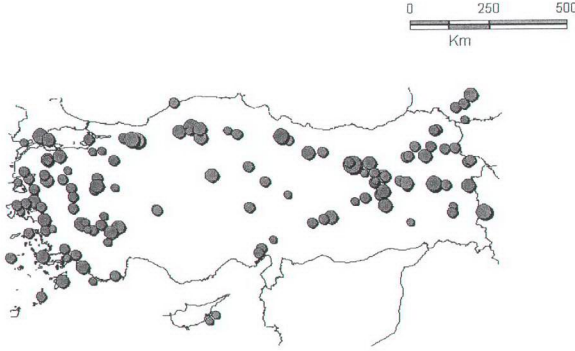
Hasar görülebilirlik analizi yapılacak bölge ile ilgili farklı özellikte sismik aktivite haritaları ortaya konmakta, bölgenin depremsellik özelliği belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu haritalar, fay haritaları, bölgesel depremlerin dağılımını gösteren haritalar, bölgesel tarihsel depremlerin dağılımını gösteren haritalar, bölge ile ilgili önemli tarihi depremleri gösteren haritalar (Şekil 4.1), önemli tarihi depremlerle ilgili hasar dağılımlarını gösteren haritalar, tarihi deprem hasarlarını gösteren haritalar, eşşiddet haritaları vb. (Şekil 4.2) olabilir.



Şekil 4.1 Kuzey Anadolu Fay hattı üzerinde tarihsel depremler [6]



Şekil 4.2 İzmit depremi eşşiddet haritası (Barka ve Er, 2002)



Şekil 4.3 20. yüzyılda Türkiye ve çevresinde aletsel büyüklüğü 5.9 ve daha büyük ve/veya şiddeti VII ve daha büyük depremler [7]

b. Senaryo deprem

Yerdoğal ve ölçüm biliminde (jeofizik) deprem yasasına göre, geçmişte bir bölgede belli bir büyüklükte bir deprem olmuşsa gelecekte o yerde en az o büyüklükte bir deprem olacaktır (Ercan, 2001).

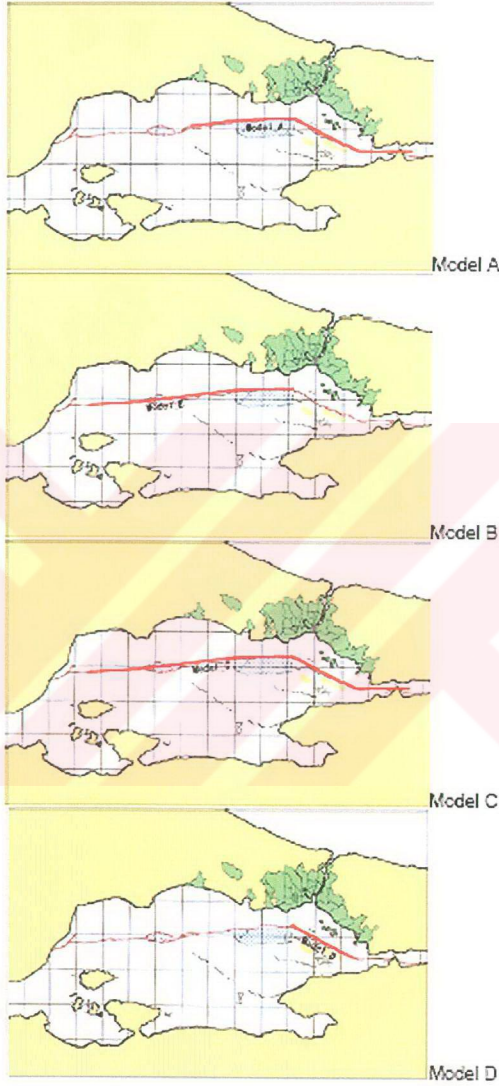
Hasar görebilirlik analizi yapılacak bölge ile ilgili, sismik aktivite haritalarının incelenmesi sonrasında, tarihi ve karakteristik depremlerin ve ilgili fayların üretebileceği en büyük depremlerin değerlendirilmesi ve farklı yöntemlerin kullanılması ile senaryo deprem belirlenmektedir. Kabullere bağlı olarak, bölge ile ilgili, farklı kişi ve/veya kurumlarca farklı deprem senaryoları üretilebilir (Şekil 4.4).

c. Bölgesel analiz

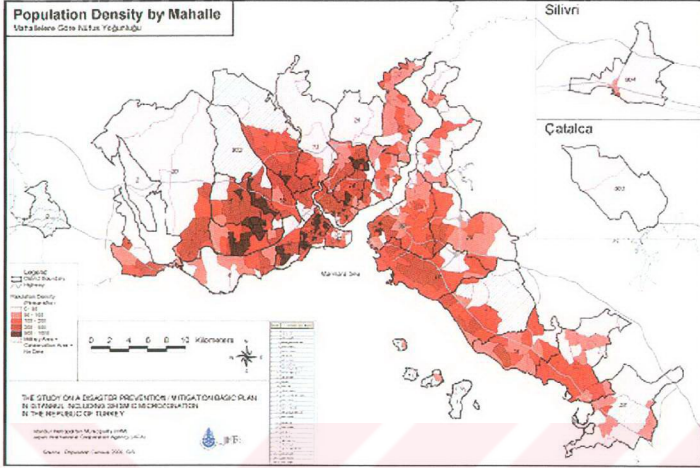
Hasar görebilirlik analizi yapılacak bölge ile ilgili, farklı yapı tipleri, altyapı elemanları ve teknik donanımlar ile ilgili analizler yapılmaktadır. Örneğin, nüfus artış özellikleri, yapı tipolojileri, yapı tipolojileri yüzdeleri v.b.

d. Yapı hasar görebilirlik sınıflaması

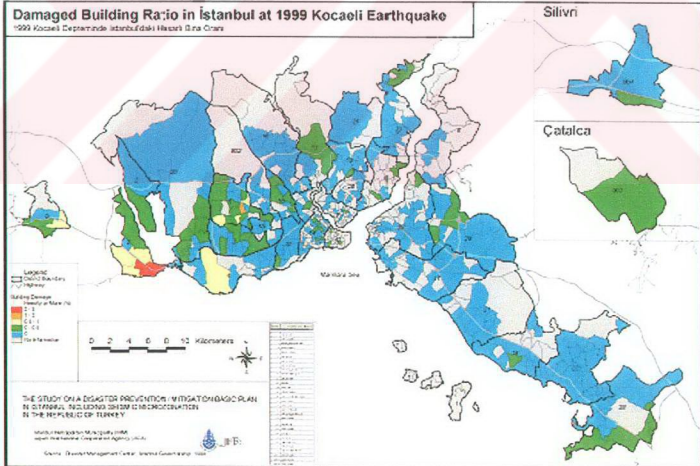
Bölgesel analiz sonucunda elde edilen veriler, bu süreçte belirli bir biçimde sınıflandırılırlar. Verilerin işlendiği bu süreçte, farklı yöntem-bilimlerden yararlanılabilir. Avrupa'da ve Türkiye'de yaygın olarak kullanılan yöntem-bilim Avrupa Makrosismik Skalası 1998 (EMS 1998) dir. Bölüm 4.5 de Avrupa Makrosismik Skalası'nın işleyişi detaylı bir biçimde ele alınmaktadır.



Şekil 4.4 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda tanımlanan farklı senaryo deprem modelleri (İBB, 2002)



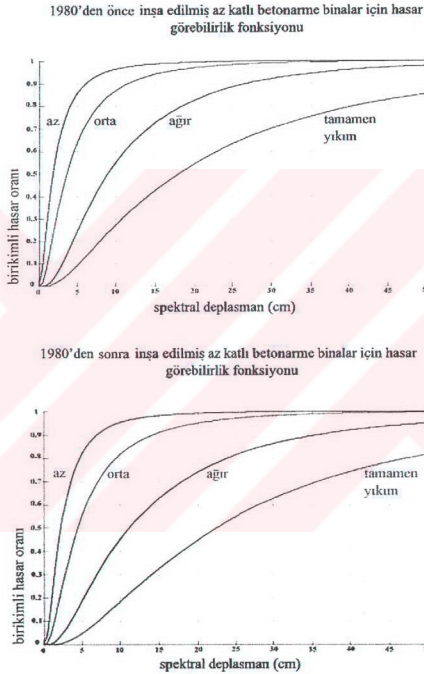
Şekil 4.7 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan nüfus yoğunluğu (İBB, 2002)



Şekil 4.8 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan hasarlı binaların dağılım oranı (İBB, 2002)

e. Hasar görebilirlik eğrileri

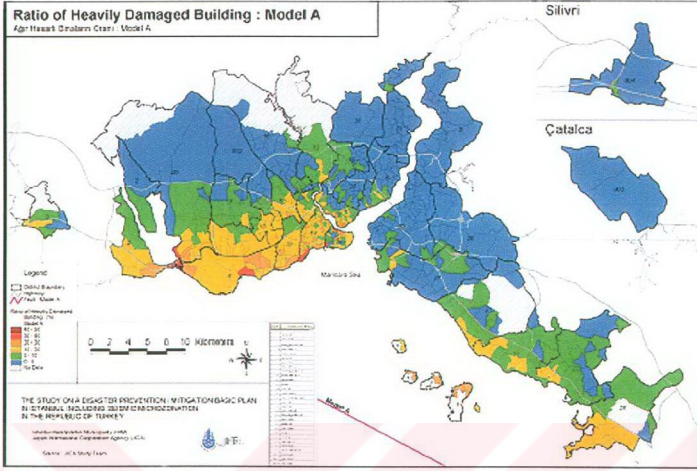
Hasar görebilirlik eğrileri geçmiş depremlerden, hasar verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilmiş farklı özellikteki yapıların şiddet skalasına veya spektral deplasmana göre hasar seviyelerini yansıtmak amacıyla hazırlanmış eğrilerdir. Şekil 4.9'da 1980 öncesi ve sonrasında orta yükseklikte betonarme binalar için hasar görebilirlik eğrileri sunulmaktadır. Yatay eksen spektral deplasmanı tanımlarken, düşey eksen de dört farklı hasar seviyesine (az, orta, ağır ve tamamen yıkım) göre öngörülen birikimli hasar oranları görülmektedir.



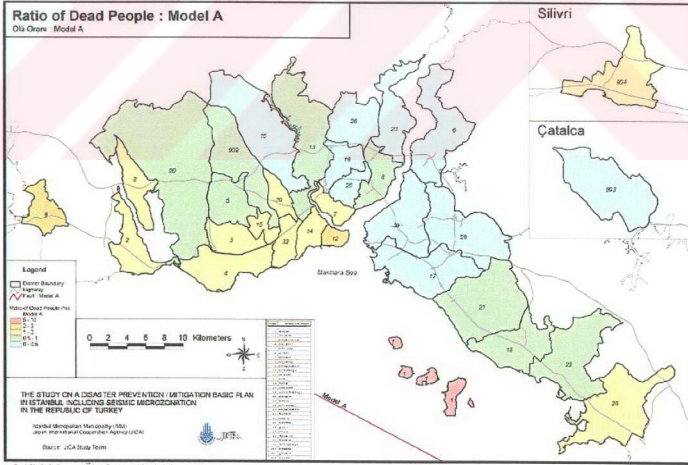
Şekil 4.9 1980 öncesi ve sonrasında yapılmış orta yükseklikte betonarme binalar için hasar görebilirlik eğrileri (Erdik, M., Aydınoglu, N., 2001)

f. Hasar görebilirlik tahminleri

Hasar görebilirlik tahminleri, hasar görebilirlik eğrileri kullanılarak, senaryo depreme ait veriler (ör: senaryo deprem şiddet dağılım haritası) ve hasar görebilirlik bilgilerinin bir araya getirilmesi ile yapılan tahminlerdir. Bunlar yıkım ve hasar tahminleri, can kaybı tahminleri ve ekonomik kayıplara ait tahminler olabilir.



Şekil 4.10 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan Senaryo deprem Model A'ya göre ağır hasarlı bina oranı (İBB, 2002)

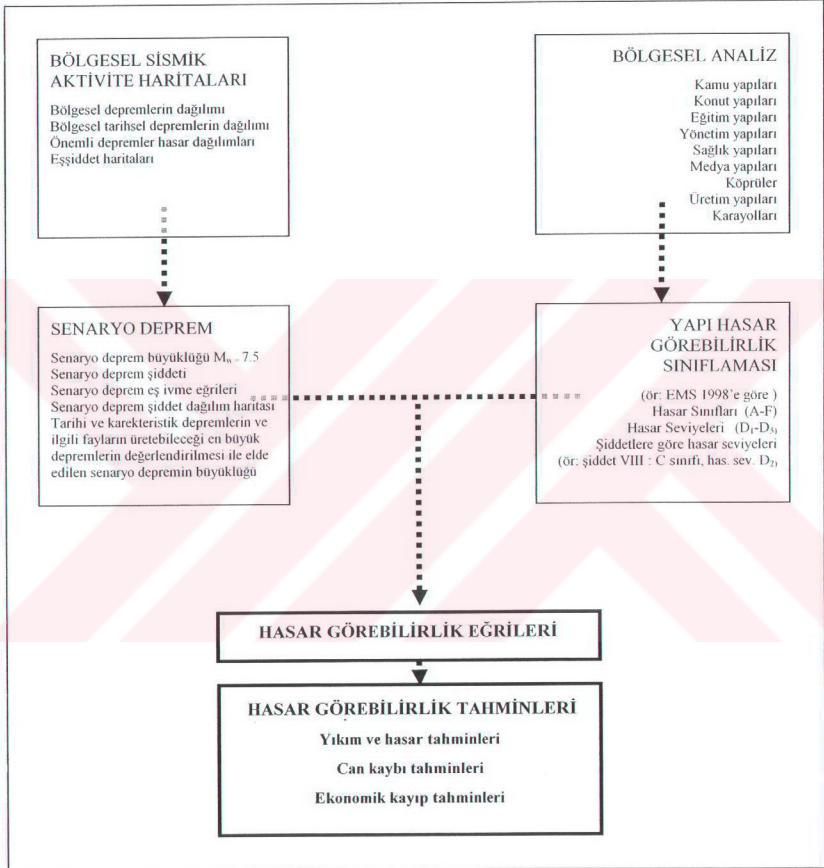


Şekil 5.2.8 Ölü Oranı : Model A

Şekil 4.11 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan Senaryo deprem Model A'ya göre can kaybı oranı (İBB, 2002)

Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik yaklaşımlarında yukarıda açıklanmış olan sürecin adımlarını kapsayan akış diyagramında, bölgesel hasar görebilirlik tahminine ulaşmak üzere yapılması gereken çalışma adımları ve veri türleri Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Şiddet skalası temelli hasar görebilirlik yaklaşımı



4.4.1.2 Spektral Deplasman Temelli Hasar Görebilirlik Yaklaşımı (Hesaplanabilir Hasar Görebilirlik)

Spektral deplasman temelli hasar görebilirlik, strüktürün sayısal analizine dayalı bir hasar görebilirlik yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, yer hareket parametresini kullanarak, deprem yüklerini simüle edip yapısal sistemin, yapısal özelliklerini mühendislik açısından irdeleyerek, hasar miktarının ne olabileceğini araştırmaktadır (Şengezer, 1999).

Spektral deplasman temelli hasar görebilirlik yaklaşımı olarak Amerika Birleşik Devletlerinde Federal Acil Yönetim Kurumu (FEMA – Federal Emergency Management Agency) ve Yapı Bilimleri Ulusal Enstitüsü (NIBS - National Institute of Buildings Sciences) tarafından matematiksel verileri kullanarak, kentsel ölçekte, deprem tahminlerini, hasarları, insan kayıplarını, ekonomik kayıpları ve ekonomik bozulmaları tahmin edebilmek ve gelecek depremlerin sonuçlarını ortaya koymak amacıyla HAZUS-Hasar tahmin yöntembilimi olarak tanımlanan bir yazılım hazırlanmıştır.

HAZUS, coğrafi bilgi sistemini kullanmakta olup (CBS), bilimsel verileri kullanarak hesaplama yapar ve deprem haritalarını oluşturur. Program, zemin sarsıntısını, yapı hasarı ve demografik hasar durumunu harita üzerinde göstermek için MapInfo® ve ArcView® coğrafi bilgi sistemlerini kullanabilir.

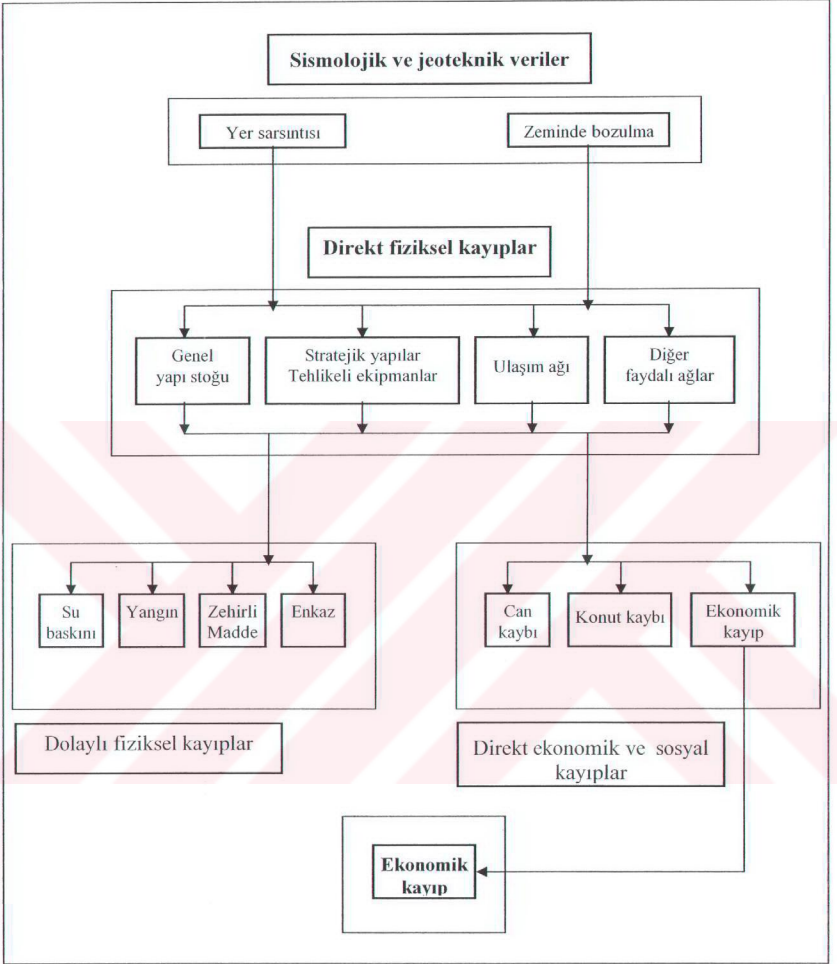
Bu çalışmalarla tahmin edilen bir deprem gerçekleştiğinde, HAZUS sarsıntı şiddetini, yapı hasar durumunu, ulaşım sistemindeki hasarları, elektrik ve suyla ilgili hasarları, kaç insanın evinden ayrılmak zorunda kalacağını, yeniden yapılanma masraflarını ve diğer sonuçları tahmin eder (Şengezer ve Kansu, 2001).

Yöntembilim bilim adamları, mühendisler, mimarlar, ekonomistler, plancılar, sosyologlar ve bilgisayar mühendislerinin yer aldığı bir ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntemler, son depremlerden elde edilen çıkarımlara ve uzmanların görüşlerine göre oluşturulmaktadır (Zacek, 2001).

Deprem hasar tahmin yöntemi modüler bir özelliğe sahip olup, farklı modüllerde farklı kayıplara bağlı hesaplamalar yer almaktadır. Bu modüller, sismolojik ve jeoteknik veriler, dolaysız fiziksel kayıplar, dolaylı fiziksel kayıplar, direk ekonomik ve sosyal kayıpları kapsamakta olup, yöntembilime ait akış diyagramı Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Kullanıcılara yardımcı olmak amacıyla yöntembilim ile ilgili iki farklı detaylı kullanım kılavuzu hazırlanmış olup, teknik kullanım kılavuzu tanımlanmış veriler ve hesaplama ile ilgili açıklayıcı bilgileri içerirken, kullanıcı kılavuzu veri formatları ve yapısı üzerine detaylı bilgi ile kullanımına yönelik açıklayıcı bilgileri içerir (Whitman ve Lagorio).

Çizelge 4.2 HAZUS 99'a ait akış diyagramı (HAZUS, 1999)



Depremlerde hasar ve kayıp tahmininin karmaşıklığından dolayı, model bileşik bir yapıya sahiptir. Yöntemin modüler olmasının önemli bir avantajı, kullanıcılara, istedikleri kayıp düzeyinde çalışmalarını sınırlama imkanı tanınmasıdır. Örneğin, kullanıcı ekonomik ve sosyal kayıpları hesaplarken, dolaylı fiziksel kayıpları yok sayabilir. Sınırlandırılmış bir çalışma birçok nedenden, bütçe, envanter kısıtlamaları veya özel bir soruya cevap aranmasından dolayı tercih edilebilir (HAZUS, 1999).

Yöntemin modüler yapısı hasar tahminlerinin üç düzeyde yapılmasına imkan tanımaktadır. Bu özellik yönteme önemli bir esneklik kazandırmaktadır.

Her düzeyde, lokal veya bölgesel ihtiyaçlara ve isteklere bağlı olarak farklı yapı tipleri, farklı hasar düzeyleri seçilebilir (Whitman ve Lagorio)

Düzye 1 – Standart veri analizi (Default Data Analysis)

Birinci düzey analiz, yapı sayıları ve değerleri, nüfus karakteristikleri, yapı onarım maliyetleri ve bazı temel ekonomik verilerle ilgili temel analizleri içermektedir. Sadece genel yapı stoğu ile ilgili kayıplar hesaplanmaktadır. Bu analiz düzeyinde, ulaşım, bölgeye yansıyan dolaylı ekonomik etkiler, zemin sıvılaşması, toprak kayması, tsunami, barajlarda oluşabilecek hasarlar gibi daha özel ve lokal verilere bağlı riskler yer almamaktadır. Bu düzeyde yapılan analizde yöntemi kullananların önemli bir teknik bilgiye sahip olması, dolayısıyla, önemli bir katkı yapması beklenmemektedir.

Düzye 2 – Kullanıcı destekli veri analizi (User-Supplied Data Analysis)

İkinci düzey analiz en çok kullanılan analiz tipidir. Birinci düzeye göre kapsamlı envanter verisine ve kullanıcının çabasına daha fazla ihtiyaç duyulan bir analiz düzeyidir. Bu düzeyde ihtiyaç duyulan veriler, zemin şartları, yapı stoğunun ve ekonomik durumun özelliklerini gösteren lokal olarak geliştirilmiş veriler (Örneğin Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından yapılan İstanbul Metropolitan Alanının Deprem Risk Analizinde İstanbul yapı envanteri, “Yapısal Sistem”, “Kat Sayısı” ve “Yapım Yılı olmak üzere üç ana kategori kullanılarak sınıflandırılmıştır. Yapı envanter verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi’nden ve Devlet İstatistik Enstitüsü’nden derlenmiş, bu veriler Türk Telekom’un analog haritaları, helikopter uçuşlarından kaydedilen görüntüler, hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri ile desteklenmiştir), ulaşım ile ilgili veriler, yangın tarafından etkilenebilecek bölgelerle ilgili veriler, su baskını haritaları, tehlikeli maddelerle ilgili veriler olabilir. Bu haritaların ve verilerin hazırlanmasında, jeoteknik ve yapı mühendisleri gibi uzman danışmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu düzeyde, programda standardize edilmiş analiz yöntemleri yer almaktadır. Fakat kullanıcının veri sağlamasına yönelik standart bir yaklaşım yoktur (HAZUS, 1999).

Kullanıcı ne kadar eksiksiz veri sağlayabilirse analiz sonucu o kadar güvenilir olacaktır. Analizin yapılacağı bölge ölçeğine göre yaklaşık 1-6 ay arasında bir süre gerekebilir.

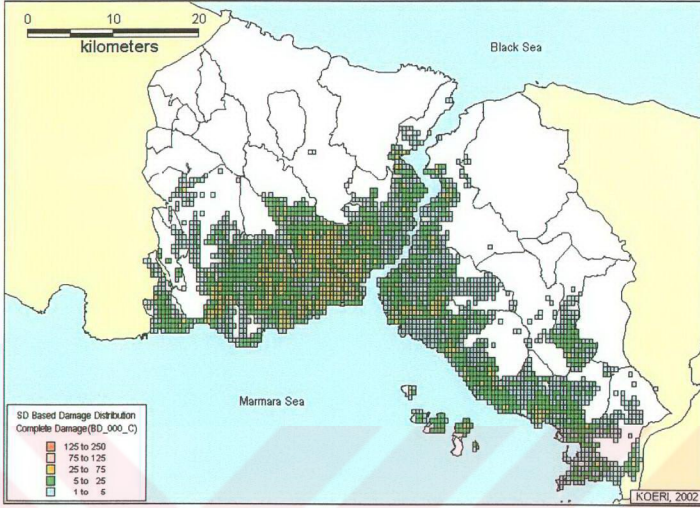
Düzey 3- İleri veri ve model analizi (Advanced data and model analysis)

Birinci ve ikinci düzey analizlere göre, daha ayrıntılı verilerin ve ilgili alanlarda özel çalışmalar sonucunda üretilmiş bilgilerin girdi olarak kullanıldığı bir düzeydir. Trafik, çevre yolları ve köprüler ile ilgili analizler, su dağıtım şebekeleri ile ilgili analizler bu düzeyde yapılmaktadır. Bu düzeyde, standart bir veri ve model analizi yaklaşımı yer almamaktadır. Bu analizlerle ilgili süre 6 ay ile 2 yıl arasında değişebilmektedir (HAZUS 1999).

Yöntemin uygulama prensibi basit adımlarla aşağıda olduğu gibi özetlenebilir.

- Çalışılan bölgenin seçilmesi (bir kent veya daha küçük ölçekte bir bölge olabilir)
- Senaryo depremin büyüklük ve konumuna karar verilmesi (faylar göz önüne alınmalıdır)
- Bölgesel zemin ve jeolojik durumu tanımlayan bilgilerin eklenmesi
- Yapı grupları, alt yapı sistemleri v.b. sistemlerle ilgili tanımlanmış bilgilerin derlenmesi
- Deprem tehlike hesaplarının zemine bağlı yer hareketleri cinsinden yapılması
- Belli spektral deplasmanlar için yapı sınıflarına ait hasarın ve insani kayıpların yazılımda yer alan hasar görülebilirlik verileri kullanılarak belirlenmesi
- Bir alt yazılımla olası yangın, su baskını ve tehlikeli madde yayılımının ve yıkım oranının belirlenmesi
- Ek yazılım setleri ile olası sosyal ve ekonomik kayıpların belirlenmesi

HAZUS, yukarıda yer alan hasar tahmini verilerinin iki ayrı coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan MapInfo® veya ArcView® kullanılarak etkin bir şekilde bir araya getirilmesini mümkün kılmaktadır. Yazılım yardımıyla kayıplar tablolar ve haritalar yardımı ile ortaya konabilmektedir.



Şekil 4.12 Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması'nda yer alan tamamen hasar görmüş yapıların dağılımı (spektral deplasman bazlı) (İBB, 2002)

4.4.2 Bir Yapının Hasar Görebilirliği

Önemli deprem riski taşıyan ülkelerde, tek yapı ölçeğinde yapılan hasar görebilirlik analizleri, özellikle kullanıcıların kullandıkları yapıların deprem dayanım düzeyini öğrenmek istemeleri, diğer yandan halkın ortak kullanımına açık yapıların (kamu yapıları, alışveriş merkezleri v.b.) performanslarının ortaya konması açısından önemlidir.

Bir yapının hasar görebilirliğinin “eksiksiz ve doğru” olarak tespit edilmesi oldukça uzun, zahmetli ve pahalı bir süreci gerektirmektedir. Bu süreçte kimi zaman özellikle strüktürel tespitlerde yapının taşıyıcı sistemine zarar verilebilir.

Bu nedenle sürecin ve maliyetin azaltılabilmesi, yapıya minimum zarar verilmesi ve yapıların sistematik bir biçimde hasar görebilirliklerinin tespit edilmesi amacıyla bazı yöntemler geliştirilmiştir.

Bu yöntemlerin oluşturulmasında en önemli temel yaklaşım, değerlendirme yönteminin aşamalar halinde oluşturularak, özellikle depreme dayanım özelliği yüksek yapıları ilk aşamada elemek, ilk aşamayı geçemeyen yapıları, ikinci veya daha üst aşamalarda gittikçe artan daha detaylı analiz süreçlerinin uygulanması ile deprem performansını olumsuz yönde etkileyen eksiklikleri belirlemeye çalışmaktır. Böyle bir yöntem bilim, hasar görebilirliğin

belirlenmesine yönelik uzun, zor ve karmaşık süreci, görece daha kısa, daha kolay ve daha ekonomik bir sürece dönüştürmektedir.

İlk aşama genellikle, Bölüm 4.3'te ele alınan yapının deprem performansını etkileyecek parametrelerin kontrol edilerek değerlendirilmesi esasına dayanırken, bu aşamada gerekli performans düzeyine ulaşamayan yapılar, sonraki aşamalarda statik, dinamik ve/veya daha detaylı analizleri yapılarak incelenmektedirler.

Kullanılan farklı yaklaşımlarda nitel, nicel veya nitel/nicel, farklı değerlendirme yöntemleri ön plana çıkmaktadır.

Yapının hasar görebilirliği ile ilgili yapılan nitel değerlendirme önemli şüpheler içeriyorsa, hasar görebilirliğin belirlenmesine yönelik nicel bir değerlendirme daha gerekli olmaktadır (Zacek, 2001).

Yapıların hasar görebilirliği depremin şiddetine bağlı olarak artmakta olduğundan, değerlendirmelerde dikkate alınacak sismik düzeyin de belirlenmesi gerekmektedir. Hasar görebilirlik yaklaşımlarında genellikle üç depremsellik düzeyi tanımlanmaktadır.

- Zayıf depremsellik (EMS 98'e göre VII şiddetinde depreme veya $a=1\text{m/s}^2$ zemin ivmesine denk gelmektedir)
- Orta depremsellik (EMS 98'e göre VIII şiddetinde depreme veya $a=2\text{m/s}^2$ zemin ivmesine denk gelmektedir)
- Kuvvetli depremsellik (EMS 98'e göre IX şiddetinde depreme veya $a=4\text{m/s}^2$ zemin ivmesine denk gelmektedir)

Yapı ölçeğinde ele alınan hasar görebilirlik değerlendirmelerinde yapılardan beklenen performans düzeyi de önemlidir. Farklı hasar görebilirlik yaklaşımlarında yapılardan beklenen performans düzeyleri farklıdır.

Performans düzeyi yapının kullanım amacına, önemine, konumuna, v.b. özelliklere bağlı olarak saptanabilir. Örneğin bir hastaneden beklenenecek performans düzeyi ile bir konuttan beklenecek performans düzeyleri aynı olmayabilir. Aşağıda bir yapıdan beklenebilecek iki farklı performans düzeyi örneği yer almaktadır.

- Yapının yıkılmaması (birçok yapı tipi için geçerli olabilecek bir performans düzeyidir. Genel yapı tipleri için deprem yönetmeliklerinin esası da buna göre oluşturulmuş olup, yapıların tamamen yıkılmaması koşuluyla bazı hasarları görmesine izin verilebilir.)

- Yapı fonksiyonunu sürdürmesi (yapının kullanım amacı gereği depremde sonra da fonksiyonunu sürdürmesi gerekmektedir. Örneğin hastane yapıları, kriz merkezleri v.b.)

Özellikle deprem riskinin yüksek olduğu ülkelerde, problemin karmaşıklığından dolayı farklı amaç ve ihtiyaçlara uygun, tek yapı ölçeğinde hasar görebilirliğinin tespit edilmesine yönelik çeşitli yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir.

4.5 Avrupa Makrosismik Skalası (European Macroseismic Scale, EMS-1998)

1998 yılında yürürlüğe giren Avrupa Makrosismik Skalası (EMS 1998–European Macroseismic Scale 1998), 1981 MSK skalasının geliştirilmiş bir versiyonudur. MSK skalası, hasar görebilirliğin ortaya konmasında yapıları yapım sistemi tiplerine göre sınıflayarak, daha basit bir yöntem izlerken, Avrupa makrosismik skalasında doğrudan hasar görebilirliğe yönelik daha detaylı bir sınıflandırmaya gidilmiştir.

Avrupa Makrosismik Skalasında yapının hasar görebilirliğinin açık bir şekilde ele alınması, işaret edilmesi gereken önemli bir yeniliktir (EMS 98).

İlk şiddet skalaları farklı yapı tiplerini kapsamamakta olup, genellikle coğrafi olarak sınırlı bölgeler için, konutlara yönelik olarak geliştirilmişlerdir. Sonraki şiddet skalaları, modern yapma çevrelere ve daha yaygın uygulanabilme amacıyla -Değişiklik Yapılmış Mercalli Skalası 1956, MSK Skalası 1964 - daha ayrıntılı olarak geliştirilmişlerdir. Buna göre yapılar, yapım sistemlerinin yatay yüklere dayanımlarına göre, yapı tipi temel alınarak farklı sınıflamalara ayrılmışlardır (EMS 98).

Avrupa Makrosismik Skalasında (EMS 1998), yapısal hasar görebilirlik 6 sınıf altında (A-F) tanımlanmaktadır. A-C arasındaki ilk üç sınıf sırasıyla tipik kerpiç yapıların (adobe house), tuğla yapıların (brick building) ve betonarme yapıların (reinforced concrete-RC) dayanıklılığına karşılık gelmektedir. Örneğin depreme dayanıklı tasarım (DDT) özelliği az olan bir betonarme yapının ortalama hasar görebilirlik düzeyi C'dir. D ve E sınıfları genellikle depreme dayanıklı tasarımları ve yapım kalitesi iyi ahşap yapıları (well-built timber) deprem sarsıntılarına karşı dayanımı yüksek olduğu bilinen takviyeli veya bağlı taş ve çelik strüktürleri (reinforced or confined masonry and steel structures) kapsamaktadır. F sınıfı ise DDT özelliği yüksek düzeyde olan yapıların dayanım kapasitelerini tanımlamak için kullanılmaktadır.

Herhangi bir yapının hasar görebilirlik sınıfını ortaya koyabilmek için öncelikle yapım sistemini bilmek gerekmektedir. Avrupa'daki yapım sistemleri hasar görebilirlik tablosunda (Çizelge 4.3) tanımlanmış olup, bu yapım sistemleri temel olarak kagir (masonry), betonarme

(RC), elik (steel) ve ahşap (wood) olarak sınıflandırılmıştır. EMS 1998’de yer alan yapım sistemleri aşağıda ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Hasar görebilirlik tablosunda en alt seviyede DDT özelliğı olmayan yapılar yer almaktadır. Bu seviyede yer alan yapıların bir bölümü mühendislik hizmeti almamış, diğ er bir bölümü ise özellikle depremselliğ in düşük olduğı bölgelerde DDT yönetmeliklerinin olmamasına veya veya bu yönetmeliklere uymanın zorunlu olmamasına rağmen mühendislik hizmeti almış yapıları kapsamaktadır.

İkinci seviyede, DDT özelliğı olan yapılar yer almaktadır. Bu seviyede yer alan yapıların yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmış ve inşa edilmiş olduğı kabul edilmektedir.

En üst seviyede yer alan yapıların özel sismik sistemlere sahip olması beklenmektedir (örneğin yalıtım sistemi).

DDT özelliğı olmayan betonarme yapım sistemleri ve DDT özelliğı az olan yapım sistemleri kolaylık olması amacıyla tek bir sınıf altında birleştirilmiştir. Bu tip yapıların hasar görebilirlik sınıfları C olup, çok özel durumlarda B sınıfına dahil edilmeleri gerekmektedir.

Deprem sırasında yatay elemanların yapının performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğı gerçeğı geçmişte göz ardı edilmiştir. Döşemelerin dayanıklılığı veya yatay elemanların rijitliğ e katkısı hasar görebilirlik üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle yapının içeriden döşemelerin ve yatay elemanların cinsini belirlemeye yönelik incelenmesi hasar görebilirliğ in doğru olarak belirlenmesinde önemlidir.

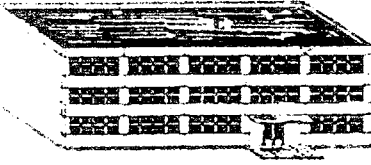
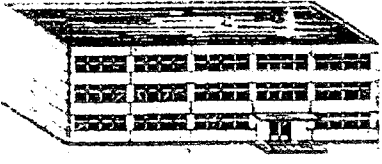
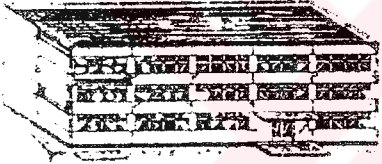
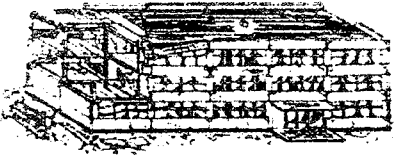
EMS 1998’de yapım sistemlerine göre hasar sınıflamaları ayrı tablolarda ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Çizelge 4.4’te betonarme yapıların hasar sınıflaması yer almaktadır. Buna göre farklı düzeylerde 5 temel hasar sınıfı yer almakta ve her düzeyde betonarme yapılarda oluşan hasarlar tanımlanmaktadır.

EMS 1998’de DDT özelliğı yetersiz seviyede olan betonarme yapı stoğ u için hasar görebilirlik sınıfı C olarak kabul edilmiştir. İstanbul’daki mevcut betonarme yapı stoğ unun büyük bölümünün C sınıfında olduğı kabul edilmektedir.

Çizelge 4.3 EMS 98’de yapım sistemlerine göre hasar görülebilirlik sınıfları tablosu (EMS, 98)

YAPIM SİSTEMİ		Hasargörebilirlik Sınıfları					
		A	B	C	D	E	F
MASONRY	moloz taş, arazi taşı (rubble stone, fieldstone)	○					
	kerpiç (adobe , earth brick)	○—|					
	basit taş simple stone	|-----○					
	kesme taş massive stone		|—○-----|				
	donatısız, imal taş üniteleri ile unreinforced, with manufactures stone units	|-----○-----|					
KAGIR	donatısız, betonarme döşemeler ile unreinforced, with RC floors		|—○-----|				
	donatılı veya bağlı reinforced or confined			|-----○—|			
BETONARME REINFORCED CONCRETE (RC)	depreme dayanıklı tasarım özelliği olmayan çerçeveler frame without earthquake resistant design (ERD)	|-----○-----|					
	orta seviyede depreme dayanıklı çerçeveler frame with moderate level of ERD		|-----○—|				
	yüksek seviyede depreme dayanıklı çerçeveler frame with high level of ERD			|-----○—|			
	depreme dayanıklı tasarım özelliği olmayan duvarlar walls without ERD		|-----○—|				
	orta seviyede depreme dayanıklı duvarlar walls with moderate level of ERD			|-----○—|			
	yüksek seviyede depreme dayanıklı duvarlar walls with high level of ERD				|-----○—|		
ÇELİK STEEL	çelik yapılar			|-----○—|			
AHŞAP WOOD	ahşap yapılar		|-----○—|				
○	en olası hasargörebilirlik sınıfı						
|	olası menzil						
-----	en zayıf olasılık, ender durumlarda						

Çizelge 4.4 EMS 98'de betonarme yapıların hasar sınıflaması (EMS,98)

BETONARME BİNALARIN HASAR SINIFLAMASI	
	Düzey 1 : İhmal edilebilir çok az hasar (strüktürel hasar yok, çok az strüktürel olmayan hasar) Çerçevelerin üzerinde veya duvar altlarında ince çizgisel çatlaklar Bölücü ve dolgu duvarlar üzerinde ince çatlaklar
	Düzey 2 : Orta seviyede hasarlar (çok az strüktürel hasar, orta seviyede strüktürel olmayan hasar) Kolon ve çerçeve kirişlerinde ve strüktürel duvarlarda çatlaklar Bölücü ve dolgu duvarlarda çatlaklar, duvar kaplamaları ve sıvalarda çatlama ve kırılmalar
	Düzey 3 : Ciddi derecede ağır hasarlar (orta seviyede strüktürel hasarlar, ağır strüktürel olmayan hasar.) Kolon ve kirişlerin birleşim yerlerinde çatlaklar, duvar birleşimlerinde bozulmalar. Beton kaplamalarda bozulmalar, betonarme kayıtlarda eğilmeler
	Düzey 4 : Oldukça ağır hasarlar (ağır strüktürel hasarlar, oldukça ağır strüktürel olmayan hasarlar) Basınca bağlı olarak strüktürel elemanlar üzerinde geniş çatlaklar nervürlü çeliklerde çatlamlar; kirişlerin donatı çubuklarında birarada tutulamama problemi, kolonlarda eğilmeler Bazı kolonlarda yıkılma
	Düzey 5 : Yıkılma (çok ağır strüktürel hasarlar) Alt katların veya bazı bina bölümlerinin yıkılması

Prof. Dr. Mustafa Erdik ve grubu tarafından gerçekleştirilen araştırmada betonarme yapılar için EMS 1998’de tanımlanan hasar seviyeleri, şiddet cetveline göre aşağıda olduğu gibi tanımlanmaktadır (Barka ve Er, 2002).

- Şiddet VI : C sınıfı az sayıda yapıda D1 seviyesinde hasar oluşur.
- Şiddet VII : C sınıfı az sayıda yapıda D2 seviyesinde hasar oluşur.
- Şiddet VIII : C sınıfı birçok yapıda D2, az sayıda yapıda D3 seviyesinde hasar oluşur.
- Şiddet IX : C sınıfı birçok yapıda D3, az sayıda yapıda D4 seviyesinde hasar oluşur.
- Şiddet X : C sınıfı birçok yapıda D4, az sayıda yapıda D5 seviyesinde hasar oluşur.

Yukarıda yer alan tanımlamalarda, “az sayıda yapı” yapıların %20’sini, “birçok yapı” ise yapıların %20 ile %60’ını ifade etmektedir.

Verilen senaryo depremi şiddet dağılımı haritası ile beraber bu hasar görülebilirlik bilgileri kullanılarak, senaryo depremi sonrasında meydana gelebilecek betonarme yapı hasarları ile ilgili nicesel bilgi edinilmesi mümkündür (Barka, 2002).

4.5.1 Avrupa Makrosismik Skalasında Yer Alan Yapım Sistemleri

Avrupa makrosismik skalasında yapım sistemleri kagir (masonry), betonarme (reinforced concrete), çelik (steel) ve ahşap (wood) olmak üzere 4 temel grupta sınıflandırılmıştır. Bu skalada yer alan yapım sistemleri, alt açılımları ve bu açılımlarla ilgili detaylı bilgiler, EMS 98’den Türkçeye çevrilerek aşağıya aktarılmıştır.

a. Kagir yapılar

- Moloz taş / Arazi taşı (Rubble stone / Fieldstone)

Bunlar geleneksel yapılar olup, temel yapı malzemesi moloz taştır. Oldukça ağırdırlar, genellikle kalitesi düşük harç kullanılmış olup, yatay yüklere karşı dayanımları düşüktür.

- Kerpiç / Toprak tuğla (Adobe / Earth brick)

Bu tip yapılar uygun kilin olduğu her yerde bulunabilir. Kerpiç evlerin yapım yöntemi oldukça geniştir bu nedenle, depremde farklı dayanma güçlerine sahiptir. Harcın kalitesi yapıların performansını olumlu yönde etkiler. Ahşap çerçeveli kerpiç evlerin performansı daha iyidir. Ahşap yüksek sünekliği nedeniyle performansı artırır.

- Basit taş (Simple stone)

Basit taş yapılar, birinci grupta bahsedilen taş yapılardan farklıdır. Bu yontulmuş taşlar, yapıların dayanma gücünü arttırmak için bazı tekniklere uygun olarak yerleştirilirler. Örneğin duvar köşelerinde bağlantı için daha geniş taş kullanmak gibi.

- Masif taş (Massive stone)

Çok geniş taşlarla yapılan yapılar genellikle anıtsal yapılar, kuleler, büyük sivil yapılar ile sınırlıdır. Bu yapılar genellikle önemli dayanma güçlerine sahip olup, bu onları daha yüksek hasar görebilirlik sınıflarına dahil eder (C veya çok iyi yapılmışsa D).

- Yığma kagir tuğla – Beton bloklar (Unreinforced brick - Concrete blocks)

Oldukça yaygın yapım sistemleri olup MSK skalasında “B” arketipi olarak tanımlanır. Eurocode 8’de “Manufactured Stone Units” başlığı altında tanımlanır. Uzmanlar tarafından çok zayıf olması nedeniyle A sınıfına dahil edilmiştir. Çok iyi yapılmış örnekleri ender görülür ve C sınıfına dahil edilirler. Yüksek standartlarda yaptırılmış büyük evler ve rüzgar yüküne karşı yatay dayanımın sağlandığı yapılar bu gruba girer.

Genellikle, hasar görebilirlik, yüzeydeki boşlukların yeri, sayısı ve boyutuna bağlıdır. Geniş boşluklar, boşluklar arasındaki küçük taşlar ve duvar boyunca düşey rijitliği sağlanmamış köşe taşları, yapının hasar görebilirliğinin artmasına neden olmaktadır. Bir diğer problem, iç ve dış kabuk arasında boşluk olması ve iki duvarın doğru olarak tutturulmaması durumunda, performansı olumsuz etkileyecek zayıf duvarların yaratılmasıdır.

- Betonarme döşemeli, yığma kagir tuğla (Unreinforced brick with RC floors)

Her ne kadar yapı duvarları en önemli yapı elemanları olarak görülseler de, yatay elemanlar, yatay yüklere karşı dayanımı sağlamada daha önemli görev üstlenmektedirler. Bu nedenle, konstrüksiyon tipi yığma kagir tuğla olsa da, döşemesi betonarme olan yapılar, normal tuğla konstrüksiyonlardan daha iyi performans gösterirler. Duvarların kirişli rijit döşemelerle birbirine bağlanması, duvarların açılıp devrilmesi ve birbirlerinden ayrılma riskini azaltır. Bu iyi performans ancak B.A. döşemenin doğru olarak strüktüre bağlandığı durumlarda gerçekleşir. İyi bağlanması durumunda, hasar görebilirlik C sınıfı, diğer durumlarda B sınıfı olarak tanımlanır.

- Donatılı tuğla (Reinforced brick)

Donatılı tuğla yapıda, demirler veya birbiri içine geçen çelikler (harç içinde) boşluklara iyice yerleştirilerek, kompozit bir malzeme özelliği sergileyerek dayanımı ve sünekliği yüksek duvar veya duvar sistemi yaratırlar.

b. Betonarme yapılar

Bu tip yapım sistemleri modern kentlerde çok yaygın olarak görülüp, görünüş, tasarım ve dayanıklılık bakımından çok değişken olduğu için basit bir rehber oluşturmak zordur. Hasar görülebilirlik tablosunda bu sınıflama “Depreme dayanıklı tasarım” (DDT) düzeyinde yapılmıştır.

- Betonarme çerçeve yapılar

Bu tip yapım sistemleri betonarme kolon ve kirişlerden oluşmuş çerçeve yapılardır. Betonarme yapılar düşey ve yatay her iki yüke de dayanıklıdır. Betonarme çerçevelerin davranışı kolon yüksekliği ve kirişin genişliği arasındaki orana, ayrıca kolon ve kirişlerin enkesit dayanımlarına bağlıdır. Zayıf kolon ve güçlü kirişlerin yatay yüklere karşı hasar görülebilirlik riski yüksektir. Betonarme çerçeve yapılardaki bozulma önemli hasarların oluşmasına neden olur. Geçmiş depremlerde gözlemlenen hasarlar, tipik tasarım hataları ve sık tekrarlanan hatalarla ilgili deneyim kazanılmasına yardımcı olur. Yapım sisteminin dayanım ve rijitliğini etkileyen yapı uzunluğu ve eni arasındaki farklardan kaçınılmalıdır. Bir yönde zayıflık (genellikle uzun doğrultuda) gözlenmesi durumunda, kolon kesitlerinin yükseklik ve genişlikleri arasındaki oran, aynı zamanda çerçeveler arasındaki bağ, dikkate alınmalıdır.

Birçok durumda, çerçeve ve dolgu duvarlar arasında süresiz bir bağlantı sistemin hasar görülebilirliğini artırabilir. Bu etkileşime bağlı olarak kolonlar ve mafsallar üzerinde öngörülme ekstre yüklerin ortaya çıkması söz konusu olabilir. Dolgu duvarlarda boşluklar ve “kısa kolon” etkisi gibi diğer düzensizlikler olması durumunda, kolonlarda kesme çatlakları oluşabilir.

Depreme dayanıklı tasarlanmış (DDT) betonarme çerçeve yapılarda hasar bölgeleri, kiriş bağlantılarının sonlarında öngörülmelidir. Kolonlarda veya kolon-kiriş bağlantı bölgelerinde hasara izin verilmemelidir.

Betonarme çerçevelerin, sismik hasar görülebilirliği, düzenlilik, süneklik, işçilik, kalite gibi birçok faktörden etkilenebilir. Betonarme çerçevelerin hasar görülebilirlikleri, yapı yüksekliği boyunca yanal rijitliğin süresizliğine bağlı olarak yükselmektedir. Zemin kat plan

düzlemindeki düzensizlikler sonucu oluşan hasarlar, rijitlik merkezinden çok uzakta oluşacaktır. Örneğin eğer bazı dış kolonlarda hasar oluşuyorsa, bu burulma etkisinin veya hasar görebilirlik riski yüksek bir çerçevenin göstergesidir.

- Betonarme perde yapılar

Bu tip yapıım sistemlerinde düşey taşıyıcı elemanlar genellikle perdelerdir. Uzunluğunun genişliğine oranı 4'ten fazla olan taşıyıcı elemanlar perde olarak nitelendirilir (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nca hazırlanan, 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre bu oran 1/7 dir).

Hasar görebilirlik duvarların devamsızlığına, duvarlarda açılan geniş boşluklara ve yükseklik boyunca geometrik biçimlenişe bağlı olarak değişir (zemin katta kaldırılan duvarlar – yumuşak kat).

Betonarme perde yapılar, betonarme çerçevelere göre daha rijittirler. Eğer perde duvarlar düzenli yerleştirilmemişlerse ve yapının dış yüzeylerine yakın değillerse, burulma etkileri sistemde kısmi hasarlara neden olabilir. Hasar görebilirlik tablolarına göre, bu tip strüktürler depreme dayanıklı tasarım ilkelerine uygun olarak yapılmamışlarsa C sınıfına, uygun olarak tasarlanmışlarsa D sınıfına dahil edilmektedirler.

Çekirdek sistemler, çerçeve, perde veya karma sistemlere göre daha az sünektir.

c. Çelik yapılar

Çelik çerçeve yapılar yüksek deprem performansı gösterir.

Özel bir tasarım gerektirmeden yapılan çelik çerçeve sistemlerde hasar görebilirlik sınıfı D dir. K biçimli çaprazlama elemanları kullanılması kolonları etkileyeceğinden deprem dayanımını düşürür bu durumda hasar görebilirlik sınıfı C dir. Birçok durumda, X ve V biçimli çaprazlama elemanları kullanılması durumunda sünek davranış artacağından hasar görebilirlik sınıfı E olarak tanımlanır. Özel olarak depreme dayanıklı tasarım ilkeleri uygulanarak yapılan yapılarda hasar görebilirlik sınıfı F olabilmektedir.

d. Ahşap yapılar

Ahşap yapıım sistemlerinin doğal esneklikleri hasarlara karşı önemli bir dayanım sağlar. Gevşek bağlantılar, ahşabın çürümesi, ahşap yapıların hasar görebilirliğini olumsuz yönde etkiler. Yanal dayanımı sağlayan strüktür sistemi dikkatli olarak düşünülmelidir. Eğer kolon-kiriş bağlantısı plakalar ile yapılacaksa, bağlantılar zayıf olacağından, yapının performansı zayıf olarak nitelenir. Bu tarz yapılar C sınıfına dahildir. Ahşap yapıların süneklikleri, bağlantılarının sünekliklerine bağlıdır.

4.6 Yapı Ölçeğinde Hasar görebilirliğin Belirlenmesine Yönelik Geliştirilmiş Farklı Değerlendirme Yaklaşımları

Hasar görebilirliğin belirlenmesine yönelik Dünyada ve Türkiye’de geliştirilmiş farklı değerlendirme yaklaşımları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

4.6.1 Mimarların Kullanımına Yönelik Basitleştirilmiş Yöntem (Fransa) / (Méthode Simplifié à l’Usage des Architectes (France))

Marseille-Luminy Mimarlık Okulu Profesörlerinden Milan Zacek tarafından geliştirilmiş, yapıların deprem performansını etkileyecek parametrelerin sadece görsel olarak değerlendirilmesine dayalı, maliyeti düşük ve hızlı bir yöntemdir.

Başlangıçta, Guadeloupe Şehircilik ve Bayındırlık Kurumu (Agence d’Urbanisme et d’Aménagement de la Guadeloupe - ADUAG) kullanımına yönelik hazırlanmış bir kılavuz olup, pilot bölgelerde mevcut yapı stoğunun depremlerde hasar görebilirliğinin görsel değerlendirmeye dayalı olarak ortaya konması öngörülmekteydi. Yöntem nicel bir doğrulamaya dayalı olarak tamamlanıp, geliştirildikten sonra, GEMITIS projesi çerçevesinde BRGM tarafından, Pointe-à -Pitre’de (Guadeloupe) ve Fort-de-France’ta (Martinique) yapıların hasar görebilirliğini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır (Zacek, 2001).

Her bir yapı için ortalama inceleme süresi yaklaşık 30 dakika olup, Çizelge 4.5’de yer alan rölöve fişinin doldurulması gerekmektedir.

Rölöve fişinde, yapı ile ilgili konstrüksiyon özellikleri, zemin durumu ve arazideki konumu ile ilgili hasar görebilirlik faktörleri yer almakta, bu faktörlerden ilgili olanların işaretlenmesi ayrıca yapının genel karakteristiklerinin tanımlanması ve yapıya ait kroki veya fotoğrafların eklenmesi gerekmektedir. Örnek doldurulmuş bir rölöve fişi çizelge 4.6’da yer almaktadır.

Yöntem de üç farklı sismik düzey (zayıf deprem, orta deprem ve kuvvetli deprem) ön görülmüş, her sismik düzey için yine üç farklı hasar düzeyi (az hasar, önemli hasar, çok ciddi hasar) tanımlanmıştır. Oluşturulan ikinci bir tablo (Çizelge 4.7), hasar görebilirliği etkileyen faktörlere ait tipik hasar çizimlerini ve farklı sismik düzeylerdeki olası hasar düzeylerini belirtmekte, rölöve fişi ile tespit edilen hasar görebilirlik faktörleri bu tabloya bakılarak değerlendirilmekte ve her sismik düzey için olası hasar düzeylerine ulaşılmaktadır. Bu tablodan elde edilen sonuçlar daha ayrıntılı bir çalışmaya gereksinim olup olmadığını ortaya koymaktadır.

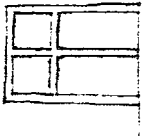
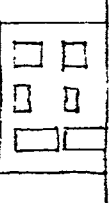
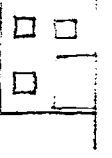
Çizelge 4.5 Rölöve fişi (Zacek, 2001a)

RÖLÖVE FİŞİ		
YERİ :		
GENEL KARAKTERİSTİKLER :		
Mal sahibi :		
Kullanıcı :		
En fazla kullanıcı sayısı :	Yapım yılı :	
Kullanılış amacı :	Oturma alanı (m2) :	
Kat sayısı :	Yükseklik (m) :	
Yapı tipi :	Dış duvar kalınlıkları :	
Çatı tipi :	Bodrum kat varlığı :	evet hayır
PLAN ve KESİTLER (kroki veya fotoğraflar)		
HASAR GÖREBİLİRLİK FAKTÖRLERİ		
1. Konstrüksiyon		
1.1. Karakteristikler		
Planda iki aksa göre simetri – planda tek aksa göre simetri – düzensiz biçim – oldukça uzun yapı – rijit bölgelerde asimetriklik – kolonlar üzerinde yapı – geri çekilerek oluşturulmuş katlar – çıkmalarla oluşturulmuş katlar – kısa kolonlar – çok narin kolonlar – zayıflatılmış köşeler – yatay/düşey şenaj bulunmaması – boşlukların çevresinde çerçeve olmaması – iskelet sistemde çapraz bağlantı elemanları yokluğu – ahşap iskelet sistemde devamsız kolonlar – konstrüktif elemanlar arasında kararsız bağlantılar – çapraz bağlantı elemanları olmayan konsollar – önemli çatı konsolları – teras çatı – yüksek ağır akroter – taş veya beton korkuluk – narin baca – 4 cm den daha az aralıklı komşu bina – diğer karakteristikler :		
1.2. Korunma durumu	normal – çok iyi – kötü	
1.3. Özetle depreme dayanıklılık değerlendirmesi :		
zayıf bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az – önemli – çok ciddi	
orta bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az – önemli – çok ciddi	
kuvvetli bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az – önemli – çok ciddi	
2. Zemin durumu		
sağlam kaya – bozuk veya çatlak kaya – kuru ve sıkı çakıllı kum ve kum – nemli çakıllı kum – kil veya sert marn – kil veya yumuşak marn – yumuşak alüvyonlar – gevşek kum – eski toprak dolgu – yeni toprak dolgu – su altında kalabilir arazi – diğer zeminler		
3. Araziye göre konumu		
Düz arazi – düzgün hafif eğim – düzgün dik eğim – eğimin değiştiği yere yakınlık – falez kenarı – tepe – sırt – alüvyon ve kaya arasında sınır çizgisinde – vadi – alüvyonlu vadi – plato – istinat duvarları yakınında – diğer durumlar :		
DİĞER BİLGİLER		
1. Gerekli daha ayrıntılı çalışma	evet	hayır
2. Gözlemler :		
3. Çalışmayı yapan kişi (isim, kurum)		
4. Çalışmanın yapıldığı tarih :		

Çizelge 4.6. Örnek doldurulmuş rölöve fişi (Zacek, 2001a)

RÖLÖVE FİŞİ	
YERİ : 124, rue Lautier 13100 Beaupuysege	
GENEL KARAKTERİSTİKLER :	
Mal sahibi : Mr. Francois Joli	Yapım yılı : 1980 - 1985 arası
Kullanıcı : Aynı	Oturma alanı (m ²) : 120
En fazla kullanıcı sayısı : 6	Yükseklik (m) : 3,20 - 8
Kullanış amacı : Konut	Dış duvar kalınlıkları : 30cm
Kat sayısı : 1 + Kolonlar üzerinde subesma	Bodrum kat varlığı : evet ☐ hayır ☒
Yapı tipi : B.A. Kolon - kiriş / Tuğla dolgu	
Çatı tipi : Düz çatı	
PLAN ve KESİTLER (kroki veya fotoğraflar)	
HASARGÖREBİLİRLİK FAKTÖRLERİ	
1. Konstrüksiyon	
1.1. Karakteristikler	
<u>Planda iki aksa göre simetri</u> - planda tek aksa göre simetri - düzensiz biçim - oldukça uzun yapı - rijit bölgelerde asimetriklik - <u>kolonlar üzerinde yapı</u> - geri çekilerek oluşturulmuş katlar - çıkıntılarla oluşturulmuş katlar - <u>kısa kolonlar</u> - <u>çok narin kolonlar</u> - zayıflatılmış köşeler - yatay/düşey şenaj bulunmaması - boşlukların çevresinde çerçeve olmaması - <u>iskelet sistemde çapraz bağlantı elemanları yokluğu</u> - ahşap iskelet sistemde devamsız kolonlar - konstrüktif elemanlar arasında kararsız bağlantılar - çapraz bağlantı elemanları olmayan konsollar - önemli çatı konsolları - teras çatı - yüksek ağır akroter - taş veya beton korkuluk - narin baca - 4 cm den daha az aralıklı komşu bina - diğer karakteristikler :	
1.2. Korunma durumu	normal ☐ çok iyi ☐ kötü ☐
1.3. Özetle depreme dayanıklılık değerlendirmesi :	
zayıf bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az - önemli ☐ çok ciddi ☒
orta bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az - önemli ☐ çok ciddi ☒
kuvvetli bir deprem olması durumunda, hasarlar :	az - önemli ☐ çok ciddi ☒
2. Zemin durumu	
sağlam kaya <u>bozuk veya çatlak kaya</u> - kuru ve sıkı çakıllı kum ve kum - nemli çakıllı kum - kil veya sert marn - kil veya yumuşak marn - yumuşak alüvyonlar - gevşek kum - eski toprak dolgu - yeni toprak dolgu - su altında kalabilir arazi - diğer zeminler	
3. Araziye göre konumu	
Düz arazi - düzgün hafif eğim - <u>düzgün dik eğim</u> - <u>eğimin değiştiği yere yakınlık</u> - falez kenarı - tepe - sırt - alüvyon ve kaya arasında - sınır çizgisinde - vadi - alüvyonlu vadi - plato - istinat duvarları yakınında - diğer durumlar :	
DİĞER BİLGİLER	
1. Gerekli daha ayrıntılı çalışma	☒ evet ☐ hayır
2. Gözlemler : Kolonlar üzerindeki kat, yatay stabiliteye katkıda bulunacak herhangi bir duvar sistemi bulunmuyor	
3. Çalışmayı yapan kişi (isim, kurum) Jean Serin, Beaupuysege Belediyesi	
4. Çalışmanın yapıldığı tarih : 25 Şubat 1993	

Çizelge 4.7 Hasar görülebilirliği etkileyen faktörlere ait tipik hasar çizimleri (Zacek, 2001a)

HASARGÖREBİLİRLİK FAKTÖRLERİ	TİPİK HASARLAR	ZAYIF DEPREM			ORTA DEPREM			KUVVETLİ DEPREM		
		az	önemli	çok ciddi	az	önemli	çok ciddi	az	önemli	çok ciddi
- ÇOK NARIN KOLONLAR			○				○			○
2. BOŞLUKLAR - ÇOK SAYIDA PENCERE VE KAPI BOŞLUĞU (TOPLAM BOŞLUK ALANI >%50 TAŞIYICI DUVAR ALANI)		○	○			○	○			○
- ZAYIFLATILMIŞ KOŞELER			○	○			○			○
3. TUĞLA DOLGU DUVARLI İSKELET SİSTEMLER		○				○				○

4.6.2 Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu Tarafından Mevcut Yapıların Hasar Görebilirliğinin Tespit Edilmesine Yönelik Geliştirilen Yöntem (Fransa) / (L'Association Française du Génie Parasismique (AFPS) - Vulnérabilité du Bati Existant (France))

Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu tarafından, 1995 yılından beri hasar görebilirlik çalışmaları kapsamında Fransa'da birçok şehirde yürütülen (Pointe-à-Pitre, Fort-de-France, Nice) ve aynı zamanda yabancı ülkelere elde edilen deneyimlere (Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Tunus, Türkiye) dayalı olarak geliştirilen bir yöntemdir (AFPS, 2002).

Teknik olarak, var olan yapı stoğunun hasar görebilirliğinin belirlenmesi sırasında veri toplama ile ilgili birçok problemle karşılaşmaktadır: temellerin tipi, mevcut donatı durumu vb. Bu zorlukları ortadan kaldırmak için yöntem önceden ortaya konan hasar görebilirlik faktörlerinin görsel analizi üzerine kurulmuştur (AFPS, 2002).

Normal riske sahip mevcut yapıların hasar görebilirliği'nin tespit edilmesine yönelik bu yöntem, nitel ve nicel olmak üzere iki düzeyli bir değerlendirme yöntemine sahiptir.

Nitel değerlendirme: Birinci düzey

Birinci düzeyde, yapının içten ve dıştan incelenmesi ile yapıya ait ayrıntılı hasar görebilirlik faktörlerini içeren form bu alanda eğitim almış bir uzman tarafından doldurulmaktadır (Çizelge 4.8). Bu formda yer alan her bir hasar görebilirlik faktörü için belirli bir sayısal değer atanmış olup, bu sayısal değerlerin toplanması ile bir K değeri elde edilmektedir. K değerinin 0-100 arasında aldığı farklı sayısal değerler farklı hasar görebilirlik düzeylerini tanımlamaktadır.

- Çok yüksek hasar görebilirlik düzeyi, $K > 100$
- Yüksek hasar görebilirlik düzeyi, $50 < K \leq 100$
- Orta hasar görebilirlik düzeyi, $25 < K \leq 50$
- Zayıf hasar görebilirlik düzeyi, $10 < K \leq 25$
- Çok zayıf hasar görebilirlik düzeyi, $K \leq 10$

Çizelge 4.8 Nitel değerlendirme formu (AFPS, 2002)

DEPREME DAYANIKLILIĞIN BELİRLENMESİNE YÖNELİK NİTEL DEĞERLENDİRME									
Binanın mal sahibi :									
Binanın isimlendirilmesi ve adresi :									
Yapım yılı :									
İnceleme tarihi :									
İncelemeyi yapan kişi :									
A Binanın Yerleşimi	1 Arazinin genel eğimi > %40 5				2 Eğimin yaklaşık değişimi D<2H Bina 15				Gözlemler
B Bina yakın çevresi	Yan yana binalar : aralık = 0 veya bir malzeme ile doldurulmuş 25				Komşu binalar ile aralık <2cm 2-4cm >4cm 25 10 5				
C Strüktür tipi	1 Tuğla blok duvarlar 15	2 Donatısız beton duvarlar 10	3 Betonarme duvarlar 5	4 Dolgu duvarsız kolon-kiriş iskelet 20	5 Dolgu duvarlı kolon-kiriş iskelet 25	6 Karma sis. Tuğla- iskelet 20	7 BA taşıyıcı prefabrike cephe panoları 10	8 BA taşıyıcı prefabrike iskelet 50	
D Plan biçimi	1 Düzensiz 5		2 Planın narınlığı L/f > 4 5		3 Çıkmalar ve geri çekilmeler 5				
E Düşey şekillenme	1 Katlarda çıkıntılar >2m 15	2 Cephelerde geri çekilmeler >% 40 20	3 Aynı katta döşeme yüksekliği farkları 10		4 Ağır döşeme veya çatının varlığı 10		5 Yatay çatı diyaframının eksikliği 20		
F Stabilite bağları	1 Rijitliğin gittikçe artan oranda değişmesi 0 - 100 (Formüle bakınız)		2 Simetrik olmama : burulma zayıf : 5 bellirgin : 50		3 x ve y doğrultularında stabilite elemanları eksikliği 100		4 x ve y doğrultularında perde karartılık elemanları yoğunluğu 0 - 100 (2. Formüle bakınız)		
G Kritik bölge veya elemanlar	1 Yüklerin L biçiminde aşağı iletimi 25	2 Stabiliteye katkıda bulunan kısa kolonların varlığı veya hareketi kısmen engellenen kolonlar 50	3 Narin kolonların varlığı 10		4 Kolonlarda delikler e > d/3 25	5 Kirişlerde delikler e > d/3 10	6 Düğüm nokt. da delikler e > d/3 50		
	7 Cephede zayıflatılmış bir köşenin varlığı 15	8 Kolon kiriş akslarının üst üste gelmemesi > c/2 10	9 Yatay diyaframlarda büyük boşluklar s > %10 S 10		10 Stabilite duvarlarında çerçeveler oluşturan şenajların eksikliği düşey : 25 yatay : 75				
H Diğerleri	1 Binanın korunma durumu orta : 10 kötü : 25		2 Taşıyıcı olmayan elemanların düşme riski 5			3 Taşıyıcı olmayan BA prefabrike cephe 10			
Toplam ceza puanı									

K>50 ise, nicel bir değerlendirme gereklidir. K<50 ise, tanımlanmış hasar seviyelerine (çok az hasar, hafif hasar, orta hasar, ağır hasar, yıkım) göre hasar görebilirlik düzeylerine (çok yüksek, yüksek, orta, zayıf, çok zayıf hasar görebilirlik düzeyi) karar verilebilir. 1,2,3,4,5 hasar seviyeleri, Avrupa Makrosismik Skalası'nda (EMS 92) tanımlanmış hasar seviyeleridir (Zacek, 2001).

$K < 50$ ise hasar seviyeleri arasındaki ilişki aşağıda yer almaktadır.

- Ortalama hasar görebilirlik düzeyi, $25 < K \leq 50$

Deprem şiddeti VII veya $a=0.1g$ ise hafif hasar

Deprem şiddeti VIII veya $a=0.2g$ ise orta hasar

Deprem şiddeti IX veya $a=0.4g$ ise ağır hasar

- Zayıf hasar görebilirlik düzeyi, $10 < K \leq 25$

Deprem şiddeti VII veya $a=0.1g$ ise ihmal edilebilir çok az hasar

Deprem şiddeti VIII veya $a=0.2g$ ise hafif hasar

Deprem şiddeti IX veya $a=0.4g$ ise orta hasar

- Çok zayıf hasar görebilirlik düzeyi, $K \leq 10$

Deprem şiddeti VII veya $a=0.1g$ ise ihmal edilebilir sıfır hasar

Deprem şiddeti VIII veya $a=0.2g$ ise ihmal edilebilir hafif hasar

Deprem şiddeti IX veya $a=0.4g$ ise hafif hasar

Nicel değerlendirme: İkinci düzey

$K > 50$ ise ikinci düzeyde nicel bir değerlendirmeye geçilmektedir.

Bu düzeyde yapı, hasar görebilirliğinin belirlenmesi amacıyla her türlü bilimsel yöntemin kullanıldığı ve deneylerin uygulandığı, farklı analiz süreçlerinden geçirilmektedir.

Nitel ve nicel değerlendirme sonrasında, aşağıda yer alan çizelgede ilgili yerler doldurularak hasar görebilirlik değerlendirmesine ulaşılmaktadır.

Çizelge 4.9 Hasar görebilirlik değerlendirme çizelgesi (AFPS, 2002)

DEPREM CİNSİ	HASAR SEVİYELERİ				
	İhmal edilebilir Çok hafif hasar	Hafif hasar	Orta Hasar	Ağır hasar	Yıkım
(VII) Zayıf (0.1g)					
(VIII) Orta (0.2g)					
(IX) Ağır (0.4g)					

4.6.3 FEMA 154 – Olası Deprem Tehlikelerine Karşı Yapıların Hızlı Görsel Değerlendirilmesi (ABD) / (FEMA 154 – Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (USA))

FEMA 154 – Olası Deprem Tehlikelerine Karşı Yapıların Hızlı Görsel Değerlendirilmesi El Kitapçığı, ATC-21 projesi altında 1988 yılında Federal Acil Yönetim Kurumu (FEMA – Federal Emergency Management Agency) tarafından Uygulamalı Teknoloji Kurumu'na (Applied Technology Council) hazırlattırılmış ve 2002 yılında yeni versiyonu yayınlanarak geliştirilmiştir.

Geniş bir kullanıcı grubu için geliştirilen bu yöntem, pahalı ve detaylı çalışmalara ihtiyaç duymadan görece daha hızlı ve daha ucuz uygulama yöntemi ile yapıların hasar görme olasılıklarının tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

El kitapçığı, hasar verici bir depremde, ciddi can kaybı veya yaralanma riski yaratabilecek veya hasar görerek kamu hizmetlerinin işleyişinde problem yaratabilecek yapıların teşhis edilmesini sağlayacak standart ve hızlı bir görsel değerlendirme yöntemi sunmaktadır [8].

Hızlı Görsel Değerlendirme (RVS – Rapid Visual Screening) yöntemi, hasar görebilirliği strüktürel analiz hesaplamalarına ihtiyaç duymadan tespit edebilecek şekilde düzenlenmiştir.

Yöntem, kullanıcının yanal yük dayanım sistemini ve bu yanal yük dayanım sisteminden beklenen performansı azaltabilecek yapıya ait özellikleri tanımlanmasına bağlı belirli bir puanlama sistemine sahiptir [8].

Yapıya ait veri toplama işlemi yaklaşık 15 dakika ile 30 dakika arasında değişmekte olup, toplanan veriler, incelemenin yapıldığı bölgenin sismik düzeyine ait veri toplama formuna işlenir (veri toplama formları, yüksek, orta ve zayıf olmak üzere üç farklı sismik düzeye göre oluşturulmuştur). Çizelge 4.10'da yüksek sismik düzeye ait veri toplama formu görülmektedir.

Elde edilen verilere dayanarak yapılan hesaplama sonucunda belirli bir sayısal değer elde edilir, bu sayısal değer önceden belirlenmiş sınır değer üzerinde ise, yapının depreme dayanım performansı yeterli olarak kabul edilir, elde edilen sayısal değer, sınır değer altında kalması durumunda yapı hakkında karar verebilmek için, uzmanların katıldığı, mühendislik analizlerinin yapıldığı daha detaylı ve daha kapsamlı bir analiz süreci gerekmektedir.

Çizelge 4.10 Yüksek sismik düzeye ait veri toplama formu [9]

Olası Deprem Tehlikelerine Karşı Yapıların Hızlı Görsel Değerlendirmesi
FEMA –154 Veri Toplama Formu

YÜKSEK Sismisite

															Adres.....																																																											
															Zip.....																																																											
															Diğer Özellikler.....																																																											
															Kat Adedi.....Yapım Yılı.....																																																											
															İnceleme Yapan.....Tarih.....																																																											
Toplam Kat Alanı.....																																																																										
Yapı İsmi.....																																																																										
Kullanıcı.....																																																																										
FOTOĞRAF																																																																										
Ölçek :																																																																										
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="5">KULLANIM AMACI</th> <th colspan="6">ZEMİN CİNSİ</th> <th colspan="4">DÜŞEBİLECEK ELEM.</th> </tr> <tr> <td>Kurum</td> <td>Resmi</td> <td>Ofis</td> <td colspan="2">Kullanıcı Sayısı</td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> <td>F</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Ticaret</td> <td>Tarihi</td> <td>Konut</td> <td>0-10</td> <td>11-100</td> <td>Sert</td> <td>Kaya</td> <td>Çok</td> <td>Sıkı</td> <td>Yumuşak</td> <td>Zayıf</td> <td>Baca</td> <td>Parapet</td> <td>Kaplama</td> <td>Diğer</td> </tr> <tr> <td>Acil S.</td> <td>Endüstriyel</td> <td>Okul</td> <td>101-1000</td> <td>1000+</td> <td>kaya</td> <td></td> <td>sıkı</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>															KULLANIM AMACI					ZEMİN CİNSİ						DÜŞEBİLECEK ELEM.				Kurum	Resmi	Ofis	Kullanıcı Sayısı		A	B	C	D	E	F	☐	☐	☐	☐	Ticaret	Tarihi	Konut	0-10	11-100	Sert	Kaya	Çok	Sıkı	Yumuşak	Zayıf	Baca	Parapet	Kaplama	Diğer	Acil S.	Endüstriyel	Okul	101-1000	1000+	kaya		sıkı							
KULLANIM AMACI					ZEMİN CİNSİ						DÜŞEBİLECEK ELEM.																																																															
Kurum	Resmi	Ofis	Kullanıcı Sayısı		A	B	C	D	E	F	☐	☐	☐	☐																																																												
Ticaret	Tarihi	Konut	0-10	11-100	Sert	Kaya	Çok	Sıkı	Yumuşak	Zayıf	Baca	Parapet	Kaplama	Diğer																																																												
Acil S.	Endüstriyel	Okul	101-1000	1000+	kaya		sıkı																																																																			
TEMEL PUAN, DEĞİŞTİRİCİLER VE SONUÇ PUAN, S																																																																										
YAPI TİPİ	Al1	Al2	Ç1 (MRF)	Ç2 (BR)	Ç3 (LM)	Ç4 (RC SW)	Ç5 (URM NF)	BA1 (MRF)	BA2 (SW)	BA3 (URM INF)	P1 (TU)	P2	YD1 (FD)	YD2 (RD)	YDZ																																																											
Temel Puan	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8																																																											
Orta Y. (4-7 kat)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0																																																											
Yüksek (>7 kat)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A																																																											
Düşey düzensizlik	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																																																											
Plan düzensizliği	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																											
Ön-Kod	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2																																																											
Son-Ölçütt	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A																																																											
C tipi zemin	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																											
D tipi zemin	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6																																																											
E tipi zemin	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8																																																											
SONUÇ PUAN, S																																																																										
YORUMLAR																																																																										
												Detaylı Değerlendirme Gerekli																																																														
												EVET HAYIR																																																														

A11: Ahşap iskelet (hafif) – A12: Ahşap iskelet (ticaret ve endüstri y.) – Ç1: Çelik iskelet (rijit) – Ç2: Çelik çaprazlama elemanlarla bağlanmış iskelet (rijit) – Ç3: Çelik iskelet (hafif) – Ç4: Çelik iskelet ve perde duvar – Ç5: Çelik iskelet ve kagir dolgu duvar – BA1: Betonarme iskelet – BA2: Betonarme perde – BA3: Betonarme iskelet ve kagir dolgu duvar – P1: Prekast betonarme perde – P2: Prekast betonarme iskelet – YD1: Donatılı yığma sistem (esnek) – YD2: Donatılı yığma sistem (rijit) – YDZ: Donatısız yığma sistem (esnek)

4.6.4 Yapıların Sismik Değerlendirmeye Dayalı Seçimine Yönelik El Kitabı (CNRC-Kanada) / (Manuel de Sélection des Bâtiments en vue de leur Évaluation Sismique (CNRC-Canada))

Bu yöntem, Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü (Conseil National de Recherches Canada) tarafından mevcut yapıların hasar görebilirliğinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiştir.

Değerlendirme, yapıların hasar görebilirliğini etkileyen mimari ve yapısal özelliklerin hızlı bir şekilde gözden geçirilmesi esasına dayanmakta olup, her yapı ile ilgili elde edilen veriler, sismik öncelik göstergesi diye tanımlanan sayısal sonuca ulaşmak amacıyla standart bir değerlendirme fişine işlenmektedir. 1990 Kanada Ulusal Deprem Yönetmeliği temel alınarak hazırlanan bu değerlendirme fişi iki sayfadan (Çizelge 4.12a ve Çizelge 4.12b) oluşmaktadır.

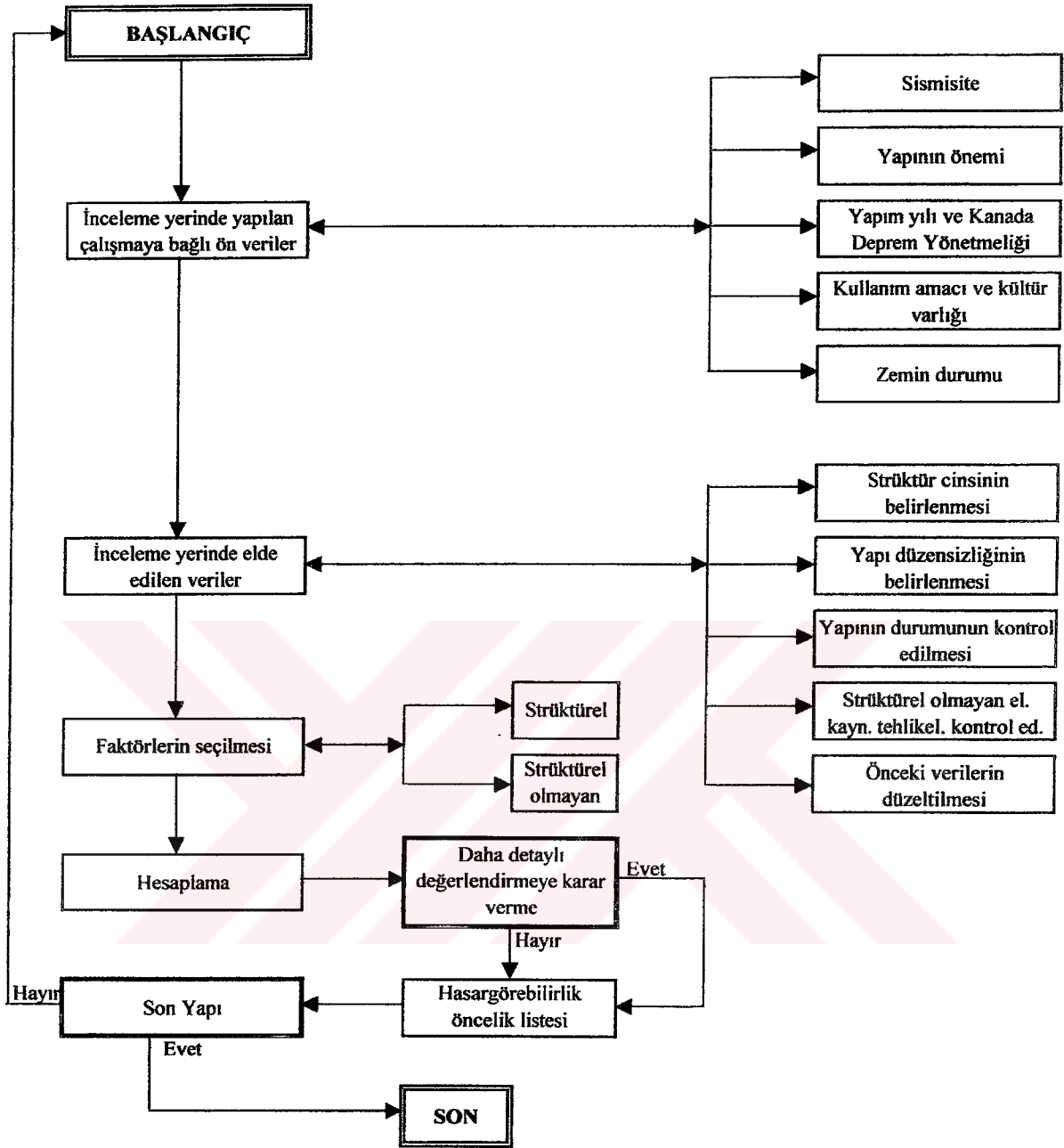
Veri toplamanın kalitesi ve eşbiçimliliği büyük oranda teknik personelin deneyimine bağlı olduğundan bunun sağlanabilmesi için teknik personelin yetiştirilmesine yönelik bir eğitim programı ön görülmüştür.

Yöntem, yapının deprem sırasındaki davranışını tehlikeye atacak biçimde değiştirmeye yönelik farklı parametrelerin (depremsellik, zemin durumu, taşıyıcı sistem (strüktürel), yapı düzensizliği ve diğer yapı elemanlarından (strüktürel olmayan) kaynaklanan) belirlenmesini ve bu parametrelere ait sayısal değerlerin tanımlanan denklemlere göre hesaplanmasını içermektedir. Yönteme ait süreç şeması Çizelge 4.11’de yer almaktadır.

Yapıya ait düzensizliklere ve eksikliklere bağlı hasar görebilirlik parametreleri aşağıda yer almaktadır (AFPS, 2002);

- düşey düzensizlik
- yatay düzensizlik
- kısa kolonlar
- yumuşak kat
- yapıların çarpışma riski
- önemli değişiklikler
- yıpranmalar
- yapı elemanlarının düşmesine bağlı riskler
- yapının işleyişine yönelik riskler

Çizelge 4.11 Yönteme ait süreç şeması (AFPS, 2002)



Çizelge 4.12a Sismik seçim formu birinci sayfa (AFPS, 2002)

SİSMİK SEÇİM FORMU				s.1/2	Yapı no:
Adres :			Posta kodu:		Yapı ismi :
Kat sayısı :	Toplam döşeme alanı :		m2	Yapım yılı	Kanada deprem yön.
Kullanım amacı (listeye bakınız s.2) :				KQRÖr varlığı:	
İnceleyen :			Tarih :		Denetçi :
Kroki			Foto		
STRÜKTÜR CİNSİ (ilgili tanımı işaretleyiniz) bkz. 4.3.2.			AR	YAPI DÜZENSİZLİĞİ (ilgili tanımlamayı işaretleyiniz) bkz 4.3.3.	
Ahşap	HAI	Hafif ahşap iskelet	90	1. Düşey düzensizlik	Yükseklik boyunca plan boyutlarında ani değişim (örneğin, eğime oturmuş yapı)
	AKK	Ahşap kolon kiriş		2. Yatay düzensizlik	L,V,E,T biçiminde düzensiz formlu yapılarda plan düzleminde rijitlik dışmerkezliği (ör., yapının tek yüzeyinde rijitliği sağlayan duvar)
Çelik	RÇİ	Rijit çelik iskelet	90	3. Kısa kolon	Kat yüksekliğinde hareketi engellenen kısa kolonlar (strüktür veya dolgu duvar tarafından)
	ÇÇİ	Çaprazlama çelik iskelet		4. Rijit olmayan kat	Açıklıklar veya kesmeye çalışan duvarların devam etmemesi nedeniyle rijitlikte önemli azalmalar
	HÇİ	Hafif çelik iskelet		5. Yapıların çarpışması	Binalar arasında yeterli boşluk olmaması 20 Zv x kat sayısı (mm)
	KÇİ	Kesmeye çal. beton duv. çelik isk.		6. Önemli değişiklikler	Fonksiyondaki veya kullandığındaki değişiklikler yapıya ek yükler getirebilmektedir
Beton	DÇİ	Dolgu duvarlı çelik iskelet	85	7. Yıpranma	Strüktürel elemanlarda bozulmalar (donatılarda korozyon, ahşap, beton v.b. malzemelerde bozulma)
	RBI	Rijit beton iskelet		8. Hiçbir düzensizlik yok	Yukarıda sıralanan hiçbir düzensizlik görülmemektedir
	KBD	Kesmeye çalışan beton duvarlar			
	DBİ	Dolgu duvarlı beton iskelet			
Yığma	PBI	Prefabrik beton iskelet	90		
	PBD	Prefabrik beton duvarlar			
	YDA	Donatılı yığma taşıyıcı duvarlar ahşap veya beton çatı döşeme si.			
	YDB	Donatılı yığma taşıyıcı duvarlar beton diyafram sistemi			
	DYD	Donatısız yığma taşıyıcı duvar			
STRÜKTÜREL OLMAYAN ELEMANLARDAN KAYNAKLANAN TEHLİKELER (ilgili tanımlamayı işaretleyiniz) bkz 4.3.3.					
F1 Yaşamsal Risk Dış: Bacalar, parapetler, taş veya prefabrik beton kaplamalar, sekirit camların dışındaki camlar, çıkış veya tretuar üzerindeki rüzgarlıklar, İç: Ağır elemanlar, tuğla bölme duvarlar, sekirit camların dışındaki camlar, raflar					
F2 Özel yapılarda işleyişe yönelik riskler İşleyişin devam etmesine yönelik kullanıcı veya yetkili kişi gereklilikler listesi hazırlayacaktır					

Çizelge 4.12b Sismik seçim formu ikinci sayfa (AFPS, 2002)

SİSMİK SEÇİM FORMU														s.2/2		Yapı no:		
SİSMİK ÖNCELİK GÖSTERGESİ (İlgili tanımları işaretleyiniz ve sağdaki sonucu giriniz. Belirsizlik olması durumunda yıldız işareti (*) koyunuz)																		
A	Sismisite	Kanada dep. yön.	Etkili sismik bölge (Z _v veya Z _v + 1 şartı Z _d > Z _v)										A=					
			2	3	4	5	6											
		65 öncesi	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0											
		65-85	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0											
		85 sonrası	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0											
B	Zemin durumu	Kanada dep. yön.	Zemin sınıfı										B=					
			Kaya veya sert zem.	Sert zem. >50m	Yumuşak zem.	Çok yum. zem. sıvılaşma olasıl.	Bilinmeyen zem.											
		65 öncesi	1,0	1,3	1,5	2,0	1,5											
		65 sonrası	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5											
C	Strüktür cinsi	Kanada dep. yön.	Konstrüksiyon tipi ve kısaltmaları (bkz. s.1)														C=	
			Ahşap		Çelik				Beton		Prefabrik		Tuğla dolgu duvar		Yığma			
			HAI	AKK	HÇİ	RÇİ	ÇÇİ	KÇİ	RBI	KBD	PBI	PBD	DÇİ	DBI	YDA	YDB		DYD
		70 öncesi	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5			
		70-AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5			
AR sonrası	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-					
D	Yapı düzensizliği	Kanada dep. yön.	1. Düşey	2. Yatay	3. Kısa kolon	4. Rijit olmayan kat	5. Yap. çarpışma riski	6. Değişiklikler	7. Yıpranma	8. Hiç	D= hepsi-nin çarpımı (max 4.0)							
		70 öncesi	1,3	1,5	1,5	2,0	1,3	1,3	1,3	1,0								
		70 sonrası	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0								
E	Yapının önemi	Kanada dep. yön.	Çok az sayıda kullanıcı N<10	Normal sayıda kullanıcı N=10-300	Okul veya çok sayıda kullanıcı N=301-3000	Çok fazla sayıda kullanıcı N>3000	Özel inceleme gerekliliği	E=										
		70 öncesi	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0											
		70 sonrası	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0											
		N= Kullanılan alan x kullanıcı sayısı x süre katsayısı* = =																
F	Kullanım amacı	m2 ye düşen kullanıcı sayısı		haftalık ortalama kullanım saati														
		1		5 _ 50		* Süre katsayısı haftalık kullanım saatinin 100'e bölünmesi ile elde edilir ve 1,0'i geçemez												
		0,2		50 _ 80														
		0,1		50 _ 60														
		0,05		100														
		0,01-0,02		100														
SG		STRÜKTÜREL GÖSTERGE = A x B x C x D x E =										SG =						
F	STRÜKTÜREL OLMAYAN ELEM. KAYNAK TEHLİKE	Tanımlar s:1				Hiç	Evet	Evet*	F= ma x (F ₁ x F ₂) =									
				KDY 70 öncesi		1,0	3,0	6,0										
				KDY 70 sonrası		1,0	2,0	3,0										
				Tüm zaman		1,0	3,0	6,0										
* sadece birinci sayfada bir/fiki tane işaretlenen olması durumunda : MÇİ, MBI, rijit olmayan kat, burulma																		
SOG		STRÜKTÜREL OLMAYAN GÖSTERGE = B x E x F =										SOG=						
SOG		SİSMİK ÖNCELİK GÖSTERGESİ = SG+SOG										SOG=						
Yorumlar																		

Yapının taşıyıcı sistem (strüktürel) özelliklerine ve diğer özelliklerine (strüktürel olmayan) ait parametrelere göre yapılan hesaplama sonucunda elde edilen toplam sayısal değer, sismik öncelik göstergesi olarak tanımlanmaktadır. Sismik öncelik göstergesinin nasıl hesaplandığı (4.1) denkleminde görülmektedir.

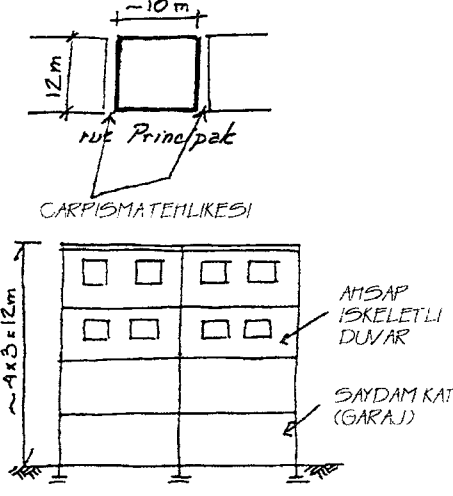
Sismik Öncelik Göstergesi = Strüktürel Gösterge + Strüktürel Olmayan Gösterge

$$\text{SÖG} = (A \times B \times C \times D \times E) + (B \times E \times F) \quad (4.1)$$

Sismik öncelik göstergesi (SÖG) yapının hasar görebilirliğini üç farklı düzeye göre ortaya konmaktadır. Elde edilen sayısal değer ne kadar büyük ise hasar görebilirlik önceliği o kadar artmaktadır. Buna göre, sayısal değer 10'un altında ise zayıf hasar görebilirlik önceliği (priorité faible), 10-20 arasında orta hasar görebilirlik önceliği (priorité moyenne), 20'den fazla ise yüksek hasar görebilirlik önceliği (priorité élevée) olarak tanımlanmıştır. Yüksek hasar görebilirlik önceliğine sahip yapılarda daha detaylı bir inceleme süreci öngörülmektedir. 30'un üzerinde puana sahip yapılar depremde potansiyel tehlikeli olarak kabul edilir.

Yöntemin çalışma prensibini daha iyi anlayabilmek için 4 katlı ahşap bir yapıya ait değerlendirmenin nasıl yapıldığı Çizelge 4.13a ve Çizelge 4.13b'de örnek olarak verilmektedir. Yapının taşıyıcı sistemi (strüktür cinsi) ahşap iskelet olup, zemin kat garaj olarak kullanıldığından bu katta rijitlik eksikliği görülmektedir. 10 metrelik yumuşak killi bir zemine oturan yapı 1926 yılında yapılmış olup, Kanada Deprem Yönetmeliği'ne göre 5. derece deprem bölgesinde (Türkiye'deki 2. derece deprem bölgesine eşdeğerdir) yer almaktadır.

Çizelge 4.13a Sismik seçim formu doldurulmuş örnek birinci sayfa (AFPS, 2002)

SİSMİK SEÇİM FORMU				s.1/2	Yapı no: /
Adres : <u>32 rue Principale</u>		Posta kodu:		Yapı ismi : —	
Kat sayısı : <u>4</u>	Toplam döşeme alanı : <u>480 m²</u>	Yapım yılı <u>1926</u>	Kanada deprem yön. —		
Kullanım amacı (listeye bakınız s.2) : <u>Habitation</u>			Kültür varlığı: —		
İnceleyen : <u>MJ</u>		Tarih : <u>92-03-18</u>		Denetçi : <u>HR</u>	
			Foto		
STRÜKTÜR CİNSİ (İlgili tanımları işaretleyiniz) bkz. 4.3.2.				YAPI DÜZENSİZLİĞİ (İlgili tanımlamayı işaretleyiniz) bkz 4.3.3.	
Ahşap	☒ HAI	Hafif ahşap iskelet	90	1. Düşey düzensizlik	Yükseklik boyunca plan boyutlarında ani değişim (örneğin, eğime oturmuş yapı)
	☒ AKK	Ahşap kolon kiriş		2. Yatay düzensizlik	L,V,E,T biçiminde düzensiz formlu yapılarda plan düzleminde rijitlik dışmerkezliği (ör., yapının tek yüzeyinde rijitliği sağlayan duvar)
Çelik	☐ RÇİ	Rijit çelik iskelet	90	3. Kısa kolon	Kat yüksekliğinde hareketi engellenen kısa kolonlar (strüktür veya dolgu duvar tarafından)
	☐ ÇÇİ	Çaprazlama elemanlı çelik iskelet		4. Rijit olmayan kat	Açıklıklar veya kesmeye çalışan duvarların devam etmemesi nedeniyle rijitlikte önemli azalmalar
	☐ HÇİ	Hafif çelik iskelet		5. Yapının çarpışması	Binalar arasında yeterli boşluk olmaması 20 Zv x kat sayısı (mm)
	☐ KÇİ	Kesmeye çal. beton duv. çelik isk.		6. Önemli değişiklikler	Fonksiyondaki veya kullandığındaki değişiklikler yapıya ek yükler getirebilmektedir
Beton	☐ DÇİ	Dolgu duvarlı çelik iskelet	85	7. Yıpranma	Strüktürel elemanlarda bozulmalar (donatılarda korozyon, ahşap, beton v.b. malzemelerde bozulma)
	☐ RBİ	Rijit beton iskelet		8. Hiçbir düzensizlik yok	Yukarıda sıralan hiçbir düzensizlik görülmemektedir
	☐ KBD	Kesmeye çalışan beton duvarlar			
	☐ DBİ	Dolgu duvarlı beton iskelet			
Yığma	☐ PBI	Prefabrik beton iskelet	90		
	☐ PBD	Prefabrik beton duvarlar			
	☐ YDA	Donatılı yığma taşıyıcı duvarlar ahşap veya beton çatı döşeme si.			
	☐ YDB	Donatılı yığma taşıyıcı duvarlar beton diyafram sistemi			
	☐ DYD	Donatısız yığma taşıyıcı duvar			
STRÜKTÜREL OLMAYAN ELEMANLARDAN KAYNAKLANAN TEHLİKELER (İlgili tanımlamayı işaretleyiniz) bkz 4.3.3.					
F1 Yaşamsal Risk Dış: Bacalar, parapetler, taş veya prefabrik beton kaplamalar, sekurit camlarının dışındaki camlar, çıkış veya tretuar üzerindeki rüzgarlıklar, İç: Ağır elemanlar, tuğla bölme duvarlar, sekurit camların dışındaki camlar, raflar					
F2 Özel yapılarda işleyişe yönelik riskler İşleyişin devam etmesine yönelik kullanıcı veya yetkili kişi gereklilikler listesi hazırlayacaktır					

Çizelge 4.13b Sismik seçim formu doldurulmuş örnek ikinci sayfa (AFPS, 2002)

SİSMİK SEÇİM FORMU															s.2/2		Yapı no: /	
SİSMİK ÖNCELİK GÖSTERGESİ (İlgili tanımları işaretleyiniz ve sağdaki sonucu giriniz. Belirsizlik olması durumunda yıldız işareti (*) koyunuz)																		
A	Sismisite	Kanada dep. yön.	Etkili sismik bölge (Z _y veya Z _y + 1 şayet Z _a > Z _y)												A= 3,0			
			2	3	4	5	6											
		65 öncesi	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0											
		65-85	1,0	1,0	1,3	1,5	2,0											
		85 sonrası	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0										
B	Zemin durumu	Kanada dep. yön.	Zemin sınıfı												B= 2,0			
			Kaya veya sert zem.	Sert zem. >50m	Yumuşak zem.	Çok yum. zem. sivilaşma olasıl.	Bilinmeyen zem.											
		65 öncesi	1,0	1,3	1,5	2,0	1,5											
		65 sonrası	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5											
C	Strüktür cinsi	Kanada dep. yön.	Konstrüksiyon tipi ve kısaltmaları (bkz. s.1)															C= 1,2
			Ahşap		Çelik				Beton		Prefabrik		Tuğla dolgu duv		Yığma			
			HAI	AKK	HÇİ	RÇİ	ÇÇİ	KÇİ	RBI	KBD	PBI	PBD	DÇİ	DBI	YDA	YDB	YD	
		70 öncesi	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5	3,5			
		70-AR	1,2	2,0	1,0	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	1,5	2,0	1,5	3,5			
		AR sonrası	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-			
D	Yapı düzensizliği	Kanada dep. yön.	1. Düşey	2. Yatay	3. Kısa kolon	4. Rijit olmayan kat	5. Yap. çarpışma riski	6. Değişiklikler	7. Yıpranma	8. Hiç	D= 3,7 hepsi- nin çarpımı (max 4.0)							
		70 öncesi	1,3	1,5	1,5	2,0	1,3	1,3	1,3	1,0								
		70 sonrası	1,3	1,5	1,5	1,5	1,3	1,0	1,3	1,0								
	Yapının önemi	Kanada dep. yön.	Çok az sayıda kullanıcı N<10	Normal sayıda kullanıcı N=10-300	Okul veya çok sayıda kullanıcı N=301-3000	Çok fazla sayıda kullanıcı N>3000	Özel inceleme gerekliliği	E= 1,0										
		70 öncesi	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0											
		70 sonrası	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0											
E	Kullanım amacı	N= Kullanılan alan x kullanıcı sayısı x süre katsayısı* = 360 x 0,05 x 1,0 = 18																
		m2 ye düşen kullanıcı sayısı					haftalık ortalama kullanım saati											
		Toplantı yeri					5 _ 50											
		Ticari birim					50 _ 80											
		Büro, okul, fabrika					50 _ 60											
		Konut					100											
Depo					100													
* Süre katsayısı haftalık kullanım saatinin 100'e bölünmesi ile elde edilir ve 1,0'i geçemez																		
SG		STRÜKTÜREL GÖSTERGE = A x B x C x D x E =										SG = 26,6						
F	STRÜKTÜREL OLMAYAN ELEM. KAYNAK TEHLİKE		Tanımlar s:1				Hiç	Evet	Evet*	F= ma x (F ₁ x F ₂) = 3,0								
	F ₁ Özel objelerin düşmesine bağlı risk				KDY 70 öncesi	1,0	3,0	6,0										
					KDY 70 sonrası	1,0	2,0	3,0										
	F ₂ Temel işleyişe yönelik riskler		Tüm zaman		1,0	3,0	6,0											
* sadece birinci sayfada bir/iki tane işaretlenen olması durumunda : MÇİ, MBI, rijit olmayan kat, burulma																		
SOG		STRÜKTÜREL OLMAYAN GÖSTERGE = B x E x F = 2,0 x 1,0 x 3,0										SOG= 6,0						
SÖG		SİSMİK ÖNCELİK GÖSTERGESİ = SG+SOG 26,6+6,0										SÖG= 32,6						
Yorumlar																		

4.6.5 FEMA 310 – Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesine Yönelik El Kitabı (Amerika) / (FEMA 310 – Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings (USA))

Amerika İnşaat Mühendisleri Kurumu (ASCE - The American Society of Civil Engineers) Federal Acil Yönetim Kurumu (FEMA – Federal Emergency Management Agency) ile “FEMA 178 – NEHRP Mevcut Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesine Yönelik El Kitabı”nın ön standarta dönüştürülmesi amacıyla bir anlaşma imzalamış, Ocak 1998 yılında tamamlanan bu çalışma “FEMA 310 – Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesine Yönelik El Kitabı” ismiyle bir ön standart olarak yayınlanmıştır.

Son depremlerle ilgili çalışmaların ve geçmiş yöntemlerin bir araya getirilerek günümüze uyarlandığı bir yaklaşımdır.

Değerlendirme FEMA 178’den farklı olarak iki performans düzeyine göre yapılmaktadır. FEMA 178 sadece “Can Güvenliği Performansı” nı göz önüne alırken, FEMA 310’da buna ek olarak “Fonksiyon Sürekliliği Performansı” da sağlanmaya çalışılmaktadır.

FEMA 310’da üç evreli bir değerlendirme süreci öngörülmektedir. Bu evreler;

Evre I: Eleme Evresi

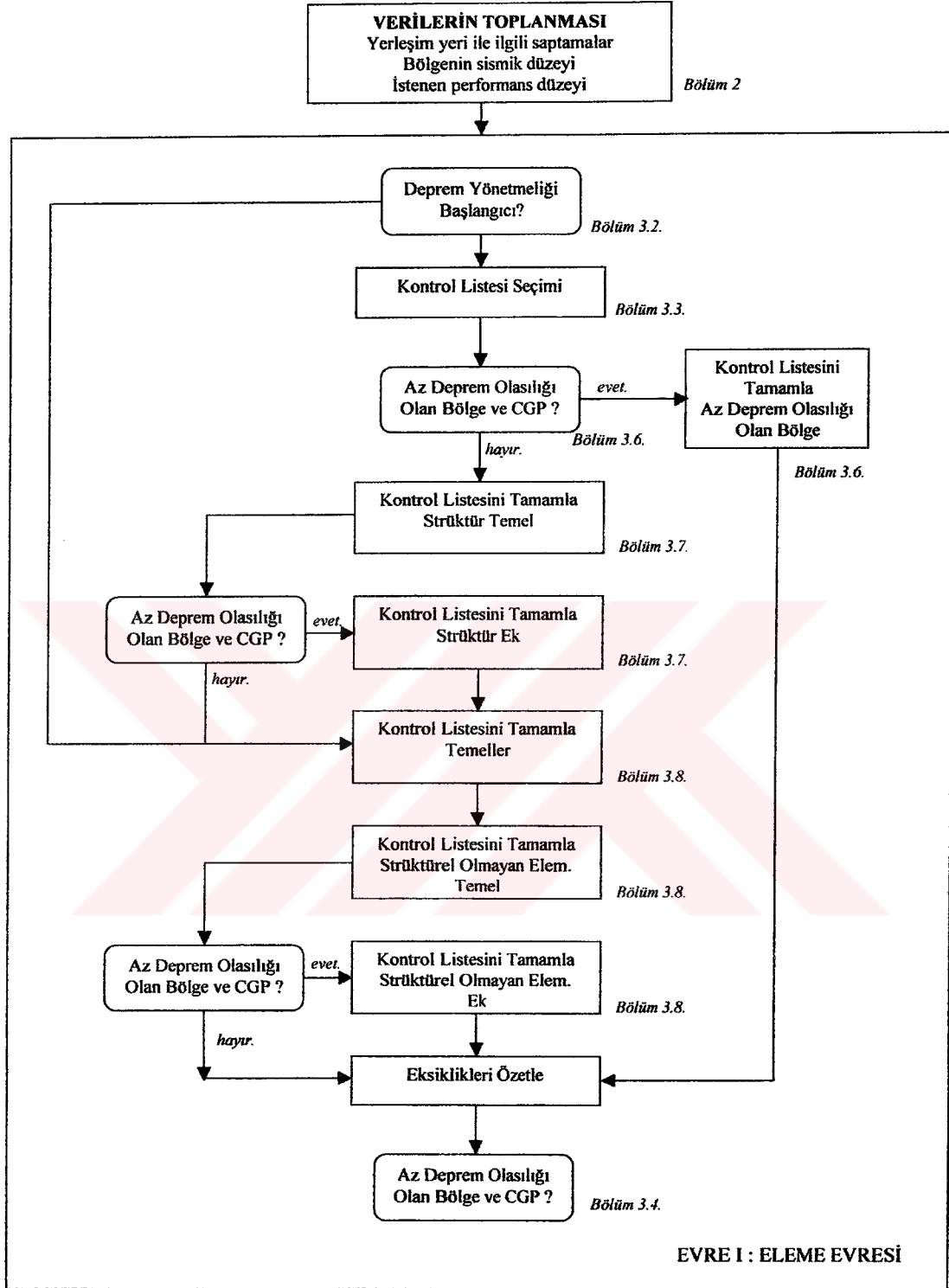
Evre II: Bütünsel Analiz Evresi

Evre III: Detaylı Analiz Evresidir.

Evre I: Eleme evresi

Eleme evresinin amacı el kitapçığında yer alan koşulları sağlayan yapıları hızlı bir şekilde belirlemek aynı zamanda yapının potansiyel eksiklikleri ve davranışı ile ilgili bilgi edinmektir (FEMA 310, 1998). Birinci evreye ait değerlendirme sürecini içeren şema Çizelge 4.14’de görülmektedir.

Çizelge 4.14 Birinci evre değerlendirme süreci şeması (FEMA 310, 1998)



FEMA 310’da belirtilen yönetmeliklere (standartlara) uygun olarak tasarlanmış ve yapımı gerçekleştirilmiş olan yapıların, birinci değerlendirme evresindeki incelemeleri sadece temellere ait kontrol listelerine ve strüktürel olmayan elemanlara ait kontrol listelerine göre yapılmaktadır. Belirtilen tarihteki yönetmeliklere (standartlara) uygun olarak yapılmamış yapıların incelemeleri ise yukarıda bahsedilen kontrol listelerine ek olarak, taşıyıcı sisteme (strüktüre) ait temel ve taşıyıcı sisteme (strüktüre) ait ek listeleri de içermektedir.

FEMA 310’da, farklı özelliklere bağlı olarak (sismik düzey, performans düzeyi, az deprem olasılığı olan bölge), değerlendirmede hangi kontrol listesinin ve/veya listelerinin kullanılacağı tanımlanmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 Birinci evre için gerekli kontrol listeleri (FEMA 310, 1998)

Deprem Bölgesi – Sismik Düzey	Performans Düzeyi	Kontrol Listeleri					
		Az Deprem Olasılığı Olan Bölge	Strüktür Temel	Strüktür Ek	Zemin ve Temeller	Strüktürel Olmayan Elemanlar Temel	Strüktürel Olmayan Elemanlar Ek
Zayıf	CGP	x					
	FSP		x		x	x	
Orta	CGP		x		x	x	
	FSP		x	x	x	x	x
Kuvvetli	CGP		x	x	x	x	
	FSP		x	x	x	x	x

Çizelge 4.15’de yer alan kontrol listeleri her strüktür cinsi için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Örneğin FEMA 310’da C3 olarak tanımlanan “Kagir Dolgu Duvarlı Beton Çerçeveler” ile ilgili “Strüktüre değin temel” kontrol listeleri Çizelge 4.16a - 4.16b - 4.16c’de ve “Strüktüre değin ek” kontrol listeleri Çizelge 4.17a - 4.17b’de yer almaktadır.

Kontrol listeleri incelendiğinde her parametrenin önünde işaretlenebilecek üç farklı seçenek olduğu görülmektedir. “Uygun” seçeneği (U) ile, “Uygun Değil” seçeneği (UD) ile ve “Geçerli Değil” seçeneği (GD) ile tanımlanmış olup, değerlendirmeyi yapan kişi tarafından bu seçenekler arasında bir tercih yapılmalıdır.

Uygun (U), parametrenin bu el kitabında tanımlanan ölçüt açısından kabul edilebilir olduğunu, uygun değil (UD) ise daha fazla incelemeye ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bazı parametreler, değerlendirme yapılan binalar için geçerli değildir bu durumda (GD) seçeneğinin işaretlenmesi gerekmektedir. Uygun değil (GD) durumunda profesyoneller “Evre II-Bütünsel Analiz Evresi” değerlendirme sürecini kullanarak ek bir değerlendirme yolu seçeceklerdir.

“Evre I – Eleme Evresi”nde her parametrenin tanımı yer almakta ve “Uygun Değil” (UD) seçeneği durumunda, “Evre II – Bütünsel Analiz Evresi”nde hangi madde ile bağlantılı olduğu belirtilmektedir. (Örnek: Evre II – Madde 4.3.3.1)

“Evre II – Bütünsel Analiz Evresi”ndeki parametre ile ilgili madde bu evrede nasıl bir analiz yolu izleneceğini tanımlamaktadır.

Evre II: Bütünsel Analiz Evresi

“Evre I” de basitleştirilmiş bir doğrusal değerlendirme yöntemi kullanılarak, hasar görme olasılığı bulunan ve bulunmayan yapılar tespit edilmeye çalışılmaktadır.

“Evre II” de ise hasar görme olasılığı bulunan yapılar, hasar görebilirlik parametrelerine bağlı olarak, statik veya dinamik lineer veya lineer olmayan bir değerlendirme süreci geçirmektedirler. Bu değerlendirme sürecinin yöntemleri ve bileşenleri el kitabında açıklanmaktadır.

Ayrıca kat adetlerine göre bazı yapıların, “Evre I” e uygun olsalar bile standartta belirtilen kat adetlerinden daha fazla kat adetine sahip olmaları durumunda “Evre II” de ve/veya “Evre III”te değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Evre III: Detaylı Analiz Evresi

“Evre I” ve “Evre II” süreçleri, değerlendirme yöntemlerinin basitleştirilmiş varsayımlara dayalı olmalarından dolayı daha sınırlıdır. Daha detaylı ve daha hassas değerlendirme yöntemleri, yapı ve yapı bileşenleri ile ilgili Evre I ve Evre II’de tanımlanan eksikliklerin değerlendirilmesi ve deprem kuvvetlerine dayanımın belirlenmesi bakımından daha yüksek bir kesinliğe sahip olacaktır (FEMA 310, 1998).

“Evre I” ve “Evre II”de kullanılan değerlendirme yöntemlerinden daha detaylısı ancak sürecin tasarıma adapte edilmeye çalışılmasını gerekli kılmaktadır” (FEMA 310, 1998).

“Evre III”, yapının bütününe uygulanmakta olup bu süreçte, yapının analizi (yön, kapasite, form, boyutlar, taşıyıcı sistem, strüktürel olmayan elemanlar, v.b.), yerleşim yeri analizi (topografya, depremsellik, zemin tipi v.b.), malzeme özellikleri, zayıf noktalar, hesaplamalar ile ilgili detaylı bir analiz süreci yer almaktadır.

Çizelge 4.16a Kagit dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar strüktüre değin temel kontrol listesi (FEMA 310, 1998)

3.7.10. C3 tipi yapılar için strüktüre değin temel kontrol listesi : Kagit Dolgu Duvarlı Betonarme İskelet Yapılar

Birinci evre de her parametre uygun (U), uygun değil (UD) veya geçerli değil (GD) olarak işaretlenmelidir. Uygun (U), parametrenin bu el kitabında tanımlanan ölçüt açısından kabul edilebilir olduğunu, uygun değil (UD) ise daha fazla incelemeye ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bazı parametreler, değerlendirme yapılan binalar için geçerli değildir. Uygun değil (UD) durumunda profesyoneller “Evre 2” değerlendirme sürecini kullanarak ek bir değerlendirme yolu seçeceklerdir. Her parametrenin sonunda yer alan parantez içindeki madde numaraları “Evre 2” değerlendirme sürecinde ait olduğu yeri göstermektedir.

U= Uygun

UD= Uygun değil

GD= Geçerli değil

CGP = Can Güvenliği Performansı

FSP = Fonksiyon Sürekliliği Performansı

Tanım : Yerinde dökme betonarme kolon-kiriş iskelet sisteminden oluşan en eski strüktür tipidir. Tavanlar ve çatı yerinde dökme betonarme plaklardan oluşmaktadır. Duvarlar pişmiş dolu tuğla, beton blok veya delikli tuğla gibi dolgu duvar elemanlarından oluşturulmuştur. Bu tip bir strüktürün deprem performansı dolgu duvarlar ile çerçeve arasındaki bağlantının performansına bağlıdır. Sistemin bütünleşik performansı çerçeve sistemden çok, perde duvar sistemine benzemektedir. Sağlam bir şekilde oluşturulmuş dolgu duvarlar köşegen basınç karşısında çerçeve sistemin elemanları arasındaki desteği arttırmaktadır. Dolgu duvarların mukavemeti, malzemenin bağlantı özelliğinden kaynaklanan kesme kuvvetine ve desteğin basınç kapasitesine bağlı olarak sınırlıdır. Betonarme kolonların kesme mukavemeti, dolgu duvarların çatlayıp yarılmasından sonra, sistemin yarı sünük davranışını sınırlandırabilir. Betonarme döşemeden oluşan diyaframlar, duvarlara göre daha rijittirler.

Temel Strüktür

- U-UD-GD : **YÜKLERİN İLETİMİ :** CGP ve FSP düzeyleri için, strüktür herhangi bir yatay doğrultuda, atalet kuvvetlerinin yukarıdan aşağıya iletilmesine hizmet etmek amacıyla en az bir tane iletim yolu sunmalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.1.1)
- U-UD-GD : **ASMA KATLAR :** Asma katların, ana strüktürden bağımsız olarak kararlılığı sağlanmalı veya temel düşey stabilite elemanlarına ankre edilmelidir. (Evre 2:Madde 4.3.1.3)
- U-UD-GD : **ZAYIF KATLAR :** CGP ve FSP düzeyleri için, yatay yükler karşısında, her katın altındaki ve üstündeki kata göre mukavemeti %80’inden daha az olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.2.1)

Çizelge 4.16b Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar strüktüre değin temel kontrol listesi sayfa 2 (FEMA 310, 1998)

- U-UD-GD : **ESNEK KATLAR** : CGP ve FSP düzeyleri için, kararlılık elemanları sisteminin rijitliği komşu katların %70'inden az olmamalıdır. Üst ve alt dahil olmak üzere üç katın rijitliğinin ortalamasının %80'inden az olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.2.2)
- U-UD-GD : **GEOMETRİ** : CGP ve FSP düzeyleri için, kararlılık elemanlarının yatay boyutları komşu kararlılık elemanlarının boyutlarından %30'dan fazla değişmemelidir. Geri çekilerek oluşturulmuş katlar hariç. (Evre 2:Madde 4.3.2.3)
- U-UD-GD : **DÜŞEY DEVAMSIZLIK** : Bütün düşey kararlılık elemanları temele kadar devam etmelidir. (Evre 2:Madde 4.3.2.4)
- U-UD-GD : **KÜTLE** : CGP ve FSP düzeyleri için mevcut yük, bir kattan diğerine %50'den fazla değişmemelidir. (Evre 2:Madde 4.3.2.5)
- U-UD-GD : **BURULMA** : Bütün yönlerde rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi arasındaki mesafe bina genişliğinin %20'sinden fazla olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.2.6)
- U-UD-GD : **BETONUN BOZULMASI** : Düşey ve yatay yüklere karşı mukavemeti sağlayan beton veya donatı elemanları üzerinde hiçbir gözle görülür bozulma olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.3.4)
- U-UD-GD : **DUVAR ELEMANLARI** : Duvar elemanları üzerinde gözle görülür hiçbir bozulma olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.3.7)
- U-UD-GD : **DUVAR BİRLEŞİMLERİ** : Birleşimi sağlayan harç, el veya metal bir alet yardımıyla kolayca kazınmamalı ve aşınmış harç olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.3.8)
- U-UD-GD : **DOLGU DUVARLARDA ÇATLAKLAR** : Dolgu duvar boyunca CGP düzeyi için 1/8" ten, FSP düzeyi için 1/16" ten daha fazla köşegen çatlak, bağlantı noktası boyunca FSP ve CGP düzeyleri için 1/8" ten, FSP düzeyi için 1/16" ten daha fazla çatlak olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.3.12)
- U-UD-GD : **KOLON SINIRLARINDA ÇATLAKLAR** : Dolgu duvarlara bitişik kolonların sınırlarında CGP düzeyi için 1/8" ten, FSP düzeyi için 1/16" ten daha fazla köşegen çatlak olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.3.3.13)

Yanal Yük Dayanım Sistemi

- U-UD-GD : **HİPERSTATİKLİK** : CGP ve FSP düzeyleri için asal iki yönde de perde duvar sayısı 2 veya 2'den fazla olmalıdır. (Evre 2:Madde 4.4.2.1.1)
- U-UD-GD : **KESME GERİLMELERİ KONTROLÜ** : Donatılı kagir duvarlarda gerilmeler, açıklanan (Madde 3.5.3.3) basitleştirilmiş metoda göre hesaplanmalı ve CGP ve FSP düzeyleri için rehberde belirtilmiş değerlerden daha az olmalıdır. (Evre 2:Madde 4.4.2.4.1)

Çizelge 4.16c Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar strüktüre değin temel kontrol listesi sayfa 3 (FEMA 310, 1998)

- U-UD-GD : KESME GERİLMELERİ KONTROLÜ : Donatısız kagir duvarlarda gerilmeler, açıklanan (Madde 3.5.3.3) basitleştirilmiş metoda göre hesaplanmalı ve CGP ve FSP düzeyleri için rehberde belirtilmiş değerlerden daha az olmalıdır. (Evre 2:Madde 4.4.2.5.1)
- U-UD-GD : DUVAR BAĞLANTILARI : CGP düzeyi için plan düzlemi dışındaki kuvvetlere karşı bütün dolgu duvarların çerçeve ile bağlantıları doğru yapılmalı ve bu bağlantı FSP düzeyi için plan düzlemi dışındaki mukavemeti arttırabilmelidir. (Evre 2:Madde 4.4.2.6.1)

Birleşimler

- U-UD-GD : YÜKLERİN PERDE DUVARLARA İLETİMİ : CGP düzeyi için diyaframlar yükleri iletebilmek amacıyla perde duvarlara doğru bağlanmalı ve donatıları doğru düzenlenmeli ve FSP düzeyi için kesme mukavemetini sağlayacak biçimde bağlanmalıdır. (Evre 2:Madde 4.6.2.1)
- U-UD-GD : TAŞIYICI KOLONLAR : CGP düzeyi için bütün taşıyıcı kolonlar temele kadar kesintisiz inmeli, FSP düzeyi için kolonun gerilme kapasitesinin iyileştirilmesi gereklidir. (Evre 2:Madde 4.6.3.2)

Çizelge 4.17a Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar strüktüre değin ek kontrol listesi
(FEMA 310, 1998)

3.7.10.S C3 tipi yapılar için strüktüre değin ek kontrol listesi : Kagir Dolgu Duvarlı Betonarme İskelet Yapılar

Strüktüre değin ek kontrol listesi doldurulmadan evvel strüktüre değin temel kontrol listesi doldurulmalıdır.

Yanal Yük Dayanım Sistemi

- U-UD-GD : ÇİFT YÖNLÜ ÖZELLİK : CGP düzeyi için, elemanların esneklik mukavemetine katkıda bulunabilmek amacıyla ikincil bileşenlerin kesme kapasitesine sahip olmaları, FSP düzeyi için sünek özelliğe sahip olmaları gerekmektedir. (Evre 2:Madde 4.4.1.6.2)
- U-UD-GD : BASİT PLAKLAR : CGP düzeyi için, ikinci bileşenler olarak tanımlanan basit plaklar, kolon bağlantılarına kadar alt yüzeylerde sürekli donatıya sahip olmalı, FSP düzeyi için ise basit plaklara izin verilmemelidir. (Evre 2:Madde 4.4.1.6.3)
- U-UD-GD : BOŞLUKLARIN KENARLARININ GÜÇLENDİRİLMESİ : Bütün duvar boşluklarının dört kenarı güçlendirilmelidir. Bu sadece FSP düzeyinin sağlanması için geçerlidir. (Evre 2:Madde 4.4.2.4.3)
- U-UD-GD : ORANLAR : CGP düzeyi için, yüksek deprem riski bulunan bölgelerde bütün katlarda dolgu duvarların yükseklik/kalınlık oranı 9'dan az, FSP düzeyi için, orta deprem riski bulunan bölgelerde 13'ten az ve yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde 8'den az olabilir. (Evre 2:Madde 4.4.2.6.2)
- U-UD-GD : MASİF DUVARLAR: Dolgu duvarlarda boşluk olmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.4.2.6.3)
- U-UD-GD : DOLGU DUVARLAR : Çerçeve kirişlerinin sofitalarında, dolgu duvarlar devam etmelidir. (Evre 2:Madde 4.4.2.6.4)

Diyaframlar

- U-UD-GD : DİYAFRAM DEVAMLILIĞI : Diyaframlar kademeli döşemelerden oluşturulmamalıdır. Ahşap yapılarda diyaframlar dilatasyon derzleri ile oluşturulmamalıdır. (Evre 2:Madde 4.4.1.1)
- U-UD-GD : PERDE DUVARLARDA BOŞLUKLAR : Perde duvarlara bitişik diyaframlarda CGP düzeyi için duvar uzunluğunun %25'inden daha az, FSP düzeyi için duvar uzunluğunun %15'inden daha az olmalıdır. (Evre 2:Madde 4.5.1.4)
- U-UD-GD : PLAN DÜZENSİZLİKLERİ : Plan düzensizliklerine bağlı olarak ortaya çıkan iç köşelerde veya diğer bölgelerde diyaframların mukavemetini arttırmak için yeterli çekme kapasitesi olmalıdır. Bu durum FSP için geçerlidir. (Evre 2:Madde 4.5.1.7)

Çizelge 4.17b Kagir dolgu duvarlı betonarme iskelet yapılar strüktüre değin ek kontrol listesi
sayfa 2 (FEMA 310, 1998)

U-UD-GD : DİYAFRAM BOŞLUK ÇEVRELERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ : Açıklık kenarının, uzun kenar genişliğinin %50'sinden fazlasına denk gelmesi durumunda, diyafram boşluğunun kenarları güçlendirilmelidir. Bu durum FSP için geçerlidir. (Evre 2:Madde 4.5.1.8)

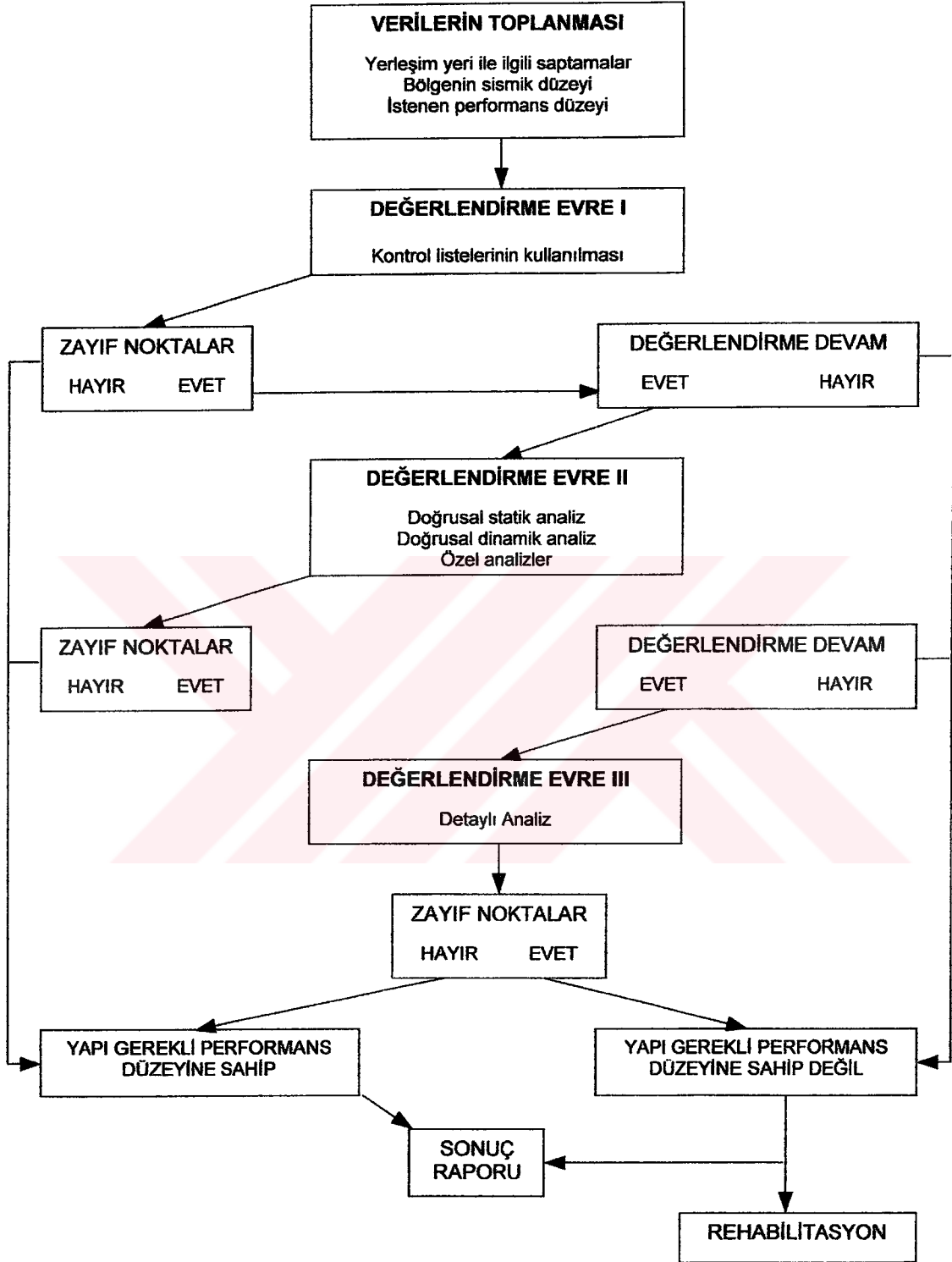
Bağlantılar

U-UD-GD : KAZIK BAŞLIKLARINDAKİ YATAY YÜKLER : CGP düzeyi için, kazık başlıkları güçlendirilmelidir ve kazıklar, kazık başlıklarına ankre edilmelidir, FSP düzeyi için ise kazıklar ve kazık başlıklarının güçlendirilmesi, kazıklar yeterli çekme kapasitelerine sahip olacak şekilde yapılmalıdır. (Evre 2:Madde 4.6.3.10)

FEMA 310'a ait yukarıda açıklanan evreler arası ilişkileri daha iyi anlayabilmek için, değerlendirme sürecini tanımlayan şema Çizelge 4.18'de yer almaktadır.



Çizelge 4.18 Değerlendirme süreci şeması (FEMA 310, 1998)



4.6.6 Mevcut Yapıların Depreme Dayanıklılığının Belirlenmesine Yönelik Kontrol Kılavuzu (Kanada) / Lignes Directrices pour L'Evaluation Sismique des Batiments Existants (Canada)

Kontrol Kılavuzu (Lignes Directrices), mevcut yapıların hasar görebilirliğini belirlemeye yönelik, strüktür konusunda uzman mühendislerin kullanımına yönelik olarak hazırlanmış bir teknik el kitabıdır.

Çalışma, Federal Acil Yönetim Kurumu (FEMA) tarafından hazırlanan NEHRP Mevcut Yapıların Deprem Dayanımının Belirlenmesine Yönelik El Kitabına (NEHRP Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (FEMA 1992-1) ve bu çalışmanın bir ön versiyonu olarak hazırlanan ve ATC-22 (1989) ye dayanmakta olup taslak Kanada'da farklı bölgelerdeki 7 yapı üzerinde denenerek ortaya konmuştur.

Kontrol Kılavuzu'nun hazırlanmasına yönelik ATC-22'de yapılan değişiklikler aşağıda yer almaktadır (CNRC-NRC, 1993).

- Kanada Ulusal Deprem Yönetmeliği'ne (Code National du Bâtiment de Canada – CNB) ve Kanada Standartları Kurumu'nun (Association Canadienne de Normalisation), yapı hesap standartlarına uyarlanması,
- Esnek döşeme ve çatı diyaframlı donatısız yığma yapılara ait yeni değerlendirme kriterlerinin eklenmesi,
- Temellere, bölgenin jeolojik özelliklerine, iskelet sistemlere, strüktürel olmayan elemanlara ait iyileştirmelerin yapılması,
- “El Kitabı” teriminin yerine “Kontrol Kılavuzu” teriminin seçilmesi,
- Kanada Ulusal Deprem Yönetmeliği'ne göre bazı katsayılarda düzeltmeler yapılması,
- Farklı 15 strüktür cinsi yerine, bunların birleştirilmesi ile hazırlanmış daha detaylı kontrol listelerinin kullanılması,
- Esnek diyaframlı donatısız yığma yapıların değerlendirilmesinde kullanılmak üzere zemine ait yeni bir katsayının kullanılması,
- Deprem bölgesine ve zemin şartlarına bağlı olarak NEHRP kriterlerinde bazı düzeltmeler yapılması.

Amaç, geçmiş depremlerdeki gözlemlere dayanarak, yıkıma ve hasara yol açabilecek farklı strüktürlere ait eksiklikleri ortaya koymaktır (CNRC-NRC, 1993).

Değerlendirme yapının hasar görebilirliğini belirlemeye yönelik parametrelerin yer aldığı farklı kontrol listelerinden oluşmaktadır. Bu listeler aşağıda görüldüğü gibi gruplanmaktadır.

- Yapıya ait ana sistem (Çizelge 4.19a – 4.19b),
- Taşıyıcı sistem (strüktür sistemi), biçimi, komşu yapılar ile ilişkisi, malzeme ve durumları,
- Yanal kuvvetlere karşı düşey dayanım sistemleri,
- Moment dayanımlı iskelet sistemler, kesmeye çalışan duvarlar, kararlılık elemanlı iskelet sistemler,
- Diyaframlar (yatay kararlılık elemanları),
- Beton, ahşap veya metal iskeletli çatı ve döşeme diyaframları,
- Yapısal birleşimler,
- Duvarların ankraji, temellerin ankraji, elemanların birbirleriyle bağlantıları,
- Yerleşim yerinin jeolojik yapısına bağlı deprem riskleri ve temeller,
- Yapısal olmayan elemanlar,
- İç ve dış mimari bileşenler, mekanik ve elektrik malzemeleri, tehlikeli maddelerin depolanması.

Çizelge 4.19a Yapıya ait ana sistem ile ilgili değerlendirme önermeleri (CNRC-NRC, 1993)

YAPIYA AİT ANA SİSTEM İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRME ÖNERMELERİ

Aşağıda yer alan her değerlendirme önermesini kontrol ederek, doğru (D), yanlış (Y) veya geçerli değil (GD) seçeneklerinden birini işaretleyiniz. “Doğru” seçeneği parametrenin “Kontrol Kılavuzu”nda tanımlanan ölçütlere uygun olduğunu belirtmektedir. “Yanlış” seçeneği daha derinlemesine bir değerlendirme gerekliliğini göstermektedir. Her önermenin sonunda yer alan sayfa numarası, “Kontrol Kılavuzu”nda hangi bölüme başvurulması gerektiğini belirtmektedir. Sağ ve sol boşluklara gerekli açıklamalar eklenebilir.

STRÜKTÜREL SİSTEMLER (Bölümler 4.1, 4.2)

D-Y-GD : YÜKLERİN İLETİMİ : Strüktür bütün yatay yönlerden gelen deprem yüklerinin etkilerini sönmölemek için bir tane yük iletim yoluna sahip olmalıdır. Yük iletim yolu, yapıya ait atalet kuvvetlerinin temellere iletilmelerini sağlamaktadır. (s.30)

D-Y-GD : HİPERSTATİKLİK : Strüktür yatay ve düşey olarak, tüm elemanlarının zayıflamasına rağmen dengesini korumalıdır.

BİÇİM (Bölüm 4.3.)

D-Y-GD : ZAYIF KAT : Görsel veya hızlı tahkiklere dayalı bir değerlendirme yapılarak, yatay yüklere dayanım sisteminin hiçbir düşey elemanı üzerinde önemli dayanım eksikliği saptanmamalıdır : hiçbir katın dayanımı bir üst katının dayanımının %80’inden daha az olmamalıdır. (s.32)

D-Y-GD : RİJİT OLMAYAN KAT : Görsel veya hızlı tahkiklere dayalı bir değerlendirme yapılarak, yatay yüklere dayanım sisteminin hiçbir düşey elemanı üzerinde önemli dayanım eksikliği saptanmamalıdır : bir katın yanal rijitliği, bir üst katının yanal rijitliğinin %70’inden ve üç katın rijitliğinin ortalamasının %80’inden daha az olmamalıdır. (s.33)

D-Y-GD : GEOMETRİ : Hiçbir önemli geometrik düzensizlik olmamalıdır: kopmalar olmamalıdır, bu demektir ki bir katın yanal yüklere dayanım sisteminin hiçbir yatay eleman boyutunda, komşu katlara göre %30’dan fazla bir değişiklik olmamalıdır. (ahşap yapılara uygulanmaz) (s.34)

D-Y-GD : KÜTLE : Hiçbir önemli kütsel değişiklik olmamalıdır: bir kattan diğerine, hafif çatıların dışında, kütlede %50’den fazla değişiklik olmamalıdır. (ahşap yapılara uygulanmaz) (s.34)

D-Y-GD : DÜŞEY DEVAMSIZLIKLAR : Kesmeye çalışan bütün duvarlar, dolgu duvarlar ve iskelet sistemler temellere kadar devam etmelidir. (s.34)

D-Y-GD : BURULMA : Yanal kuvvetlere dayanım elemanları, önemli bir burulmaya uğramamak için dengeli bir sistem oluşturmalıdır. Yapının rijitlik merkezi ve kütle merkezi arasında, binanın uzun kenarının %20’sinden fazla bir mesafe olması durumunda burulma kaçınılmazdır. (s.35)

Çizelge 4.19b Yapıya ait ana sistem ile ilgili değerlendirme önermeleri sayfa 2 (CNRC-NRC, 1993)

KOMŞU YAPILAR (Bölüm 4.4.)

D-Y-GD : KOMŞU YAPILAR : İlgili yapı yüksekliğinin yarısından daha kısa olan, veya kat düzeyi ilgili yapı düzeyini tutmayan hiçbir yapı bitişik olmamalıdır. (s.37)

MALZEME VE DURUMLARI (Bölüm 4.5.)

D-Y-GD : AHŞAP ELEMANLARDA BOZULMA : Hiçbir ahşap eleman üzerinde bozulma, çarpılma, dönme, yanmaya veya bükülmeye bağlı hasarlara bağlı izler görülmemeli, metal bağlantı elemanlarında bozulma, kırılma ve gevşeme olmamalıdır. (s.38)

D-Y-GD : AŞIRI ÇAKILMIŞ ÇİVİ : Kesmeye çalışan duvarlarda veya diyaframlarda aşırı çakılmış çivi olduğunu gösteren hiçbir belirti olmamalıdır. (s.38)

D-Y-GD : ÇELİKTE BOZULMA : Yatay veya düşey yüklere dayanım sisteminin hiçbir çelik elemanı üzerinde korozyon veya pas belirtisi görülmemelidir. (s.38)

D-Y-GD : BETONDA BOZULMA : Yatay veya düşey yüklere dayanım sisteminin hiçbir beton veya donatı elemanı üzerinde bozulma belirtisi görülmemelidir. (s.39)

D-Y-GD : ÖN GERİLME ANKRAJLARI : Ön gerilme eklemleri veya uçlarında hiçbir aşınma ve korozyon belirtisi olmamalıdır. Hiçbir yarım silindir ankraj kullanılmamalıdır. (s.39)

D-Y-GD : BETON DUVARLARDA ÇATLAKLAR : Duvar sisteminde bütün diyagonal çatlaklar ayırık bölgelerde bulunmalıdır; hiçbir 1mm den daha geniş ve X biçimli olmamalıdır. (s.39)

D-Y-GD : KOLON SINIRLARINDAKİ ÇATLAKLAR : Dolgu duvarları çevreleyen beton kolonların sınırlarındaki çatlaklar 1mm den daha geniş olmamalıdır. (s.39)

D-Y-GD : ÖN YAPIM BETON DUVARLAR : Betona ve donatıya ait hiçbir bozulma belirtisi olmamalıdır, özellikle bağlantı elemanları üzerinde hiçbir eksiklik görülmemelidir. (s. 40)

D-Y-GD : YIĞMA YAPILARDA DERZLER : Metal bir alet ile derz harcı kazınmamalı, harcın döküldüğüne dair hiçbir yerde belirti olmamalıdır. (s.40)

D-Y-GD : YIĞMA YAPI BİLEŞENLERİ : Yığma yapı bileşenlerinin oluşturduğu yüzey parçalarında gözle görülür bir bozulma olmamalıdır. (s.40)

D-Y-GD : DOLGU DUVARLARDA ÇATLAKLAR : Dolgu duvarlarda hiçbir diyagonal çatlak bütün bir duvar boyunca olmamalı ve hiçbir 1mm genişliğe ulaşmamalıdır. (s.40)

Kontrol listelerinde farklı hasar görebilirlik parametrelerine yönelik değerlendirme önermeleri yer almaktadır. Bu önermeler tıpkı FEMA 310'da olduğu gibi üç farklı cevap seçeneğine sahiptir.

“Doğru” seçeneği (D) ile, “Yanlış” seçeneği (Y) ile ve “Geçerli Değil” seçeneği (GD) ile tanımlanmış olup, değerlendirmeyi yapan kişi tarafından bu seçenekler arasında bir tercih yapılmalıdır. “Doğru” seçeneği parametrenin “Kontrol Kılavuzu”nda tanımlanan ölçütlere uygun olduğunu belirtmektedir. Bütün önermelerin doğru olması durumunda, yapı insanların emniyeti açısından güvenli olarak değerlendirilmektedir. Şayet önermelere bağlı olarak “Yanlış” çıkması durumunda daha derinlemesine bir değerlendirme gerekmektedir.

“Yanlış” bir önerme strüktüre ait eksiksiz bir değerlendirme zorunluluğu olduğunu veya yapının tamamen yetersiz olduğunu değil sadece değerlendirmeyi yapan mühendise, insanların emniyeti açısından tehlike doğurabilecek şüpheli bir öge ile karşı karşıya olduğunu göstermektedir (CNRC-NRC, 1993).

“Kontrol Kılavuzu” bütün ülkelerde, bütün yapı tiplerinde kullanılabilecek bir yöntemdir.

Bu yöntem yapısal elemanlara uygulanabilir olduğu kadar aynı zamanda yapısal olmayan elemanlara da uygulanabilir olup yapıyla ilgili belgelerin, yapının genel durumunun ve hesaplarının gözden geçirilmesini içermektedir. “Kontrol Kılavuzu” kullanıcıya yön vermek amacıyla, inceleme listeleri, diyagramlar ve krokiler içermektedir (CNRC-NRC, 1993).

Değerlendirme yöntemi aşağıdaki aşamaları içermektedir (CNRC-NRC, 1993).

- İnceleme yerinin ziyaret edilmesi ve verilerin toplanması,
- Yanal yüklere dayanım sisteminin belirlenmesi ve gerektiğinde hızlı tahkikler yapılarak önermelere uygun gözden geçirmelerin gerçekleştirilmesi,
- Yerinde sonraki çalışmaların gerçekleştirilmesi,
- “Yanlış” önermelerden kaynaklanan gerekli analizlerin yapılması,
- Sonuç değerlendirmenin yapılması,
- Raporun kaleme alınması.

Elde edilen veriler aşağıda örneği görülen “Verilere Ait Özet Fişi”ne işlenmektedir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Verilere ait özet fişi (CNRC-NRC, 1993)

VERİLERE AİT ÖZET FİŞİ			
<u>YAPIYA AİT VERİLER</u>			
Yapım yılı :	Yenileme yılı (yılları) :		
Değerlendirme tarihi			
Alan (m ²)	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Fotoğraf no:
<u>YAPIM SİSTEMİNE AİT VERİLER</u>			
Çatı sistemi :			
Ara katların sistemi :			
Giriş katı :	Bodrum :		
Dış duvarlar :	Boşluklar :		
Kolonlar :	Temeller :		
Sistemin genel durumu :			
Oturma belirtileri :			
Yapının ağırlığı W :			
<u>DEĞERLENDİRME VERİLERİ</u>			
Z _a =	Z _v =	v =	
Zemin kategorisi (çizelge 3-2) :		Temel kat sayısı F :	
<u>YATAY YÜKLERE DAYANIM SİSTEMİ</u>			
	<u>Enlemesine</u>	<u>Boylamasına</u>	
Stüktür sistemi (çizelge 3-1) :	.....	.....	
Yapı periyodu T :	.....	.....	
Depreme cevap katsayısı S (şekil 3-1) :	.....	.....	
İndirgemeye dayalı elastik kesme V _e = v.S.I.F.W :	.....	.....	
Kuvvet değiştirme faktörü R (çizelge 3-1) :	.....	.....	
Tahmini kesme V = (V _e /R) 0,36 :	.....	.....	
<u>ACIKLAMALAR</u>			

4.6.7 Yapıların Deprem Dayanımlarını Kademeli Değerlendirme Yöntemi (İstanbul Deprem Master Planı)

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul şehrinin olası bir depremde karşılaşması olası sorunları ve bunlara karşı önceden alınması gerekli önlemleri inceleyen bir deprem master planının hazırlanmasını İTÜ, BÜ, YTÜ, ODTÜ üniversitelerinden talep etmiş ve bu dört üniversitenin katılımıyla İstanbul Deprem Master Planı hazırlanmıştır.

İstanbul Deprem Master Planı Çalışması, İstanbul'da deprem gerçeği dikkate alınarak, İstanbul'un depreme karşı güvenli hale getirilmesi için birçok veri kaynağı ve etkili sistemler içeren Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB)

işbirliğinde yürütülen Risk Analizleri dahil Mikrobölgeleme çalışmalarının ışığında, gerek mevcut yapı stokunun gerekse tüm kentsel, kamusal mekanların ve gerekse tüm teknik altyapının ve altyapı tesislerinin ve tüm jeolojik ve geoteknik bilgi ve verilerin katılımı ile bu kapsamda değerlendirilmesi ve İstanbul ile ilgili kısa, orta ve uzun vadede alınacak tüm tedbir, karar ve uygulamaların belirlenmesi, yaşanan deneyimlerden de ders alınarak İstanbul'un yeniden yapılandırılmasında öncelikli stratejilerin belirlenmesi ve gerektiğinde seçilecek pilot alanlarda yapılacak uygulamalar yanında tüm tarafların hukuki, teknik, mali ve sosyal açılardan görev alanlarının ve icra programlarının geliştirilmesi konularını içeren bir çalışmadır (İBB, 2003).

İstanbul'da olası bir deprem tehlikesine karşı mevcut binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi ve gerekenlerin güçlendirilmesi, İstanbul Deprem Master Planı'nın en önemli bölümlerinden birini oluşturmaktadır.

Master Planı'na göre, yapıların deprem dayanımlarının incelenmesindeki temel amaç, olası büyük bir depremde binaların hasar görme olasılıklarının "tekil bina" bazında tahmin edilmesi ve özellikle hasar görme olasılığı can kaybına neden olabilecek derecede yüksek olan binaların ve bu binaların bulunduğu yörelerin belirlenmesidir.

Binaların deprem dayanımlarının incelenmesi çalışmaları üç kademeli olarak öngörülmüştür (İBB, 2003).

Birinci kademe inceleme/değerlendirme çalışmaları, binaların deprem güvenliklerine etki eden ve basit olarak gözlenebilen parametrelerin esas alınarak, İstanbul'daki tüm binalar için deprem performansları bakımından bir "ön sıralama" yapılmasıdır.

İkinci kademe inceleme/değerlendirme çalışmalarında, birinci kademe inceleme/değerlendirme aşamasında yapılan öncelik sıralamasında en başta yer alan binalar veya bu tür binaların çoğunlukta olduğu bölgelerden başlamak üzere, birinci kademeye oranla daha ayrıntılı olan inceleme/değerlendirme çalışmaları yapılmasıdır. Bu kademedeki çalışmaların amacı, olabildiğince çok sayıda bina hakkında son kararın verilebilmesine olanak sağlayacak performans değerlendirmelerini güvenilir bir biçimde yapmak ve üçüncü kademe ayrıntılı inceleme/değerlendirme çalışmalarına olabildiğince az sayıda bina bırakmaktır.

Üçüncü kademe inceleme/değerlendirme çalışmaları, özellikle çok katlı konut ve işyeri binaları ile önemli kamu binalarını kapsamak üzere, her bir tekil bina için, deprem mühendisliği konusunda yetkinliği tescil edilecek mühendislik firmaları tarafından, belirlenen yöntemlere ve performans hedeflerine göre yapılacak ayrıntılı analizleri içermektedir.

Deprem Master Planı'nda birinci kademe ve ikinci kademe inceleme/değerlendirme için çeşitli alternatif yaklaşımları esas alan birden fazla yöntem geliştirilerek sunulmuştur. Bu yöntemlerin kullanılabilecek duruma getirilmesi için seçilecek bir bölgede pilot uygulama çalışmalarının yapılması, elde edilen sonuçların birbirleriyle ve daha hassas olduğu bilinen yöntemlerin sonuçları ile karşılaştırılması öngörülmektedir (İBB, 2003).

Master plan çalışmasının temel amaçlarından bir diğeri de, kullanılacak değerlendirme yöntemleri ile JICA-İBB tarafından hazırlanan raporda, Senaryo A depremi gerçekleşmesi durumunda ağır hasar göreceği veya yıkılacağı tahmin edilen İstanbul'daki binaların yaklaşık %7'sinin yani 51.000 binanın adreslerinin belirlenmesidir.

Deprem Master Planı'nda Türkiye'de ve İstanbul'da bulunan yapılar, kullanım amaçları, yapı tipleri ve türlerine göre sınıflandırılmış ve hangi yapıların hangi değerlendirme seviyelerinde incelemeye alınacağı tanımlanmıştır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 Yapı türüne bağlı olarak değerlendirme seviyeleri (İBB, 2003)

Yapı Türü	Sokak Taraması I. KADEME	Ön Değerlendirme II. KADEME	Kapsamlı Değerlendirme III. KADEME
1-7 katlı betonarme yapılar	X	X	X
1-5 katlı yığma binalar	X	X	
8 ve daha fazla katlı yüksek binalar			X
Okullar, hastaneler ve itfaiye binaları			X
Diğer kamu binaları		X	X
Basit sanayi yapıları		X	X

İstanbul Deprem Master Planı'nda, birinci kademe değerlendirme ve ikinci kademe değerlendirme için üniversitelerin konuya yaklaşımlarındaki farklılıklardan dolayı, her bir değerlendirme kademesinde kullanılmak üzere birden fazla yöntem sunulmaktadır. Bunun bir diğer nedeni sunulan yöntemlerin planın öngördüğü sayıda binada yaygın olarak kullanılmaması, ayrıca, bu yöntemlerin bazılarının sadece teorik tabanları bulunmakta olup, bazı parametrelerinin sınır değerlerinin tanımlı olmamasıdır. Raporda bu yöntemlerin İstanbul geneline uygulanmaya başlamadan önce, küçük bölge çalışmalarıyla kalibrasyonlarının yapılması ve doğru tanı becerilerinin sınanması gerektiği belirtilmektedir.

a. Birinci kademe değerlendirme

• Yöntem I : (1-7 katlı betonarme yapılar için) ODTÜ

Birinci kademe değerlendirme için yapılacak olan saha çalışmasında gözlenecek yapı parametreleri, bu parametrelerin yapı deprem riskine etkisi ve gözlemci tarafından her parametreye verilecek değerler aşağıda açıklanmaktadır.

○ Kat adedi:

1999 Kocaeli ve Düzce depremleri sonrasında yapılan gözlemler, betonarme binalarda kat adedi ile bina hasarı arasında neredeyse doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir.

○ Yumuşak kat: Yok (0), Var (1)

Bir katın rijitlik dayanımının diğer katlara oranla belirgin şekilde az olduğu durumlarda yumuşak kat oluşmaktadır.

○ Ağır çıkmalar: Yok (0), Var (1)

Çok katlı betonarme yapılarda, çerçeve sisteminin dışında düzenlenen geniş balkonlar veya çıkmalar, ağır çıkma biçiminde tanımlanmaktadır.

○ Görünen yapı kalitesi: İyi(0), Orta (1), Kötü (2)

Binanın işçilik ve malzeme kalitesi ile bakımına gösterilen özen, görünen yapı kalitesini belirlemektedir.

○ Kısa kolon: Yok (0), Var (1)

Çerçevelerin yarım yükseklikte bölme duvarlarla doldurulması, bant pencereler oluşturulması, merdiven sahanlıklarında ara kirişler kullanılması durumunda kısa kolon oluşmaktadır.

○ Çarpışma etkisi: Yok (0), Var (1)

Kat adetleri ve döşeme seviyeleri farklı bitişik binalar olması durumunda çarpışma etkisi oluşmaktadır.

○ Tepe/Yamaç etkisi: Yok (0), Var (1)

Binanın belirgin bir tepe veya %30'dan fazla eğimli bir yamaçta olması durumunda tepe/yamaç etkisi ortaya çıkmaktadır.

○ Yerel zemin koşulları ve deprem etkisi

Büyük depremlerde meydana gelen yapısal hasarın en fazla maksimum yer hızı ile bağlantısı olduğu kabul edilerek, İstanbul üç farklı tehlike bölgesine ayrılmıştır.

Hız bölgesi I: $PGV > 60\text{cm/s}$

Hız bölgesi II: $40 < PGV < 60\text{cm/s}$

Hız bölgesi III: $PGV < 40\text{cm/s}$

- o Bina deprem puanı:

Sokaktan gözlenen parametreleri elde edilen ve coğrafi koordinatlar, dolayısıyla hangi hız bölgesinde olduğu bilinen 1–7 katlı betonarme bir binanın deprem puanı hesabı Çizelge 4.22'ye göre yapılmaktadır. Çizelgede önce binanın kat sayısı ve hız bölgesi'ne göre bir artı puan verilmekte, daha sonra her olumsuzluk parametresi için puan azaltılmaktadır.

$$\text{Bina deprem puanı} = (\text{Hız bölgesi puanı}) - \sum_1^5 (\text{Olumsuzluk parametresi}) \times (\text{Olumsuzluk puanı}) \quad (4,2)$$

Çizelge 4.22 Betonarme binaların deprem puanlaması (İBB, 2003)

Kat Adedi	Hız Bölgesi I PGV>60	Hız Bölgesi II 40<PGV<60	Hız Bölgesi III PGV<40	Yumuşak Kat	Ağır Çıkma	Görünen Kalite	Kısa Kolon	Çarpılma Etkisi	Tape/Yamaç Etkisi
1,2	100	130	150	0	0	-10	-5	0	0
3	90	120	140	-10	-5	-10	-5	-2	0
4	75	100	120	-15	-10	-10	-5	-3	-2
5	65	85	100	-20	-10	-10	-5	-3	-2
7	60	80	90	-20	-10	-10	-5	-3	-2

- Yöntem II : (1–5 katlı yığma ve karma yapılar için) ODTÜ

Yığma ve karma binalarda gözlenecek yapı parametreleri ve parametre değerleri aşağıda verilmiş olup, bu parametrelerin 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremleri sonrasında yığma binalarda gözlenen hasarlar ve yapı özellikleri ışığında seçildiği belirtilmektedir.

- o Kat adedi:

3 kattan yüksek yapıların, 1 ve 2 katlı yapılara göre daha fazla deprem riski taşıdıkları kabul edilmiştir.

- o Görünen yapı kalitesi: İyi(0), Orta (1), Kötü (2)

Binanın işçilik ve malzeme kalitesi ile bakımına gösterilen özen, görünen yapı kalitesini belirlemektedir.

- Duvar boşluk oranı: Az(0), Orta (1), Çok (2)

Zemin kattaki boşlukların uzunluğu cephe uzunluğunun 1/3'ünden az ise boşluk oranı az, 1/3 ve 2/3 arasında ise orta, 2/3'ünden fazla ise boşluk oranı çok olarak tanımlanmaktadır.

- Çarpışma etkisi: Yok (0), Var (1)

Kat adetleri ve döşeme seviyeleri farklı bitişik binalar olması durumunda çarpışma etkisi oluşmaktadır.

- Yerel zemin koşulları ve deprem etkisi:

Büyük depremlerde meydana gelen yapısal hasarın en fazla maksimum yer hızı ile bağlantısı olduğu kabul edilerek, İstanbul üç farklı tehlike bölgesine ayrılmıştır.

Hız bölgesi I: $PGV > 60\text{cm/s}$

Hız bölgesi II: $40 < PGV < 60\text{cm/s}$

Hız bölgesi III: $PGV < 40\text{cm/s}$

- Bina deprem puanı:

Betonarme binalara göre hazırlanan Çizelge 4.22'ye benzer olarak Çizelge 4.23 hazırlanmıştır. Çizelgede önce binanın kat sayısı ve hız bölgesi'ne göre bir artı puan verilmekte, daha sonra her olumsuzluk parametresi için puan azaltılmaktadır.

$$\text{Bina deprem puanı} = (\text{Hız bölgesi puanı}) - \sum_{i=1}^4 (\text{Olumsuzluk parametresi}) \times (\text{Olumsuzluk puanı}) \quad (4,3)$$

Çizelge 4.23 Yığma ve karma binaların deprem puanları (İBB, 2003)

Kat Adedi	Hız Bölgesi I $PGV > 60$	Hız Bölgesi II $40 < PGV < 60$	Hız Bölgesi III $PGV < 40$	Görünen Kalite	Duvar Boşluk Oranı	Duvar Boşluk Düzeni	Çarpışma Etkisi
1,2	100	130	150	-10	-5	-2	0
3	85	110	125	-10	-5	-5	-3
4	70	90	110	-10	-5	-5	-5
5	50	60	70	-10	-5	-5	-5

- Yöntem III: BÜ - YTÜ

Sokak taraması olarak da adlandırılan envanter çalışmasında, bilgisayar ortamında hazırlanacak standart veri formunda sorgulanacak parametreler aşağıda yer almaktadır.

- Binanın adresi ve koordinatı (GPS verisi)
- Binanın cepheden çekilmiş fotoğrafı
- Binanın yaklaşık oturma alanı
- Binanın kat sayısı (bodrum hariç, varsa çekme kat dahil)
- Binanın görünen inşaat kalitesi (iyi-orta-kötü)
- Binanın bitişik veya ayırık nizamda olması durumu
- Bitişik nizamda ise
 - Binanın köşede olup olmadığı
 - Bina betonarme ise kat seviyelerinin farklı olup olmadığı
- Binanın ana taşıyıcı sistemi (betonarme, yığma-kargir veya ahşap)
- Betonarme binalarda
 - zayıf kat olup olmadığı
 - cephede kısa kolon olup olmadığı
 - cephe kolonlarının zemin katta konsollara oturup oturmadığı
- Yığma-kargir ve ahşap binalarda
 - cephe duvarlarında duvar boşluk oranı seviyesi (az-orta-çok)
 - cephe duvarlarında duvar boşluklarının düzenli olup olmadığıdır

Ön değerlendirme çalışmasının İstanbul'daki mevcut yapı stokunun tümünü kapsamaması ve elde edilecek envanter bilgilerine bağlı olarak yapılacak ön değerlendirme sonucunda, can kaybı bakımından en riskli görülen binaların sayılarının ve şehir içindeki dağılımlarının olabildiğince gerçekçi biçimde tahmin edilmesi amaçlanmaktadır.

Birinci kademedeki ön değerlendirme çalışmasında, Kızılhaç projesi çerçevesinde KRDA tarafından İstanbul için elde edilmiş bulunan “deterministik” deprem tehlike haritasının “can güvenliği” performans kriterinin sağlanması için, 50 yılda %10 aşılma olasılıklı “probabilistik” deprem tehlikesi haritasının ise “göçme kontrolü” performans kriterinin sağlanması için kullanılması öngörülmektedir (İBB, 2003).

Buna göre, deterministik ve probabilistik depremler için tepe yer değiştirmeleri cinsinden tahmin edilen “deprem istemleri”, daha sonra “can güvenliği” ve “göçme kontrolü” performans kriterleri için her bina tipinin özelliğine göre tanımlanan tepe yer değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılmaktadır (İBB, 2003).

$$D_c = D_{co} \times C \quad (4.4)$$

D_c = Bina görelî öteleme oranı kapasitesi

D_{co} = Baz teleme oranı kapasitesi (tahmini olarak kabul edilen değerler) (izelge 4.24)

C_c = Kapasite azaltma sayısı

Çizelge 4.24 Baz teleme oranı kapasiteleri (D_{co}) (İBB, 2003)

Yapı Türü	Can güvenliği performans kriteri	Göçme kontrolü performans kriteri
Betonarme	0.008	0.014
Yığma	0.006	0.010

Bu hesaplamalarda yer alan kapasite azaltma katsayısı, aşağıda envanter bilgilerine göre tanımlanan katsayıların çarpımından oluşmaktadır (İBB, 2003).

- Binanın görünen inşaat kalitesi iyi ise 1, orta ise 0,9, kötü ise 0,8
- Bitişik düzendeki binalarda ortadaki binalar için 1,0, köşedeki binalar için 0,9

Bitişik düzendeki betonarme binalarda kat seviyeleri aynı ise 1,0, değil ise 0,9

- Zayıf katı bulunan betonarme binalar için 0,8, bulunmayanlar için 1,0
- Kısa kolonu bulunan betonarme binalar için 0,8, bulunmayanlar için 1,0
- Betonarme binalarda cephe kolonlarının zemin katta konsollara oturması durumunda 0,8, aksi durumda 1,0
- Yığma binalarda duvar boşluk düzeyi az ise 1,0, orta ise 0,9, çok ise 0,8
- Yığma binalarda duvar boşluklarının düzenli olmadığı durumlarda 0,9, düzenli olduğu durumlarda 1,0
- Yığma binalarda kat sayısının ikiden fazla olması durumunda 0,8, aksi durumda 1,0

Değerlendirme yöntemine göre, ön değerlendirme çalışmaları sonucunda varılmak istenen hedef, hangi binaların deprem güvenliklerinin bulunduğu veya deprem güvenliklerinin yetersiz olduğu değil, yukarıda belirtilen kapasite-istem karşılaştırmaları sonucunda, İstanbul'daki tüm binalar için deprem performansları bakımında rasyonel bir "ön sıralama" yapmak, böylece bir sonraki ikinci kademe inceleme/değerlendirme aşamasına esas "öncelikler" in, tekil bina bazında ve bölgesel bazda belirlenmesini mümkün kılmaktır.

Belirtilen ön değerlendirme çalışmaları, elektronik ortamda, elde edilmiş bulunan envanter sonuçları esas alınarak geliştirilecek bir bilgisayar yazılımı kullanılarak "merkezi" bir biçimde gerçekleştirilecektir (İBB, 2003).

Her bir bina için yaklaşık olarak 15 dakika harcanarak yapılacak olan birinci kademe değerlendirmede Çizelge 4.25'te sunulan formun kullanılması öngörülmektedir.



Çizelge 4.25 Birinci kademe değerlendirme bina puanlama formu (İBB, 2003)

FORM 1: SOKAK BİLGİLERİ (Ekip başkanı tarafından doldurulacaktır)

Sokak Adı			
Mahalle			
İlçe			
Coğrafi Koordinat 1	Kuzey :	Doğu :	
Coğrafi Koordinat 2	Kuzey :	Doğu :	
Hız Bölgesi	I : ☐	II : ☐	III : ☐
Not: Coğrafi koordinatlar sokağın iki ucunda alınacaktır.			

FORM 2 : GENEL BİNA BİLGİSİ

Kapı No:	Belonarme : ☐	Yığma : ☐	Karma : ☐
----------	--------------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

Bina türü belonarme ise FORM 3, yığma veya karma ise FORM 4 doldurulacaktır.

FORM 3 : BETONARME BİNA BİLGİLERİ

Kat Adedi (Bodrum dahil)			
Yumuşak Kat	Yok : ☐	Var : ☐	
Ağır Çıkıntılar	Yok : ☐	Var : ☐	
Görünen Kalite	İyi : ☐	Orta : ☐	Kötü : ☐
Kısa Kolonlar	Yok : ☐	Var : ☐	
Çarpışma Elkesi	Yok : ☐	Var : ☐	
Tape/Yamaç Elkesi	Yok : ☐	Var : ☐	

FORM 4: YIĞMA VE KARMA BİNA BİLGİLERİ

Kat Adedi (Bodrum dahil)			
Görünen Kalite	İyi : ☐	Orta : ☐	Kötü : ☐
Duvar Boşluk Oranı	Az : ☐	Orta : ☐	Çok : ☐
Duvar Boşluk Düzeni	Düzenli : ☐	Az Düzenli : ☐	Düzensiz : ☐
Çarpışma Elkesi	Yok : ☐	Var : ☐	

Bütün İstanbul için yapılacak Sokak Taraması'nın 300 kişilik bir ekiple tüm İstanbul için 3 ayda tamamlanabileceği öngörülmektedir.

Tüm İstanbul için 30 adet 10 kişilik ekipler kurulmalı, her ekipte bir başkan 9 teknik eleman olmalıdır. Ekipler sokak bazında çalışacaklar, ekip başkanı sokağın coğrafi koordinatlarını (GPS), adresini işleyecek ve dokümantasyon için veya verilerin kontrolü amacıyla yeteri kadar fotoğrafını çekecektir. Sokak taramasında çalışacak kişiler mühendis, mimar veya teknisyen olabilir. Bu elemanların sahaya çıkmadan önce bir haftalık bir ön eğitimden geçirilmeleri gereklidir. Sokak taraması uygulaması, bu iş için özel olarak programlanmış el bilgisayarları ile yapılabilir. Bu durumda veri girişi ile derleme ve değerlendirmesi çok hızlanacaktır (İBB, 2003).

b. İkinci kademe değerlendirme

İkinci kademe değerlendirme de amaç, İstanbul'daki tüm yapılara ait bilgi envanterinin çıkarılarak bu yapıların deprem güvenlikleri hakkında genel değerlendirmeler yapılması ve ulaşılan sonuçların planlama çalışmalarına esas tespit edecek şekilde sunulmasıdır. İkinci kademe değerlendirme sonuçlarının alınması ile yüksek riskli binalar kimlik olarak belirlenebilecektir (İBB,2003).

İkinci kademe değerlendirmede, binaların taşıyıcı sistem özelliklerinin belirlenmesi kesinlikle gereklidir. Bu kademede, “Sokak Taraması”ndan elde edilmiş envanter bilgileri doğrultusunda kodlanmış ve sıralanmış olan her binanın içine girilerek inceleme yapılacaktır. Binanın taşıyıcı sistem krokisi elde edilecek, betonarme elemanların ve yığma duvarların boyutları kroki üzerine işlenecektir (İBB, 2003).

İkinci kademe değerlendirmesine yönelik farklı üniversitelerce geliştirilmiş farklı değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler aşağıda ana başlıklar altında sıralanmakta olup, doktora çalışması kapsamında geliştirilmeye çalışılan yöntem birinci aşamaya yönelik olduğundan, ayrıntılı olarak açıklamaya gerek görülmemiştir. Buna göre ikinci kademeye yönelik geliştirilen 5 farklı yöntem bulunmaktadır.

- Yöntem I : (1-7 katlı betonarme yapılar için) ODTÜ

ODTÜ tarafından yapılan istatistiksel çalışma sonucunda yapıların hasara yol açabilecek en belirgin özellikleri kullanılarak geliştirilen bir ön değerlendirme yöntemidir. Binanın beklenen performansı söz konusu parametreler ışığında hesaplanan bir hasar indeksi yardımıyla belirlenmektedir.

- Yöntem II : (1-5 katlı betonarme binalar için) İTÜ

Az katlı betonarme binalardaki mevcut deprem güvenliğini sağlamaya yönelik bu öneri ABD, Avrupa Birliği ve Japonya'da yapılan bazı önerilerle benzerlikler göstermektedir. Çalışma, bu önerilerin bir bakıma ülkemiz koşullarına uyarlanmasıdır.

Geçmiş depremlerde az katlı betonarme yapıların sergilediği hasarların yinelenme olasılığı üzerine, mevcut binalarda tespit edilen bu parametrelerin, yaklaşık yollarla sayısal olarak işlenmesine dayalı bir değerlendirme sürecidir.

- Yöntem III : (Deprem güvenliği tarama yöntemi) İTÜ

Dünyaca kabul görmüş hızlı değerlendirme yöntemlerinden biri olan Japon Sismik İndeks Yönteminin, 1997 Deprem yönetmeliği çerçevesinde ülkemiz koşullarına uyarlanması ile geliştirilmiş bir yöntemdir.

Yapının taşıyıcı sisteminin, yaşının ve fiziksel durumunun incelenmesi ve bu incelemeler ışığında yapının deprem performansını gösteren indeksin belirlenmesini içeren bir süreci kapsamaktadır.

- Yöntem IV: BÜ-YTÜ

Birinci kademe ön değerlendirmede yapılan öncelik sıralamasında en başta yer alan binalardan başlayarak, “yer değiştirmeye göre performans değerlendirmesi yöntemi”ne dayanan bir değerlendirme yöntemidir.

- Yöntem V : (1-7 katlı betonarme binalar için) ODTÜ

Sadece zemin kat taşıyıcı sistem bilgileri kullanılarak binanın taban kesme kuvveti kapasitesinin yaklaşık olarak hesaplanması ve binanın periyodunun kat sayısı ile ilişkili olarak yaklaşık hesabı ile de deprem etkisi altında yer değiştirme ve elastik dayanım talebinin hesaplanmasına dayalı bir yöntemdir.

İkinci kademe değerlendirme süresi, birinci kademe değerlendirme süresinden çok daha uzundur. Bu aşamada üniversitelerce ortaya konan farklı değerlendirme yöntemlerinin, farklı veri talepleri olmaktadır. Bu bölümde toplanması gereken veriler iki grupta sınıflandırılabilir. Birinci grupta yer alan veriler, değerlendirme yöntemlerinin tümünün ihtiyaç duyduğu veriler olup, bina ile ilgili genel bilgileri, taşıyıcı sistem özelliklerini, malzeme, işçilik ve genel kalite değerlendirmesi ile ilgili verileri kapsamaktadır. Çizelge 4.26a – 4.26b – 4.26c – 4.26d bu verilerin toplanmasına yönelik olup, her bir bina için veri toplama süresi yaklaşık 30 dakikadır.

Çizelge 4.26a İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları
bina içinden veri toplama formu genel bilgiler sayfası - sayfa 1 (ikinci kademe
değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler) (İBB, 2003)

GENEL BİLGİLER

Bina Referans No.	:		İnceleme Tarihi	:	/	/	2003
Binanın Adresi	:						
İnşaat Tarihi	:	/	/	Proje Tarihi	:	/	/
Bina Koordinatları	:						
(GPS ile belirtenecek)	:						
İnceleme Ekibi	:						



Görünüş 1



Görünüş 2



Plan / Kroki

Çizelge 4.26b İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları
bina içinden veri toplama formu bina bilgileri sayfası - sayfa 2 (ikinci kademe
değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler) (İBB, 2003)

BİNA BİLGİLERİ

Katlar	Tekrar Adedi	Kat Yüksekliği (m)	Kat Alanı (m ²)	Açıklama
Bodrum				
Zemin				
Asma				
Normal kat				
Çekme Kat				
İmar planlarındaki yoğunluk değişikliği nedeniyle kat artırımı yapılmış mı?				Evet Hayır

Konum:	Bağımsız	Bitişik, kenar bina	Bitişik, orta bina
	Bina eğimli arazide mi?	Evet	Hayır
	Eğim Miktarı	Dik $\geq 30^\circ$	Yumuşak $> 30^\circ$

Komşu binalarla derz:	Var	Yok	Belirlenemedi
-----------------------	-----	-----	---------------

Komşu binalarla kat seviyesi:	Aynı	Farklı
-------------------------------	------	--------

Düzensizlik durumları		
	Var	Yok
Planda düzensizlik		
Kesitte düzensizlik		
Döşeme süreksizliği		
Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması		
Yumuşak kat düzensizliği		
Düşey eleman süreksizliği		

Çizelge 4.26c İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları
bina içinden veri toplama formu taşıyıcı sistem özellikleri sayfası - sayfa 3 (ikinci kademe
değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler) (İBB, 2003)

TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ

Taşıyıcı Sistem Türü:	Betonarme Çerçeve		
	Betonarme Çerçeve + Perde		
	Karma (Betonarme + Yığma)		
	Yığma		
Betonarme Binalar			
Dolgu Duvarı Malzemesi:	Boşluklu fabrika tuğlası		
	Dolu fabrika tuğlası		
	Beton briket		
	Harman tuğlası		
	Gazbeton tuğla veya panel		
	Diğer (açıklayınız) :		
Karma ve Yığma Binalar			
Taşıyıcı Duvar Malzemesi:	Boşluklu fabrika tuğlası		
	Dolu fabrika tuğlası		
	Beton briket		
	Harman tuğlası		
	Gazbeton tuğla veya panel		
	Taş		
	Diğer (açıklayınız) :		
Bodrum Perdesi Malzemesi:	Taş (Kesme veya moloz) kargir		
	Betonarme duvar		
	Harman veya dolu fabrika tuğlası		
	Beton briket		
	Diğer (açıklayınız) :		
Döşeme Sistemi:	Kirişli plak döşeme		
	Asmolen dolgulu dişli (nervürlü) döşeme		
	Dolguşuz dişli (nervürlü) döşeme		
	Kirişsiz plak döşeme		
	Diğer (açıklayınız) :		
Donatı Bilgileri			
Mevcut yapıda çelik sınıfı:	S220 (St I)	S420 (St III)	S500 (St IV)
Donatı türü:	Düz:	Nervürlü:	
Donatıda paslanma gözleniyor mu?	Evet:	Hayır:	
Dış cephe betonarme elemanlarında boyuna çatlaklar var mı?	Evet:	Hayır:	

- Eğer belirlemek mümkünse.

Çizelge 4.26d İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme çalışmaları bina içinden veri toplama formu taşıyıcı sistem bilgileri ve malzeme, işçilik genel kalite değerlendirme sayfası - sayfa 4 (ikinci kademe değerlendirmede verilen tüm yöntemler için ortak bilgiler) (İBB, 2003)

TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ

(1) Binanın giriş katı ticari amaçlı kullanılıyor mu?	Evet:		Hayır:	
(2) Binanın giriş kat yüksekliği diğer katlardan farklı mı?	Evet:		Hayır:	
(3) Binaya ön ve arka cephelerden bakıldığında görülen kat sayıları aynı mı?	Evet:		Hayır:	
(4) 6'ıncı soruya cevabınız "HAYIR" ise cevaplayınız				
Ön cepheden görünen kat sayısı:				
Arka cepheden görünen kat sayısı:				
(5) Binada kısa kolon oluşumu var mı?	Evet:		Hayır:	
(6) Binanın kirişlerinin yüksekliği kolonların genişliğinden fazla mı? (Belirlemek mümkün değilse boş bırakınız).	Evet:		Hayır:	
Belirtmek istediğiniz başka hususlar varsa lütfen yazınız.				

MALZEME, İŞÇİLİK VE GENEL KALİTE DEĞERLENDİRMESİ

Değerlendirme Konusu		EVET	HAYIR
Binanın görünen kalite genellemesi iyi.			
Malzeme Kalitesi	Betonun kalitesi iyi.		
	Dolgu malzemesi kalitesi iyi.		
	Taşıyıcı duvar kalitesi iyi.		
Kolon/kiriş birleşim bölgelerinde eksenel birleşme sorunu var mı?			
Katların mimarileri çok farklı mı?			
Betonarme elemanlarda hasar var mı? (çatlak, aşırı deformasyon gibi)			

İkinci grupta ise yapının kritik kat rölövelerinin çıkartılması işlemi yer almaktadır. Birinci gruptaki işlemlere göre daha zor bir işlem gerektiren rölöve çıkarma çalışmalarını düşey taşıyıcı eleman (kolon+perde duvar) ve boşluksuz bölme duvar rölöve çalışmaları ve döşeme sistemi rölöve çalışmaları olarak ikiye ayırmak gerekecektir. Çizelge 4.27’de farklı yöntemler için toplanması gerekli görülen veriler işaretlenmiştir.

Çizelge 4.27 İstanbul Deprem Master Planı ikinci kademe yapısal değerlendirme kritik kata ait taşıyıcı sistem rölöve çalışmaları (İBB, 2003)

İŞ TANIMI	Yöntem 1 (ODTÜ)	Yöntem 2 (İTÜ)	Yöntem 3 (İTÜ)	Yöntem 4 (BÜ_YTÜ)	Yöntem 5 (ODTÜ)
Seçilen kritik kat ya da katlardaki kolon, duvar ve varsa perde yerleşimi çizilecek ve kroki halinde verilecektir. . İncelenen kat yüksekliği ölçülecektir.	✓	✓	✓	✓	✓
Krokide kolon ve perde boyutları, doğrultuları ile birlikte, yer alacak, yalnızca kolondan kolona giden duvarlar kalınlıkları ile birlikte işlenecektir	✓	✓	✓	✓	✓
Merdiven boşluğu işaret edilecektir. En az bir adet kolon pas payları L şeklinde yaklaşık 1cm genişliğinde ve bant şeklinde kolonu tahrip etmeden mutfak ile ağırlık donatı kalitesi, donatı yerleşimi, sıva ve pas payı kalınlıkları hakkında bilgi sahibi olunacaktır. (Eğer alet temini mümkün olabılırsa pasometre yardımıyla örnek olarak seçilen bir veya birkaç kolonda etriye aralığı saplanacaktır).		✓	✓	✓	✓
İncelenen kattaki kiriş sistemi (sarkın ya da yastık kiriş) belirlenecektir. Kiriş boyutu ya da boyutları ölçülecektir. Döşeme ve kapama kalınlıkları hakkında bilgi edinilmeye çalışılacaktır.		✓	✓	✓	✓
Olabilirse diğer katlara ait kiriş sistemi belirlenmeye çalışılacaktır.		✓			
İncelenen katta veya bina dışında göze çarpan belirgin durumlar varsa hasar ve çatlaklar not edilecektir. Mevcut çatlakların türü mutlaka yazılmalıdır.		✓	✓	✓	✓
Yerel zemin koşulları ve deprem etkisi	✓	✓	✓	✓	✓

c. Üçüncü kademe değerlendirme

Ayrıntılı inceleme veya Kapsamlı Değerlendirme aşaması olarak ta adlandırılan bu aşamada İTÜ ve ODTÜ tarafından geliştirilen iki farklı yöntem bulunmaktadır.

Her iki yöntemde de zemin incelemelerinden başlayan, malzeme deneylerini, donatı tespitlerini, taşıyıcı sistem incelemesini kapsayan ayrıntılı detaylı analizlerin ve hesaplamaların yapıldığı süreçler bulunmaktadır.

İstanbul Deprem Master Planı’nda, yukarıda yer alan değerlendirme yöntemlerini uygulamak amacıyla teknik incelemeye katılacaklara yönelik bir eğitim programı öngörülmektedir. Bu program detaylı olarak Çizelge 4.28de yer almaktadır. İnşaat Mühendisleri Odası ve Üniversitelerin sürekli eğitim merkezleri tarafından yürütülecek bu programa katılanlara, eğitimin sonunda test sınavı ile yapılacak bir değerlendirme ile sertifika verilmesi öngörülmektedir.

Çizelge 4.28 Binaların deprem güvenliği incelemesinde katılacaklara yönelik eğitim programı (İBB, 2003)

Konu	Süre (saat)	İçerik
Betonarme binaların taşıyıcı sistemi ve taşıyıcı sistem güvenliği	3	Temel türleri, zemin profili sınıflandırılması, zemin koşullarının deprem güvenliğine etkisi, mevcut binalarda beton kalitesi tespit yöntemleri, korozyon ve korozyon hasarı seviyeleri, betonarme taşıyıcı sistemde güvenlik, aderans ve keretlenme, betonarme taşıyıcı sistem rijitlik, dayanım ve süreklilik, deprem etkisindeki taşıyıcı sistemin genel davranışı, taşıyıcı sistemlerin sınıflandırılması, çerçeve sistemler, perde ve çerçeve sistemler, düzenli ve düzensiz taşıyıcı sistemler, betonarme taşıyıcı sistem elemanları, döşemeler, kirişler, kolonlar, perdeler, temeller, yığma binalar, yapı hasarları, çatlakların değerlendirilmesi
Betonarme binalarda deprem güvenliğinin belirlenmesi için kullanılan yöntemler ve sokak taraması yöntemi	3-3	Bir binanın taşıyıcı sisteminin belirlenmesi. Değerlendirme safhasında söz konusu olan üç kademe: değerlendirme tanıtılması, sokak taraması, ön inceleme ve kapsamlı inceleme kademeleri, sokak taraması yönteminin ilkeleri, göz önüne alınan parametreler ve bunların deprem güvenliğinde önemleri, puanlama sistemi, kısa kolon, zayıf ve yumuşak kat kavramları, ağır çıkma, bitişik bina, taşıyıcı duvarlar, bölme duvarlarının iyileştirilmesi ve taşıma kapasitesine katkısı, çatlakların değerlendirilmesi, örnekler üzerinde uygulama
Betonarme binalarda deprem güvenliğinin belirlenmesi için kullanılan ön inceleme yöntemi	3-3	Bir binanın taşıyıcı sisteminin belirlenmesinde ön inceleme yöntemi ilkeleri, göz önüne alınan parametreler ve bunların deprem güvenliğinde önemleri, örnekler üzerinde uygulama
Sahada eğitim	3-3	Birinci ve ikinci kademe inceleme yöntemleri parametrelerinin sahada incelenmesi
Sahada eğitim	3-3	Birinci ve ikinci kademe inceleme yöntemleri parametrelerinin hazırlanan bilgisayar programına veri olarak işlenmesi
Test sınavı	3	

4.6.8 Zeytinburnu Pilot Projesi Kapsamında Kullanılan Zeytinburnu Yapı Anket Formu (İstanbul)

Zeytinburnu Pilot Projesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından, “Deprem Riski Yüksek Alanlarda Yapılandırma-Rehabilitasyon Güçlendirme Programı” kapsamında pilot bölge olarak seçilen Zeytinburnu İlçesinde, Kentsel Dönüşüm Projesi çerçevesinde avan ve uygulama projelerinin geliştirilmesi ve fizibilite raporlarının hazırlanması çalışmasıdır.

Bu proje kapsamında Zeytinburnu ilçesinin pilot bölge olarak seçilmesinin nedenleri aşağıda özetlenmektedir [10].

a. Dönüşüm Potansiyelinin Yüksekliği

Zeytinburnu ilçesinin sosyal, ekonomik, kültürel ve mevcut yapı özellikleri açısından çok karmaşık bir doku içermesi dönüşüm potansiyelinin yüksekliğini yansıtır.

b. Sorunlu Yapıların Her Kategoriyi İçermesi

İlçede bulunan mevcut binaların kat adedinden binaların türüne, yapım tarzındaki farklılıklardan binaların yerleşim düzenlerindeki çarpıklıklara kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

c. 1., 2., 3. ve 4. Kuşak Konut Gruplarının Bulunuşu

Mevcut yapıların farklı yıllarda ve farklı yapım şekillerinden (betonarme, yığma, karma) oluşmuş olması ve bu yapıların 1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre yetersiz kalması önemli bir etkindir.

Proje süresince yapılacak çalışmalar aşağıda sıralanan evreleri kapsamaktadır.

a. Mevcut durumun tespiti

- Zeytinburnu İlçesi'nde 13 mahallede yer alan tüm yapıların tespit çalışmalarının yapılması,
- Bu çalışmalardan sonra ikinci (ara) inceleme çalışmalarının yapılması,
- İkinci ara inceleme raporuna ve arazi, laboratuvar sonuçlarına göre, değerlendirme çalışmalarının yapılmasıdır.

b. Teknik çalışmalar

Zeytinburnu'nun mevcut altyapısı'nın (su, elektrik, doğalgaz, kanalizasyon, telekomünikasyon hattı) değerlendirilmesi, güçlendirme, iyileştirme, çalışmalarıdır.

c. Yerleşim ve imar uygulamaları

Tüm elde edilen veriler ve bunlara uygun değerlendirmeler sonucunda Zeytinburnu İlçesine uygun, uygulanabilir yeni projelerin oluşturulmasıdır.

d. Hukuki çalışmalar

Zeytinburnu halkına zarar vermeyecek, hakları korumaya ilişkin yasal düzenlemeler ve uygulamaların yapılmasıdır.

e. Eğitim ve sosyal çalışmalar

Pilot projenin anlatılması amacıyla, halkın bilgilendirilmesine yönelik mahalle irtibat merkezleri projelerinin kurularak, gerekli durumlarda sivil toplum kuruluşları ve halkın katılımının sağlanmasıdır.

Çizelge 4.29 Zeytinburnu Pilot Projesi kapsamında kullanılan Yapı Anket Formu



T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYE BAŞKANLIĞI



EMLAK İSTİMLAK DAİRE BAŞKANLIĞI
YERLEŞMELER VE KENTSEL DÖNÜŞÜM MÜDÜRLÜĞÜ

ZEYTİNBURNU YAPI ANKET FORMU

FORM 1 : KİMLİK BİLGİLERİ

İnceleme Yapan Kişi / Tarih	
Mahalle / Sokak	
Kapı No / Ada Parsel	
Bina Kimlik Kodu	
Coğrafi Koordinatlar (GPS) (E/N)	

FORM 2 : BİNA BİLGİLERİ

Taşıyıcı Sistem	Betonarme () Yığma () Karma () Ahşap () Çelik ()
Kat Adedi (Bodrum Hariç)	Zemin (....) Asma (....) Normal (....) Çekme (....) Toplam (....)
Yaklaşık Cephe Genişliği	(.....) m
Yaklaşık Bina Derinliği	(.....) m
Ağır Çıkmalar	Yok () Var ()
Yapı Nizamı	Ayrık () Bitişik () Köşede ve Bitişik ()
Bitişik Binalarda Kat Seviyeleri	Aynı () Farklı ()
Çatı	Düz () Oturtma ()
Binanın Görünen Kalitesi	İyi () Orta () Kötü ()
Arsanın Eğimi	Düz () Az Eğimli () Dik ()
Binanın Kullanım Türü	Tamamı : Konut () Ticaret () Sanayi / İmalat () Karma ()
Binada Kullanım Dağılımı	Altı Dükkan-Üstü Konut () Altı Satış-Üstü İmalat ()
Betonarme Binalarda	
Zayıf / Yumuşak Kat	Yok () Var ()
Kısa Kolonlar	Yok () Var ()
Konsola Oturan Kolonlar	Yok () Var ()
Yığma Karma ve Ahşap Binalarda	
Cephede Duvar Boşluk Oranı	Az () Orta () Çok ()
Cephede Duvar Boşluk Düzeni	Düzenli () Az Düzenli () Düzensiz ()
Cephe Kaplaması	Taş/Seramik () Cam () Metal () Kompozit () Sıva ()
Hatıllar, Lentolar, Çatı Bağlantıları	İyi () Vasat () Kötü ()
Komşu Kullanımlar ve Çevre (Birden fazla İşaretlenebilir)	
Otoparklar	Binaya Bitişik Yüzey Otoparkı () Bodrum Kat Otoparkı Girişi () Arka Bahçe Otoparkı ()
Komşu Kullanımlar	Benzer Kullanımlar () Kamu Hizmet () Tehlikeli ()
Yol İlişkisi	Düzenli Kaldırım Genişliği (....) m Ön Bahçe Derinliği (....) m Zemin Kat-Yol Kotundan; Yüksek () Hemzemin () Alçak ()

*1. Kademe Değerlendirmede Kullanılacaktır.

f. Afet yönetimi

Deprem zararlarını azaltmak için, acil yardım, can kurtarma, beslenme, barınma, güvenlik, sağlık, eğitim, tatbikat, haberleşme, sosyal ve psikolojik çalışmaları kapsayan acil eylem planının hazırlanmasıdır.

Zeytinburnu Pilot Projesi kapsamında, mevcut durumun tespit edilmesine yönelik ilk aşamayı kapsayan tespit çalışması Mayıs 2004'te tamamlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan "Zeytinburnu Yapı Anket Formu" Çizelge 4.29'da yer almaktadır.

Zeytinburnu Yapı Anket Formu, 1. kademe değerlendirmeye yönelik veri toplamayı amaçlamaktadır.

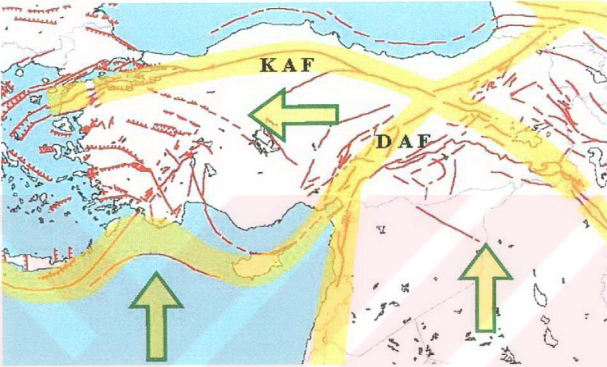
Anket formu iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, incelemeyi yapan ve incelemesi yapılan bina ile ilgili kimlik bilgilerine yönelik veri toplanmasının, ikinci bölümde ise, binanın yapım sistemi, biçimsel özellikleri, fiziksel korunma durumu, hasar görülebilirliği etkileyen bazı özellikleri, komşu yapılar ve çevre ile ilgili etkileşimi doğrultusunda veri toplanmasının amaçlandığı görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında 250.000 kişinin yaşadığı 17.000 bina gözden geçirilmiş ve binalar zemin ve yapı riskine göre 0 ile 150 puan arasında derecelendirilmiştir. Binalardan 5.500'ü 0-50 puan, 6.100'ü 50-100 puan ve 1030'u da 100-150 puan almıştır [10].

Anket formunda sınıflandırmaya ve puanlandırmaya yönelik herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

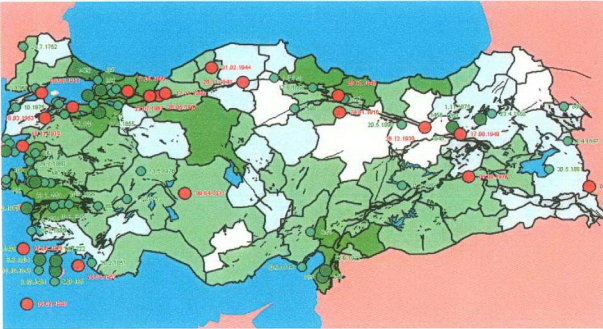
Zeytinburnu'nda bina taramalarını gerçekleştiren ODTÜ İnşaat Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Haluk Sucuoğlu, değerlendirmede esas alınan 50,100,150 olarak belirlenen risk sınırlarının binaların kaba özelliklerine göre verildiğini, bundan sonra yapılacak incelemede 2.000 bina üzerinde çok ayrıntılı çalışma ve simülasyonlarla depremin yaratacağı hasarın boyutlarının görüleceğini ve buradan olası hasar durumunun ortaya çıkarılacağını belirtmektedir. Bu çalışmadan sonra, eldeki verilere göre 50 olarak belirlenmiş alt limitin belki de 20'ye çekilebileceğini ve 2.000 bina arasında 20 puan almış bir bina ağır hasar görecektir yapı sınıfındaysa, 17.000 bina arasındaki tüm 20 puan almış binaların bu risk grubuna gireceğini ve hangisinin yıkılıp yıkılmayacağını tüm sonuçlar tamamlandığında görülebileceğini belirtmektedir [11].

Bu sıkışma durumu sürecinde Türkiye iki fay hattı boyunca (Kuzey Anadolu Fay-KAF Hattı, Kuzey Anadolu'dan Marmara'ya yaklaşık 1400-1500 km; Doğu Anadolu Fay Hattı-DAF Hattı, Doğu Anadolu'dan Çukurova'ya yaklaşık 600km) kırılmakta ve batıya doğru harekete geçmektedir (Şekil 5.3). Ülke topraklarının büyük bölümünü risk altında tutan bu fay oluşumlarına ek olarak Ege Bölgesi'nde çok sayıda, ancak daha kısa kırıkların yer aldığı bilinmektedir (Karaesmen, 2002).



Şekil 5.3 Türkiye'deki en önemli iki fay kuşağı KAF ve DAF [14]

Buna göre, Ülkemizde büyük can ve mal kaybına yol açan depremler, birinci derece deprem bölgesi olan Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin önemli bir bölümü ile kısmen Akdeniz, İç Anadolu'nun kuzeyi ile Orta ve Batı Karadeniz'i içine alan kesimlerde görülmektedir (Barka, vd., 2002).

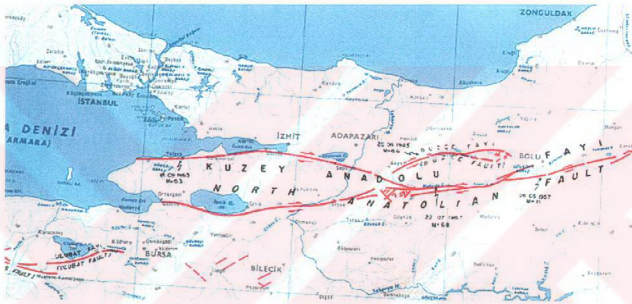


Şekil 5.4 Türkiye'de fay hatları ve büyük depremler [15]

Türkiye’de 1894-1999 yılları arasında, yaklaşık 64 yıkıcı deprem meydana gelmiş olup (105 yılda, 6-6,9 büyüklüğünde 40, 7-7,9 büyüklüğünde 24 adet deprem), istatistikler her 20 ayda bir yıkıcı bir deprem ile karşı karşıya kaldığını göstermektedir.

20.yy da meydana gelen depremlerde ülkemizde 110.000’den fazla kişi yaşamını yitirmiş, yaklaşık 250.000 kişi yaralanmış ve 600.000’e yakın yapı kullanılamaz duruma gelmiştir (Erdik vd., 2000).

Coğrafyamızın yaklaşık %90’ında etkili olan depremlerin oluşumunda büyük payı olan Kuzey Anadolu Fay Kuşağı üzerinde meydana gelen 1999’daki Marmara depremi (İzmit) depremi Türkiye’nin ve dünyanın yaşadığı önemli depremlerden biridir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 1999 Marmara depremi’nde etkilenen bölge [16]

Başbakanlık Kriz Merkezi’nin verilerine göre yaklaşık 16.000 kişinin hayatını kaybettiği, 24.000 kişinin kaybolduğu, 44.000 kişinin yaralandığı, 77.297 yapının yıkıldığı veya çok ağır hasar gördüğü, 76.768 yapının kısmen hasar gördüğü ve 89.290 yapının az hasar gördüğü bu depremde, toplam maddi kayıp yaklaşık 20 milyar dolardır. Depremin etkilediği bölgede, yapıların %33’ü tamamen yıkılırken veya çok ağır hasar alırken, %31’i kısmen hasar görmüş, %36’sı ise çok az hasar görmüştür (Barka vd., 2002).

Türkiye’nin, dünyanın en aktif deprem bölgelerinden birinde yer alıyor olduğu gerçeği, yaşadığımız coğrafyaya uygun bir yaşam ve yapılaşma biçimi benimsememiz gerekliliğini göstermektedir. Oysaki bugüne kadar ülkemizde meydana gelen depremlerin, mevcut yapı stoğunun kalitesizliğine bağlı olarak, gelişmiş ülkelere oranla daha fazla yıkım ve ölüme neden olduğu görülmektedir. Bunun en önemli nedeni, Türkiye’de inşa edilen yapıların büyük bir bölümünün etüd, tasarım, yapım ve bakım süreçlerinde, yasal ve mesleki denetim uygulanmadan inşa edilmeleridir.

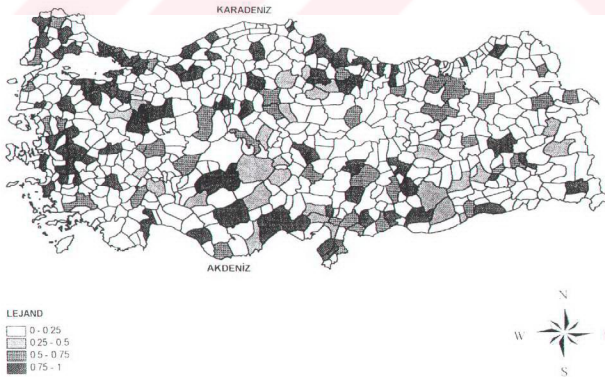
5.2 Mevcut Yapı Stoğu

Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu, uzun bir süreç içinde farklı aktörlerin katılımıyla değişik üretim biçimleri sonucunda oluşmuştur.

Tarihsel süreç içinde bu üretime kısaca göz atmak istediğimizde, 1950'lere kadar bireysel üretimin egemen olduğu Türkiye'de, özellikle Büyükşehirlerde 1950 sonrasında göç hareketinin başlaması ile gecekondulaşmanın yaşanmaya başladığını, 1955'lerden sonra kooperatifçiliğin ve 1984'lü yıllardan itibaren toplu konut üretiminin yaygınlaştığını görmekteyiz. En hızlı yapılaşma DİE 2000 yılı yapı sayımı sonuçlarına göre, 1970 sonrasında olup, yaklaşık %73'tür.

Özellikle büyük şehirlerde hızlı nüfus artışına bağlı olarak gerçekleşen büyüme, kamu otoritesinin imar hukuku alanında fiilen dışlanmasına ve yeterli teknik dayanım ve güvenliğe sahip olmayan yapı stoğu varlığına yol açmıştır.

Özellikle 1985-1990 yılları arası inşaat istatistikleri yapı kullanma ruhsatlarına göre incelendiğinde; yeni yapıların ağırlıklı olarak betonarme sistemde olduğu gözlenmektedir (Şekil 5.6). Söz konusu 5 yıllık dönemde yapı ruhsatı alan tuğla yığma yapı tarzının halen bazı yerleşmelerde hakimiyetini sürdürdüğü, ancak geleneksel yapı düzeni tuğla yığma yapı sistemine dayanan Ege bölgesinde, gelişme düzeyine bağlı olarak ortadan kalktığı anlaşılmaktadır. Diğer yapı sistemlerinin ise, nüfusu 10.000'i aşan yerleşmelerde hemen hemen hiç yapılmadığı görülmektedir (Şengezer, 1999).



Şekil 5.6 Ülkemizde 1985-1990 yılları arasında inşa edilen betonarme yapıların, aynı dönemde inşa edilen toplam yapı içindeki oranı (Şengezer, 1999)

işçilik ve denetimi içermeyen betonarme-karkas yapılar ölümcül riskler taşımaktadır. Betonarmenin bu özelliği, genel plansızlık ve denetimsizlik sürecindeki “kurallara aykırı yapılaşma salgınıyla”, da bütünleşince, onbinlerce insanımız yaşamlarını yitirmişlerdir (Ekinci vd., 2001).

Türkiye’de yaygın olarak kullanılan çok katlı betonarme yapıların deprem performansları kalkınmış ülkelerde gözlemlenenlerin çok altında kalmaktadır. 1992 Erzincan depreminde 4-6 katlı betonarme yapıların yaklaşık %50’sinin deprem hasarı nedeniyle tamamen yıkılıp yeniden inşa edilmesi veya ciddi bir tamir, takviye işleminin uygulanması gerektiği gözlenmiştir. Bu oran 1995 Hanshin (Japonya) depreminde gözlenmiş olanların yaklaşık 4 katı, 1995 Northridge (ABD) depreminde gözlenenlerin ise yaklaşık 12 katıdır (Coza, 2003).

Deprem Mühendisliği Araştırma Enstitüsü (Earthquake Engineering Research Institute-EERI)’nin raporuna göre İzmit bölgesinde hasar gören yapı tipleri içinde betonarme yapılar diğer yapı tiplerine göre önemli bir sayısal üstünlüğe sahiptir. Bu depremde yaşanan can kayıplarının yine büyük oranda betonarme yapıların yıkımına bağlı olarak oluştuğu görülmektedir (EERI, 2000).

1939 Erzincan Depremi’nden sonra Türkiye’de son on yıl içinde değişik bölgelerde olan ve büyük denebilecek depremlerden çıkarılabilecek dersler hemen hemen birbirlerinin benzerleridir. Her yıkıcı deprem sonrası yapılan arazi çalışmalarında ve mühendislik yapılarında yapılan incelemelerde benzer hataların yoğun bir biçimde yinelenmesi şaşırtıcıdır (Çelik, vd., 2000).

5.3 Geçmiş Depremlerde Betonarme Yapılarda Gözlemlenen Hasarlar ve Yıkım Nedenleri

Bu bölümde, Türkiye’de ve özellikle Marmara Bölgesinde (Marmara depreminin önemli bir veri kaynağı olması nedeniyle) geçmiş depremlerde betonarme yapılarda oluşan hasar ve yıkım nedenleri kapsamlı bir biçimde ele alınarak sınıflandırılmakta ve yapılan değerlendirmeler fotoğraf ve şekillerle desteklenerek açıklanmaya çalışılmaktadır.

5.3.1 Yerleşim Yeri – Yapı Etkileşimine Bağlı Hasarlar

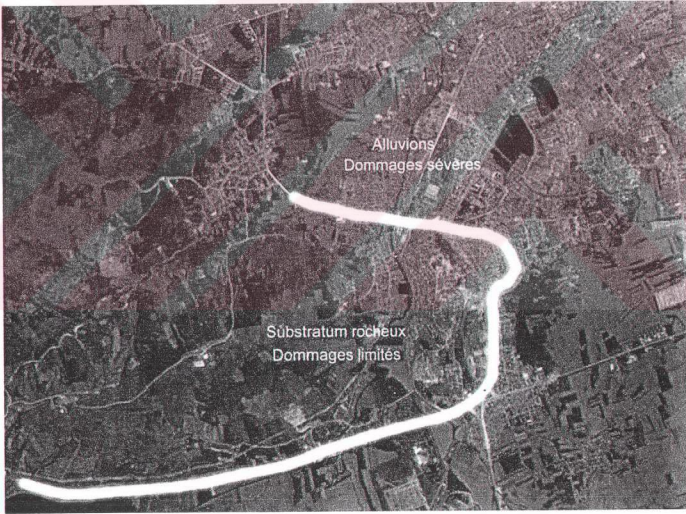
Depremler sonrasında yapılan gözlemler ve incelemeler, yapı hasarlarının oluşmasında yerleşim yeri ve yapı etkileşimine bağlı hasarların önemli oranda olduğunu göstermektedir. Aşağıda yerleşim yeri - yapı etkileşimine bağlı farklı olumsuzluklar yer almaktadır.

5.3.1.1 Zeminlerin Dinamik Özellikleri ve Rezonans

Birçok depremde, aynı yerleşim bölgesinde, aynı malzemeden yapılmış ve eşit katlı yapılardan kayalık zeminler üzerinde olanlarında hasar çok az olurken, yumuşak dolgu zemin üzerinde olanlarda daha çok hasar olmakta ve yıkılmalar gözlemlenmektedir. Bu durum genellikle deprem yer hareketinin değişik zeminlerde farklılaşmasının bir sonucudur (Demirtaş, 2001).

Adapazarı'nda birbirine çok yakın iki bölgede farklı hasar düzeyleri olduğu gözlemlenmiş, yapılan incelemeler sonucunda önemli deprem hasarlarının alüvyon zeminli bölgede, sınırlı deprem hasarlarının ise kaya zeminli bölgede olduğu belirlenmiştir. Adapazarı'na ait uydu fotoğrafında (Şekil 5.8) bu iki farklı bölge çizgisel olarak birbirinden ayrılarak işaretlenmiştir.

Fransız Deprem Araştırma Enstitüsü (AFPS), İzmit depremi raporunda Adapazarı bölgesinin bir bölümünde zemin salınım periyodunun yaklaşık 0,4 – 0,6 saniye arasında değişmesinden dolayı, 3-6 katlı yapılarda önemli hasarlar meydana geldiğini belirtmektedir.



Şekil 5.8 Adapazarı - Kaya zeminde sınırlı hasar, alüvyon zeminde ağır hasar (AFPS, 1999)

Gölcük'te de aynı strüktür sistemine sahip yapılarda, kat adetleri ve hasar düzeyleri arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Özellikle 5 - 6 katlı yapılarda önemli hasarlar olduğu gözlemlenirken, 2-3 katlı yapılarda hasar düzeyleri çok sınırlı kalmıştır (Şekil 5.9).

Yalova zemin etkisinin yoğun olarak hissedildiği bir diğer bölgedir. Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu, özellikle alüvyonlu bir zemine sahip bu bölgede zeminin salınım periyodunun 0,4 – 0,6 saniye arasında değiştiğini ve zemin etkilerinin sistematik hasarlar üzerinde etkili olduğunu belirtmektedir.

Zeminler özelliklerine göre sert ve yumuşak zeminler olarak ikiye ayrılmaktadır. Yumuşak zeminlerin deprem salınımlarının genliği büyük ve uzun periyotlu (0.5-0.8 sn.), sert zeminlerin deprem salınımlarının genliği küçük ve kısa periyotludur (0.1-0.3 sn.).

Yapıların da salınım periyotları olup, kat adedi arttıkça salınım periyotları artmaktadır. Orta rijitlikte 5 katlı bir yapının salınım periyodu 0.5-0.6 sn. arasında değişirken, yine orta rijitlikte 1-2 katlı bir yapının salınım periyodu 0.1-0.2 sn. arasında değişmektedir. Zeminin ve yapının salınım periyotlarının birbirlerine yakın olmaları durumunda rezonans meydana gelir ve yapıya etkiyen salınım şiddeti önemli oranda artarak, ağır hasarların oluşmasına neden olur.

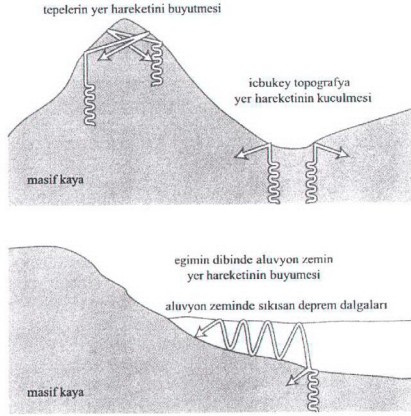


Şekil 5.9 Gölçük - 5 katlı yapılarda ağır hasarlar olduğu görülürken, 2 katlı yapılarda hasarların sınırlı kaldığı görülmektedir (AFPS, 1999)

5.3.1.2 Tepe ve Farklı Zemin Sınırlarında Yer Hareketinin Farklılaşması

Deprem dalgaları, zemin içinde farklı katmanlardan geçerken farklı kırılma ve yansımalar uğramaktadır. Dalgalar yüksek tepelerde yansıma nedeniyle birbiri üstüne binerek büyürken, içbükey bir topografyada, farklı yönlerde yansıyan dalgalar yer hareketini küçültmektedir.

Deprem dalgaları kaya zeminden dolgu bir zemine (ör: alüvyon zemin) geçişte, ara yüzeyde sıkışır ve kırılarak yansır. Bu tip zeminler üzerinde yer alan yapıların hasar görme olasılıkları yüksektir. Şekil 5.10'da farklı topografyalarda deprem dalgalarının yansıma biçimleri yer almaktadır.



Şekil 5.10 Farklı zemin ve topografyalarda deprem dalgalarının yansımaları (Zacek, 1996)

5.3.1.3 Sıvılaşma

Sıvılaşma, yer sarsıntısı sırasında zeminin taşıma gücünün ve dayanımının zayıflaması olayıdır. Kum tanecikleri arasında yer alan su, taneciklere belirli bir basınç uygulayarak bir arada kalmalarını sağlamaktadır. Depremden önce suyun basıncı az iken, depremle birlikte sarsıntıya bağlı olarak suyun basıncı artmakta ve su taneciklerin arasını terk ederek zemin yüzeyine doğru çıkmaktadır. Sıvılaşma olduğunda, tanecikler arasındaki dayanım ve denge azalarak, zeminin yapıları taşıma gücü ortadan kalkar (Şekil 5.11) (Johansson, 2000).

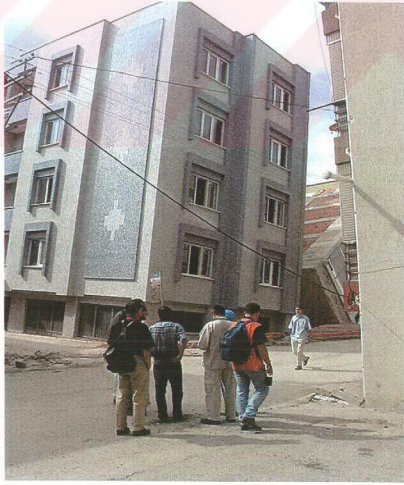


Şekil 5.11 Japonya Niigata'da sıvılaşma yüzünden devrilen yapı grupları [17]

Adapazarı bölgesinde, birçok yapının taşıyıcı sistemi hasar görmemiş olmasına rağmen zemin içine battığı veya temelleri görülecek şekilde yan yattığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.12 ve Şekil 5.13) (AFPS, 1999).



Şekil 5.12 Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu: yan yatan yapı (AFPS, 1999)



Şekil 5.13 Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu: zemin içine batan yapı (AFPS, 1999)



Şekil 5.14 Adapazarı bölgesinde sıvılaşmaya bağlı hasar oluşumu: zemin içine batan yapı [18]

5.3.1.4 Heyelan - Kaya Düşmesi - Çığ

Depremlerin ikincil etkileri sonucu gelişmekte olup, depremler dolaylı olarak yapı hasarına yol açan birçok heyelan türü kaymaları tetikleyerek harekete geçirmektedir. Büyük depremler, dış merkezden 500-1000km uzaklıkta bulunan eski heyelanları harekete geçirebilir. Ya da kaya düşmesi veya çığlara neden olabilir. Ayrıca mühendislik yapılarında, özellikle otoyollardaki yarma ve dolgu alanlardaki zemin yenilemeleri de bu gruba dahil edilebilir (Şekil 5.15) (Demirtaş 2001).



Şekil 5.15 İzmit Körfezinin kuzeyinde sahil şeridinde heyelan (AFPS, 1999)

Yapının kaymaya müsait toprak üzerine kurulması, (Adapazarı'nda devrilen binalar), sahil şeridinde uygun olmayan toprak üzerine kurulması (kıyının bir kısmının üzerindeki yapı ile birlikte kayması ve çökmesi), kötü yer seçiminin örnekleri olarak sıralanabilir (Garevski, 2000).

5.3.2 Deprem Merkezinin Yerleşim Yerine Uzaklığı

Depremi oluş yeri, hasarın az ya da çok olmasında oldukça etkilidir. Örneğin 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin merkezi, sanayi ve nüfusun çok yoğun olduğu İzmit Körfezi civarında yer almıştır. Dış-merkez, hemen Gölcük altında, İzmit'e 5-10 km ve Adapazarı'na 10-20 km uzaklıkta yer almıştır. Bu nedenle bu kentlerde hasar ağır olmuştur. Birinci ana şok kent merkezlerinin hemen yakınında/altında olmasına karşılık, ikinci ana şok Sapanca-Akyazı arasında kırsal bir alanda olduğu için, bu kesimdeki yerleşim yerinde hasar daha hafif olmuştur (Demirtaş, 2001).

Yapının aktif fay üzerinde inşa edilmesi durumunda, her ne kadar deprem yönetmeliklerine tamamen uyulmuş ve inşaat sırasında çok dikkatli kontroller yapılmış olsa da yapıların kaçınılmaz yıkımının önüne geçilememektedir (İzmit-Kocaeli depreminde yıkılan yapıların çoğu tam fay üzerinde kurulmuştur) (Garevski, 2000).

Bir deprem sırasında meydana gelen yer hareketi deprem kaynağının (fay hattının) uzaklığı ile azalır ve aletsel büyüklüğün artması ile büyür. Bu durumda, diğer faktörlerin sabit kaldığı varsayımı ile deprem kaynağının uzaklığı ile deprem hasarının azalması beklenebilir. Ancak faya yakın bölgelerde (5km veya daha yakın) bu tip azalım ilişkileri, özellikle büyük depremlerde, deprem yer hareketi ile deprem büyüklüğü arasındaki ilişki zayıfladığı için, geçersiz olmaktadır (Erdik, 2003)

5.3.3 Yapım Yılı ve 1997 Deprem Yönetmeliği

İstanbul'un yapı stoğu ile ilgili bugüne kadar yapılan birçok çalışma, mevcut yapı stoğunun deprem riskini arttıran çok önemli sorunları bulunduğunu göstermektedir.

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2000 Yapı Sayımı kaynak alınarak, mevcut yapı stoğu yapım yıllarına göre incelendiğinde, yapıların %5,2'si (37.444 yapı) 1949 ve öncesinde, %3,8'i (26.976 yapı) 1950-1959 yılları arasında, %8,9'u (63.335) 1960-1969 yılları arasında, %19,8'i (141.788 yapı) 1970-1979 yılları arasında, %29,8'i (213.220 yapı) 1980-1989 yılları arasında ve %32,5'i (232.699 yapı) 1990 ve sonrasında yapılmıştır. Bu verilere göre 1997 Deprem Yönetmeliği'nden önce yapılan yapıların sayısı yaklaşık 645.000 olup mevcut yapı stoğunun yaklaşık % 90'ını oluşturmaktadır.

Mevcut yapı stoğunun 1997 yılı öncesi ve sonrasına göre yüzdesel ve sayısal ayrımının nedeni, son deprem yönetmeliğinin 1997 ve 1998 yılında kapsamlı değişikliklerle yenilenerek, yaşanan depremler ve bilgiler ışığında geliştirilmesi ve TS500'le (Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları) uygunluğunun sağlanmasıdır. Buna göre son yönetmeliğe uygun olarak yapılan yapıların hasar görme olasılıkları önceki yönetmelikler ile karşılaştırıldığında çok daha düşüktür.

Prof. Dr. Kaya Özgen'e göre 1968, 1975 ve 1997 yönetmelikleri karşılaştırıldığında, 1.derece deprem bölgesinde 100m²'lik 5 katlı bir konut göz önüne alınırsa, bunun toplam ağırlığı yaklaşık 500 ton olup, bu yapının deprem hesabında ilgili yönetmeliklere göre alınması gereken yatay yükler aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Farklı yönetmeliklere göre yatay yükler (Özgen, 2002)

1968	1975	1997	1999 depremi
30 ^t	50 ^t	60-90 ^t	Sağlam zeminde 65-95 ^t Alüvyonlu zeminde 125-160 ^t

Buna göre 1968 yönetmeliği koşullarında hesaplanan yapıya, yaşanan 1999 Marmara depreminde, hesapta öngörülenin 5 katı zorlama gelmiştir. Mühendislik kabul ve kuralları içinde tasarlanan sistemlerin, proje koşulları ötesindeki bu artışı karşılaması mümkün değildir. Bu değerlendirmelerin ışığında eski yönetmelikler kapsamında projelendirilen ve yapılan yapıların, 1999 benzeri bir depremde ayakta kalma şansı çok düşüktür. Ortaya çıkan hasar ve can kayıplarında eski yönetmeliklerin payı büyüktür (Özgen, 2002)

VIII veya daha fazla deprem şiddeti bölgesinde kalan, 1970 öncesi inşa edilmiş 5 ve daha fazla katlı betonarme meskenler (1963 şartnamesi, zayıf beton niteliği, donatıda paslanma olasılığı), İstanbul'da senaryo depreminde tamamen göçme riski taşıyan yapılar arasında ilk sırayı işgal etmektedir (Erdik vd., 2000).

Mevcut yapı stoğu ile ilgili bilinen bir diğer gerçek, özellikle 1984'ten sonra yapılan yapıların büyük bölümünün kaçak olması, bunların mühendislik hizmeti görüp görmediklerinin ve yapı kalitesinin tam olarak bilinmemesidir (Barka ve Er, 2002).

Önceki deprem yönetmeliklerine göre yapılmış yapılar bile büyük oranda hasar görme riski içerirken, kaçak olarak yapılmış ve mühendislik hizmeti almamış büyük miktardaki yapı stoğunun önümüzdeki büyük depremlerdeki performanslarının ne olacağı önemli bir sorundur.

Öte yandan mevcut yapı stoğunun büyük bir çoğunluğunda elle karılmış beton kullanılması, elle yapılmış betonun ömrünün yaklaşık 50 yıl olması (Barka ve Er, 2002) özellikle 1997 yılından evvel yapılan yapıların yaşları ile orantılı önemli hasar görülebilirlik düzeylerine sahip olabileceğini göstermektedir.

5.3.4 Planda Düzensizlik Durumları

Depreme dayanıklı yapı tasarımında basitlik ve simetri temel ilkelere aittir. İdeal bir yapı bütün yatay yönlerde aynı rijitliği göstermelidir (Zacek, 2002).

Basit ve simetrik olmayan yapılarda analizlerin güç olması sonucu statik ve dinamik çözümler çoğunlukla yaklaşık bir biçimde yapılabilen, bunun yanında bu tip yapılarda deprem sırasında kritik burulma etkileri de ortaya çıkmaktadır (Bayülke, 2001).

Bu nedenle yapılar plan konumlarına göre “düzenli” ya da “düzensiz” olarak sınıflandırılmakta ve “düzensiz” yapıların deprem açısından sakıncalarının giderilmesi ya da düzenli yapı tasarımının özendirilmesi için yönetmeliklerle, düzensiz yapıların tasarımında daha ağır koşullara uyulma zorunluluğu getirilmektedir (Bayülke 2001).

Bununla birlikte yönetmelikler her ne kadar düzensiz yapıların sakıncalarını gidermeye yönelik bazı koşullar getirirse de, yönetmeliklerdeki sınırlılıklar nedeniyle - basit, kullanımı kolay, aynı zamanda koruma bedeli ve düzeyi arasında kabul edilebilir belirli bir uzlaşma düzeyine sahip olması (Zacek, 2002) - hesaba katılmayan birçok unsur (depremin süresi, zemin-yapı etkileşiminin neden olduğu rezonans v.b.) düzensiz yapıların deprem performanslarını olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir.

Taşıyıcı sistemi çok iyi hesaplanmış, ancak düzensiz taşıyıcı sisteme sahip bir yapının deprem davranışı, taşıyıcı sistemi kabaca hesaplanmış, ancak taşıyıcı sistemi oldukça düzenli olan bir yapının davranışından daha olumsuzdur. Taşıyıcı sistemi iyi düzenlenmemiş bir yapının depremde davranışını hesaplama artırmak olanaklı değildir (Çelik vd., 2000).

Bu nedenle düzensiz yapıların tasarımından ve yapımından kaçınılması gerekliliği 1997 Deprem Yönetmeliği’nde de açık bir şekilde yer almaktadır.

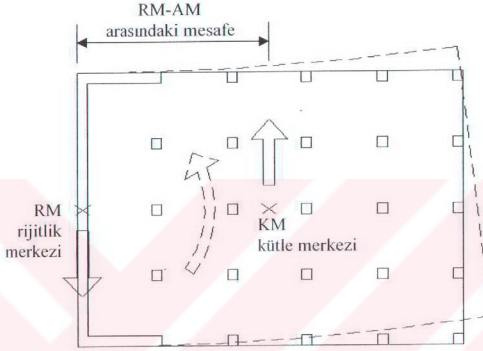
1997 Deprem Yönetmeliği’nde planda düzensizlik durumları, A1 burulma düzensizliği, A2 döşeme süreksizliği, A3 planda çıkıntılar bulunması ve A4 taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması olarak sıralanmıştır.

Çok katlı betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinde yapılan incelemede en çok burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması gibi düzensizlikler bulunmaktadır. Depremde yer ivmesinin değişik bölgelerde 0,04g – 0,25g

değerlerine ulaştığı İstanbul'da ise çok katlı yapılarda yukarıda belirtilen türden düzensizliklerin yol açtığı hasarlar sınırlı oranda kalmıştır (Çelik vd., 2000)

5.3.4.1 Burulma Düzensizliği

Burulma, yapının kütle merkezinin, yapının rijitlik merkezinden farklı olması durumunda ortaya çıkan bir deformasyon olayı olup, rijitlik merkezi etrafında gerçekleşir (Şekil 5.16). Rijitlik merkezi ve kütle merkezi arasındaki mesafe ne kadar büyük ise burulma o derece önemlidir (Akbulut, 2001).

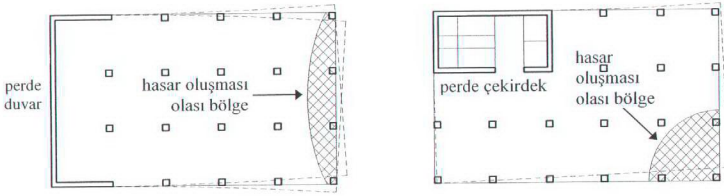


Şekil 5.16 Burulma mekanizması (Akbulut, 2001)

Kuramsal olarak rijitlikleri ile orantılı miktar yatay yük taşımaları beklenen kolon ve perde duvarlar, rijitlik merkezlerinden uzaklıklarına göre ek kuvvetlerle zorlanırlar. Burulma momenti ne kadar büyük ve kolon ya da perde duvar rijitlik merkezinden ne kadar uzakta ise burulmanın getireceği ek yük o kadar büyük olacaktır. Depremde yapıda burulma etkilerinin oluşmasını önlemek ya da çok aza indirmek için planda basitlik ve simetri sağlamaya özen gösteren mimari plan ve biçimler seçilmelidir (Bayülke, 2001).

Burulma nedeniyle rijitlik kat düzleminde dengeli dağılmamış ise yapıda rijitliğin az olduğu taraf rijitliğin çok olduğu tarafa oranla çok daha fazla deplasmana uğrar, özellikle kenar/köşe kolonlarda önemli hasarlar ve göçmeler oluşabilir (Şekil 5.17).

Yapıda kütle merkezini değiştirmek rijitlik merkezini değiştirmekten daha zordur. Oysa rijitlik merkezinin değiştirilmesi, kat kolonlarının rijitliklerinin değiştirilmesi veya sisteme perdeler ilave edilmesi ile daha kolay gerçekleştirilebilir.



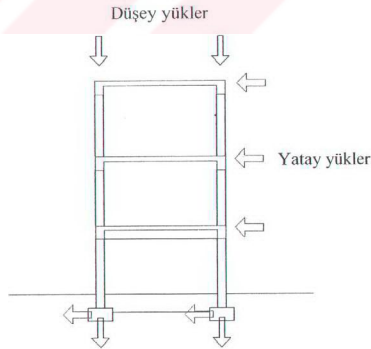
Şekil 5.17 Farklı rijitliğe bağlı burulma düzensizliği

5.3.4.2 Döşeme Süreksizlikleri

Herhangi bir kattaki döşemede, merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının $1/3$ 'ünden fazla olması, deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması veya döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumunda döşeme süreksizliği oluşur (1997 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - Deprem Yönetmeliği).

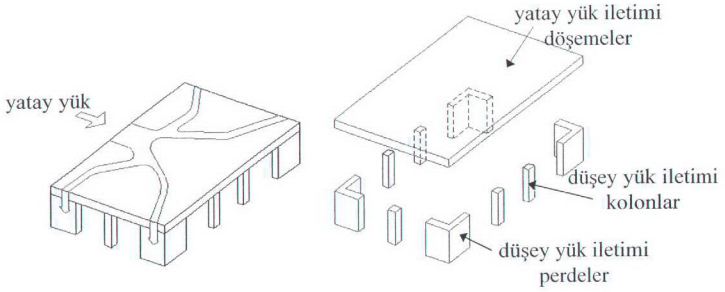
Bir yapının depreme karşı dayanıklı olabilmesi için, depremden kaynaklanan yatay yükleri, tıpkı düşey yükler gibi güvenli bir şekilde oturduğu zemine iletebilmesi gereklidir.

Bu iletim ancak, düşeyde ve yatayda bütüncül bir dayanım sistemi tasarlanarak sağlanabilir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 Yatay ve düşey yüklerin zemine iletimi (Akbulut, 2001)

Düşey düzlemde yatay yükleri zemine ileten sistem elemanları perde duvarlar ve rijit çerçeveler iken, yatay düzlemde bu görevi döşemeler, çatılar ve yatay makaslar üstlenmektedir.



Şekil 5.19 Yatay ve düşey yük iletim sistemi elemanları (Akbulut, 2001)

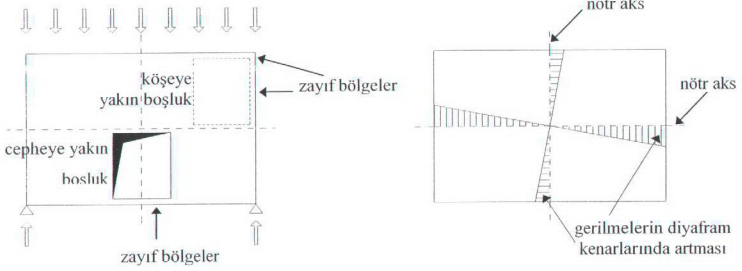
Yapıya gelen yatay yükleri, düşey elemanlara ileten dayanım elemanlarına diyafram denilmektedir. Diyafram olarak nitelendirilen kat ve çatı döşemelerinin yük altındaki davranışı yatay bir kirişe benzetilmektedir. Diyafram düzensizlikleri diğer yapı elemanlarındaki düzensizlikler gibi, çekme ve gerilme birikimine neden olmaktadır. Boşluğun büyüklüğü ve konumu diyaframın etkinliği için önemli olmaktadır. Bunun sebebinin anlaşılması için diyaframın bir kiriş gibi davrandığının göz önüne alınması gerekmektedir. Kiriş açıklığının artması kirişin yük taşıyıcılığını önemli derecede azaltmaktadır (Coza, 2003).

Fonksiyonel sebeplerden dolayı döşemelerde ve çatılarda sıklıkla, merdiven, asansörler, düşey shaftlar, çatı pencereleri ve diğer mimari boşluklar açılmakta olup bu boşlukların boyutları ve konumları diyaframların dayanımlarını ve rijitliklerini azaltabilmektedir.

Oysaki deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle aktarılabilmesi diyaframların rijitliklerine bağlıdır. Boşlukların düzenlenmesinde rijitliğin azalmasına neden olabilecek tasarım hataları aşağıda şekiller yardımıyla açıklanmaya çalışılmaktadır.

a. Boşlukların diyaframların duvar ve çerçeve bağlantılarına çok yakın olmaları

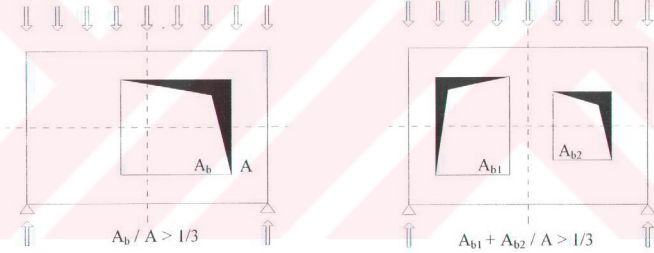
Diyafram kenarlarına yakın bölgelerde gerilmeler en üst düzeyde olduğu için bu bölgelerde öngörülen boşluklar diyaframların zayıflamasına neden olmaktadır.



Şekil 5.20 Boşlukların gerilmelerin en üst düzeyde olduğu bölgelere yakın öngörülmesi

b. Diyaframlarda önemli boyutlarda boşluklar açılması

Diyaframlarda öngörülen boşlukların önemli boyutlara ulaşması durumunda diyaframların rijitliklerinde boşlukların büyüklüklerine bağlı olarak önemli oranlarda azalmalar olmaktadır.

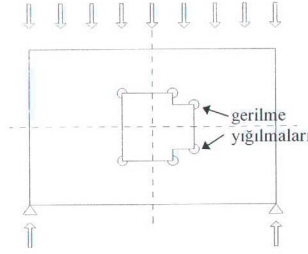


Şekil 5.21 Diyaframlarda öngörülen boşlukların önemli boyutlara ulaşması ($A_b / A > 1/3$)

Diyaframlarda birden fazla boşluk açılması durumunda boşlukların birbirlerinden yeterince uzağa yerleştirilmeleri dikkat edilmesi gereken önemli bir unsurdur.

c. Diyaframlarda karmaşık biçimli boşluklar açılması

Diyaframların iç köşelerinde gerilme yığılmalarına bağlı hasarlar oluşmaktadır.

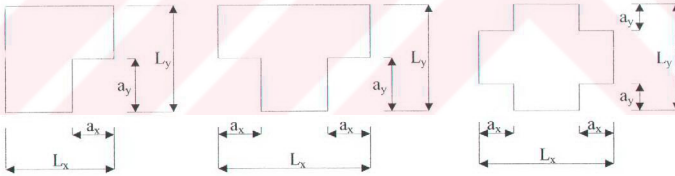


Şekil 5.22 Diyaframların iç köşelerinde gerilme yığılmaları

Yukarıda açıklanan tasarım eksikliklerine bağlı döşeme rijitliği eksikliği Türkiye’de sıklıkla görülen bir hasar ve yıkım sebebidir. Birçok yapı önceki depremlerde bu probleme bağlı olarak tamamen yıkılmıştır (pankek tarzı yıkım biçimi).

5.3.4.3 Planda Çıkıntılar Bulunması (Plan Düzensizliği - Asimetrik Planlar)

Yapı kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, yapının o katının aynı doğrultulardaki toplam olan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumuna plan düzensizliği denir (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – 1997 Deprem Yönetmeliği) (Şekil 5.23).



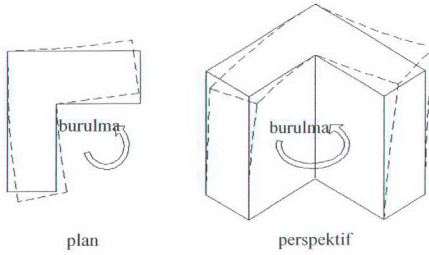
$$a_x > 0.2 L_x \text{ ve aynı zamanda } a_y > 0.2 L_y$$

Şekil 5.23 Plan düzensizliği durumu

Depreme dayanıklı yapı tasarımında en uygun yapı biçimleri basit ve simetrik oldukları için kare, kareye yakın biçimler veya dairedir. Dairesel biçimler genellikle kare veya kareye yakın biçimlere oranla, uygulamaya yönelik bazı nedenlerden dolayı daha az tercih edilmektedir.

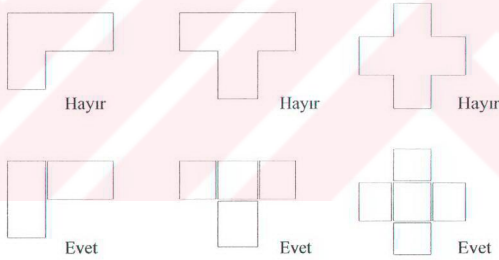
Kare ya da kareye yakın basit ve kompakt formlar, bütün yönlerde aynı rijitliği gösterdikleri için, deprem yükleri altında daha iyi bir davranış gösterirler. Özellikle işlevsel olarak L, T, Y

ve U biçiminde tasarlanan yapılar önlemler alınmadığında burulmaya ve dar açılı köşeler üzerinde gerilme yığılmalarına neden olmaktadır (Önel ve Akbulut, 2002).



Şekil 5.24 Yapının formundan kaynaklanan burulma

Burulma etkilerinin oluşmasını önleyebilmek için L, T, Y, U veya karmaşık biçimli yapılarda, yapıyı derzler ile bölümlere ayırarak her bir bölümün kare veya kareye yakın bir biçime dönüşmesini sağlamak etkin bir çözüm şeklidir (Şekil 5.25).



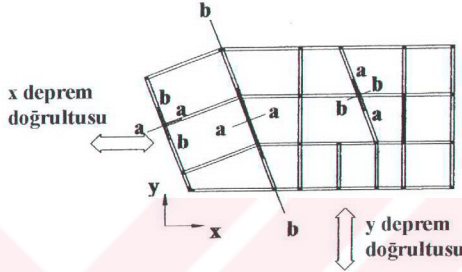
Şekil 5.25 Yapıların derzler ile kare veya kareye yakın biçimlere bölünmesi

Ancak bu durumda yapı bölümlerinin birbirine çarpmalarını veya derzlerin iyi yapılmaması nedeni ile yapı bölümlerinin yine birlikte çalışması ve burulma etkilerinin ortaya çıkması söz konusudur. Gereken derz aralığı bazen 10 cm kadar olabilir (Bölüm 5.3.8). Üstelik yapılan deney ve gözlemlerden derzlerin yapım süresince çeşitli döküntüler ile dolduğu görülmüştür. Bu nedenle yapı bölümleri arasında, sürtünme ile kuvvet aktarımı olduğu gözlemlenmiştir (Çamlıbel, 2000).

5.3.4.4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması durumuna denir (Şekil 5.26) (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – 1997 Deprem Yönetmeliği).

Buna göre taşıyıcı elemanların asal eksenleri a-a ve b-b, x ve y yatay deprem doğrultularına göre eğik olarak yerleştirilmişlerse, yönetmeliğe göre planda düzensizlik bulunmaktadır.



Şekil 5.26 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – 1997 Deprem Yönetmeliği)

Eğik konumda olan kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanların asal eksenleri boyunca meydana gelen iç kuvvetle, depremin her iki yönden etki etmesi sebebiyle istenmeyen şekilde artmakta, artan bu kuvvetler yapıyı olumsuz etkilemektedir (Tezcan, 1998).

5.3.5 Düşeyde Düzensizlik Durumları

Yapıda alt kattan başlayan ve en üst kata doğru ağırlık ve rijitlikte uyumlu bir gidiş olmalıdır. Yapılar plan konumlarında olduğu gibi yükseklik boyunca da deprem açısından “düzenli” ve “düzensiz” olarak sınıflandırılıp “düzensiz” nitelikleri olan yapılardan daha ağır koşulların uygulanması istenerek bu biçimde yapılanmalarından kaçınılması özendirilir (Bayülke, 2001).

Düşey düzlemdeki düzensizlik, genelde plan düzlemine göre daha da olumsuz olup, yapı hasarları, düzensizlik derecesi ile orantılı olarak artmaktadır (Önel ve Akbulut, 2002)

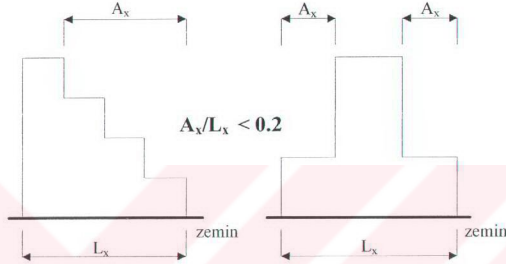
Yatay boyutları yükseklikleri ile birlikte değişmeyen yapılarda, eğer uygulama hataları içermiyorsa, genellikle çıkma ve girinti içeren hacimlere sahip veya saydamlıklar içeren yapılara oranla daha az deprem hasarları gözlemlenmiştir (Zacek, 2002).

1997 Deprem Yönetmeliği’ne göre düşeyde düzensizlik durumu, komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat), komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat) ve taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olarak tanımlanmıştır.

5.3.5.1 Düşey Geometride Düzensizlik

Aynı yapının bölümleri arasında büyük yükseklik farkları olması sakıncalıdır. Ana yapı üzerinde kule, çekme kat gibi alan olarak asıl yapıdan küçük ve yüksek bölümlerin depremde ana yapıdan farklı davrandıkları ve daha büyük yatay kuvvetlerle zorlandıkları bilinmektedir (Bayülke, 2001).

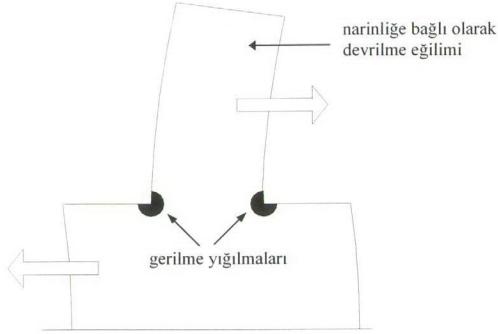
Geri çekilerek oluşturulmuş yapılarda düşey geometrik düzensizlik oranları Şekil 5.27’de belirtilen değerlerden daha çok olmamalıdır.



Şekil 5.27 Düşey geometrik düzensizlik

Geri çekilerek oluşturulmuş geometrik biçimlerde, kat planının küçüldüğü seviyelerde büyük gerilme birikimleri ve yatay kuvvetler oluşmaktadır.

Büyük depremlerde, hasarların sıklıkla, geri çekilmelerin olduğu katların alt kısımlarında yoğunlaştığı gözlemlenmektedir (Şekil 5.28 ve Şekil 5.29). Geri çekilerek oluşturulmuş katlar, diğer normal katlarla aynı frekansta salınmazlar, bazı anlarda alt noktalarında önemli gerilme yığılmasına yol açan deplasmanların etkisinde kalırlar. Geri çekilerek oluşturulmuş katların narin olmaları olumsuzluğu arttırmaktadır. Bu durumda devrilme eğiliminde olup, esneklikleri salınımın üst modlara çıkmasına, dolayısıyla deprem yüklerinin yükseltgenmesine neden olmaktadır (Zacek, 2002).



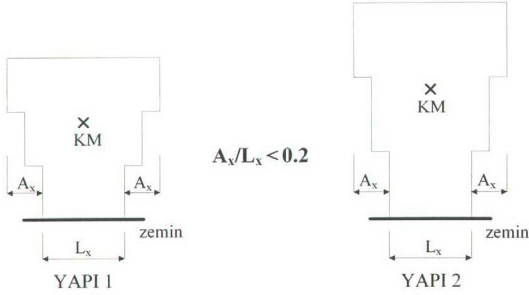
Şekil 5.28 Geri çekilerek oluşturulmuş katların ara kesitlerinde gerilme yığılmaları



Şekil 5.29 Japonya (17.01.1995) Kobe depreminde hasar görmüş bir yapı. Yapının alt kısmı ve üst kısmı arasında salınım farklılığı (Zacek, 2002)

Yapı geometrisinin ve kütesinin yükseklik ile birlikte arttığı biçimlerde ise deprem yükleri kütleyle orantılı olduğundan devrilme momenti, kütle merkezi yükseldikçe artmaktadır. Şekil 5.30'da aynı taban alanına fakat farklı yüksekliklere sahip iki yapı yer almaktadır. Bu yapılardan yapı 2, kütle merkezinin (KM) birinci yapıya göre daha yukarıda olması sebebiyle daha büyük bir devrilme momenti etkisi altındadır.

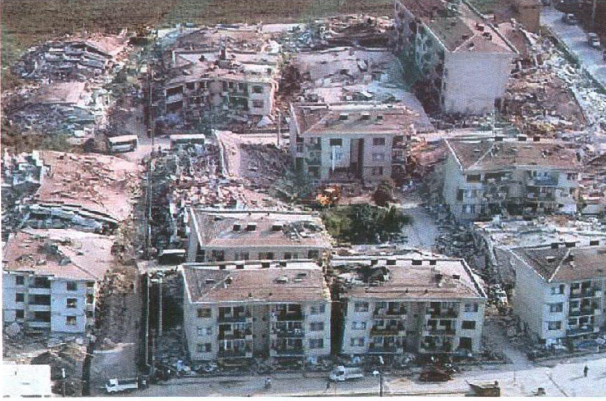
Bu tip yapılarda düşey geometrik düzensizlik oranları Şekil 5.30'da belirtilen değerlerden fazla olmamalıdır.



Şekil 5.30 Düşey geometrik düzensizlik oranları

5.3.5.2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat Etkisi)

Yumuşak katlar, yapıların kısmen veya tamamen çökmesine neden olan ve Türkiye'de sıklıkla gözlemlenen önemli hasar kaynaklarından biridir (Şekil 5.31).

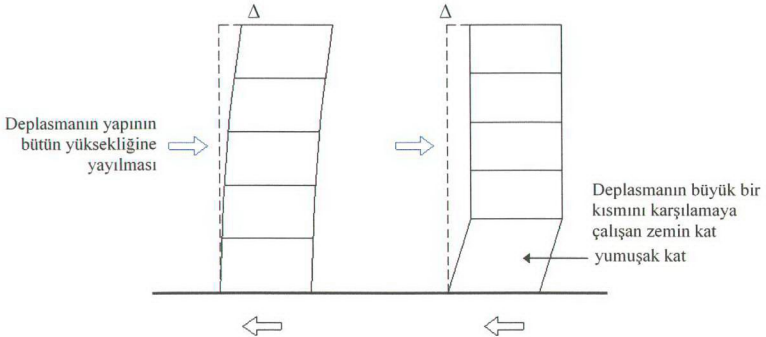


Şekil 5.31 İzmit depreminde, birçok yapının yumuşak kat etkisine bağlı olarak, kısmen veya tamamen çökmesi [19]



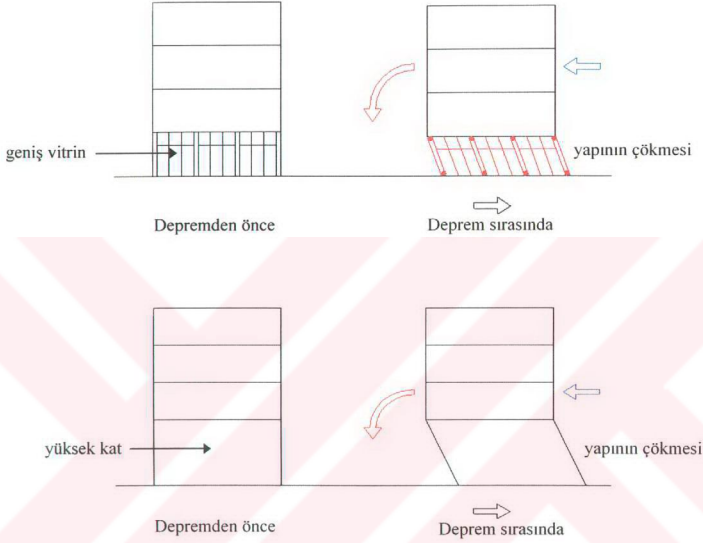
Şekil 5.32 Bingöl depreminde zemin kat işyeri olarak kullanılan yapıda yumuşak kat etkisine bağlı yıkım (Kaplan, vd., 2003)

Yumuşak kat etkisi, deprem sırasında yapının yapacağı toplam deplasmanın yapının bütün yüksekliği boyunca bölüştürülecek yerde, yumuşak kat diye tanımlanan kat üzerinde oluşmasıdır (Şekil 5.33). Yıkıcı depremlerde yumuşak katların ucunda oluşan gevrek veya sünek (yapının 1997 Deprem Yönetmeliği'ne uygun donatı koşullarını yerine getirmesi durumunda) tipte kırılmaya bağlı olarak önemli hasarlar veya çökme meydana gelmektedir (Akbulut, 2001).



Şekil 5.33 Deprem sırasında iki farklı yapı üzerinde deplasmanların oluşumu (Akbulut, 2001)

Yumuşak kat oluşumuna yol açan en önemli sebeplerden biri, zemin katların ticari amaçla kullanımına yönelik olarak, bu katlardaki bölme ve/veya dolgu duvarların kaldırılarak ve/veya yüksekliklerinin diğer katlara göre daha fazla tutularak geniş vitrinler düzenlenmesi ve üst katlara oranla rijitliklerinin azaltılmasıdır (Şekil 5.34).



Şekil 5.34 Geniş vitrin ve/veya diğer katlara oranla herhangi bir katın belirgin yüksek olması: Rijitlik düzensizliği (yumuşak kat etkisi) (Akbulut, 2001)



Şekil 5.35 Adapazarı'nda zemin katı ticari amaçla düzenlenmiş yapıların yumuşak kat etkisine bağlı çökmesi [20] [21]



Şekil 5.36 İzmit'te zemin katı diğer katlarına oranla daha yüksek ve geniş vitrinlerle düzenlenmiş yapıda yumuşak kat etkisine bağlı hasarlar [22]

1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun her biri için, bir katın ortalama görelî kat ötelemesinin, bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemesine oranının 1,5 dan fazla olması durumunda gerçekleşmektedir. Bu hesaplar yapılırken ± 5 dışmerkezlilik etkilerinin göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 5.37 Yapının zemin katının yumuşak kat etkisine bağlı olarak çökmesi [23]



Şekil 5.38 Yapının yumuşak kat etkisine bağlı olarak zemin katının çökmesi [24]

Yumuşak kat oluşumuna engel olmak için alınabilecek önlemler kısaca aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Yatay rijitliğin, kolon tasarımının veya boyutlarının değiştirilerek artırılması
- Yatay rijitliğin cephe veya cephe gerisinde perde veya dolgu duvarlar kullanılarak artırılması
- Üst katların rijitliklerinin, esnek cephe elemanları kullanarak, yumuşak katın rijitlik seviyesine indirilmesi

5.3.5.3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği

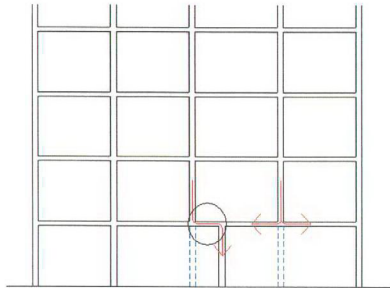
1997 Deprem Yönetmeliği'ne göre bu düzensizlik taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması (Şekil 5.39), ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara veya kirişlere oturtulması olarak tanımlanır.



Şekil 5.39 Konsol ucunda kolonlu yapı (Çelik vd., 2000)

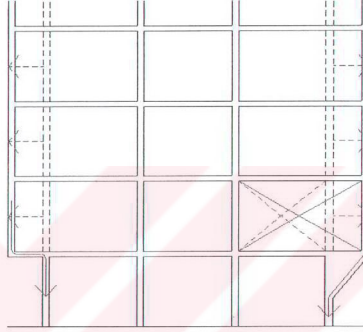
Yapı taşıyıcı sisteminde, kolon, perde gibi düşey elemanların temelden çatıya kadar, yük aktarımının sağlıklı bir şekilde sağlanması amacıyla, kesintisiz bir şekilde aynı aks üzerinde devam ettirilmesi gerekmektedir.

Kolonlar kesit yüksekliği boyunca ve yapı yüksekliği boyunca sürekli olmalı ve kiriş açıklıklarına oturtulmamalıdır (Şekil 5.40). Kolonun kirişe oturması deprem davranışını değiştirir. Üst katlarda devam etmeyen kolon yapı davranışını bozar. Çatı katlarında çekme katların kolonları, çerçeve kirişinin ortasına oturduğu durumlar çok önemlidir. Kiriş açıklığında büyük momentler oluşur ve kiriş ortasında plastik mafsalları ve kesme kuvvetlerinden dolayı da kırılmalar oluşabilir (Mertol ve Mertol, 2002).



Şekil 5.40 Yüklerin zemine dolaylı iletimi: Kiriş tarafından taşınan kolon (Akbulut, 2001)

Büyük şehirlerimizde özellikle İstanbul’da “konsol ucunda kolonlu” yapılar gibi düşeyde düzensizlik içeren betonarme yapı sayısındaki artış şaşırtıcı boyutlara ulaşmıştır. Bu artış yalnızca belirli semtlerde değil, İstanbul’un her yerinde olmuştur. 1997 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” bu tür yapıların yapımına izin vermemektedir (B3 türü düzensizlik). İmar yönetmeliklerinde yapımına izin verilen 1.5m lik çıkmanın, yapılarda kullanım alanına sokulması çabası, zemin katı üzerinde kolonların konsol ucuna oturtulması ile sonuçlanmaktadır (Şekil 5.41) (Çelik vd., 2000).



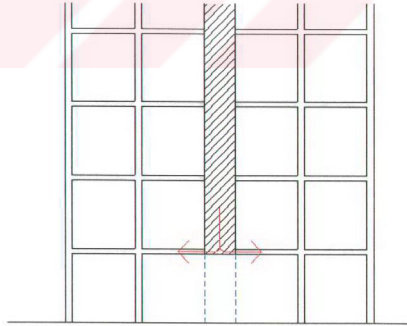
Şekil 5.41 Yapılarda çıkmanın kullanım alanına sokulma çabası: Konsol ucunda kolon (Akbulut, 2001)

Bu tür yapılara yalnızca az katlı yapılarda değil, zaman zaman 10-12 kata kadar varan yapılarda da rastlanması düşündürücüdür. Konsollar taşıyıcı sistemin izostatik elemanları olup, iç kuvvetlerin olası yeniden dağılımına katkıları bulunmamaktadır.; üzerlerine etkileyen ağır kolon yükleri nedeniyle enkesit boyutları, altındaki kolondan çoğu zaman büyük olmakta ve ona göre donatılmaktadırlar. Bu durum konsolun altındaki kolondan daha güçlü olması durumunu da doğurmaktadır. Beklendiği üzere, konsol ucunda kolonlu betonarme yapılar az katlı olmalarına rağmen 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi’nde ağır hasar görmüşlerdir. Bu türden yapılarda hasar, daha deprem etkilerine bile gerek kalmaksızın ortaya çıkmaktadır (Çelik vd., 2000).



Şekil 5.42 Konsol ucunda kolonlu yapıda köşe kolonda çatlak (Çelik vd., 2000)

Perde duvarlar yapının temelinden başlayıp en üst kata kadar sürekli olarak yapılmalıdır. Çeşitli nedenlerle zemin katında hiç yapılmaması ya da en üst kata kadar uzatılmayıp ara bir yerde kesilmesi deprem açısından çok sakıncalıdır (Bayülke, 2001).



Şekil 5.43 Zemin katta daha geniş bir alan elde etmek için kaldırılmış perde (Akbulut, 2001)

Zemin katta perdelerin kolonlara mesnetlenmesi, zemin katın esnek davranışına (yumuşak kat etkisi) ve düşeyde süresiz olmaları gerilme yığılmalarına neden olmaktadır (Mertol, 2002).

5.3.6 Konsol Elemanlarda Hasarlar

Deprem sırasında, yapıların farklı rijitliğe sahip bölümleri aynı frekansta salınmazlar. Buna bağlı olarak, arakesitlerde gerilme yığılmalarının oluşmasına bağlı olarak hasarların meydana geldiği görülmektedir. Gerilme yığılmaları yapıların enerji biriktirme ve tüketme kapasitelerini azalttığından, bu bölgelerde önemli hasarlar ortaya çıkmaktadır.

Geçmiş depremlerde, düşey salınımların etkisi altında, önemli uzunluğa sahip konsol elemanların, özellikle balkonların yapıdan koptukları veya ciddi hasarlar gördükleri gözlemlenmiştir (Şekil 5.44).



Şekil 5.44 Düşey salınımlara bağlı olarak, köşe balkonların yıkılması [25]

Hasar oluşumlarının önlenmesi, konsol elemanlardan kaçınmak veya konsol uzunluklarını sınırlandırmakla mümkün olabilir.

5.3.7 Kısa Kolon Oluşumu

Türkiye’de “kısa kolon oluşumu” yapılarda sıklıkla görülen ve hasara neden olan önemli tasarım hatalarından biridir.

Kısa kolon oluşumu, özellikle aynı katın kolonları arasında, kolon boyu diğer kolonlara oranla belirgin seviyede daha az olan kolonlar üzerinde ve deformasyonları kısmen diğer yapı elemanları tarafından engellenen kolonlar üzerinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 5.45 – Şekil 5.46).

Aynı katta öteki taşıyıcı sistem elemanlarına göre yükseklikleri değişik nedenlerle azaltılmış, başka bir deyişle rijitlikleri arttırılmış olan kolonlar aşırı değerlere varan kesme kuvvetleri nedeniyle ağır hasarın ya da göçmenin başlıca nedenlerinden biri olmuştur (Çelik vd., 2000).

Kolon boyu ne kadar kısa ise, üzerine çektiği kesme kuvveti, boyunun üçüncü kuvveti ile doğru orantılı olarak artar. Örneğin, normal kat yüksekliğinde kolon boyu h ve kesme kuvveti V ise, kolon boyu $\frac{1}{2}$ oranında kısaldığında, kesme kuvveti 8 kat artar ve $8V$ olur (Doğan, 2000).

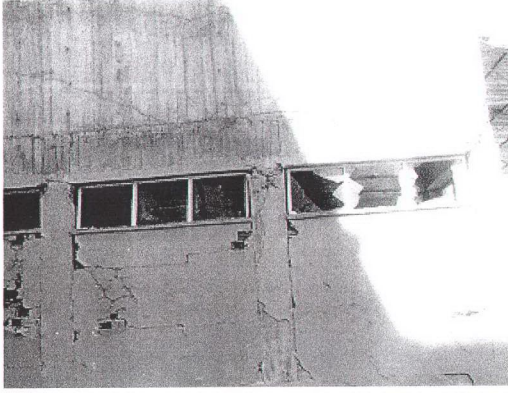
Çizelge 5.2'de elastiklik modülü ve atalet momenti aynı kalmak koşuluyla farklı kolon boylarına bağlı olarak kesme kuvveti artış oranları verilmiştir.

Çizelge 5.2 Farklı kolon boylarına bağlı olarak kesme kuvveti artış oranı

Kolon serbest boyu	Kesme kuvveti $12.E.I/h^3$ E =Elastiklik modülü I =Atalet momenti	Kesme Kuvveti Artış Oranı
h	$12.E.I/h^3$	1
$0,75h$	$12.E.I/h^3$	2,37
$0,5h$	$12.E.I/h^3$	8
$0,25h$	$12.E.I/h^3$	64
$0,20h$	$12.E.I/h^3$	125

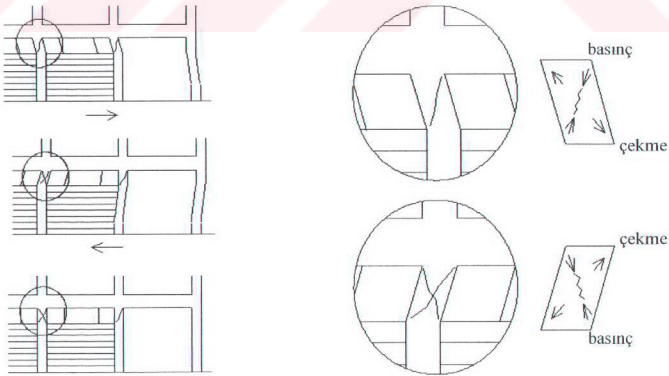


Şekil 5.45 Düzce Lisesi: Kısa kolon etkisi nedeniyle, bant pencerelerin iki yanındaki kolonlarda hasarlar (Çelik vd., 2000)



Şekil 5.46 Ceyhan un fabrikası: Kısa kolon ve taşıyıcı sistem elemanları düzensizliği içeren yapı - zemin katta perdeden kolona geçişte kısa kolon hasarı [26]

Kısa kolonlar üzerinde hasar oluşum mekanizması Şekil 5.47’de detaylı olarak görülmektedir. Deprem sırasında yapı salınım yaparken, kolonların duvarlar veya rijit parapetler tarafından hareketi engellenmeyen serbest kısımları kesme deformasyonunun etkisinde kalırlar ve kısa kolon diye tanımlanan kolon parçası üzerinde basınca bağlı çatlak oluşur. Salınım sırasında yapı pozisyonunu değiştirdiğinde çatlak diğer köşegen üzerinde oluşur. Deprem sırasında bu devinimin defalarca tekrarlanmasına bağlı olarak köşegenler üzerinde oluşan çatlaklar artan bir oranda hasarın büyümesine neden olurlar.



Şekil 5.47 Deprem sırasında, kısa kolon etkisine bağlı hasar oluşum mekanizması (Akbulut, 2001)

Geçmiş depremlerdeki hasarlar incelendiğinde, kısa kolon oluşumunun aşağıdaki durumlarda ortaya çıktığı görülmektedir.

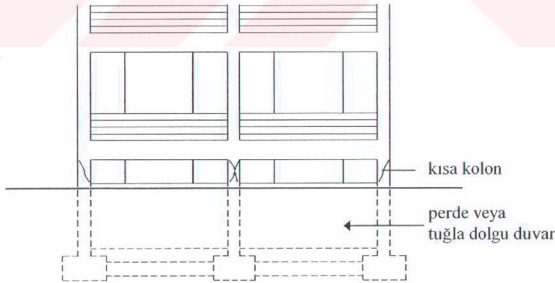
a. Aralarında bant pencerelerin bulunduğu kolonlar üzerinde

Hesaplamalarda kat yüksekliğine eşit kabul edilen kolon boyu, bant pencere elde ederken altına örülen dolgu duvarı ile kısaltılmıştır. Hesaplara kat yüksekliğince giren kolonun uygulamada yüksekliği azaldığı için rijitliği artmıştır. Depremde hasar görmesi kesindir (Gönençen, 2000).



Şekil 5.48 Bant pencerelerin yanında yer alan kolonlar üzerinde kısa kolon oluşumuna bağlı hasarlar (Çelik, 1999)

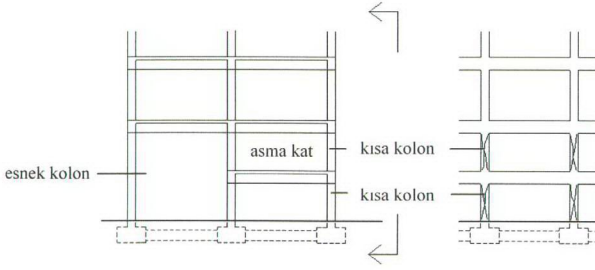
b. Kısmen gömülmüş bodrum katların kolonları üzerinde



Şekil 5.49 Bodrum katı kısmen gömülmüş yapıda kısa kolon hasarı (Akbulut, 2001)

c. Galeri ve asma katları taşıyan kolonlar üzerinde

Özellikle otel veya yönetim yapılarında yer alan asma kat ve galeriler gerekli önlemlerin alınmadığı durumlarda, sıklıkla kısa kolon oluşumuna neden olmaktadır.



Şekil 5.50 Asma katı taşıyan kolonlarda kısa kolon hasarı (Akbulut, 2001)



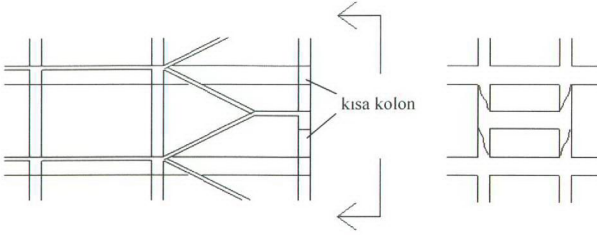
Şekil 5.51 Asma katlı yapıda kısa kolon oluşumuna bağlı hasar [27]



Şekil 5.52 Zemin katı işyeri olan bir yapının asma katı taşıyan kolonu üzerinde kısa kolon hasarı (Kaplan vd., 2003)

d. Merdiven sahanlıklarını taşıyan kolonlar üzerinde

Kat arasında bir kota yerleştirdiğimiz (yaklaşık $\frac{1}{2}$ kat) sahanlıklar bağlı oldukları kolonları ikiye bölerek yatay yüklerden alacakları payı bir kat artırırlar (Gönençen, 2000).



Şekil 5.53 Merdiven sahanlıklarından kaynaklanan kısık kolon oluşumu (Akbulut, 2001)



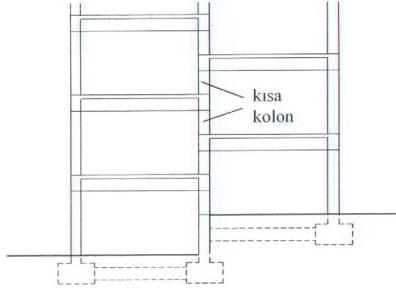
Şekil 5.54 İzmit: Merdiven sahanlığının bağlı olduğu kolonlar üzerinde kısık kolon hasarları [28]



Şekil 5.55 Kısık kolon oluşumuna bağlı hasarlar [29]

e. Kademeli katlar arasındaki kolonlar üzerinde

Farklı kat düzeylerine sahip yapılarda ortak kolonları üzerinde sıklıkla kısa kolon oluşumu görülmektedir.



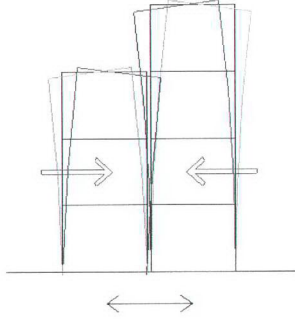
Şekil 5.56 Kademeli katlar arasındaki kolonlar üzerinde kısa kolon oluşumu (Akbulut, 2001)

Yapılarda kısa kolon oluşumundan önemle kaçınılması önerilir. Problemin çözüm yollarını dolaylı biçimlerde aramak yerine problemi ortaya çıkarmamak daha gerçekçi görünmektedir. Zorunlu durumlarda duvar ile kolon arasında ezilebilen türden bir malzeme yerleştirilmesi ya da bant pencere durumunda kolona yakın bölümlerin duvarla kapatılması uygun olacaktır. Kısa kolon olan bölgede sık etriyelerin uygulandığı yapılarda bile çoğu zaman ağır hasarın gözlemlendiği durumlarla karşılaşmıştır; etriye sıklaştırmasının her zaman yetmediği, betonun kalitesinin de iyi olması gerektiği açıktır (Çelik vd., 2000).

5.3.8 Bitişik Nizam Yapılarda Çekiçleme Hasarı

Aralarında yeterli derz boşluğu bırakılmayan bitişik nizam yapılarda, deprem salınımlarına bağlı olarak, iki yapı kütlelerinin çarpışması sonucu beklenmedik ağır hasarlar olabilmektedir (Şekil 5.57).

Yapıların çarpışması sonucunda çarpışan yüzeylerde beton ezilmeleri, kolon, kiriş kırılmaları biçiminde ortaya çıkan hasarlar, çekiçleme hasarı olarak tanımlanmaktadır. Çarpışan iki yapının kat düzeylerinin de farklı olması durumunda hasar oluşumu daha da ciddi boyutlara ulaşabilmektedir.



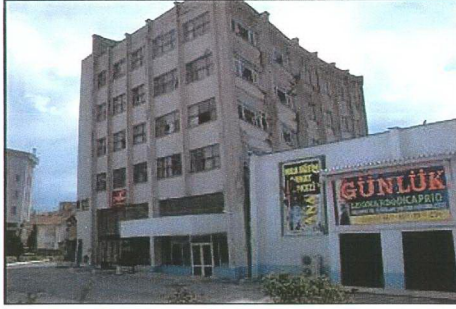
Şekil 5.57 Farklı yüksekliğe sahip iki yapının çarpışması (Akbulut, 2001)

Bu hasar olasılığını ortadan kaldırmak amacıyla 1997 Deprem Yönetmeliği'nde yeni yapılacak yapılar arasında bırakılması gereken derz boşluklarına ilişkin koşullar getirilmiştir.

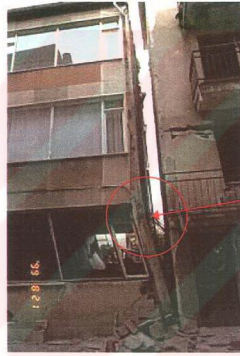
Buna göre yapıların deprem sırasında çarpışmasını önlemek için bırakılacak minimum derz boşluğu 6m yüksekliğe kadar en az 30mm olacak ve bu değere 6m'den sonraki her 3m'lik yükseklik için en az 10mm eklenecektir.

Yönetmeliğe göre yukarıda tanımlanan değerler minimum değerler olup bu değerlerin altında bir sonuç elde edilmedikçe geçerli olan hesaplama her bir kat için komşu blok veya yapılardan elde edilen yer değiştirmelerin mutlak değerinin toplamı ile kat döşemeleri bütün katlarda aynı seviyede olan yapılar için $R/4$ 'ün veya kat döşemeleri bazı katlarda olsa bile farklı seviyelerde olan yapılarda $R/2$ 'nin çarpımı sonucunda bulunan değerden daha az olamaz.

Bitişik nizam yapılarda gerekli derz boşlukları bırakılmamasına bağlı olarak ortaya çıkan çekiçleme hasarları görülmektedir. Özellikle kat döşemelerinin farklı seviyelerde olması nedeniyle, döşeme seviyelerindeki kirişlerin kolonlara çarpması sonrasında, kolonlarda önemli çatlaklar ve hasarlar ortaya çıkmıştır (Şekil 5.58 – Şekil 5.59 – Şekil 5.60).



Şekil 5.58 Adapazarı: Farklı yüksekliğe sahip yapılarda çekiçleme hasarları [30]



Şekil 5.59 İzmit: Aynı yükseklikte fakat kat seviyeleri farklı iki yapıda çekiçleme etkisine bağlı olarak zemin katın kolonunda kırılma [31]



Şekil 5.60 Adana Ceyhan - İki komşu yapının çarpışmasına bağlı olarak kolonda ortaya çıkan kayma çatlağı [32]

5.3.9 Rijitlik Yetersizliği

Kuvvetli yer hareketlerinde ikinci mertebe etkilerinin (P-Δ) en aza indirilmesi ve taşıyıcı olmayan bölme duvarlarındaki hasarın artmaması için yapı taşıyıcı sisteminin yanal rijitliğinin yeterli düzeyde olması gerekir (Çelik, vd., 2000).

Yeterli rijitliği olmayan yapılarda, yanal yer değiştirmelerin büyük olmasından ikinci mertebe momentlerinden yapının stabilitesi bozulur ve rijitliği az olan elemanlarda hasarlar büyük olur (Mertol ve Mertol, 2002).

Plan düzleminde, uygun yerleştirilen perde duvarlar yanal rijitliğin sağlanmasına önemli oranda katkıda bulunurlar.

Perde duvarlar yatay ötelenmeyi kısıtlayarak ikinci mertebeden momentlerin miktarını da kısıtlayıp kesitlerin daha çok zorlanmasını önlerler (Bayülke, 2001).

Deprem bölgesinde ağır hasar gören ya da göçen binalar üzerinde yapılan incelemede yapıların çoğunda yeterli yatay rijitlik sağlayacak düzenlemelere rastlanmamıştır (Çelik, vd., 2000).



Şekil 5.61 Yapının yatay rijitlik eksikliğine bağlı olarak tamamen çökmesi (pankek tarzı) (Çelik, 1999)

Özellikle 4-7 katlı betonarme iskelet/karkas türü binalarda diğer olumsuzlukların yanında, taşıyıcı sistemin yanal rijitliğine önemli katkıda bulunabilecek elemanlar bulunmamaktadır. Durum böyle olunca, zayıf kolon - güçlü kiriş türü binalarda deprem yüklerinin büyük bir bölümü taşıyıcı olmayan bölme duvarları tarafından taşınmış, planda ve düşeyde uygun düzenlenmiş bölme duvarlı sistemler depremde ağır hasar almakla sınırlı kalmış ancak göçmemiştir (Çelik, vd., 2000).

Taşıyıcı olmayan dolgu duvarların yapılmamış olması ya da bir üst kata göre çok az duvar olmasına bağlı olarak, dolgu duvarı olmayan gerçek bir çerçevenin yatay ötelenmesi ve ikinci mertebe momentleri %50 artabilir. Bu durum yapının yıkılmasına neden olabilir.

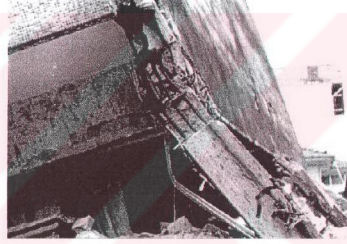
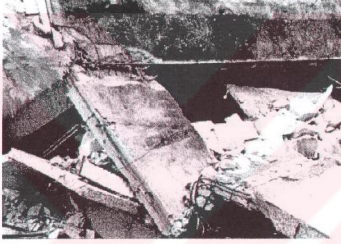
Projelendirmede yapıya etkimesi beklenen deprem yüklerinin yeterli düzeyde alınmaması, düşey taşıyıcı elemanlar olarak yeterince büyük enkesitli kolon ya da perde/düşey çelik kafes kiriş kullanılmaması, yüksekliği az, genişliği fazla ağır yassı kirişli sistemlerin önlem alınmadan kullanılması, yumuşak kat oluşumları ve taşıyıcı sistem malzemesinin kalitesinin düşüklüğü yapıların depremde aşırı yatay yer değiştirme yapmalarına neden olmaktadır (Çelik, vd., 2000).

Döşeme sistemlerinden, yüksekliği az olması nedeniyle, sıkça tercih edilen dişli ve kirişsiz döşemeli yapılarda yeterli yanall rijitliği sağlayacak düşey elemanların olmaması deprem hasarını arttırmıştır (Çelik, vd., 2000).

Döşemeler yatay yüklere karşı kirişleri birbirine bağlayarak yapıyı rijitleştirmektedir. Kirişsiz döşemeleri olan yapılar genellikle daha esnek olduklarından deprem kuvvetleri altında büyük yatay ötelenmeler yaparlar. İkinci mertebe momentlerin şiddetli depremlerde kritik durumlar oluşturma ihtimali vardır. Kirişsiz döşemeleri veya kiriş derinlikleri döşeme kalınlığı ile sınırlanmış asmolen, mantar gibi döşemeleri olan yapılarda yatay ötelenmelerin sınırlandırılması gerekir. Bu nedenle kirişsiz veya asmolen döşemeli yapılarda mutlaka yatay ötelenmeleri kısıtlayan perde duvarlar yerleştirilmelidir (Tuna, 2000).

5.3.10 Zayıf Kolon – Güçlü Kiriş

Marmara depremi sonrasında, birçok betonarme çerçeve yapıların, kirişlerinin güçlü ve elastik iken, kolonlarının zayıf olup, basınca, kesme kuvvetlerine ve mafsallaşmaya bağlı olarak önemli hasarlar gördükleri gözlenmiştir. Birçok örnekte, görece derin kirişler, esnek kolonlarla birlikte kullanılarak, zayıf kolon-güçlü kiriş davranışına neden olmuşlardır (Bruneau, 2002).



Şekil 5.62 İzmit depremi - Zayıf kolon-güçlü kiriş davranışına bağlı olarak oluşan hasarlar (Bruneau, 2002)

Betonarme çerçevesel yapılarda yatay elemanların, kirişlerin, düşey elemanlardan önce mafsallaşması deprem açısından daha az sakıncalıdır. Kiriş hasarının onarımı, kolon hasarının onarımından daha kolay ve kiriş hasarının yapının tümü için oluşturacağı tehlike, kolon hasarının oluşturacağı tehlikeden çok daha azdır. Kiriş hasarı yapının tümünü yıkmaz. Kolon hasarı ise yıkabilir. Kirişlerin kalıcı deformasyon ve hasar görerek mafsallaşma ile tüketeceği enerji kolonlara göre çok daha büyüktür. Kolonların mafsallaşma ile hasarı düşey yük taşımada sorun çıkararak yıkılmaya yol açar (Bayılke, 2001).



Şekil 5.63 İzmit depremi - Zayıf kolon-güçlü kiriş oluşumuna bağlı olarak oluşan hasar (Bruneau, 2002)

Zayıf kolon-güçlü kiriş düzeninde mafsallaşma kolonlarda başlayarak yapının göçmesine neden olmaktadır. Bu durumda en olumsuz kat döşemelerinin üst üste yığılması şeklindeki “pankek” türü göçmedir. En çok can kaybı bu tür göçmelerde olmaktadır (Özgen, 2002).



Şekil 5.64 Pankek türü göçme [32]

1997 Deprem Yönetmeliği'nde bu problemin çözümüne yönelik olarak, "Kolonların Kirişlerden Daha Güçlü Olması Koşulu" getirilmiştir. Buna göre, sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon-kiriş noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasında birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olacaktır (Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik - 1997 Deprem Yönetmeliği).

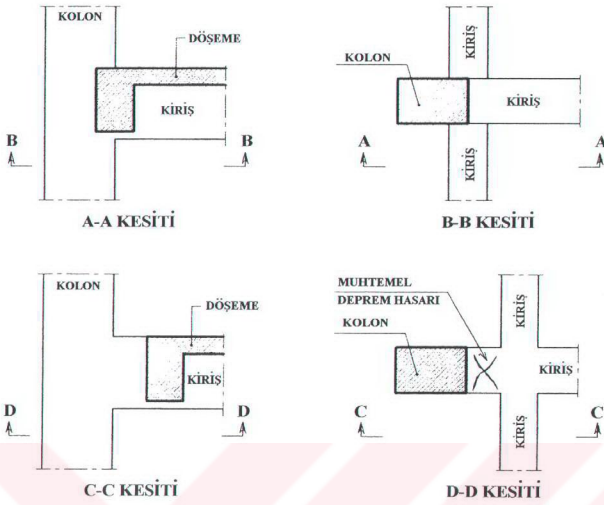
5.3.11 Kolon-kiriş Birleşim Bölgesi Biçimsel Bağlantı Hataları

Betonarme çerçeve türü binalarda deprem kaynaklı hasar, en çok zorlanan kiriş-kolon birleşim bölgelerinde oluşmaktadır. Bu bölgedeki hasar, kolon uçlarında, kiriş uçlarında ya da düğüm noktalarında kalıcı şekil değiştirmelerin yığılması sonucu olmaktadır (Çelik vd., 2000).

Deprem enerjisinin kiriş uçlarının mafsallaşması ile tüketilmesi yaklaşımından dolayı, düğüm noktalarında ve kolon uçlarında herhangi bir çatlak oluşumu, dağılma, çözülme ve plastik mafsallaşma istenmemektedir.

Bu nedenle birleşim yerlerinin gereği gibi donatılması ve tasarımı çok önemlidir. Donatıların yerleştirilmesi ile ilgili kurallar 1997 Deprem Yönetmeliğinde ayrıntılı olarak yer almaktadır.

Şekil 5.65'de gösterilen ve kirişlerin kolonlara eksantriklik yaratacak biçimde bağlandığı kolon-kiriş birleşim şekli deprem açısından sakıncalıdır. Böyle bir birleşimde kiriş ile kolon arasında kesme kuvveti aktarma alanı da küçüldüğünden büyük kesme gerilmeleri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Şekil 5.65'de yüksek eksantrisiteli bir kolon-kiriş bağlantısında kolon ile boylamasına kiriş arasında kısa kirişte deprem sırasında kritik hasar beklenmelidir. Ayrıca döşemeden ve kirişten kolona kesme kuvvetleri çok küçük bir en kesit alanından aktarılmaktadır. Döşemenin yatay salınımlarının da kolona burulma aktarması tehlikesi de vardır (Bayülke, 2001).



Şekil 5.65 Deprem açısından sakıncalı kolon-kiriş bağlantıları (Bayülke, 2001)

5.3.12 Kalitesiz Betonarme Betonu Üretimi, Taşıma, Yerleştirme, Bakım Hataları

Betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerini oluşturan iki ana malzeme beton ve çeliktir.

Beton ucuzluğu, şekil verilebilme kolaylığı, fiziksel ve kimyasal dış etkilere dayanıklılığı ile günümüzün en yaygın kullanılan taşıyıcı yapı malzemesidir (Öztekin, 1989).

Bilindiği gibi beton; çimento, su, doğal veya yapay ince agregadan ve gerekirse bazı katkı maddelerinden oluşan oluşan kompozit bir malzemedir. Beton dayanımı üzerinde bu malzemelerin kalitesi belirleyici bir rol oynamaktadır.

Bir yapıda betonun kalitesini belirleyen 5 temel aşama söz konusudur.

- Karışım tasarımı (bileşim hesabı)
- Üretim (ölçme-karıştırma)
- Taşıma
- Yerleştirme-sıkıştırma
- Bakım-kür (THBB, 2003).

Bu aşamalardan ilk üçü; hazır beton üreticisi, kalan ikisi ise şantiye sorumluları tarafından üstlenilir. Şantiyeye, son şeklini alması için bazı işlemlerden geçmesi gereken bir “ara ürün”

olarak gelen betonun, yapıda kendisinden beklenen performansı sağlaması hem üreticinin, hem de şantiyenin görevlerini eksiksiz yerine getirmesine bağlıdır (THBB, 2003).

Önde gelen başlıca yapı malzemesi olmasına karşın, Türkiye’de nitelikli beton üretimi uzun yıllar sağlanamamıştır. Yetersiz ve ilkel şantiye koşullarında üretilen betonların dayanımı, projede öngörülenin hemen hep altındadır; uygun olmayan karışım malzemeleri ve oranları, aşırı su kullanımı, yetersiz ve vibrasyonsuz sıkıştırma ve sonrasında gereken bakımı yapılamaması bunun temel nedenleridir (Özgen, 2002).

Beton dayanımının yetersiz olmasına neden olan parametreler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Yıkılmamış ve yetersiz granülometrilili agregadan yapılması
- Agregada olarak tuvenan malzeme kullanılması
- Su/çimento oranının yüksek tutulması
- Betonun çok soğuk ya da çok sıcak havada dökülmesi
- Betonun elle karıştırılması
- Döküldükten sonra vibratörle sıkıştırılmamış olması
- Sıcak havada döküldükten sonra yeterli sulanmaması
- Döküldükten sonra sıcaktan ya da soğuktan (dondan) korunmaması ve gereği gibi kürlenmemesi (Tanaçan, 1999).

Türkiye’de farklı depremlerde beton dayanımının yetersizliği ile ilgili değerlendirmeler ele alınmakta ve yukarıda yer alan parametreler aşağıda örneklerle ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmaktadır.

Geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen üretimde, çoğu zaman kötü şantiye koşullarında beton bileşimine giren malzemelerin uygunsuzluğu da dikkate alındığında, projede öngörülen beton dayanımına ulaşılması her zaman mümkün olmamaktadır. Gerçekten de deprem bölgesinde yapılan incelemelerde betonun dayanımındaki düşüklükten kaynaklanan hasarlara sıkça rastlanmaktadır. Değişik nedenlerle geleneksel yolla üretilmiş betonarme yapılarda yapılan kapsamlı incelemelerde, çoğu zaman projede öngörülen beton dayanım değerlerine ulaşamadığı, yer yer bunun yarısı değerler ile karşılaştığı görülmüştür (Çelik vd., 2000).

Taşıyıcı sistem elemanlarında gerçekleştirilen beton kalitesindeki bu düşüklük, hesaplarda amaçlanan taşıma gücüne ulaşamamasına ek olarak yapı rijitliğinin azalmasına, depremde

betonun kolayca bozulmasına, özellikle düşük kayma ve aderans dayanımı nedeniyle gevrek kırılmalara neden olmuştur (Çelik vd., 2000).



Şekil 5.66 Düşük kaliteli beton [34]

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Kriz Merkezi Hasar Tespit Komisyonu'nca 17 Ağustos depreminden 2001 bahar aylarına kadar toplam 124.853 konut ve işyerinde yapılan kontrollerde her yüz yapının 90'ında kalitesiz beton kullanıldığı tespit edilmiştir. Hasar Tespit Komisyonu Başkanı Ahmet Ağırman, inşaatlarda eksik ve kalitesiz malzeme kullanımına bağlı olarak, bazı yapılarda betonun elle sıkıldığında bile dağıldığını ve elle yapılmış betonun ortalama ömrünün yaklaşık 50 yıl olduğunu belirtmektedir (Barka ve Er, 2002).



Şekil 5.67 Bingöl depremi – Niteliksiz beton (Kaplan, vd., 2003)

Marmara Depremi'nde yıkılan yapıların çok büyük bir bölümü şantiyelerde, elle ve bilinçsiz hazırlanan ve taşınması gereken dayanım değerlerinin dörtte birini ancak bulan betonlarla ve yetersiz donatıyla yapılmış; zemin ve taşıyıcı sistem uygulamalarında belirgin hatalar bulunmaktadır (Taşdemir ve Özkul, 1999)



Şekil 5.68 Marmara depremi - Kalitesiz beton ve büyük ihtimalle deniz kumu kullanımına bağlı olarak, beton-çelik birleşiminin yetersiz olması ve çeliğin betondan sıyrılması [35]

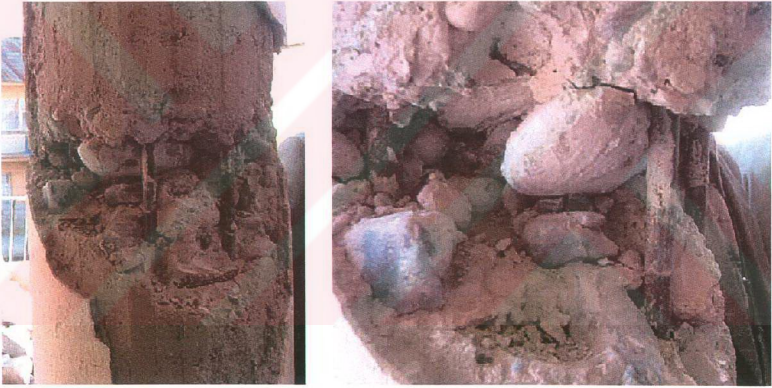


Şekil 5.69 Marmara Depremi – Kalitesiz beton nedeniyle beton-çelik birleşiminin yetersiz olması, buna bağlı ağır hasar [36]

Bingöl depremi beton araştırma raporuna göre, bu depremde yıkılan yapılardan çıkarılan beton numunelerinin basınç dayanımları, taşıyıcı beton sınıfının çok altında kalmaktadır. Yapılarda kullanılan betonların tuvenan agrega ile yani herhangi bir eleme ve yıkama işleminden geçirilmeyen dere malzemesi ile hazırlandığı kanısına varılmıştır. Bu nedenle betonda yerleşme ve çelik donatılar ile bağ kurma konusunda problemler doğmuştur (Öztaş, 2003)

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği tarafından hazırlanan Bingöl Depremi Mühendislik Raporu'nda da benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir.

1 Mayıs 2003 Bingöl/Türkiye depreminde betonarme yapıların hasar görme nedenlerinin başında uygun olmayan agrega ile beton üretilmesi gelmektedir. Beton karışımında uygun reçetenin uygulanmamış olması sonucu ortaya çıkan kalitesiz beton, depremde yapının yıkılmasına neden olmuştur. Özellikle düğüm noktalarında tespit edilen 150-200 mm büyüklüğündeki çakıl(taş) parçaları oldukça dikkat çekicidir (Şekil 5.70). Buradan, inşaat işi ile ilgilenenlerin beton üretimi konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olmadıkları gerçeği ortaya çıkmaktadır. Depremde yıkılan ya da hasar gören yapılarda kullanılan agregalardan alınan örneklerin incelenmesinde, agregalarda yıkanabilir madde içeriğinin fazla olduğu görülmüştür. Hasar gören bir yapının kolonunda toprak parçacıkları tespit edilmiştir (Kaplan, vd., 2003).



Şekil 5.70 Bingöl depremi – Yeni Mahalle camisinin kolonunda uygun olmayan agrega boyutuna bağlı hasar (Kaplan, vd. 2003)

Haziran 1998 yılında Adana ve Ceyhan'da meydana gelen deprem sonrasında Türkiye Hazır Beton Birliği'nin talebi üzerine yapılan incelemelerde, yıkılan yapılardan alınan beton örnekleri kullanılan betonun standart dışı ve elle dökülen beton olduğunu göstermektedir.

Erzincan, Dinar, Adana ve Kocaeli depremleri göstermiştir ki betonarme yapıların depremden gördükleri hasarın şiddeti beton kalitesiyle ters orantılıdır. Betonun kaliteli olarak üretilmesi ise kalitesi denetlenmiş hammaddeler (çimento, agrega ve katkı maddeleri) kullanılarak, endüstriyel üretim teknikleri (hazır beton) kullanılması, gerekli ve yeterli denetimin uygulanması ile mümkündür (Özturan, 2000)

Son depremler sırasında büyük hasar gören yapılar incelendiğinde yapılaşmanın hızlı olduğu bölgelerde betonla ilgili temel bilgilerin kullanılmadığı ve gerekli denetimlerin yapılmadığı belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agreganın betonun performansında etkisi belirgindir. Maksimum su/çimento oranı ile minimum su/çimento içeriğindeki sınırlamalar betonun dayanım ve dayanıklılığını önemli ölçüde etkiler. Bu iki sınırlamanın gerçekleşmesinde agreganın kaliteli olması ve boyut dağılımının olması zorunludur. Genel olarak betonun çevresel etkilere diğer bir anlatımla dürabiliteye göre tasarımı bu iki parametreye göre yapılır. Betondaki maksimum su/çimento oranı ve minimum çimento dozajı gibi kısıtlamaların ne ölçüde gerçekleşebileceği doğrudan beton agregasının türüne, granülometrisine ve standartlarına uygun olmasına bağlıdır. Deprem bölgelerindeki betonlarda granülometriye ve beton kalitesine özen gösterilmediği, yeterli pas payının oluşturulmadığı böylece betonun betonarme çeliğini koruyamadığı görülmüştür. Dayanım ve dayanıklılık için en önemli gereksinim olabildiğince az boşluklu ve geçirimsiz beton üretmektir (Taşdemir, 2001).

Agrega, beton karışımında hacim olarak en büyük yüzdeyi oluşturan malzemedir; bu yüzden, betonda kullanılan agreganın standartlara uygun, temiz ve kaliteli olması çok önemlidir. Agreganın boyutları, minerolojik kökeni, dayanıklılığı, şekli, su emme oranı vb. özellikleri hem taze hem de sertleşmiş betonda önem taşır (THBB, 2003).

Agrega genellikle çakıl veya kırma taş olarak doğadan elde edilir. Denizden elde edilen kum ve iri agregalar, genellikle ocaktan elde edilenlere göre daha düz yüzeyli ve yuvarlak şekillidirler. Bunların titiz bir temizlik işleminden geçirilerek, kil, silt, klor ve tuz miktarının standartlardaki sınırları aşmaması sağlanmalı, içerisinde betona zarar verebilecek organik maddeler (deniz kabuğu vb.) kalmamış olmasına dikkat edilmelidir (THBB, 2003).

Agreganın boyut dağılımı, biçimi, tane dağılımı, fiziksel ve kimyasal özellikleri betonun performansında etkilidir. Taze betonun işlenebilirliğinde agrega biçiminin ve en büyük boyutunun önemli işlevi vardır. Özellikle agreganın en büyük boyutu betonarme kalıbındaki donatı durumuna uygun olmalıdır. Beton tasarlanırken agrega boyut dağılımı minimum boşluk oluşturacak biçimde yapılmalıdır (Taşdemir, 2001).

Betonda kullanılacak agreganın en büyük dane büyüklüğü, kalıp genişliğinin $1/5'$ inden, döşeme kalınlığının $1/3'$ ünden, iki donatı çubuk arasındaki uzaklığın $3/4'$ ünden ve beton örtüsünden büyük olamaz (TS 500, 2000).

Oysaki Adana depremi araştırma raporu'nda yapılan incelemelerde, kullanılan agreganın belirli bir homojen bileşime sahip olmadığı, bazen kum incelğinde, bazen de çok iri taneler içerdiği belirtilmektedir.

Kum incelğinde agreganın kullanılması durumunda betonun su ihtiyacı çok artmakta ve kompasitesi azalmaktadır; bu ise hem beton dayanımını düşürmekte, hem de betonu geçirimli hale getirmektedir. Beton çok iri agreganın ile üretildiğinde ise betonun yerleştirilmesi güçleşmekte ve beton ile donatı (çelik çubuklar) arasında boşluk oluşmaktadır; bu ise betonla donatının birlikte çalışması için gerekli aderansı düşürmektedir (Özkul ve Öztaş, 1998).

Marmara depreminde orta ve ağır hasar görmüş yapılardan alınan beton örnekleri üzerinde yapılan bir araştırmada genel olarak sürekli granülometriye uyulmadığı, en büyük agreganın boyutunun 8mm'ye ya da bunun biraz üzerinde olduğu görülmüştür. Yine aynı araştırmada denenen 5 ayrı yapıya ait betonlardan 4'ünde kum sınırı olarak kabul edilen 4mm'den geçen malzeme miktarının %65'in üzerinde bazılarında %91'e varan değerlerde olduğu saptanmıştır (Taşdemir, 2001).

Betonda kullanılacak suyun kalitesi ve miktarı, beton dayanımının sağlanmasında oldukça önemli bir diğer unsurdur.

TS EN 2006 ve TS EN 1008'de beton üretiminde kullanılan karışım suyu için deney yöntemleri verilmektedir. Bu iki standart, su içinde betona zararlı olabilecek veya özelliklerini etkileyebilecek maddelerde sınırlandırmalar getirmiştir. Bu sınırlandırmalar; klor, sülfat, alkali içeriği, toplam katı madde miktarı ve pH düzeyidir. TS EN 206'ye göre karma suyu, TS EN 1008'e uygun olmalıdır (THBB, 2003).

Karma suyu asit özelliği taşınamalı ($\text{pH} \geq 7$), zararlı etkisi olacak oranda karbonik asit, mangan bileşikler, amonyum tuzları, serbest klor, madensel yağlar, organik maddeler ve endüstri atıkları içermemelidir. Litresinde en çok çökmüş olarak 15g ve yüzer olarak 2g madeni tuz, en çok 2g SO_3 bulunabilir. Yüksek alüminli çimento ile yapılan betonlarda deniz suyu kullanılamaz (TS 500, 2000).

Çimento, beton karışımının hacimce yalnızca %10'unu oluşturmasına karşın, betona temel niteliği olan bağlayıcılık özelliğini kazandıran maddedir ve beton kalitesinde önemli bir rol oynar. Üretilmek istenen betonun tür ve niteliğine göre farklı tipte çimentolar kullanılabilir. TS EN 197-1 Çimento Standardı'nda tanımlanan 81 farklı çimento bulunmaktadır (THBB, 2003).

Eski TS 500 genel olarak TS 19' a uygun Portland çimentoları kullanılmasını isterken yeni metin (2000 yılı Ekim ayında yürürlüğe girmiştir) tasarımcıyı daha özgür bırakmakta ve yapısına, çevresine en uygun gördüğü çimentoyu seçmesine izin vermektedir. Dolayısı ile tasarımcı yapı betonunun gereksinimlerini (erken yüksek dayanım, düşük hidratasyon ısısı, sülfata dayanıklılık) iyi belirlemek, bu gereksinimleri karşılayacak çimentonun (ların) hangisi (leri) olduğunu bilmek, yapının bulunduğu bölgede hangi maliyetle temin edilebileceğini öğrenmek zorundadır (Öztekin, 2001).

Katkılar; çimento, agrega ve suyun dışında, betonun taze veya sertleşmiş haldeki özelliklerini istenen şekilde ayarlamak üzere, karıştırma işleminden hemen önce veya karıştırma işlemi sırasında betona katılan malzemelerin genel adıdır (THBB, 2003).

Katkılar kimyasal katkılar ve mineral katkılar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Ayrıca özel beton türlerinin üretiminde kullanılan diğer bazı katkılar da bulunur. Katkı çeşitlerinin çok olmasının nedeni betonun hemen hemen tüm özelliklerinin, değişik ölçeklerde, bu katkılar tarafından değiştirilebilmesidir (THBB, 2003).

Beton özen gösterilmesi gereken bir malzemedir. Bu nedenle karıştırılması bittiği andan itibaren biçim verilebilirliğini çok kısa bir süre (örneğin, CPA-CEM çimentosu ile hazırlanmış bir beton için, 20 derece sıcaklıkta 30 dakikadır) içinde kaybetmeye başlar. Bu nedenle, hazırlanan beton bir seferde hızlı bir şekilde dökülmelidir. Beton dökümünün kesintiye uğraması veya döküm için bekleme yasaklanmış olup, hatalı prizlere neden olmaktadır. Sürekli beton dökümü (kayan kalıp) ve büyük boyutlu hacimlerin dökümü ayrı bir özen gerektirmektedir

Kalıplar beton dökümü ve vibrasyon sırasında şeklini kaybetmeyecek dayanıma ve sızdırmazlığa sahip olmalıdır. Kalıp, betonu bozacak ve kirlilecek hiçbir unsuru bünyesinde barındırmamalı, kalıp tekrar kullanılıyorsa beton kalıntıları temizlenmeli ve yüzeyi yıkanmalıdır. Bütün yüzeye ölçülü ve düzenli bir biçimde kalıbın betondan kolay bir şekilde ayrılmasını sağlayacak madde sürülmelidir.

Donatıları iyi bir şekilde saracak homojen ve kompakt bir beton elde edebilmek amacıyla, karıştırılmış betonun içindeki hava kabarcıklarını yok etmek ve sıkıştırmak için vibratör kullanılmalıdır (Darbois, 2000).

Beton pas payları normal hallerde içerde 2,5 cm, dışarıda 4 cm; su yapılarında 6-7 cm den az olmamalıdır (Baytop, 2001).

Sıcak ve soğuk havalarda (şantiyedeki sıcaklık 25°C derecenin üzerinde olduğu durumda hava sıcak, 5°C derecenin altında olduğu durumda hava soğuk olarak kabul edilir) beton yüzeyindeki çimento tanelerinin hidratasyonu bozulacağı için özel önlemler alınmalıdır (Darbois, 2000).

Doğru bakım, kalıbına yerleştirilmiş betonun uygun sıcaklık düzeyinde (donmadan koruyarak ve yavaş da olsa sertleşip mukavemet kazanmasına imkan verecek düzey, yaklaşık +5°C) tutulması ve bünyesindeki suyu, kaybetmesine engel olunmasıdır. Bakım süresi, beton dayanım sınıfı, çimento cinsi ve sınıfı gibi parametrelerle değişmekle birlikte, tercihen 7 günden az olmamalıdır. Kalıplanmamış yüzeylerin masterlanmadan hemen sonra (büyük alanlı döşemelerde betonlamanın tümünün bitmesi beklenmeden), diğerlerinin kalıp alımını takiben bakıma alınması gerekir. Bakım yüzeyin sürekli ıslak tutulması (püskürtme su, ıslak çuval, ıslak toprak, talaş...) veya suyun buharlaşarak kaybolmasına engel olacak geçirimsiz bir tabaka ile yüzeyin kaplanması (naylon, polietilen örtü, branda bezi, parafin veya akrilik esaslı kür malzemesi sürülmesi) sayesinde gerçekleşir (Öztekin, 2001).

Dökümü tamamlanan beton bir hafta süre ile sarsılmamalı, yüklenmemelidir. Kalıp sökmede şartname esasları, çimento özellikleri ve de hava koşullarına dikkat edilmelidir (Baytop, 2001).

Betonun, yukarıda belirtilen standartlara uygun ve projede istenen özellikleri karşılayacak şekilde üretilmesi, doğru taşınması, yerleştirilmesi ve bakımının yapılması durumunda kalitesiz veya riskli beton bulunması için herhangi bir neden kalmamaktadır.

5.3.13 Kalitesiz Betonarme Çeliği (Donatı), Hata Uygulama ve Korozyon

Betonarmenin çekmeye ve eğilmeye dayanımı betonarme çeliği (donatı) tarafından sağlanır. Ayrıca süneklik ve enerji tüketimi de donatının akması ile sağlanmaktadır.

TS 500 – Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları'nda kullanılacak donatı çeliğinin mekanik özellikleri belirtilmiştir. Bu standarda göre, beton çeliği olarak kullanılacak çelikler TS 708'e uygun olmak zorundadırlar. Beton çeliğinin endüstriyel yöntemlerle üretilmesine ve piyasaya sürülmesine rağmen, yapılan araştırmalara göre yine de TS 708'e uygunluk bakımından kalite sorunları olduğu görülmektedir.

Yakın zamana kadar donatı çeliklerinin genelde endüstriyel üretim ile piyasaya sunulduğu varsayılmakta ve bu nedenle betona oranla kalite standartlarına uygunluğu daha az sorgulanmakta idi. Ancak günümüzde inşaat sektöründe kullanılan donatı çelikleri üzerinde yapılan bazı incelemeler donatı çeliklerinin mekanik özelliklerinde bazı problemler olduğunu

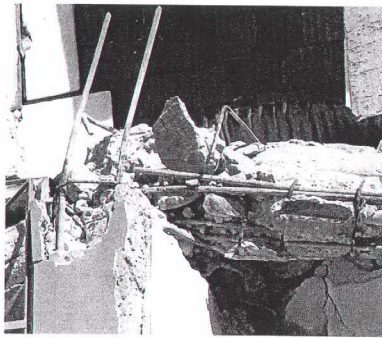
göstermektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi yapı malzemesi laboratuvarına getirilen çelik donatı çubuğu numuneleri üzerinde yapılan deneylerin sonuçları incelendiğinde inşaat donatı çeliği üretimindeki denetimin de yetersiz olduğu görülmektedir (Özturan, 2000).

Marmara Bölgesi'nde depremin etkilediği illerde yapılan incelemede, yapımda kullanılan betonarme çelikleri için çekme, bükme gibi kalite kontrol deneylerinin sıkça yapılmadığı anlaşılmaktadır. Buna koşut olarak hurda çelikten üretilen betonarme çeliğinin yetersiz mekanik özellikleri, taşıyıcı sistem elemanlarının davranışını olumsuz yönde etkilemiştir (Çelik, vd., 2000).

Donatıların uygun bir biçimde kenetlenmesi ve düzenlenmesi ile ilgili kurallar, TS 500 ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte ayrıntılı olarak yer almaktadır. Bununla birlikte bu yönetmeliklere ve standartlara uyulmaması nedeniyle depremde birçok ağır hasar ve yıkımın oluştuğu gözlemlenmiştir.

Deprem bölgelerinde yapılan incelemelerde ortaya çıkan sonuçlar şu şekilde açıklanabilir.

- Sargı donatılarının kolon uçlarına yakın bölgelerde sıklaştırıldığı yapıya rastlanmamıştır.
- Kolon boyuna donatısının genellikle yeterli biçimde kenetlenmiş olmadığı gözlenmiştir.
- Kullanılan etriyelerin genellikle yetersiz olduğu görülmektedir.
- Hasara uğramış yapıların hiçbirinde kolon-kiriş birleşim bölgelerinde kullanılması gerekli olan donatıya rastlanmamıştır.
- Kolonlarda hiçbir sargılama etkisi bulunmayan 90° kancalı etriyelerin yaygın biçimde kullanılmış olduğu gözlenmiştir (Kasap, 1995).



Şekil 5.71 Bingöl depremi – Kolon kiriş bölgesinde yetersiz sargı nedeniyle hasar oluşumu (Kaplan vd., 2003)

İnşaat Mühendisleri Odası “Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu’nda da”, betonarme yapılarda donatı kusurları ile ilgili yukarıda yer alan sonuçlara benzer değerlendirmeler yer almıştır.

Bölgedeki yapı hasarlarının oluşumunda ve göçen yapılarda donatı kusurlarının büyük etkisinin olduğu düşünülmektedir. Özellikle etriye düzeni ve sıklaştırması yok denecek durumdur. Birçok yerde etriye aralığı 50cm’ye kadar çıkmaktadır. Düğüm noktalarında etriye sıklaştırmasına rastlanmadığı gibi, kolon-kiriş bağlantı noktalarında beton işlevini yerine getirememiş, işlevsizliğine kendi niteliksizliği de eklenince hasar daha yüksek olmuştur (İMO, 2003).

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği’nce hazırlanan Bingöl Depremi Yapısal Hasar Değerlendirmesi Raporunda ise donatı konusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Bu rapora göre; yıkılan birçok yapıda donatı detaylarında uygulama hataları yapılmıştır. En fazla 10 cm olması gereken yerlerde 60 cm’ye varan etriye aralığı gözlenmiştir. Etriyelerde kancalar, 135° kıvrılmamış 90° de bırakılmıştır. Sünek çerçeve olarak projelendirilen yapılarda, düğüm noktalarında yeterli süneklik sağlanmamıştır (Kaplan, vd., 2003).



Şekil 5.72 Bingöl depremi – Kolon kiriş birleşim bölgesinde etriye sıklaştırması yapılmamış yapıda hasar (Kaplan vd., 2003)

Bununla birlikte donatı bindirme boyları, ek yerlerinde donatıların üst üste getirilmeyerek sürekliliğin sağlanamaması, kirişlerde etriye düzeninin iyi yapılamaması, düşey donatılarla etriye bağlantılarının kolayca kopması da işçiliğin kötü olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (İMO, 2003).

Beton ile donatı arasında aderansın sağlanamaması durumunda, ortaya önemli yapısal problemler çıkabilmektedir.

Aderans donatının betona yapışması ile beton ve donatı arasındaki sürtünmeye bağlıdır. Aderans önce beton ile donatı arasında olan kimyasal yapışma ile sağlanmaktadır. Kimyasal yapışmanın gücü kısıtlıdır. Daha sonraki aşamada aderans sürtünme ile sağlanmaktadır. Kışa açıkta geçiren kolon filizlerinin paslanması ile beton ve donatı arasındaki aderans sağlanamamaktadır. Çevresinde belli bir miktarda beton et kalınlığı yoksa donatı ile beton arasında aderans oluşmamaktadır (Bayülke, 2001).

Bir diğer önemli yıkıma götüren hasar sebebi, plastik mafsallaşmanın kirişler yerine kolonlarda oluşmasıdır.

Çerçeve sistemler, göçme konumuna kolon veya kirişlerde yeterli sayıda plastik mafsallın oluşması ile ulaşırlar. Kolon, kirişe oranla daha rahat bir davranış sergilediğinden, iyi bir tasarımda mafsallaşmanın kirişlerde olması istenir. Plastik mafsal, o bölgedeki donatının akma konumuna erişmesi ile büyük dönmelerin meydana gelmesi sonucu oluşur. Gerekli enerji tüketiminin çok büyük bir yüzdesi plastik mafsallarda meydana gelir.



Şekil 5.73 Bingöl Mehmet Akif İlköğretim Okulu - Kolonda mafsallaşmaya bağlı hasar oluşumu (Kaplan vd., 2003)

Plastik mafsalların kolon yerine kirişlerde oluşmasını sağlamak için, kolonların kirişlerden güçlü olma koşulu getirilmiştir. Bu koşulun sağlanabilmesi için mimar ve mühendislerin kolon kesit boyutlarının seçiminde dikkatli davranmaları gerekmektedir (Ersoy, 1999).



Şekil 5.74 Bingöl Karaelmas İlköğretim Okulu – Kolonda mafsallaşmaya bağlı hasar oluşumu (Kaplan vd., 2003)

Diğer taraftan, İstanbul'daki yapılarda yaygın olarak gözlenen donatı korozyonu ve bundan kaynaklanan yapı hasarları donatı çeliğinden ziyade, donatıyı korozyondan koruması gereken betonun kalite düşüklüğü nedeniyle görevini yapamamasından veya betonarme elemanlarda yetersiz pas payı uygulamasından kaynaklanmaktadır (Özturan, 2000).

Deprem sonrası yapılan gözlemlerde betonarme elemanlarda zayıf ve çatlamış pas payı tabakasının deprem sonrası döküldüğü ve paslanmış donatıların ortaya çıktığı görülmüştür.

Bunun nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Tanaçan, 1999).

- Beton kalitesinin düşük olması nedeniyle boşluklu beton yapısı
- Çelik üzerindeki beton tabakasının (pas payının) yetersiz olması ya da çoğunlukla olduğu gibi bu tabakanın hiç bulunmaması
- Bölgedeki betonun donatıya aderansının düşük olması ve rötre çatlakları içermesi
- Betonun CO_2 , Cl_2 , nem ve O_2 difüzyonuna engel olamayacak yapıda olması
- Pas payının karbonatlaşması (Tanaçan, 1999).

6. ÖNERİLEN DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

6.1 Gereklilik

Ülkemizin tamamına yakın bir bölümünün aktif bir deprem kuşağı üzerinde bulunmasına ve hemen hemen her yıl orta ve büyük şiddetli bir deprem olayına maruz kalmasına rağmen, genel yerleşme ve konut politikası ile ilişkili olarak kurulmuş ulusal ve geniş kapsamlı bir program bağlamında deprem hasarlarının azaltılması çalışmalarının ele alınmadığı görülmektedir (Şengezer, 1999).

Hızlı kentleşme sürecinin yaşandığı, sanayinin ve nüfusun büyük çoğunluğunun deprem tehlikesi oldukça büyük olan metropollerde yaşadığı ülkemizde, deprem afetinin sebep olacağı hasarların bugünden tespiti ve bu doğrultuda önlemlerin alınması gerekmektedir (Şengezer, 1999).

Afeti önlemede strateji ve politikaların saptanmasında çeşitli alternatifler söz konusu olabilmektedir. Yerleşmelerin zaman içinde sismik risklerinin azaltılması temelde,

- Yeni yapıların sağlam yapılması
- Kent dinamikleri çerçevesinde dönüşüm neticesinde yenilenen yapısal stokların sağlam yapılması
- Mevcut yapıların belirli bir program çerçevesinde güçlendirilmesi

şeklinde olabilecektir (Şengezer, 1999).

Mevcut yapıların belirli bir program çerçevesinde güçlendirilmesi için öncelikle hasar görebilirlik riskini saptamak ve riskin kabul edilemez boyutlarda olduğu durumlarda, hasar görebilirliğin değiştirilmesine yönelik çalışmalar yapmak gerekmektedir. Hasar görebilirlik riskinin nasıl saptanacağı önemli bir sorundur.

Ülkemizdeki mevcut betonarme yapıların büyük bir bölümünün 1997-Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik tarafından tanımlanan deprem güvenlik düzeyine ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından tanımlanan farklı standart düzeylerine ulaşamadığı görülmektedir.

Hasar görebilirliği etkileyen başlıca nedenler 5. bölümde ele alınmış ve ayrıntıları ile açıklanmıştır. Bir kere daha özetlemek gerekirse, ana başlıklar, yerleşim yeri-zemin etkileşimin göz ardı edilmesi, önceki deprem yönetmeliklerinde göz önüne alınan deprem yüklerinin son derece az olması, yapısal ve biçimsel düzensizlikler, proje ve uygulama

arasındaki farklılıklar, kalitesiz ve bilinçsiz malzeme kullanımı, uygulama hataları, zaman ve olumsuz çevre şartlarına yönelik gerekli önlemlerin alınmaması olarak sıralanabilir.

İstanbul, İzmir, Adana gibi nüfus ve yapı sayısı bakımından yoğun ve büyük deprem riski taşıyan şehirlerde mevcut yapıların güçlendirilmesine yönelik olarak her yapının eksiksiz bir biçimde depreme dayanıklılığının belirlenmesi, uzun, pahalı ve emek isteyen bir uğraş olduğundan, afet önleme strateji ve politikalarında pratik ve etkili bir yöntem bulunması gerektiği sonucuna varılabilir.

Böyle bir çalışmanın bütün yapıları kapsayacak kapsamlı bir biçimde, kısa zamanda yapılabilmesi imkansız gibi görünmekte olup, ayrıca ülkemizin depremselliğine bağlı olarak her an büyük depremlerle karşılaşma olasılığımız nedeniyle zaman diliminin bizim için çok önemli bir değere sahip olması, fayda ve maliyet analizine dayalı, ucuz ve tarama süreci kısa zaman gerektiren stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

2002 yılında, Ulusal Deprem Konseyi tarafından hazırlanarak kamuoyuna açıklanan “Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi Raporu”nda özellikle “Mevcut Yapılarda Deprem Güvenliği”nin belirlenmesi ile ilgili stratejiler aşağıda yer almaktadır.

Deprem bölgelerinde bulunan ve büyük bölümünün depreme karşı yeterli bir güvenlik taşımadığı bilinen büyük yapı stokunun, doğal eskime sonucunda, tümüyle kendiliğinden yenilenmesi uzun bir süre alacak, belki yüzyıllar gerektirecektir. Bütün güvensiz yapıların yıkılarak yenilenmesi ise hem ekonomik açıdan olanaksız, hem de mühendislik açısından anlamsızdır. Bu yapı stokunun önce bir sistematik düzen içinde deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi, sonra da anlamlı bir öncelik sıralaması içinde depreme karşı güvenli duruma getirilmesi gerekmektedir.

Bu konudaki çalışmalar, önce imar planları düzeyinde başlamalı, mikro-bölgeler bazında önceliklere karar verilmelidir. Bunun ardından bir envanter çalışması yapılarak, deprem güvenliği değerlendirme çalışmaları başlatılmalıdır. Bu aşamada teknik ayrıntılara girilmeden önce, önceliklere ilişkin bazı yönetsel ilke kararlarının alınması gerekli olacaktır. Daha sonra yapı bazında bir tarama çalışmasına sıra gelecektir. Çok sayıda yapının birer birer ele alınacağı bu çalışma için uygulanacak yöntemle ilgili kurs görmüş, çok sayıda alt düzey teknik eleman gerekli olacaktır. Hızlı ve basit bir yöntem uygulanarak gerçekleştirilecek olan bu çalışma sonucunda, depreme karşı yeterli güvenlik taşıdığı kesinlikle belli olan yapılarla, güvensiz olduğu ve onarımının ekonomik olmadığı açıkça görülen yapılar belirlenebilecektir.

Geriye kalan ve küçülmüş olan yapı stokundaki yapıların kapsamlı deneysel ve analitik bir inceleme ile değerlendirilmesi gerekli olacaktır (Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi Raporu, 2002).

Bu hızlı incelemeden beklenen hangi yapıların depreme dayanıklı olduğunu, hangilerinin olmadığını belirlemek değil, hangi yapıların mevcut durumu ile kullanılmasına devam edilebileceği ve hangi yapıların daha detaylı şekilde incelenmesi gerektiği konusunda hızlı sonuç almak olmalıdır (İlki vd., 2003).

Her ne kadar, ABD, Kanada ve Japonya gibi yüksek deprem riski taşıyan ülkelerde geliştirilmiş farklı tarama yöntemleri bulunsada, bu yöntemlerin, yapı stoğu kalitesi, malzeme ve denetim standartlarındaki yetersizlikler, afet yönetmelikleri ve koruma stratejilerindeki farklılar nedeniyle, ülkemizde doğrudan kullanılması mümkün değildir.

Bu nedenle, 1. Bölüm’de belirtildiği gibi, ülkemizdeki yerel koşullar, yaygın yapı gereçleri, yerel mimari düzenlemeler, yaygın olarak kullanılan taşıyıcı yapı sistemleri, yerel yapım yöntem ve alışkanlıkları ile uyumlu ve geçmiş depremlerde toplanmış olan verilerle kalibre ve test edilmiş tarama yöntemleri geliştirilmesi gereklidir (Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi Raporu, 2002).

6.2 Değerlendirme Yöntemi Amacı ve Açılımı

Mevcut betonarme yapıların gözleme dayalı hasar görebilirlik riskini belirlemeye yönelik, birinci düzeyi kapsamı düşünülerek bu çalışma kapsamında geliştirilen değerlendirme yöntemi yapıların görsel olarak incelenerek yapı deprem riskinin belirlenmesini ve kapsamlı değerlendirme yöntemlerine yani ikinci düzeye veri sağlamayı amaçlamaktadır.

Değerlendirme yöntemi her yapının mimari ve yapısal özelliklerinin, hızlı ve basit bir tarama süreci temelinde gözden geçirilmesi ve oluşturulan kontrol listesinde yer alan, yapının deprem sırasındaki davranışını olumsuz yönde etkileyecek parametrelerin (zemin özellikleri, yapısal ve biçimsel düzensizlikler, malzeme ve durumları vd.) kontrol edilmesi esasına dayanmakta olup, maliyeti düşük ve hızlı bir yöntemdir. Ortalama inceleme süresi her yapı için yaklaşık 30 dakikadır.

Değerlendirme yönteminin ana çatkısı ve kontrol listesinde yer alan hasar görebilirlik parametreleri, yukarıda sözü edilen farklı değerlendirme yöntemlerinin incelenmesine, kuramsal çalışmalara, ülkemizdeki ve dünyadaki geçmiş depremlerde betonarme yapılarda gözlemlenen hasarlar ve yıkım nedenlerinin ortaya konmasına, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından 1997 yılında yayınlanarak yürürlüğe giren “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar

Hakkında Yönetmelik” ve Türk Standartları Enstitüsü tarafından yayınlanan konu ile ilgili farklı standartların incelenmesine bağlı olarak oluşturulmuştur.

Yapının incelenmesi sırasında hasar görebilirlik parametreleri birer birer kontrol edilerek, elde edilen bulgular, kontrol listesine işaretlenmekte ve bu bulgulara göre yapılan belirli bir hesaplama ile yapıya ait sayısal deprem riski skoru (DRS) belirlenmektedir. Deprem riski skoru ne kadar büyük ise yapının daha kapsamlı değerlendirme önceliği o kadar yüksektir.

Bu hesaplamanın yapılabilmesi için kontrol listesinde yer alan hasar görebilirlik parametrelerinin her birine birer sayısal değer verilmiştir. İlgili parametreye ait sayısal değer “1” sayısal değerinden ne kadar büyük ise (uygun, kabul edilebilir limit değer 1 olarak öngörülmüştür) parametrenin genel hasar görebilirlik düzeyine katkısı o kadar yüksektir.

Kontrolü yapılan yapılar, hesaplama sonucunda elde edilen deprem riski skorlarına göre (DRS), sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmada üç farklı değerlendirme düzeyi öngörülmüştür.

- Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük (KDÖD)
- Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO)
- Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) tir.

Öngörülen değerlendirme yöntemi, mevcut betonarme yapıların depreme dayanıklılığını belirlemeye yönelik çok aşamalı bir değerlendirme sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır olduğundan, kontrolü yapılan yapıların, özellikle deprem riski skorlarının yüksek ve orta öncelik kapsamında çıkması durumunda, zaman kaybetmeden daha ayrıntılı ve farklı uzmanlık alanından katılımların sağlandığı, deneysel ve analitik bir inceleme sürecine alınmaları gerekmektedir. Mevcut betonarme yapıların depreme dayanıklılığını belirlemeye yönelik süreç Çizelge 6.1’de görülmektedir.

Kapsamlı Değerlendirme Düzeyinin Düşük (KDÖD) çıkması, yapıların depremlerde herhangi bir hasar görmeyeceği anlamına gelmemekte, sadece görsel yönden yapılan inceleme sonucunda yapıda, yukarıda dört ana grup altında yer alan hasar görebilirlik parametrelerinin düşük oranda olduğunu belirtmektedir. Tespit edilemeyen, gözden kaçan, önemsiz görülen veya hesaba katılmayan bir başka parametre, oluşan depremin karakteristiğine (büyüklüğüne, ivmesine vb.) göre, yapıda farklı seviyede hasarların oluşmasına neden olabilir.

Kapsamlı Değerlendirme Önceliğinin Düşük (KDÖD) çıkması durumunda, yapının daha ayrıntılı bir inceleme sürecine alınıp alınmayacağına zaman ve ekonomik şartlara göre karar verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında dikkat çekilmek ve ortaya konmak istenen, değerlendirme kapsamında ele alınan olumsuzlukların artmasına bağlı olarak, yapının hasar görme riskinin o oranda artabilecek olmasıdır.

6.3 Değerlendirme Yönteminin Hedeflediği Yapı Stoğu

5. Bölüm’de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, özellikle 30 yılda inşa edilen mevcut yapı stokunun büyük bir bölümünü betonarme yapılar oluşturmaktadır.

Mevcut betonarme yapılar içinde ve özellikle İstanbul gibi büyük şehirlerde, yerinde dökme çerçeve yapılar (kolon-kiriş) ve perde yapılar ağırlıklı olarak yer alması nedeniyle, değerlendirme yöntemi bu hedef kitleye yönelik olarak geliştirilmiştir.

Prefabrike betonarme yapıların sayıca az olması ve özellikle prefabrike iskelet sistemlerin bağlantı problemleri nedeniyle özel bir inceleme yaklaşımını gerektirmesi, bu yapıım sistemlerinin kapsam dışı bırakılmasını gerekli kılmıştır.

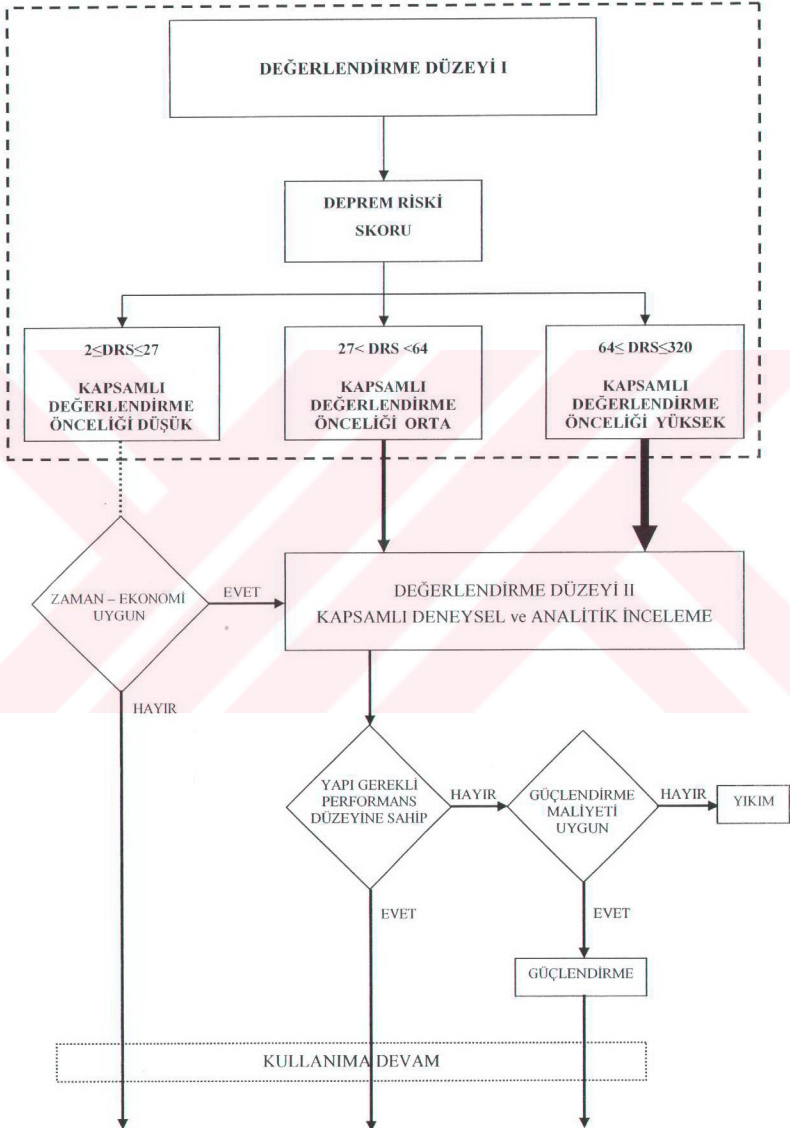
Ayrıca tasarımının 1997-Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik hükümlerine göre yapılmasına izin verilen bina türü olmayan, köprüler, barajlar, liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santraller, doğalgaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yeraltında bulunan yapılar ve bu binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar, değerlendirme yöntemi kapsamı dışındadır.

6.4 Değerlendirme Yönteminin Kurgulanmasında Hedeflenen Sismik ve Performans Düzeyi

Ülkemizin mevcut yapı stoğu kalitesinin hasar görebilirlik düzeyinin yüksek olması ve coğrafyamız üzerinde her 20 ayda bir yıkıcı bir deprem (VIII-X deprem şiddetinde) ile karşı karşıya olmamız nedeniyle, mevcut yapılardan beklenen performans düzeyi, VIII-X şiddetindeki (büyüklük 6, 7 veya 7’den büyük) depremleri, 1997-Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmeliğinin hedeflediği gibi yıkılmadan atlatabilmesidir. Değerlendirme yöntemi bu sismik ve performans düzeyi göz önünde tutularak geliştirilmiştir.

Çizelge 6.1 Değerlendirme süreci şeması

MEVCUT BETONARME YAPILARIN GÖZLEME DAYALI DEPREM HASAR GÖREBİLİRLİK RİSKİNİ BELİRLEMEYE YÖNELİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ



6.5 Değerlendirme Yönteminin Kullanıcıları

Değerlendirme yönteminin, mevcut betonarme yapı stoğunun gözleme dayalı olarak hasar görebilirliğinin belirlenmesine yönelik mimarlar ve/veya mühendisler tarafından kullanımı amaçlanmaktadır.

Bu amaçla, yöntemin mümkün olduğunca basit ve anlaşılır bir dilde olmasına, az hesaplama içermesine ve hasar görebilirlik parametrelerinin grafiklerle açıklanmasına çalışılmıştır.

Bununla birlikte incelemeyi yapacak uzmanların, değerlendirmenin daha sağlıklı yapılabilmesine yönelik olarak hasar görebilirlik parametrelerini benzer bir biçimde yorumlamaları amacıyla seminer şeklinde düzenlenebilecek, kısa bir bilgi aktarımı yapılması gerekmektedir. Böyle bir bilgi aktarımı, depreme dayanıklı yapı tasarımı temel alınarak, hasar görebilirlik parametrelerinin açıklanmasını, değerlendirme yönteminin açılımını ve işleyişini, kontrol listesinin kullanımını, hesaplama yöntemini ve inceleme sırasında hata yapılabilecek, dikkat edilmesi gereken önemli noktaları içermelidir.

Değerlendirme Düzeyi I (değerlendirme yönteminin uygulanması) sonrasında, mevcut yapıların deprem risk skoruna göre belirli bir öncelik kapsamında, daha ayrıntılı deneysel ve analitik incelemeleri (statik analizler, dinamik analizler, detaylı analizler), Değerlendirme Düzeyi II' de farklı disiplinlere ait uzman kişi ve kuruluşlarca gerçekleştirilmelidir (Çizelge 6.1).

6.6 Gerekli Araç ve Ekipman

- Kontrol listesi (6 sayfa)
- Tükenmez veya kurşun kalem
- Metre
- Hesap makinesi
- El feneri
- Fotoğraf makinesi (zorunlu olmamakla birlikte kullanılabilir)

6.7 Değerlendirme Yönteminin Biçimsel Yapısı

Özellikle deprem riski yüksek ülkelerde, yapıların depreme dayanıklılıklarının belirlenmesine yönelik farklı ihtiyaçlar ve amaçlar göz önünde tutularak geliştirilmiş farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları 4. Bölüm'de ayrıntılı olarak ele alınmış ve incelenmiştir.

Farklı yaklaşımlara ve ihtiyaçlara göre oluşturulan yöntemlerin ortak özelliği, kontrol listesi (check-list) biçiminde oluşturulmuş olmalarıdır.

Öngörülen değerlendirme yöntemi de bu özelliğe sahip olup, ayrıca kullanım kolaylığı sağlayacağı düşüncesiyle, hasar görebilirlik parametrelerinin daha iyi ifade edilebilmesine yönelik olarak çizimlerle (plan, kesit ve görünüş) desteklenmiştir.

Değerlendirme yöntemi kolon ve satırdan oluşan soru fişi biçiminde hazırlanmıştır.

Birinci bölüm, yapıya ait genel karakteristiklerin (kimlik bilgileri, yapıya ait öz.) sorgulandığı bölüm olup ayrıca yapının basit bir krokinin çizilmesi istenmektedir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2 Kontrol listesinden birinci bölüme ilişkin ayrıntı

VERİ TOPLAMA	
GENEL KARAKTERİSTİKLER	
A KİMLİK BİLGİLERİ	
A1 ■ İnceleme yapıldığı Tarih	
A2 ■ Adres (bulunuyorsa ada posta parsel)	
A3 ■ Mülk sahibi (adı/şirket)	
A4 ■ Kullanıcı	
B YAPIDA AIT ÖZELLİKLER	
B1 ■ Katmanlar (bodrum kat)	Z+
B2 ■ Bodrum kat adedi	
B3 ■ Kısmi bodrum kat	
B4 ■ Cephe genişliği (m)	
B5 ■ Yapı derinliği (m)	
B6 ■ Kullanım amacı	
B7 ■ Yata	☐ Düz ☐ Kırma ☐ Eğrisel (dubbe-konoz)
B8 ■ Koruması	☐ Belirli keser bölümler nisam ☐ Tek keser bölümler nisam (döşe yapı) ☐ Açık nisam
C KROKİ	

İkinci bölüm, hasar görebilirlik parametrelerinin ortaya konduğu ve bu parametrelere göre değerlendirmenin yapılarak yapıya ait sayısal deprem riski skorunun (DRS) belirlendiği bölümdür (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3 Kontrol listesinden ikinci bölüme ilişkin ayrıntı

HASAR GÖREBİLİRLİK ETKENLERİ	HAYAT	EVET	GÖREBİLİRLİK DÜZEYİNE KATKI
A GRUBU			
YAPIM YILI VEYA DÖNEMİ			
■ 1976 yılı öncesi		☐ E	4
■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti alınmış		☐ E	4
■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti alınmış		☐ E	3
■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti alınmış		☐ E	4
■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti alınmış (yön. uyg.)		☐ E	1
			A=
B GRUBU			
YERLEŞİME UYGUNLUK			
■ S4-YİDA (yerleşime uygun olmaması)		☐ E	4
■ ÖA-YİDA (örneğin alınamaz yapı izin verilmesi)		☐ E	3
■ A1-A2 (yapısal potansiyel)		☐ E	2
■ YU (yerleşime uygun)			
YERLEŞİM YERİ ETKİLERİ			
■ Aktif taşıyıcı yapı	☐ H	☐ E	4
■ Dolgu zemin üzerinde	☐ H	☐ E	4
■ Eğimli arazi üzerinde (>7%)	☐ H	☐ E	4
■ Su kaynağı, yer altı suyu veya der. yat. yak.	☐ H	☐ E	4
yerleşim yeri etkileri var ise yerleşime uyumlamak ne olursa olsun B=4 kabul edilecek			B=
C GRUBU			
YAPIM - KULLANIM HATALARI			
■ Yapıma göre yerleşim (yerleşim)	☐ H	☐ E	4

Kontrol listesinin sonunda, incelemeyi yapan kişinin yapı ile ilgili dikkat çekmeyi istediği özellikleri aktarabilmesine olanak tanımak amacıyla genel gözlem bölümü oluşturulmuştur (Çizelge 6.4).

Çizelge 6.4 Kontrol listesinden genel gözlem bölümüne ilişkin ayrıntı

V	GENEL GÖZLEM
V1	1
V2	2
V3	3
V4	4
V5	5
V6	6
V7	7
V8	8

6.8 Değerlendirme Yöntemi İşleyiş Şeması

Değerlendirme yöntemi esas olarak yatay ve düşey akışa sahiptir.

Yukarıdan aşağıya doğru takip edildiğinde, birinci bölümde ana soru kategorileri (ör : kimlik bilgileri) ve alt açılımları (ör : kimlik bilgileri→mal sahibi) yer almaktadır.

Soldan sağa doğru takip ettiğimizde ise, her soru kategorisi ve alt açılımlara ait cevapların yazılabileceği boşluklar bırakılmıştır (Çizelge 6.5).

Çizelge 6.5 Kontrol listesi birinci bölümde düşey akış

VERİ TOPLAMA	
GENEL KARAKTERİSTİKLER	
A. KİMLİK BİLGİLERİ	
A1 ■ İncelemeyi yapan kişi / Tarih	
A2 ■ Adres (bulunuyorsa ada parça parsel)	
A3 ■ Mal sahibi (sahipleri)	
A4 ■ Notlar	

İkinci bölümde düşeyde farklı gruplar altında (ör: komşu binalar) yer alan hasar görebilirlik parametreleri (ör: komşu binalar→komşu binalar arası derz aralığı yok veya yeterli değil) ve gerekli görüldüğü durumlarda bu parametreleri açıklayıcı bilgi ve basit formüller (ör: komşu binalar→komşu binalar arası derz aralığı yok veya yeterli değil→aynı yüksekliğe sahip yapılar(a), farklı yüksekliğe sahip yapılar(b)) yer almaktadır (Çizelge 6.6).

Yatayda ise, hasar görebilirlik parametrelerinin sonuçlarının işaretleneceği, hayır-evet kutuları ve ilgili hasar görebilirlik parametrelerine ait sayısal değerler yer almaktadır. Bazı hasar görebilirlik parametrelerinin özelliklerine göre birden fazla sayısal değer verilmiş olup, hangi sayısal değer kabul edileceği, sayısal değer hemen yanında yer alan (a) veya (b) ile belirtilmektedir (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6 Kontrol listesi ikinci bölümde yatay akış

YATAY AKIŞ		YATAY AKIŞ		YATAY AKIŞ		YATAY AKIŞ		YATAY AKIŞ		YATAY AKIŞ	
H	KOMŞU BİNALAR										
H1	Komşu binalar arası derz aralığı yok veya yeterli değil öm. yüksekl. kadar en az 3cm'lik derz aralığı yok (öm. derz kontrolüne 3m'ye kadar tümü ile edilecek yeterli derz aralığı olup olmadığı kontrol edilecek) aynı yüksekl. (a), farklı yüksekl. (b) sahip yapılar										
H2	Komşu binalar arası kat döşeme dışı yerli farklı çekişme etkisi										

6.9 İnceleme Adımları

a. Önceden elde edilmesi gereken belgelerin toplanması

- Belediyeden yapının bulunduğu il veya ilçeye ait 1:5000 yerleşime uygunluk haritalarının elde edilmesi
- Mümkün ise yapıya ait mimari ve inşaat mühendisliği projelerinin elde edilmesi
- Mümkün ise bölgenin fay haritalarına bakılarak, yapının aktif faylara yakınlığının tespit edilmesi

b. Yapı ve yakın çevresinin gezilerek, yapıya (taşıyıcı sistem elemanlarında, dolgu duvarlarda çatlak, yapıda şakulden kaçma vb. olumsuzluklar), yerleşim yerine (su kaynağına yakın vb. olumsuzluklar) ve topografyaya (eğimli arazi üzerinde vb. olumsuzluklar) ait genel bilgi edinilmesi

c. Yapı kimlik bilgilerinin ve yapıya ait özelliklerin belirlenmesi ve kontrol listesine işlenmesi

d. Yapıya ait basit bir krokinin yapılması ve/veya fotoğraflarının çekilmesi

e. Yapının yapım yılı veya döneminin belirlenmesi ve kontrol listesine işlenmesi

f. Yapının yerleşime uygunluk haritasından bulunduğu yerin belirlenmesi

g. Mümkün ise mal sahibi ve/veya kullanıcılardan çevre ve/veya yapı ile ilgili bazı bilgilerin (yapıya ara verilip verilmediği, kaldırılan kolon-kiriş-perde, kat ilavesi vb.) elde edilmesi (mal sahibi ve/veya kullanıcılar ile iletişime geçilmesi, yapının geçmişi ile ilgili bazı bilgilere ulaşılması adına önemlidir)

h. Yapıya ait yapısal ve biçimsel özelliklere bağlı hasar görülebilirlik parametrelerinin kontrol edilmesi ve kontrol listesinin doldurulması (C grubunda yer alan hasar görülebilirlik parametreleri, yapının dıştan içe doğru incelenmesine kolaylık sağlayacak biçimde sıralanmıştır).

i. Uygun durumlarda donatı, betonarme kalitesi ve uygulama kalitesinin göz ve/veya mümkün ise el ile kontrol edilmesi ve kontrol listesinin doldurulması

j. Yapı ile ilgili genel gözlem sonucunda belirtilmek istenen bilgilerin kontrol listesine yazılması

k. Deprem riski puanının hesaplanması

6.10 Hasar Görebilirlik Parametreleri

Çalışma kapsamında yapılan incelemelere dayanılarak, mevcut yapıların hasar görebilirliğine yönelik tespit edilen parametreler, değerlendirme kapsamında belirli ana gruplar altında sınıflandırılmıştır. Ana grupların belirlenmesi, benzer hasar görebilirlik parametrelerinin bir araya getirilmesine dayanmaktadır.

Bu gruplandırma bir anlamda da ülkemizde ki mevcut yapı stoğunun hasar görebilirliğinin, yapı ile ilgili aşağıda belirtilen özelliklere bağlı olduğunu göstermektedir.

- Yapının yapım yılı, dönemi veya yaşı, ait olduğu yönetmelik,
- Yapının konumlandığı yerleşim yeri ve zemin etkileşimi,
- Yapının biçimsel ve yapısal özellikleri,
- Yapıda kullanılan malzeme ve uygulama kalitesidir.

Bu özellikler temel alınarak, değerlendirme yönteminde oluşturulan 4 farklı grup ve gruplara ait ilgili hasar görebilirlik parametreleri aşağıda yer almaktadır.

- A grubu
 - Yapım yılı veya dönemi ve ilgili yönetmelik
- B grubu
 - Yerleşime uygunluk
 - Yerleşim yeri etkileri
- C grubu
 - Yapım kullanım hataları
 - Komşu yapılar
 - Düşey düzensizlikler
 - Yumuşak kat

- Düşey yük aktarım düzensizliği
- Kısa kolon
- Kolon-kiriş düğüm noktaları
- Yatay düzensizlikler
- Diyaframlar (döşemeler)
- Çatlaklar
- D grubu
 - Malzeme kalitesi

Bu gruplandırma, hem her grubun hasar görebilirlik düzeyini görebilmek, hem de yapıya ait sayısal deprem riski skorunun (DRS) hesaplanmasına yönelik önemli bir kolaylık sunmaktadır.

6.11 Sayısal Değerlendirme Kabulleri

4. Bölüm’de ele alınan hasar görebilirliğin değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirilmiş yaklaşımlar içinde, özellikle Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu (AFPS) ve Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü (CNRC) tarafından geliştirilen, Federal Acil Yönetim Kurumu (FEMA) tarafından Uygulama Teknoloji Kurumu’na (ATC) hazırlattırılan yaklaşımlarda, hasar görebilirliğin belirlenmesi sayısal bir değerlendirmeye bağlı olarak yapılmaktadır.

Bu üç yaklaşımda da hasar görebilirliğin belirlenmesi, yapının deprem sırasındaki davranışını tehlikeye atacak biçimde değiştirmeye yönelik parametrelerin belirlenmesine ve bu parametrelere hasar görebilirliğe katkısı oranında verilen sayısal değerlerin belirli yaklaşımlara göre hesaplanmasına dayanmaktadır.

Bununla birlikte, her ne kadar hasar görebilirlik parametrelerine ait sayısal değerler arasında mantıksal bir ilişki olduğu görülse de, yöntemlerin hiç birinde, bu sayısal değerlerin hangi kriterlere göre tespit edildiği ile ilgili herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Öngörülen değerlendirme yönteminde de, dört ana grup altında yer alan hasar görebilirlik parametrelerine, genel hasar görebilirlik düzeyine katkısı oranında sayısal değer verilmiştir. Hasar görebilirlik düzeyine katkı, her bir hasar görebilirlik parametresinin depremlerde sebep olabileceği hasar düzeyi olarak kabul edilmiş ve birebir ilişkilendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, depreme dayanıklı yapı tasarımının kaynağı olan geçmiş depremlerdeki hasar ve yıkım nedenleri, kuramsal çalışmalar, yönetmelikler ve standartlar incelenmiş, hasar görebilirlik parametrelerinin üç farklı hasar düzeyine yol açtığı kabul edilmiştir.

- Yapının kısmen veya tamamen yıkılması
- Yapıda orta düzey hasar riski
- Yapıda az hasar riskidir

Buna göre, hasar görebilirlik parametresinin hasar görebilirlik düzeyine katkısı az ise, yapıda az hasara yol açma riski taşıyorsa “2”, hasar görebilirlik düzeyine katkısı orta ise yapıda orta düzeyde hasara yol açma riski taşıyorsa “3”, hasar görebilirlik düzeyine katkısı yüksek ise yapının kısmen veya tamamen yıkımına yol açma riski taşıyorsa “4” olarak kabul edilmiştir.

Aşağıda üç farklı hasar düzeyine göre, hasar görebilirlik parametrelerinin sınıflandırılması ve sayısal kabuller yer almaktadır.

a. Yapının kısmen veya tamamen yıkılması – Hasar görebilirlik düzeyine katkısı yüksek

Bu grup altında yer alan hasar görebilirlik parametrelerinin sayısal değeri “4” olarak kabul edilmiştir.

- Yatayda önemli girinti ve çıkıntılara sahip yapılar
- İzostatik strüktürler
- Yumuşak kat (plan düzleminde perde duvarsız ve bölme duvarsız, sadece kolonlar üzerinde)
- Yumuşak kat (kat yüksekliği belirgin farklı $> \%130$)
- Kitle merkezi ve rijitlik merkezi arasında önemli mesafe olan yapılar
- Yapısal elemanları gerektiğinden daha az boyutlandırılan yapılar
- Zayıf kolon-güçlü kiriş sistemine sahip yapılar
- Diyafram özelliği göstermeyen döşemeler, önemli boşluğa sahip döşemeler
- Yetersiz etriyeye sahip taşıyıcı kolonlar (eğer gözlem yapma olanağı varsa veya paşometre)
- Kolon ve kirişlerde delik ve benzeri müdahaleler
- Taşıyıcı sistem elemanlarının kısmen kaldırılması

- Yapının korunma durumu (özellikle taşıyıcı elemanlar)
- Aralarında yetersiz derz aralığı bulunan farklı yükseklikte yapılar
- Aralarında yetersiz derz aralığı bulunan ve döşeme düzeyleri farklı yükseklikte yapılar
- Bitişik düzende ilk ve sonuncu binalar
- Yerleşim yeri etkilerine maruz yapılar (aşırı eğimli arazi, vb.)
- Kolon ve kiriş aksları dışmerkezliği
- Kolon ve kirişlerde önemli çatlaklar
- Kalitesiz beton ve betonarme çeliği (eğer gözlem yapma olanağı varsa)
- Korozyon
- Perdelerin alt katta kolona dönüşmesi
- Konsollara oturan kolonlar

b. Yapıda orta düzey hasar riski – Hasar görülebilirlik düzeyine katkısı orta

Bu grup altında yer alan hasar görülebilirlik parametrelerinin sayısal değeri “3” olarak kabul edilmiştir.

- Yatayda narinlik $L/I > 4$ (plan düzleminde uzunluk / en arasındaki oran)
- Kötü kullanım koşulları
- Yapıda önemli kiriş açıklıkları
- Aralarında yetersiz derz aralığı bulunan aynı yükseklikte yapılar
- Dolgu duvar ve iskelet sistem arasında mekanik bağlantı olmaması, kısmen oluşmuş çatlaklar
- Taşıyıcı sistem elemanlarında kısa kolon riski
- Kirişe oturan kolon
- Yumuşak kat (çok katlı yapılarda, plan düzleminde perde duvarsız, bölme duvarlı)
- Önemli konsol çıkmalar (balkonlar)
- Kütlede yatay-düşey düzensizlikler

c. Yapıda az hasar riski – Hasar görebilirlik düzeyine katkısı az

Bu grup altında yer alan hasar görebilirlik parametrelerinin sayısal değeri “2” olarak kabul edilmiştir.

- Konsol çıkmalar (balkonlar)
- Yatayda narinlik $4 > L/l > 3$
- Kısmen kötü kullanım koşulları

6.12 Hesaplama Sistemi

Değerlendirme yönteminde deprem riski skoru hesaplama yöntemi, Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü (CNRC) tarafından geliştirilen yöntemde yer alan hesaplama yöntemine dayanılarak kabul edilmiştir. Hasar görebilirlik parametrelerinin sayıca artmasına bağlı olarak, genel hasar görebilirlik düzeyinin aritmetik olarak değil, geometrik olarak artacağı kabulüne dayanmaktadır.

Değerlendirme yönteminde yer alan hasar görebilirlik parametrelerinin birer birer kontrol edilmesi ve ilgili olanların işaretlenmesinden sonra yapıya ait deprem riski skoru (DRS) hesaplanmaktadır.

Deprem riski skoru, dört gruba ait sayısal değerlerin birbiri ile çarpımı sonucu bulunmaktadır.

$$DRS = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.1)$$

Yukarıda eşitlikte yer alan her grup yapı ile ilgili farklı hasar görebilirlik parametrelerini simgelemekte olup, her gruba ait formülde yer alacak sayısal değer nasıl hesaplandığı ve grupların açılımları aşağıda yer almaktadır.

- A grubu

Yapım yılı, dönemi ve uygun olduğu ilgili yönetmeliğe bağlı hasar görebilirliği temsil etmektedir.

Mevcut yapı stoğunun büyük bir bölümünün elle karılmış beton ile inşa edilmesi ve bu betonun belirlenen çevre etkileriyle birlikte taşıma, yerleştirme ve bakımında herhangi bir hata yapılmaz ise 50 yıl gibi bir servis ömrü olması, 1970 yılı öncesinde inşa edilmiş 5 daha fazla katlı yapıların tamamen göçme riski taşıyan yapılar içinde ilk sırada yer alması (Erdik vd., 2000) ve önceki yönetmeliklerdeki yetersizlikler göstermektedir ki, yapının yaşı arttıkça

ve uygun olduğu ilgili yönetmelik tarihi ne kadar eski ise genel hasar görebilirlik düzeyine katkısı o kadar fazladır.

Bu nedenle 1975 ve 1997 yönetmelikleri birer eşik tarihleri olarak dikkate alınmış ve 1975 yılı öncesi yapılan yapılara, kısmen veya tamamen yıkım riski taşıdıkları kabul edilerek “4”, 1975–1997 yılları arası yapılan mühendislik hizmeti almamış yapılara yine kısmen veya tamamen yıkım riski taşıdıkları kabul edilerek “4”, 1975–1997 yılları arası yapılan mühendislik hizmeti almış yapılara, orta düzey hasar riski taşıdıkları kabul edilerek “3”, 1997 yılı sonrası yapılan yapılara, eğer 1997 yönetmeliğine uygun olarak yapıldıkları yani mühendislik hizmeti aldıkları kesin olarak bilinmiyorsa yine orta düzey hasar riski taşıdıkları kabul edilerek “3” sayısal değeri verilmiştir. Ancak 1997 yılı sonrası yönetmeliklere uygun olarak yapıldığı tespit edilen yapılara, genel hasar görebilirlik düzeyine herhangi bir etkisi olmadığı için “1” sayısal değeri verilmesi kabul edilmiştir.

- B grubu

Yerleşim yerine uygunluğu ve yerleşim yeri etkilerine bağlı hasar görebilirliği temsil etmektedir.

Bir depremde yapılara gelen deprem kuvvetlerini belirlerken en önemli parametrelerden biri, yapıların bulunduğu noktalarda zemin tabakalarının deprem özelliklerini nasıl değiştirdiğinin bulunmasıdır. Yerel zemin özellikleri bazı bölgelerde deprem kuvvetlerinin büyümesine bazı bölgelerde ise azalmasına yol açabilir (Ansal, vd. 2000).

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte dört yerel zemin sınıfı tanımlanmaktadır. Yerel zemin koşullarının bu şekilde tanımlanması bu alandaki sınıflamalara göre en iyi yöntemlerden biridir (Ansal, vd., 2000).

Çalışma kapsamında; zemin etkisini değerlendirme yöntemine yansıtılabilmek amacıyla öncelikle, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte yer alan zemin sınıfı tanımlarının kullanılması düşünülmüştür. Fakat görsel yönden incelemeye dayalı bir yöntemde, zemin sınıflarının tespit edilmesi mümkün olmadığından ve bu zemin sınıflarını tanımlayan herhangi bir veri bulunmadığından değerlendirme yönteminde uygulama olanağı olmadığı görülmektedir.

Bunun yerine, İstanbul ili temel alınarak, 1:5000 ölçekli yerleşime uygunluk (zemin sınıflandırma) haritaları kullanılmıştır (Şekil 6.1). Diğer illere ait yerleşime uygunluk haritalarında sınıflandırma farklılıkları olması durumunda, yaklaşım aynı kalmakla birlikte, bazı değişiklikler yapılacaktır.

Bu haritalar yapılaşmanın kontrolünde ve planlamada kullanılmaktadır. 1:5.000 lik topografya ve jeoloji haritaları şehir planlarının yapımında kullanılmakta ve Çizelge 6.7’de gösterildiği gibi sınıflara ayrılmaktadır. Ayrıntılarda Avrupa ve Asya yakasının, sınıflandırmasının farklı olmasına rağmen, temel kabuller neredeyse aynıdır. Ayrıntılı sınıflandırmada temel parametreler, jeolojisi ve zemin yüzeyidir (Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması, 2002)

Çizelge 6.7 İstanbul Kenti’nin Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi (İBB, 2002)

Alan	Kategori	Kullanım Sınırlandırması
Avrupa Yakası	YU	Yerleşime uygun alanlar
	AJ	Ayrıntılı jeoteknik çalışma gerektiren alanlar
	SA	Yerleşime uygun olmayan alanlar (planlama yapılabilir alan)
	ÖA	Önlem alınmadan yapılaşmaya izin verilmeyecek alanlar
Asya Yakası	YU	Her tür yapılaşma için uygun alanlar
	YÖUA (ÖA)	Stabilite çalışması tavsiye edilen alanlar
	AJE (AJ) YUOA (SA)	Ayrıntılı jeoteknik çalışma gerektiren alanlar Özel yapılanma doğrultusunda planlama yapılabilir alanlar

Buna göre, zemin sınıflandırma haritalarında, SA-YUOA (yerleşime uygun olmayan alanlar) ve ÖA-YÖUA (önlem alınmadan yapılaşmaya izin verilmeyecek alanlar) olarak tanımlanan bölgelerde yer alan yapılar için kısmen veya tamamen yıkım riski taşıdıkları kabul edilerek “4”, AJ-AJE (ayrıntılı jeoteknik çalışma gerektiren alanlar) olarak tanımlanan bölgelerde yer alan yapılar için önemli hasar riski taşıdıkları kabul edilerek “3” ve YU (yerleşime uygun alanlar) olarak tanımlanan bölgelerde yer alan yapılar için, yerleşime uygun olarak tanımlansa bile hasar riski taşıdıkları kabul edilerek “2” sayısal değeri verilmiştir.



Şekil 6.1 1/5000 ölçekli yerleşime uygunluk haritası (İBB, Harita Müdürlüğü)

Ancak bu grup altında, ayrıca yerleşim yeri etkileri sorgulanarak (ör: arazide %30'dan fazla eğim olması durumu), tanımlanan hasar görebilirlik parametrelerinden herhangi birinin belirlenmesi durumunda, zemin sınıflandırma haritalarından elde edilen sayısal değer ne olursa olsun, bu sayısal değer yerine, yapıların kısmen veya tamamen yıkım riski taşıdıkları kabul edilerek "4" sayısal değeri kabul edilecektir.

Ülkemizde halen izlenmekte olan yaklaşım, bölgeleme çalışmalarında jeolojik yapılaşmaya dayanan yerleşime uygunluk haritasının elde edilmesi şeklindedir. Son yıllarda elde edilen aletsel kayıtlar ve depremlerde gözlenen hasar dağılımları sadece jeoteknik verilere dayanarak yapılan bir bölgelemenin bu açıdan yeterli olmadığını göstermektedir (Ansal vd., 2000).

Bu nedenle bu uygulamaları denetleyici üst kurumlar olan Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve İller Bankası yaklaşımlarını değiştirmeli ve imar planlarına yönelik çalışmalarda yerleşime uygunluk çalışmaları yerine sismik bölgeleme çalışmalarını zorunlu kılmalıdır (Ansal vd., 2000).

Sismik bölgeleme, bir bölgede olabilecek deprem özellikleri göz önüne alınarak zemin tabakalarının nasıl bir davranış göstereceğinin ve buna bağlı olarak yapıları etkileyecek deprem kuvvetlerinin inceleme bölgesi içinde nasıl bir değişim göstereceğinin belirlenmesidir (Ansal vd., 2000).

Sismik bölgelemede ana amacın yapısal hasarı en aza indirmek olması nedeniyle, mikrobölgeleme uygulamaları açısından yapı tasarımına yönelik olarak nasıl bir değişim gösterdiği belirlenmeli ve buna göre bir bölgeleme yapılmalıdır (Ansal vd., 2000).

Ülkemizde sismik bölgeleme çalışmaları henüz çok iyi bilinen bir konu olmayıp, bugüne kadar sismik bölgeleme konusundaki çalışmalar da sayıca az ve hep akademik araştırmalar olarak yapılmıştır.

Prof. Dr Atilla Ansal başkanlığında İstanbul Bağcılar ilçesinde yapılan sismik bölgeleme çalışması bu konudaki önemli çalışmalardan biridir. Bu çalışmada, Bağcılar ilçesinde spektral ivme ve zemin hakim periyodu değişimlerinin birlikte değerlendirilmesi ile bir mikro bölgeleme ortaya konmuştur.

İleride, bu ve buna benzer çalışmaların artması ve ülke geneline yayılması durumunda, değerlendirme yönteminde bugün için kullanımı öngörülen yerleşime uygunluk haritalarının yerine, sismik bölgeleme çalışmalarından elde edilen verilerin kullanılması daha gerçekçi olacaktır.

- C grubu

Yapısal ve biçimsel özelliklere bağlı hasar görülebilirliği temsil etmektedir.

Bilindiği gibi bir bina tasarımı, programı yapılan binanın mimari krokisi ile başlamakta, çeşitli uzmanların işbirliği ile avan proje ve kesin proje aşamalarından geçtikten sonra uygulama projesi elde edilmektedir. Binanın inşaatı ile ilgili verilecek ilk kararlar arasında, yapının sadece planını değil, hacmini, geometrisini, estetiğini de etkileyen ve güvenliğini sağlayan taşıyıcı sistem tipini ve malzemesini belirlemek de bulunmak zorundadır. Bu tasarım aşamalarına gereken önemi vermemek, özen göstermemek ya da bazen yapıldığı gibi sorumsuzca doğrudan uygulama projesine geçmek, çözümü bulunmayan durumların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kurallara uymak, uygulamak için bilgi ve uzmanların işbirliği gereklidir. Özellikle deprem bölgelerinde, taşıyıcı sistem tipi ve malzemesi avan proje aşamasında uzmanların katılımı ile belirlenmeli, kesinleşmelidir. İyi düzenlenmemiş bir sistemin hesapla iyileştirilmesi, düzeltilmesi mümkün değildir. Hesap bir araçtır (Aka vd., 2001).

Mimar, mesleği gereği, sipariş üzerine, müşterisi için her türlü emniyet ve konfor şartlarını sağlayan binalar gerçekleştirmekle sorumludur. Ancak, yapı projesinin, dinamik yüklere karşı direnci sağlamayan, sadece deprem yönetmeliklerine uygun olarak hesaplanması, depremler sırasında ona etkili bir dayanım özelliği kazandıramaz. Bir binanın depremlere karşı dayanımı sadece hesap ile sağlanamaz. Tersine tasarım, yönetmeliklerin olumsuz etkilerini gidermeye yönelik olmalıdır (Zacek, 2002).

Deprem yönetmeliklerindeki koşullar, gerçekte düzgün biçimli yapılar için geçerlidir. Karmaşık yapılarda taşıyıcı sistem analizi güçleşeceğinden yönetmelik koşullarına uyulmaz. Bu nedenle yönetmeliğin öngördüğü güvenlik azalır. Deprem açısından yetersiz olan bir mimari tasarımda, depreme çok dayanıklı bir taşıyıcı sistem oluşturmak güçtür. Bu nedenle mimari tasarım sırasında dikkat edilecek bazı noktalar, hem yapı mühendisinin dayanıklı bir taşıyıcı sistem tasarlamasını, hem de ortaya çıkan yapının depreme karşı dayanıklılığını sağlamış olacaktır (Çamlıbel, 1994).

Mimari tasarımın en az yönetmeliklerin uygulanması kadar önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Yapının geometrisi, taşıyıcı sistem (strüktür) seçimi, taşıyıcı sistemin (strüktürün) deprem yükleri altındaki davranışı, yapının deprem güvenliğini önemli ölçüde etkileyen ve eskiz aşamasında karar verilmesi gereken önemli adımları oluşturmaktadır.

Bu nedenle, değerlendirme yöntemi C grubunda, mevcut yapıların hasar görebilirliği, yapısal ve biçimsel özellikleri yönünden sorgulanmaktadır. Bu grupta yer alan hasar görebilirlik parametrelerine verilen sayısal değerlerin hangi kriterlere göre verildiği önceki bölümlerde ayrıntıları ile açıklanmıştır.

C grubunun genel hasar görebilirlik düzeyine katkısını hesaplamak için, öncelikle bu grupta kaç adet “4” (yapının kısmen veya tamamen yıkılmasına yol açabilecek olumsuzluk), kaç adet “3” (yapıda orta düzey hasara yol açabilecek olumsuzluk) ve kaç adet “2” (yapıda az hasara yol açabilecek olumsuzluk) sayısal değerinin olduğu belirlenmektedir.

Yapıda belirlenen “2” sayısal değerinden kaç tane olursa olsun sayısal değer “2” alınacaktır. Yapıda belirlenen “3” sayısal değerinden 4’ten fazla olması durumunda sayısal değer “4” alınacak, “4” sayısal değerinden 2’den fazla olması durumunda “5” sayısal değeri kabul edilecektir. Aynı sayısal değerden birden fazla olması durumunda ve yukarıda belirtilen eşik değerlerin altında olması durumunda en üst sayısal değer kabul edilerek genel C grubu skoru belirlenmektedir (Çizelge 6.8). Burada oluşturulan mantık, özellikle genel hasar görebilirlik düzeyine etkiyi tanımlayan sayısal değerler büyüdükçe, aynı hasar görebilirlik parametresinden birden fazla olması durumunda (“3” sayısal değerinden 4, “4” sayısal değerinden 2’den fazla), riskin bir üst dereceye çıkacağıdır. Herhangi bir hasar görebilirlik parametresi yok ise “1” sayısal değeri kabul edilecektir. Aşağıdaki çizelgede farklı kombinasyonlar görülmektedir.

Çizelge 6.8 Farklı hasar görebilirlik parametrelerine bağlı olarak C grubu skorunun elde edilmesi

	“4”	“3”	“2”	C grubu skoru
YAPI A	-	-	-	1
YAPI B			②	2
YAPI C			②②	2
YAPI D		③③③	②②	3
YAPI E		③③③③	②②	4
YAPI F	④	③③③	②②	4
YAPI G	④	③③③③③③	②②	5
YAPI H	④④	③③	②	5

- D grubu

Donatı ve betonarme betonunun kalitesi ile uygulanmasına yönelik hasar görebilirliği temsil etmektedir.

Her iki malzemenin de kontrolü görsel yönden ve mümkünse el ile kontrol edilerek yapılmaktadır. Özellikle donatıların açıkta kalması, korozyon, betonarme betonunda dökülme, dağılma, kolay parçalanma gibi hasar görebilirlik parametreleri kontrol edilmektedir.

Bu grupta yer alan hasar görebilirlik parametrelerinden birinin bile olması durumunda, hasar görebilirlik parametresinin yapılar için kısmen veya tamamen yıkım riski taşıdığı kabul edilerek “4” sayısal değeri öngörülmüştür.

6.13 Deprem Riski Skoru

Yukarıda yer alan hasar görebilirlik gruplarına ait sayısal değerlerin en yüksek ve en düşüğü, eşitlikteki yerlerine konulduğunda, en yüksek ve en düşük deprem riski skorları bulunmaktadır. Buna göre;

$$DRS_{\text{en yüksek}} = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.2)$$

$$DRS_{\text{en yüksek}} = 4 \times 4 \times 5 \times 4 = 320$$

$$DRS_{\text{endüşük}} = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.3)$$

$$DRS_{\text{en düşük}} = 1 \times 2 \times 1 \times 1 = 2$$

En yüksek ve en düşük deprem riski skorları, farklı sayısal değerlerin birbiri ile çarpımına bağlı olarak, 320 ile 2 arasında değişmektedir.

Aşağıda farklı değerlendirme düzeyi için öngörülen kabuller ve bu kabullere bağlı olarak her düzey için elde edilen en yüksek ve en düşük deprem riski skorları yer almaktadır.

Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) yapılara ait en yüksek deprem riski skoru 320 olarak kabul edilmektedir. Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) yapılara ait en düşük deprem skoru ise, mevcut yapıların yukarıda yer alan 4 grubun en az 3’ünde “4” sayısal değerine ulaşması durumunda bu gruba dahil edilmesi kabulüne dayanmaktadır. Bu kabullere göre yapılan hesaplama sonucunda elde edilen değerler aşağıda yer almaktadır.

$$KDÖY-DRS_{\text{en yüksek}} = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.4)$$

$$KDÖY-DRS_{\text{en yüksek}} = 4 \times 4 \times 5 \times 4 = 320$$

$$KDÖY-DRS_{\text{en düşük}} = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.5)$$

$$KDÖY-DRS_{\text{en düşük}} = 4 \times 4 \times 1 \times 4 = 64$$

Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO) yapılara ait en yüksek deprem riski skoru ise, Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) yapılara ait en düşük deprem riski skoru ile sınırlandırılmıştır. Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO) yapılara ait en düşük deprem skoru ise, mevcut yapıların yukarıda yer alan 4 grubun en az 3'ünde "3" sayısal değerine ulaşması durumunda bu gruba dahil edilmesi kabulüne dayanmaktadır. Bu kabullere göre yapılan hesaplama sonucunda elde edilen değerler aşağıda yer almaktadır.

$$KDÖO-DRS_{\text{en düşük}} = A \text{ grubu} \times B \text{ grubu} \times C \text{ grubu} \times D \text{ grubu} \quad (6.6)$$

$$KDÖO-DRS_{\text{en düşük}} = 3 \times 3 \times 3 \times 1 = 27$$

Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük (KDÖD) yapılara ait en yüksek deprem riski skoru ise, Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO) yapılara ait en düşük deprem riski skoru ile sınırlandırılmıştır. Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük (KDÖD) yapılara ait en düşük deprem riski skoru ise 2 olarak kabul edilmektedir.

Çizelge 6.9 Değerlendirme düzeylerine ait en yüksek ve en düşük deprem riski skorları skalası



6.14 Öneri Değerlendirme Yöntemi

Yukarıda yer alan açıklamalara dayalı olarak oluşturulan değerlendirme yöntemi toplam 6 sayfadan oluşmaktadır.

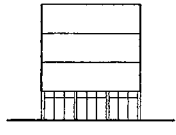
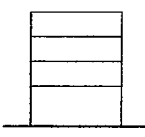
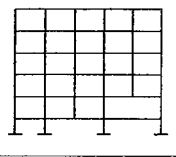
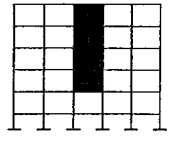
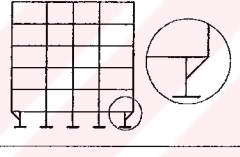
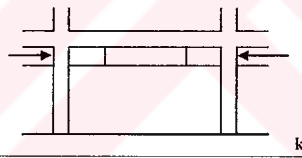
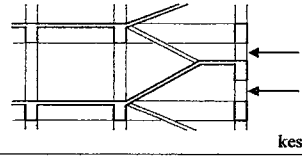
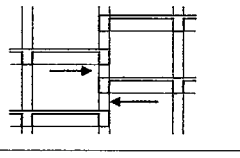
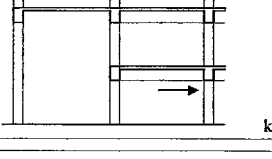
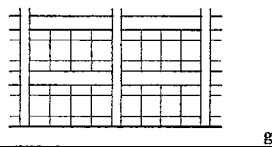
Çizelge 6.10a Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi birinci sayfa

MEVCUT BETONARME YAPILARIN GÖZLEME DAYALI DEPREM HASAR GÖREBİLİRLİK RİSKİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ VERİ TOPLAMA ve ÖN DEĞERLENDİRME KONTROL LİSTESİ					
VERİ TOPLAMA					
GENEL KARAKTERİSTİKLER					
A	KİMLİK BİLGİLERİ				
A1	■ İncelemeyi yapan kişi / Tarih				
A2	■ Adres (biliniyorsa ada pafta parsel)				
A3	■ Mal sahibi (sahipleri)				
A4	■ Kullanıcı				
B	YAPIYA AİT ÖZELLİKLER				
B1	■ Kat adedi (bodrum hariç)	Z +			
B2	■ Bodrum kat adedi				
B3	■ Kısmi bodrum kat				
B4	■ Cephe genişliği (m)				
B5	■ Yapı derinliği (m)				
B6	■ Kullanım amacı				
B7	■ Çatı	☐ Düz ☐ Kıvrma ☐ Eğrisel (kubbe-tonoz)			
B8	■ Konumu	☐ İki kenar bitişik nizam ☐ Tek kenar bitişik nizam (köşe yapı) ☐ Ayrık nizam			
C	KROKİ				
DEĞERLENDİRME					
HASAR GÖREBİLİRLİK ETKENLERİ			HAYR	EYET	GENEL HASAR GÖREBİLİRLİK DÜZEYİNE KATKI
A GRUBU					
D	YAPIM YILI VEYA DÖNEMİ				
D1	■ 1975 yılı öncesi		☐ E	4	
D2	■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti almamış		☐ E	4	
D3	■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti almış				3
D4	■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti almamış		☐ E	4	
D5	■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti almış (yön. uyg.)		☐ E		1
				A=	
B GRUBU					
E	YERLEŞİME UYGUNLUK				
E1	■ SA-YUOA (yerleşime uygun olmayan alan)		☐ E	4	
	■ ÖA-YÖUA (önlem alınmadan yap. izin verilmeyecek alan)				
E2	■ AJ-AJE (ayrıntılı jeoteknik çalışma)		☐ E		3
E3	■ YU (yerleşime uygun)		☐ E		2
F	YERLEŞİM YERİ ETKİLERİ				
F1	■ Aktif fayla yakınlık <5 km		☐ H	☐ E	4
F2	■ Dolgu zemin üzerinde		☐ H	☐ E	4
F3	■ Eğimli arazi üzerinde (>%30)		☐ H	☐ E	4
F4	■ Su kaynağı, yer altı suyu veya dere yatağı yakınında		☐ H	☐ E	4
yerleşim yeri etkileri var ise yerleşime uygunluk ne olursa olsun B=4 kabul edilecek					B=

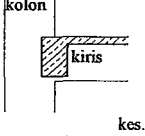
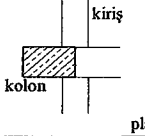
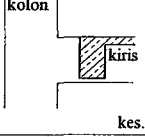
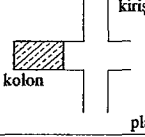
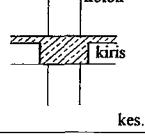
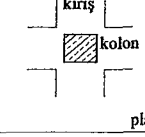
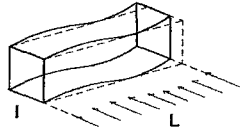
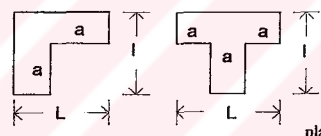
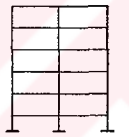
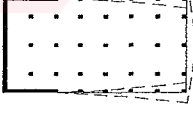
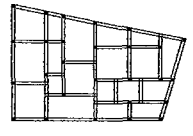
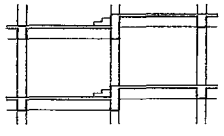
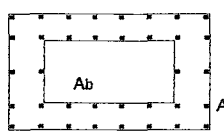
Çizelge 6.10b Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi ikinci sayfa

C GRUBU							
G	YAPIM - KULLANIM HATALARI						
G1	■ Yapıma ara verilip verilmediği (1 yıldan fazla)		☐ H ☐ E	4			
G2	■ Kaldırılan kolon-kiriş veya perde		☐ H ☐ E	4			
G3	■ Kaldırılan iç duvarlar (1 katta duvarların komple kaldırılması)		☐ H ☐ E	4			
G4	■ Kat ilavesi	☐ (1) 1kat(a) ☐ (2) 2 kat ve üstü(b)	☐ H ☐ E	4(b)	3(a)		
G5	■ Kullanım koşulları	☐ (1) Kötü(a) ☐ (2) Çok kötü(b)	☐ H ☐ E		3(b)	2(a)	
G6	■ Bodrum katta su birikmesi veya sürekli rutubet	☐ s. rutubet (a) ☐ (2) su birikmesi(b)	☐ H ☐ E	4(b)	3(a)		
G7	■ Kısmen de olsa yangın geçirmiş		☐ H ☐ E	4			
G8	■ Kolon ve kirişlerde delik ve benzeri müdahaleler		☐ H ☐ E		3		
H KOMŞU BİNALAR							
H1	■ Komşu binalar arası derz aralığı yok veya yeterli değil 6m yüksekliğe kadar en az 3cm'lik derz aralığı yok (6m den sonraki her 3m için en az 10mm ilave edilerek yeterli derz aralığı olup olmadığı kontrol edilecek) aynı yüksekliğe (a), farklı yüksekliğe (b) sahip yapılar		☐ H ☐ E	4(b)	3(a)		
H2	■ Komşu binalar arası kat döşeme düzeyleri farklı çekişme etkisi		☐ H ☐ E		3		
H3	■ Bitişik nizam yapı dizisinde köşe yapı		☐ H ☐ E		3		
I DÜŞEY DÜZENSİZLİKLER							
I1	■ Kütlerde geri çekilmeler $a > L/5$		☐ H ☐ E		3		
I2	■ Kütlerde ileri çıkmalar $a > L/10$		☐ H ☐ E	4			
I3	■ Balkon çıkma uzunluğu (tek taraftan oturan) $k > 1m$		☐ H ☐ E		3		
I4	■ Balkon çıkma uzunluğu (çift taraftan oturan) $k > 1,5m$		☐ H ☐ E		3		
I5	■ Farklı rijitlikte, boyda kolonlar		☐ H ☐ E	4			
I6	■ Farklı kolon boyları		☐ H ☐ E	4			

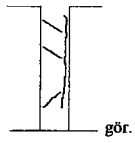
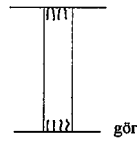
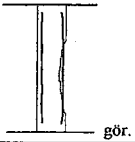
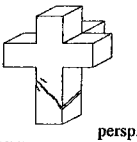
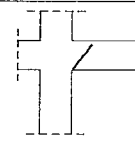
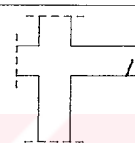
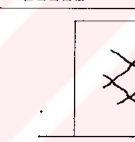
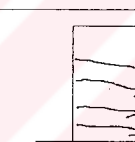
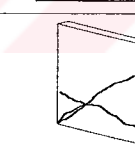
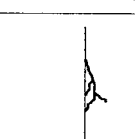
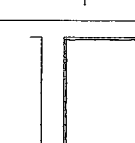
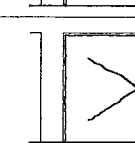
Çizelge 6.10c Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi üçüncü sayfa

J	YUMUŞAK KAT							
J1	■ Kolonlar üzerinde plan düzleminde perde duvarsız ve bölme duvarsız, sadece kolonlar üzerinde (a) çok katlı yapılarda, plan düzleminde perde duvarsız, bölme duvarlı (b)		gör.	☐ H ☐ E	4(a)	3(b)		
J2	■ Kat yüksekliği belirgin farklı >%130		gör.	☐ H ☐ E	4			
K	DÜŞEY YÜK AKTARIM DÜZENSİZLİĞİ							
K1	■ Kirişe oturan kolon		kes.	☐ H ☐ E		3		
K2	■ Üst kattaki perdelerin alt katlarda kolonlara dönüşmesi		kes.	☐ H ☐ E	4			
K3	■ Konsol ucunda kolonlu sistem		kes.	☐ H ☐ E	4			
L	KISA KOLON							
L1	■ Bant pencerelerin yarattığı k. k. (rijit parapetli düzenleme)		kes.	☐ H ☐ E		3		
L2	■ Merdiven sahanlık girişinin yarattığı k. k.		kes.	☐ H ☐ E		3		
L3	■ Dubleks yapı orta aksı üzerinde k. k.		kes.	☐ H ☐ E		3		
L4	■ Ara katlardan kaynaklanan k. k.		kes.	☐ H ☐ E		3		
M	ZAYIF KOLON/GÜÇLÜ KİRİŞ planda perde duvarlar öngörülmemiş veya yeterli değil ise		gör.	☐ H ☐ E	4			

Çizelge 6.10d Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi dördüncü sayfa

N	KOLON-KİRİŞ DÜĞÜM NOKTALARI						
N1	■ Kolon-kiriş ekyeri dışmerkezliği kolon- kiriş aksı arası genişliği $\geq$ kolon genişliği/4	A			☐ H ☐ E	4	
N2	■ Kirişin kirişe oturması	B			☐ H ☐ E	4	
N3	■ Kolona oturan kirişin, kolondan geniş olması	C			☐ H ☐ E	4	
O	YATAY DÜZENSİZLİKLER						
O1	■ Yatayda narınlık (dikdörtgen ise) $L/l > 4(a)$ $4 > L/l > 3(b)$				☐ H ☐ E	3(a) 2(b)	
O2	■ Yayayda girinti ve/veya çıkıntılar $a > L/5$ veya $l/5$ ise burulma L ve l için B4 ve B5'e bakınız				☐ H ☐ E	4	
O3	■ Açıklık sayısı herhangi temel yönde 3'ten az				☐ H ☐ E	4	
O4	■ Kütle ve/veya rijitlik düzensizliği kütle merkezi ve rijitlik merkezi arasındaki mesafe $> \%5$ mesafe arttıkça hasar riski artmaktadır				☐ H ☐ E	4	
O5	■ Taşıyıcı sistem düzensizliği				☐ H ☐ E	4	
P	DİYAFRAMLAR						
P1	■ Diyafram devamsızlığı				☐ H ☐ E	4	
P2	■ Diyafram süreksizliği $Ab > A/3$				☐ H ☐ E	4	

Çizelge 6.10e Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi beşinci sayfa

R DÖŞEME TİPLERİ									
R1	■ Yerinde dökme kirişsiz döşeme			☐ H	☐ E			3	
R2	■ Yerinde dökme dolgu ya da dolgusuz döşeme(asmolen)			☐ H	☐ E			3	
R3	■ Hazır dışı dolgu döşeme (hazır nervür kirişli döşeme)			☐ H	☐ E			3	
R4	■ Hazır panelli döşemeler			☐ H	☐ E			3	
S	ÇATLAKLAR								
S1	■ Kolonlarda	A		B		☐ H	☐ E		
	Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500)					☐ A	▼	4 (a)	3 (b)
	yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm					☐ B		4 (a)	3 (b)
	yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm					☐ C		4 (a)	3 (b)
	değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)					☐ D		4 (a)	3 (b)
		C		D					
			gör.		gör.				
					persp.				
S2	■ Kirişlerde	A				☐ H	☐ E		
	Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500)					☐ A	▼	4 (a)	3 (b)
	yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm								
	yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm								
	değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)								
		B				☐ B		4 (a)	3 (b)
			gör.						
S3	■ Perdelerde	A				☐ H	☐ E		
	Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500)					☐ A	▼	4 (a)	3 (b)
	yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm								
	yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm								
	değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)								
		B				☐ B		4 (a)	3 (b)
			gör.						
		C				☐ C		4 (a)	3 (b)
					persp.				
S4	■ Düğüm noktalarında					☐ H	☐ E	4(a)	3(b)
	Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500)								
	yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm								
	yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm								
	değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)								
			gör.						
S5	■ Çerçeve-Dolgu duvarlarda	A				☐ H	☐ E		
						☐ A	▼		3
			gör.						
		B				☐ B			3
			gör.						
S6	YAPININ ŞAKÜLDEN KAÇMASI					☐ H	☐ E	4	
TOPLAM ADET									
hiçbiri yok ise 1, birden fazla 2 olsa bile 2, dörttem fazla 3 var ise 4, ikiden fazla 4 var ise 5 kabul edilecek hepsinden birer tane veya yukarıda tanımlanan değerlerin altında olması durumunda, en yüksek puan kabul edilecek örnek: 2,3,3 var ise, 3 - 2,2,3,3,,4 var ise 4 - 2,2,3,3,3,3,4 var ise 5 (3'er 4 ediyor) - 2,3,4,4,4 var ise 5 kabul edilecek									
C=									

Çizelge 6.10f Öneri değerlendirme yöntemi kontrol listesi altıncı sayfa

D	GRUBU						
	MALZEME VE DURUMLARI						
T	DONATI						
T1	■ Donatıda korozyon		☐ H ☐ E	4			
T2	■ Açıkta veya yüzeye çok yakın donatı	pas payı içinde < 2,5cm ve dışarda <4cm ise	☐ H ☐ E	4			
U	BETONARME BETONU						
U1	■ Kalitesiz betonarme betonu, betonarme betonunda parça atması, dökülme, dağılma	göz ve el ile kontrol	☐ H ☐ E	4			
U2	■ Betonarme betonunda uygun olmayan agrega boyu	agrega boyutu	☐ H ☐ E	4			
		>1/5 kalıp genişliği					
		>1/3 döşeme yüksekliği					
		>3/4 iki donatı çubuğu arası					
	hiçbiri yok ise D=1, bir veya birden fazla olumsuzluk olması durumunda D=4 kabul edilecek					D=	
V	GENEL GÖZLEM						
V1	1						
V2	2						
V3	3						
V4	4						
V5	5						
V6	6						
V7	7						
V8	8						
	DEPREM RİSKİ SKORU	A x B x C x D=					
		2≤DRS≤27	☐	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ DÜŞÜK			
		27<DRS<64	☐	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ ORTA			
		64≤DRS≤320	☐	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ YÜKSEK			
	NOT : Kapsamlı değerlendirme düzeyinin zayıf çıkması, yapıların depremlerde herhangi bir hasar görmeyeceği anlamına gelmemektedir						

7. ALAN ÇALIŞMASI

Öneri değerlendirme yönteminin, uygulanabilirliğinin test edilmesi, bazı eksikliklerinin giderilmesi, puanlama sisteminin ve doğru teşhis koyma becerisinin sınanması için, küçük ölçekte de olsa bir alan çalışması ile denenmesi öngörülmüştür.

Alan çalışmasının öncelikle seçilecek bir mahalle ölçeğinde denenmesi düşünülmüş, fakat resmi olmayan böyle bir çalışmanın özellikle tespit aşamasındaki zorluklarından dolayı yapılabilmesi mümkün olamamıştır.

Değerlendirme yönteminin denenmesine yönelik alan çalışması araştırmaları yapıldığı sırada, YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı tarafından Maltepe İlçesi'nde ilköğretim yapılarının, "Depreme Dayanıklılık Tespit Çalışması" kapsamında malzeme özelliklerinin saptanmasına yönelik olarak yürütülen bir çalışma olduğu belirlenmiş ve Prof. Dr. Fevziye Aköz'ün izni ve desteği ile böyle bir çalışmada değerlendirme yöntemi uygulanabilmiştir.

YTÜ İnşaat Fakültesi tarafından Maltepe İlçesi'nde yürütülen ilköğretim yapılarının "Depreme Dayanıklılık Tespit Çalışması", mevcut yapıların zemin incelemesini, malzeme özelliklerinin saptanmasını, projelendirme hatalarını ve taşıyıcı sistem hesabının kontrolünü içermektedir. Yapılara ait farklı özelliklerin kontrolü, uzmanlık alanlarına göre farklı anabilim dalları tarafından yürütülmektedir.

Bu çalışma kapsamında malzeme özelliklerinin saptanması, Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı öğretim üyeleri, Prof. Dr. Fevziye Aköz, Yard. Doç. Dr. Nabi Yüzer, Araş. Gör. Özgür Çakır, Araş. Gör. Nihat Kabay, Araş. Gör. Ahmet Kızıllanat , Araş. Gör. Nesil Özçiftçi tarafından yapılmaktadır. Yapılarda beton kalitesinin, donatı yerinin ve miktarının belirlenmesi için gerek inceleme alanında gerek ise laboratuvar ortamında yapılan çalışmaları kısaca özetlemek yararlı olacaktır.

- a. Öncelikle yapının projesinde ölçüm yapılması gereken elemanlar belirlenmektedir.
- b. Elemanların ölçüm yapılacak bölgelerinden sıva veya kaplama kaldırılmaktadır.
- c. Manyetik esaslı aletler ile donatıların yeri ve çapı belirlenmektedir.
- d. Bu yüzeylerde Schmidt çekici ile yüzey sertliği ölçülmektedir.
- e. Gerekli görülen elemanlardan karot numuneleri alınmakta ve koruma amaçlı plastik torbalara konulmaktadır. Karot alınan bölge uygun malzeme ile doldurularak kapatılmaktadır.
- f. Laboratuvar çalışmaları ile gerekli deneyler yapılmaktadır.

g. Tahribatlı ve tahribatsız deney sonuçları birlikte değerlendirilmektedir.

h. İlgili sonuçlar rapor haline getirilmektedir.

Öneri Değerlendirme Yöntemi, Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı'nın inceleme çalışmalarına katılarak, 10 ilkokul yapısı üzerinde denenmiştir. YTÜ İnşaat Fakültesi tarafından yürütülen "Depreme Dayanıklılık Tespit Çalışması"nda yer alan okul isimlerinin, resmi bir çalışma olması ve sonuçlarının da yayınlanmayacak olması nedeniyle, bu çalışma kapsamında belirtilmemesi uygun görülmüştür. Bu nedenle her okul bir rakam ile simgelenmektedir. Alan çalışması kapsamında her ilkokul yapısı ziyaret edilerek, değerlendirme yöntemi kapsamında oluşturulan kontrol listesi aşağıdaki adımlara göre doldurulmuştur.

a. İBB belediyesinden elde edilen yerleşime uygunluk haritalarında, incelemenin yapıldığı yapının yeri bulunarak, yerleşime uygunluğu belirlenmiştir.

b. İnceleme yerine ulaşım sırasında, yapının yakın çevresinin topografik özellikleri, zemin durumu gözlemlenmiş ve değerlendirme de kullanılmıştır.

c. Yapı dışından, yapı içine doğru ilerleyen bir inceleme sürecinde, öncelikle, yapı ile ilgili kimlik bilgileri ve yapısal özellikler tespit edilmiştir.

d. Yapının krokisi çizilerek, taşıyıcı sistem elemanları ve merdivenlerin yeri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında önceden projeler elde edildiği için, krokilerin çıkarılmasına yönelik önemli bir kolaylık sağlamıştır.

e. İncelenen yapılar ilköğretim yapıları olduğundan, yapım tarihleri binanın girişinde belirtilmektedir. Eğer belirtilmemiş ise, yöneticilerden yapım tarihi öğrenilmiş ve yapı ile ilgili diğer kritik özellikler (kat ilavesi, yapıda herhangi bir çatlak olup olmadığı vb.) öğrenilmeye çalışılmıştır. Mal sahibi ve/veya kullanıcılar, bazı bilgilerin elde edilmesi konusunda önemli birer kaynaktır.

f. Yapı ile ilgili hasar görülebilirlik parametreleri tek tek incelenerek gerekli tespitler yapılmıştır.

g. Taşıyıcı sistem elemanları, içerden ve dışarıdan incelenerek, herhangi bir çatlak olup olmadığı, donatıların ortada olup olmadığı ve eğer betonda dökülme var ise, el ile kontrol edilerek betonun kolayca dağılıp dağılmadığı kontrol edilmiştir.

h. Bütün verilerin elde edilmesinden sonra, yapının deprem riski skoru hesaplanmıştır.

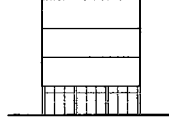
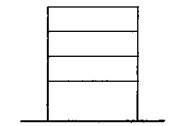
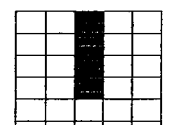
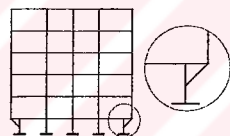
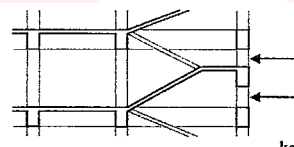
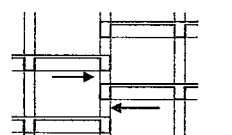
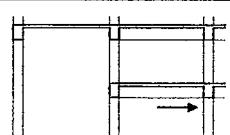
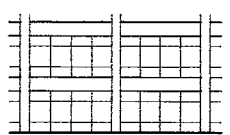
Çizelge 7.1a Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi birinci sayfa

MEVCUT BETONARME YAPILARIN GÖZLEME DAYALI DEPREM HASAR GÖREBİLİRLİK RİSKİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ VERİ TOPLAMA ve ÖN DEĞERLENDİRME KONTROL LİSTESİ							
VERİ TOPLAMA							
GENEL KARAKTERİSTİKLER							
A	KİMLİK BİLGİLERİ	OKUL B					
A1	■ İncelemeyi yapan kişi / Tarih	TOLGA AKBUĞUT / MART 2004					
A2	■ Adres (biliniyorsa ada pafta parsel)	MALTEPE - İST.					
A3	■ Mal sahibi (sahipleri)	Milli Eğitim Bakanlığı					
A4	■ Kullanıcı						
B	YAPIYA AİT ÖZELLİKLER						
B1	■ Kat adedi (bodrumhariç)	Z + 2					
B2	■ Bodrum kat adedi	-					
B3	■ Kısmi bodrum kat	-					
B4	■ Cephe genişliği (m)	~ 21m					
B5	■ Yapı derinliği (m)	~ 14,5m					
B6	■ Kullanım amacı	OKUL					
B7	■ Çatı	☐ Düz ☒ Kıvrma ☐ Eğrisel (kubbe-tonoz)					
B8	■ Konumu	☐ İki kenar bitişik nizam ☐ Tek kenar bitişik nizam (köşe yapı) ☒ Ayrık nizam					
C	KROKİ						
DEĞERLENDİRME							
HASAR GÖREBİLİRLİK ETKENLERİ				HAYIR	EYET	GENEL HASAR GÖREBİLİRLİK DÜZEYİNE KATKI	
A GRUBU							
D	YAPIM YILI VEYA DÖNEMİ						
D1	■ 1975 yılı öncesi			☒ E	☐ E	4	
D2	■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti almamış			☐ E	☐ E	4	
D3	■ 1975 - 1997 yılı arası mühendislik hizmeti almış			☐ E	☐ E		3
D4	■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti almamış			☐ E	☐ E	4	
D5	■ 1997 yılı sonrası mühendislik hizmeti almış (yön. uyg.)			☐ E	☐ E		1
						A = 4	
B GRUBU							
E	YERLEŞİME UYGUNLUK						
E1	■ SA-YUOA (yerleşime uygun olmayan alan)			☐ E	☐ E	4	
E2	■ ÖA-YÖUA (önlem alınmadan yap. izin verilmeyecek alan)			☐ E	☐ E		3
E3	■ AJ-AJE (ayrıntılı jeoteknik çalışma)			☒ E	☐ E		2
F	YERLEŞİM YERİ ETKİLERİ						
F1	■ Aktif faya yakınlık < 5 km			☐ H	☐ E	4	
F2	■ Dolgu zemin üzerinde			☐ H	☐ E	4	
F3	■ Eğimli arazi üzerinde (>%30)			☐ H	☐ E	4	
F4	■ Su kaynağı, yer altı suyu veya dere yatağı yakınında			☐ H	☐ E	4	
yerleşim yeri etkileri var ise yerleşime uygunluk ne olursa olsun B=4 kabul edilecek						B = 2	

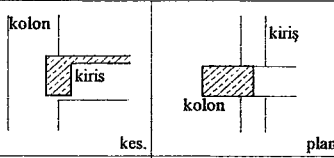
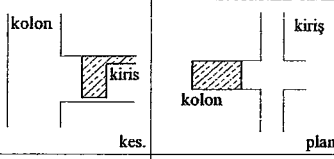
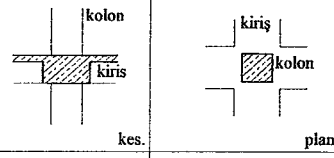
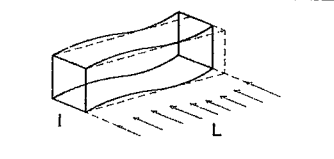
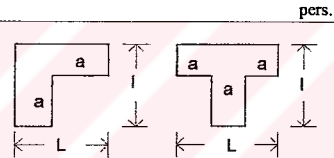
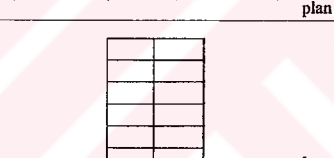
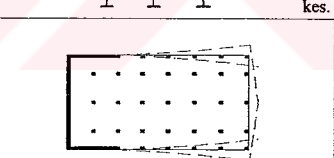
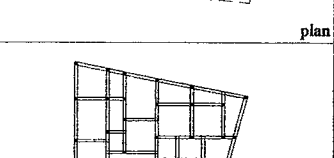
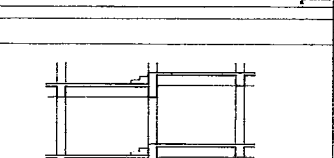
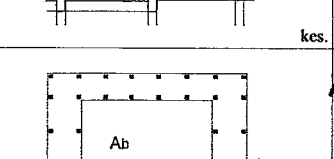
Çizelge 7.1b Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi ikinci sayfa

C GRUBU							
G	YAPIM - KULLANIM HATALARI						
G1	■ Yapıma ara verilip verilmediği (1 yıldan fazla)		☒ H ☐ E	4			
G2	■ Kaldırılan kolon-kiriş veya perde		☒ H ☐ E	4			
G3	■ Kaldırılan iç duvarlar (1 katta duvarların komple kaldırılması)		☒ H ☐ E	4			
G4	■ Kat ilavesi	☐ (1) 1kat(a) ☐ (2) 2 kat ve üstü(b)	☒ H ☐ E	4(b)	3(a)		
G5	■ Kullanım koşulları	☒ (1) Kötü(a) ☐ (2) Çok kötü(b)	☐ H ☒ E		3(b)	2(a)	
G6	■ Bodrum katta su birikmesi veya sürekli rutubet	☐ s. rutubet (a) ☐ (2) su birikmesi(b)	☒ H ☐ E	4(b)	3(a)		
G7	■ Kısmen de olsa yangın geçirmiş		☒ H ☐ E	4			
G8	■ Kolon ve kirişlerde delik ve benzeri müdahaleler		☒ H ☐ E		3		
H KOMŞU BİNALAR							
H1	■ Komşu binalar arası derz aralığı yok veya yeterli değil 6m yüksekliğe kadar en az 3cm'lik derz aralığı yok (6m den sonraki her 3m için en az 10mm ilave edilerek yeterli derz aralığı olup olmadığı kontrol edilecek) aynı yüksekliğe (a), farklı yüksekliğe (b) sahip yapılar		☒ H ☐ E	4(b)	3(a)		
H2	■ Komşu binalar arası kat döşeme düzeyleri farklı çekicilik etkisi		☒ H ☐ E		3		
H3	■ Bitişik nizam yapı dizisinde köşe yapı		☒ H ☐ E		3		
I DÜŞEY DÜZENSİZLİKLER							
I1	■ Küttelede geri çekilmeler $a > L/5$		☒ H ☐ E		3		
I2	■ Küttelede ileri çıkıntılar $a > L/10$		☒ H ☐ E	4			
I3	■ Balkon çıkma uzunluğu (tek taraftan oturan) $k > 1m$		☒ H ☐ E		3		
I4	■ Balkon çıkma uzunluğu (çift taraftan oturan) $k > 1,5m$		☒ H ☐ E		3		
I5	■ Farklı rijitlikte, boyda kolonlar		☒ H ☐ E	4			
I6	■ Farklı kolon boyları		☒ H ☐ E	4			

Çizelge 7.1c Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi üçüncü sayfa

J	YUMUŞAK KAT						
J1	■ Kolonlar üzerinde plan düzleminde perde duvarsız ve bölme duvarsız, sadece kolonlar üzerinde (a) çok katlı yapılarda, plan düzleminde perde duvarsız, bölme duvarlı (b)		gör.	☒ H ☐ E	4(a)	3(b)	
J2	■ Kat yüksekliği belirgin farklı >%130		gör.	☒ H ☐ E	4		
K	DÜŞEY YÜK AKTARIM DÜZENSİZLİĞİ						
K1	■ Kirişe oturan kolon		kes.	☒ H ☐ E		3	
K2	■ Üst kattaki perdelerin alt katlarda kolonlara dönüşmesi		kes.	☒ H ☐ E	4		
K3	■ Konsol ucunda kolonlu sistem		kes.	☒ H ☐ E	4		
L	KISA KOLON						
L1	■ Bant pencerelerin yarattığı k. k. (rijit parapetli düzenleme)		kes.	☐ H ☒ E		3	
L2	■ Merdiven sahanlık girişinin yarattığı k. k.		kes.	☐ H ☒ E		3	
L3	■ Dubleks yapı orta aksı üzerinde k. k.		kes.	☒ H ☐ E		3	
L4	■ Ara katlardan kaynaklanan k. k.		kes.	☒ H ☐ E		3	
M	ZAYIF KOLON/GÜÇLÜ KİRİŞ planda perde duvarlar öngörülmemiş veya yeterli değil ise		gör.	☒ H ☐ E	4		

Çizelge 7.1d Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi dördüncü sayfa

N KOLON-KİRİŞ DÜĞÜM NOKTALARI							
N1	■ Kolon-kiriş ekyeri dışmerkezliği kolon- kiriş aksı arası genişliği $\geq$ kolon genişliği/4	A		☒ H ☐ E	4		
N2	■ Kirişin kirişe oturması	B		☒ H ☐ E	4		
N3	■ Kolona oturan kirişin, kolondan geniş olması	C		☒ H ☐ E	4		
O YATAY DÜZENSİZLİKLER							
O1	■ Yatayda narinlik (dikdörtgen ise) $L/l > 4(a)$ $4 > L/l > 3(b)$			☒ H ☐ E		3(a)	2(b)
O2	■ Yayayda girinti ve/veya çıkıntılar $a > L/5$ veya $l/5$ ise burulma L ve l için B4 ve B5'e bakınız			☒ H ☐ E	4		
O3	■ Açıklık sayısı herhangi temel yönde 3'ten az			☒ H ☐ E	4		
O4	■ Kütle ve/veya rijitlik düzensizliği kütle merkezi ve rijitlik merkezi arasındaki mesafe $> \%5$ mesafe arttıkça hasar riski artmaktadır			☐ H ☒ E	4		
O5	■ Taşıyıcı sistem düzensizliği			☒ H ☐ E	4		
P DIYAFRAMLAR							
P1	■ Diyafram devamsızlığı			☒ H ☐ E	4		
P2	■ Diyafram süreksizliği $Ab > A/3$			☒ H ☐ E	4		

Çizelge 7.1e Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi beşinci sayfa

R	DÖŞEME TİPLERİ			H	E		
R1	■ Yerinde dökme kirişsiz döşeme			XH	□E	3	
R2	■ Yerinde dökme dolgu ya da dolgusuz döşeme(asmolen)			XH	□E	3	
R3	■ Hazır dişi dolgu döşeme (hazır nervür kırışlı döşeme)			XH	□E	3	
R4	■ Hazır panelli döşemeler			XH	□E	3	
S	ÇATLAKLAR						
S1	■ Kolonlarda Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500) yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)	A	B	C	D	H	E
						▼	▲
		gör.	gör.	persp.		4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
S2	■ Kirişlerde Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500) yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)	A	B			H	E
						▼	▲
		gör.	gör.			4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
S3	Perdelerde Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500) yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)	A	B	C		H	E
						▼	▲
		gör.	gör.	persp.		4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
						4 (a)	3 (b)
S4	■ Düğüm noktalarında Ortama göre çatlak genişliği sınırları (TS500) yapı içi normal çevre koşulları 0,4mm yapı dışı normal çevre koşulları 0,3mm değerleri üstünde (a), değerleri altında (b)	A	B			H	E
						▼	▲
		gör.	gör.			4(a)	3(b)
S5	■ Çerçeve-Dolgu duvarlarda	A	B			H	E
						▼	▲
		gör.	gör.			4	3
S6	YAPININ ŞAKÜLDEN KAÇMASI					H	E
						▼	▲
						4	3
							TOPLAM ADET
hiçbiri yok ise 1, birden fazla 2 olsa bile 2, dörttem fazla 3 var ise 4, ikiden fazla 4 var ise 5 kabul edilecek hepsinden birer tane veya yukarıda tanımlanan değerlerin altında olması durumunda, en yüksek puan kabul edilecek örnek: 2,3,3 var ise, 3 - 2,2,3,3,,4 var ise 4 - 2,2,3,3,3,3,4 var ise 5 (3'ler 4 ediyor) - 2,3,4,4,4 var ise 5 kabul edilecek							
							C= 5

Çizelge 7.1f Öneri değerlendirme yöntemi uygulanmış kontrol listesi altıncı sayfa

D	GRUBU						
	MALZEME VE DURUMLARI						
T	DONATI						
T1	■ Donatıda korozyon		☐ H	☒ E	4		
T2	■ Açıkta veya yüzeye çok yakın donatı	pas payı içerde < 2,5cm ve dışarda < 4cm ise	☐ H	☒ E	4		
U	BETONARME BETONU						
U1	■ Kalitesiz betonarme betonu, betonarme betonunda parça atması, dökülme, dağılma	göz ve el ile kontrol	☐ H	☐ E	4		
U2	■ Betonarme betonunda uygun olmayan agrega boyu	agrega boyutu >1/5 kalıp genişliği >1/3 döşeme yüksekliği >3/4 iki donatı çubuğu arası	☐ H	☐ E	4		
	hiçbiri yok ise D=1, bir veya birden fazla olumsuzluk olması durumunda D=4 kabul edilecek					D= 4	
V	GENEL GÖZLEM						
V1	1	Dış cephede çatı pencerelerin kiriş altlarında donatı aşığız.					
V2	2	Tüneklerde donatılar ortada					
V3	3	Donatıların gömüldüğü yerde pas payı çok az					
V4	4	Kiriş yüzünde izaretli, kolon dip kısmında çatlaklar var					
V5	5	İki sınıf arasındaki kırışık bir duvar sehim var					
V6	6						
V7	7						
V8	8						
	DEPREM RİSKİ SKORU	A x B x C x D=	4x2x5x4 = 160				
		2 ≤ DRS ≤ 27	☐	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ DÜŞÜK			
		27 < DRS < 64	☐	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ ORTA			
		64 ≤ DRS ≤ 320	☒	KAPSAMLI DEĞERLENDİRME ÖNCELİĞİ YÜKSEK			
	NOT : Kapsamlı değerlendirme düzeyinin zayıf çıkması, yapıların depremlerde herhangi bir hasar görmeyeceği anlamına gelmemektedir						

Çizelge 7.2 Okulların Öneri Değerlendirme Yöntemine göre aldıkları puanlar ve Malzeme Anabilim Dalı tarafından tespit edilen malzeme özellikleri

ÖNERİ DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ													
OKUL 1	OKUL 2	OKUL 3	OKUL 4	OKUL 5	OKUL 6	OKUL 7	OKUL 8	OKUL 9	OKUL 10				
A GRUBU	D3	3 D1	4 D3	3 D1	3 D3	3 D3	3 D1	4 D3	3 D3				
	PUAN A=	3	PUAN A=	3	PUAN A=	3	PUAN A=	4	PUAN A=	3	PUAN A=	3	3
B GRUBU	E3	2 E3	2 E3	4 E3	2 E3	2 E3	2 E3	2 E3	2 E3	2 E2	2 E2	3	3
	PUAN B=	2	PUAN B=	2	PUAN B=	2	PUAN B=	2	PUAN B=	2	PUAN B=	3	3
C GRUBU	L1	3 G2	4 G4	3 L1	3 L2	3 L1	3 G5	2 G5	2 G5	2 G5	2 G5	2	2
	L2	3 I5	4 L1	3 S1C	4 O3	4	L1	3 L1	3 L1	3 L1	3 H1	3	3
	O4	4 L2	3 L2	3	O4	4	L2	3 L2	3 L2	3 L2	3 H2	3	3
	S2A	3 O3	4 M	4	S2A	3	O4	4 O4	4 O4	4 I1	4 I1	3	3
	S2B	3	O4	4	S5B	3	S1A	4 S2A	4 S2A	3 L1	3 L1	3	3
	S5B	3	S1C	4			S1C	4 S1C	4 S1C	3 O3	3 O3	4	4
			S5B	3			S2B	3		S2A	S2A	3	3
	PUAN C=	5	PUAN C=	5	PUAN C=	3	PUAN C=	5	PUAN C=	5	PUAN C=	5	5
D GRUBU			T1	4 T1	4		T1	4					
			U1	4 U1	4		T2	4					
	PUAN D=	1	PUAN D=	4	PUAN D=	1	PUAN D=	4	PUAN D=	1	PUAN D=	1	1
DEPREM RISK PUANI													
SONUÇ	30	40	120	192	30	18	18	160	30				45
	KDÖÖ	KDÖÖ	KDÖY	KDÖY	KDÖÖ	KDÖD	KDÖD	KDÖY	KDÖÖ	KDÖÖ	KDÖÖ	KDÖÖ	

KDÖY = Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek

KDÖÖ = Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta

KDÖD = Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük

YTU İNŞAAT FAKÜLTESİ - MALZEME ANABİLİM DALI TARAFINDAN TESPİT EDİLEN MALZEME ÖZELLİKLERİ									
OKUL 1	OKUL 2	OKUL 3	OKUL 4	OKUL 5	OKUL 6	OKUL 7	OKUL 8	OKUL 9	OKUL 10
BETON SINIFI	C 14'ten az	C 14'ten az	C 14'ten az	C 14'ten az	C16	C16	C 14'ten az	C 14'ten az	C 14'ten az
KOLON KOROZYON		Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet-Az	Evet
KIRIŞ KOROZYON		Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır
PERDE KOROZYON		Hayır	Evet	Hayır		Hayır	Evet	Evet	

Çizelge 7.1a-7.1b-7.1c-7.1d-7.1e’de Okul 8’e ait uygulanmış örnek kontrol listesi yer almaktadır. Çizelge 7.2’de ise inceleme yapılan 10 okulun, öneri değerlendirme yöntemi uygulanarak hasar görülebilirlik özelliklerine göre aldıkları puanlar ve bu puanların hesaplanması sonucunda elde edilen deprem riski skorları ile YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı tarafından tahribatlı ve tahribatsız deney sonuçlarına göre hazırlanan raporda yer alan malzeme özellikleri (beton sınıfı, kolon, kiriş ve perdelerde korozyon) yer almaktadır (YTÜ İnşaat Fakültesi tarafından yürütülen çalışmanın bütünü henüz sonuçlanmamıştır). Öneri Değerlendirme Yöntemine göre 8 okulun, Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) ve Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO) seviyede, 2 okulun ise Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük (KDÖD) olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirme yönteminin sonucuna göre, bu iki gruba (KDÖY – KDÖO) giren yapıların zaman geçirmeden daha detaylı bir analiz sürecine alınmaları gerekmektedir.

YTÜ İnşaat Fakültesi Anabilim Dalı tarafından malzeme özelliklerinin incelenmesine dayalı olarak elde edilen raporlarda ise, her iki binaya ait betonun C16 kalitesini sağladığı ve elemanlarda donatı korozyonunun neden olduğu hasar gözlenmediği belirtilmektedir. Ek 1’de Okul 7’ye ait, YTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı tarafından hazırlanan, malzeme incelemeleri raporu yer almaktadır.

Çizelge 7.2’de “Öneri Değerlendirme Yöntemi” sonuçları ve malzeme özellikleri sonuçları arasında yapılan karşılaştırma ile birebir ilişki kurulması amaçlanmamakla birlikte, özellikle Deprem Riski Skorları (DRS) düşük çıkan yapıların beton sınıflarının daha yüksek çıkması ve diğer yapılara göre korozyon problemleri içermemesinden dolayı, bu paralelliğe dikkat çekilmek istenmiştir.

Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Yüksek (KDÖY) ve Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Orta (KDÖO) çıkan yapıların daha ayrıntılı ve farklı uzmanlık alanlarından katılımların sağlandığı detaylı deneysel ve analitik bir inceleme sürecine alınmaları gerekliliği nedeniyle, Deprem Riski Skorları ile sadece malzeme özellikleri arasında birebir ilişki kurmak kesin bir yargıya varmak için yeterli değildir.

Öneri Değerlendirme Yönteminin özellikle Kapsamlı Değerlendirme Önceliği Düşük (KDÖD) yapıların belirlenmesine yönelik olarak geliştirilmiş olması ve bu gruba giren yapıların malzeme özellikleri arasındaki paralellik, Değerlendirme Yönteminin işlevini yerine getirdiğini destekleyici bir veri olarak kabul edilebilir.

8. SONUÇ

“Giriş” bölümünde, problemin önemi ve çalışma kapsamında varılmak istenen amaç tanımlanmıştır. Bu bölümde ise temel amacın ne kadar gerçekleştirilebildiği sorgulanarak sonuçlar tartışılmaya çalışılacaktır.

Çalışmada, mevcut betonarme yapıların gözleme dayalı olarak depremlerde hasar görebilirlik risk düzeylerini belirlemeye yönelik, I. kademeyi kapsayacak, hızlı ve basit bir tarama yöntemi oluşturulması amaçlanmıştır.

Bu amaçla, öncelikle, ülkemizde ve dünyada hasar görebilirliğin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen mevcut değerlendirme yaklaşımları incelenmiş ve elde edilen çıkarımlar değerlendirme yönteminin çatkısında kullanılmıştır.

Buna göre, incelenen mevcut yaklaşımların ortak paydaları; değerlendirme yöntemlerinin kontrol listeleri biçiminde hazırlanmış olmaları (FEMA 310, FEMA 154, vd.), her ülkenin kendi ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmiş olmaları (ülkelerin deprem yönetmeliklerine ve standartlarına göre) ve aşamalı bir değerlendirme sürecini benimsemiş olmaları olup, öneri değerlendirme yönteminin de temel özellikleri olarak kabul edilmiştir.

İncelenen yaklaşımlarda saptanan bazı belirsizlikler ve ülkemizdeki yapı stoğu kalitesine göre farklılıklar, ülkemize özgü bir yaklaşım geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Farklılıklar aşağıda kısaca açıklanmaya çalışılmaktadır.

- Çalışma kapsamında incelenen sayısal değerlendirmeye dayalı bütün yaklaşımlarda, hasar görebilirlik parametrelerine verilen sayısal değerlerin hangi kriterlere göre verildiği açık bir şekilde belirtilmemiştir. Hasar görebilirlik parametreleri arasında kurulmuş olan bu dengenin, herhangi bir hasar görebilirlik parametresinin eklenmesi ve çıkarılması durumunda bütünselliğinin bozulacağı görülmektedir. Bu nedenle sayısal değerlendirmenin, başka bir değerlendirme yönteminde kısmen kullanılması mümkün değildir.
- Değerlendirme yöntemlerinden bazıları, birçok yapım sistemini kapsamakta (FEMA 154, AFPS yöntemi) ve/veya yeterince detaylı bir incelemeye (ODTÜ ve BÜ-YTÜ I. Kademe Değerlendirme Yöntemleri) olanak tanımamaktadır.
- Değerlendirme yöntemleri, kullanıldıkları ülkelerin depremsellik özelliklerine, deprem yönetmeliklerine ve standartlarına, koruma stratejilerine ve yapı stoğu kalitelerine bağlı olarak geliştirilmişlerdir (FEMA 310, FEMA 154, CNRC-NRC/Kontrol Kılavuzu, CNRC yöntemi). Yapıların ait oldukları deprem yönetmelikleri, hangi kontrol listesinin

kullanılacağında, yapım yılına göre hangi sayısal değerin belirleneceğinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla ülkemiz koşullarına uygun olarak oluşturulacak değerlendirme yönteminde Türkiye'deki deprem yönetmelikleri ve malzeme standartlarının temel alınması gerekmektedir.

- Ülkemizdeki mevcut yapı stoğu geçmiş depremlerden önemli oranda etkilenmiş olup, incelenen yöntemlerde geçmiş depremlerin neden olduğu ve yapının güvenliğini etkileyen bazı parametrelerin (çatlak kontrolü) kontrolü göz ardı edildiğinden, bu yöntemlerin Türkiye'de aynen uygulanması olanaklı görülmemektedir.
- Ülkemizdeki mevcut yapı stoğunun hasar görebilirliği, uygulama, malzeme standartlarında yetersizlik, kullanım aşamasında yapılan değişiklikler ve bakım sorunları nedeniyle, gelişmiş ülkelerdeki yapı stoğuna göre, daha farklı ve daha fazla sayıda hasar görebilirlik parametresine bağlıdır.

Öneri Değerlendirme Yönteminin, incelenen diğer yöntemlerle karşılaştırılması da bu bölümün ana amaçlarından birisidir. Bu bağlamda, I. Kademe hızlı değerlendirmeye yönelik olarak Prof. Milan Zacek, Fransız Deprem Mühendisliği Kurumu, Uygulamalı Teknoloji Kurumu-ATC ve Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü-CNRC tarafından geliştirilen yaklaşımlar tez sorunsalına en yakın çalışmalardır. Özellikle öneri değerlendirme yönteminde deprem riski skoru hesaplama esası (geometrik artış) Kanada Ulusal Araştırma Enstitüsü-CNRC tarafından geliştirilen yöntemde yer alan hesaplama yöntemine dayandırılmıştır.

Bununla birlikte yukarıda da belirtildiği gibi sayısal bir değerlendirme içeren yöntemlerde, özellikle hasar görebilirlik parametrelerine ait sayısal değerlerin hangi kabullere göre belirlendiği belirsiz olduğundan, öneri değerlendirme yönteminde sayısal değerlerin belirlenmesinde farklı bir yol izlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında oluşturulan Değerlendirme Yöntemi'nin özellikleri ve incelenen diğer yöntemlere göre farklılıkları aşağıda yer almaktadır. Buna göre;

- I. Kademe Değerlendirmeye yönelik olarak hazırlanan görsel bir değerlendirme yöntemidir. Dolayısıyla karmaşık hesaplamalar içermemekte ve özellikle mimarların kullanımına yönelik önemli bir kolaylık sağlamaktadır.
- Kontrol listesi (Check-list) biçiminde hazırlanmış olup, hızlı bir değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Buna göre bir yapının kontrolü yaklaşık olarak 30 dakika sürmektedir. İlk aşamada, kısa zamanda çok sayıda yapının kontrol edilmesi mümkündür.

- Türkiye’de hasara yol açan faktörlerin incelenmesine ve değerlendirilmesine (yumuşak kat, kısa kolon vb.) bağlı olarak, malzeme ve yapı stoğu kalitesi, mevcut yapıların mimari ve yapısal özellikleri, korunma durumları vd. özellikler göz önüne alınarak, ülkemiz gerçeklerine göre oluşturulmuştur.
- 1997 Deprem Yönetmeliği ve Türk Standartları (TS 500 vb.) temel alınmıştır.
- Türkiye’de ve dünyada I. Kademe Değerlendirmeye yönelik geliştirilmiş yöntemlere göre sorgulanan hasar görebilirlik parametreleri, ülkemizdeki hasar nedenlerine bağlı olarak daha kapsamlıdır.
- Sayısal değerler ve puanlama sistemi, yapılar üzerinde ortaya çıkan üç farklı hasar düzeyi temel alınarak oluşturulmuş ve Kapsamlı Değerlendirme Önceliği bu düzeylere göre tanımlanmıştır.
- Hasar görebilirlik parametrelerinin şekillerle anlatılması, inceleme sırasında ortaya çıkabilecek belirsizliklerin azaltılmasına, tespitlerde eşdeğerlilik sağlanmasına ve hızlı karar verme sürecine önemli bir katkı sağlamaktadır. İncelenen diğer yöntemlere göre böyle bir yaklaşım önemli bir üstünlüktür.
- Değerlendirme yönteminin kontrol listesi biçiminde hazırlanması ve grafiklerle açıklanması, yönteme ikincil bir özellik, mimarların tasarım aşamasında kullanabilecekleri “Depreme Dayanıklı Tasarım Kılavuzu” niteliği kazandırmıştır.
- Alan çalışması kapsamında, değerlendirme yönteminin yapılar üzerinde denenmesi ve elde edilen sonuçların, malzeme özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan laboratuvar çalışmaları sonuçları ile paralellikler göstermesi, yöntemin güvenilir ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Öneri Değerlendirme Yöntemi, zaman geçirmeden, gerekli kuruluşlarla iletişime geçilerek, oluşturulacak bir pilot çalışma kapsamında kullanıma sunulmalıdır.

Çalışma kapsamında sadece betonarme yerinde dökme çerçeve ve perde yapım sistemlerine yönelik olarak oluşturulan değerlendirme yönteminin, tabiat ve kültür varlıkları açısından önemli yığma ve ahşap yapı stoğuna sahip olan ülkemiz gerçekleri göz önüne alındığında, bu yapım sistemlerinin özelliklerine göre geliştirilmesi gereken deprem yönetmeliği kapsamında hasar görebilirlik risklerinin saptanması amacıyla geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AFPS Association Française du Génie Parasismique, (1999), “Le Seisme de Kocaeli (Izmit, Turquie) du 17 aout 1999”, Rapport de la mission AFPS”, France.

AFPS Association Française du Génie Parasismique, (2002), “Premières Recommandations en vue de L’Evaluation de la Presomption de Vulnérabilité du Bâti Existant”, Cahier Technique No:24, Mars 2002, France.

Akbulut, M. T., (2001), “Etude de Dommages Sismiques dus à Une Conception Architectural Inadéquate en Turquie”, Memoire du Diplôme Propre à L’Ecole d’Architecture, Ecole d’Architecture de Marseille Luminy, Marseille, France.

Ansal, A., Biro, Y. Erken, A., İyisan, R., Gülerce, Ü. ve Özçimen, N., (2000), “İstanbul’da Bir Sismik Bölgeleme Uygulaması”, İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu - Bildiri 10, İTÜ Maçka G Anfi, Mayıs 2000, İstanbul.

Arnold, C., ve Reitherman, R., (1982), “Building Configuration & Seismic Design”, John Wiley&Sons Inc., USA.

Barka, A. ve Er, A., (2002), “İstanbul’da Binalar İçin Deprem Riski ve Risk Azaltımına Yönelik Somut Bir Öneri”, Depremini Bekleyen Şehir İstanbul, Om Yayınevi, İstanbul.

Barka, A., Altunel E., Akyüz, S., Sunal, G., Hartleb, R., Uslu, O., B. ve Toroman, E., (2002), Yeryüzü ve Deprem”, Boyut Yayıncılık A.Ş., İstanbul.

Bayülke, N., (2001), “Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı”, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın no: 39, İzmir.

Baytop, F., (2001), “Betonarmenin Depreme Dayanıklılığında Uygulamanın Önemi”, Yapı Malzemesi ve Deprem semineri, İTÜ, 14-16 Mart, İstanbul.

Bruneau, M., (2002), “Building Damage from the Marmara, Turkey Earthquake of August 17, 1999”, Journal of Seismology 6, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

CNRC-NRC, (1993) “Lignes Directrices Pour L’Evaluation Sismique Des Batiments Existants”, CNRC, Décembre 1993, Vancouver, Canada.

Coburn, A. W., Spence, R. J. S. ve Pomonis, A., (1994), “Vulnerability and Risk Assesment”, Disaster Management Training Programme, Cambridge Architectural Research Limited, United Kingdom.

Coza, H., (2003), “Betonarme Yapılarda Gözlenen Deprem Hasarları ve Nedenleri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2003, İstanbul.

Çamlıbel, N., (1994), “Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarım İlkeleri”, Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, Üniversite Yayın No: 288 / Fakülte Yayın No: MF.MİM-94.058, İstanbul.

Çamlıbel, N., (2000), “Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi – Deprem Hasarları ve Yapıların Güçlendirme Yöntemleri”, Birsan Yayınevi, İstanbul.

Çelik, O. C., Çili, F. ve Özgen, K., (2000), “17 Ağustos 1999 Kocaeli (İzmit) Depremi’nden Gözlemler”, Yapı Dergisi, Ocak, Sayı 218, İstanbul.

Darbois, B., Dehan, P., Paloudier, A., Ténor, X., Lozach, D., Dastot, F., Dosne, R., vd. (2000), “Construire Avec Les Bétons”, Collection Techniques de Conception Sous La Direction de CIMBETON, Le Moniteur, Paris.

Demirtaş, R., (2001), “Risk Arttırıcı Etkenler – Doğal Afet Zararlarını Azaltma Çalışmaları ve Afet Yönetimi”, Birlik Haberleri, Türk Mühendis ve Mimarlar Odaları Birliği Aylık Yayını”, Nisan-Mayıs (2) , İstanbul.

Deprem Yönetmeliği, (1997), “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik – 1998 değişiklikleri ile birlikte”, Düzenleyen ve yayına hazırlayan: Prof. Dr. Mehmet Nuray Aydınoglu, Resmi Gazete, Ankara.

Doğan, M., (2000), “Short Column Behavior Under The Effect Of Earthquakes”, Fourteenth Engineering Mechanics Conference - American Society of Civil Engineers, May, Austin, Texas.

EERI, (2000), “Kocaeli Turkey, Earthquake of August 17, 1999 – Reconnaissance Report”, Earthquake Spectra, 2000-03, California.

Ekinci, O., Aktulga, E., Ülker, R, Kuleli, M, Kırayoğlu, M. ve Uzun, M., (2001), “17 Ağustos Depreminin 1. Yıldönümünde Durum Değerlendirmesi”, TMMOB Mimarlar Odası Yalova Temsilciliği, Panel Raporu, İstanbul.

Ercan, A., (2001), “Marmara’da Deprem”, Kozan Ofset, Ankara.

Erdik, M., Durukal, E., Biro, Y. ve Birgören, G., (2000), “İstanbul’da Binalar İçin Deprem Riski Ve Risk Azaltımına Yönelik Somut Bir Öneri”, Bildiri 11, İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu, İTÜ Maçka G Anfişi, Mayıs, İstanbul.

Erdik, M. ve Aydınoglu, N., (2001), “Earthquake Vulnerability of Buildings in Turkey”, Boğaziçi University, İstanbul.

Erdik, M., Aydınoglu, N., Barka, A., Yüzügüllü, Ansal A., Ö., Siyahi, B., Durukal, E., Fahjan, Y., Akman, H., Birgören, G., Biro, Y., A., Demircioğlu, M., B., Özbey, C. ve Şeşetyan, K., (2002), “İstanbul Metropolitan Alanının Deprem Riski Analizi – Özet”, Boğaziçi üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Deprem Mühendisliği Bölümü, Mayıs, İstanbul.

Erdik, M., (2003), “2003 Yılıının Son Depremleri ve Düşündürdükleri”, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

Ersoy, U. (1999), “Binaların Mimarisinin ve Taşıyıcı Sisteminin Deprem Dayanımına Etkisi”, Deprem Güvenli Konut Sempozyumu, Mesa Yayıncılık, Ankara.

EMS-European Macroseismic Scale (1998), Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Volume 15, Conseil de L’Europe, Luxembourg.

FEMA 310, (1998), "Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings – A prestandard", American Society of Civil Engineers (ASCE), Melvin Green, Principal Investigator, 1998, USA.

Garevski, M., (2000), "17 Ağustos Depreminde Yapıların Uğradığı Strüktürel Hasarın Analizi", İstanbul 2000 - Depremle Yaşamak - 21.Yüzyıl İçin Öngörüler, İTÜ Taşkılla, Mart, İstanbul.

Gönençen, K., (2000), "Mimari Proje Tasarımında Depreme Karşı Yapı Davranışının Düzenlenmesi", Teknik Yayınevi, Ankara.

HAZUS, (1999), "Earthquake Loss Estimation Methodology-SR2 Technical Manual", National Institute of Building Science (NIBS), Federal and Emergency Management Agency (FEMA), Washington, http://www.fema.gov/hazus/pdf/dl_sr2t1.pdf

İBB, (2002), "Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması", İstanbul Büyükşehir Belediyesi-JICA Uluslararası İşbirliği, İstanbul.

İBB, (2003), "İstanbul için Deprem Master Planı", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar dairesi zemin ve İnceleme Deprem Müdürlüğü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Temmuz 2003, İstanbul.

İMO, (2003), "1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Değerlendirme Raporu", İnşaat Mühendisleri Odası, <http://www.imo.org.tr/Arsiv/Deprem%20Değerlendirme%20Raporu.PDF>

İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C. ve Şirin, S., (2003), "Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi Ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması", Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.

Johansson, J., (2000), "What is soil liquefaction", Soil liquefaction web site, Department of Civil Engineering, University of Washington. <http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/html/main.html>

Kaplan, H., Yılmaz, S., Binici, H., Yazar, E. ve Çetinkaya, N., (2003), "1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Mühendislik Raporu, Yapısal Hasarlar ve Değerlendirmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Haziran 2003, Denizli.

Karaesmen, E., (2002), "Öncesiyle Sonrasıyla Deprem", Atılım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Ankara.

Kasap, H., (1995), "Dinar Depremi ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Sakarya Üniversitesi, Adapazarı.

Krinitzsky, E. L., Gould, J. P. ve Edinger, H. P., (1993), "Fundamentals of Earthquake-Resistant Construction", John Wiley & Sons, Inc., USA.

Lagorio, H., J. (1990), "Earthquakes, An Architect's Guide to Nonstructural Seismic Hazards", John Wiley & Sons, Inc., USA.

Mouroux, P. (2000), "Géotechnique Appliquée", DPEA Construction Parasismique ders notu, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), France.

Mouroux, P. ve Monge, O., (2000), "Seismes Sols et Fondations", Extrait de La Revue Travaux, Mai, France.

Mertol, A. ve Mertol, H. C., (2002), "Deprem Mühendisliği – Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", Kozan Ofset, Ankara.

Önel, H. ve Akbulut, M. T., (2002), "Deprem Bölgelerinde Güvenli Yapı Tasarımına İlişkin Temel Yaklaşımlar", Deprem Bölgelerinde Yapı Üretimi Sempozyumu kitabı, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi.

Özcep, F., (2002), "Jeofizik ve Biz", <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/jeofizik>

Özgen, K., (2002), "Yapımdan Kaynaklanan Hasarlar", Deprem semineri, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.

Özkul, H., Öztaş, A., (1998), "1998 Adana Depremi Araştırma Raporu", <http://www.arkitera.com/gundem/bingol/adana.htm>

Öztaş, A., (2003), "Bingöl Depremi Beton Araştırma Raporu", Gaziantep Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın Organı, Sayı 114, Ağustos.

Öztekin, E., (1989), "Türkiye’de Beton Kalitesinin ve Denetiminin Mevcut Durumu", 1. Ulusal Beton Kongresi, 24-26 Mayıs, İstanbul.

Öztekin, E., (2001), "Yeni TS 500 ve TS 11222 Işığında Nitelikli Beton", Yapı Malzemesi ve Deprem semineri, İTÜ, 14-16 Mart, İstanbul.

Özturan, T., (2000), "İstanbul’da Yapı Malzemesi Sorunları", İkinci İstanbul ve Deprem Sempozyumu, İTÜ Maçka G Anfisi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, Maya Basın Yayın.

Sucuoğlu, H., (2002), "Doğanın Şiddetli Yüzü : İzmit Depremi", <http://www.geocities.com/bilimtoplulugu/turkish/deprem/haluk.htm>

Şengezer, B., S., (1999), "13 Mart 1992 Erzincan Depremi Hasar Analizi ve Türkiye’de Deprem Sorunu", Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.YK-99.0496 / Fakülte Yayın No: MF.ŞBP-99.004, İstanbul.

Şengezer, B. ve Kansu, H., (2001), "Kapsamlı Afet Yönetimi", Y.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.YK-01.0627 / Fakülte Yayın No: MF.ŞBP-01.002, İstanbul.

Tanaçan, L. (1999), "Deprem Güvenliği Açısından Malzeme Seçimi", Yangın ve Deprem Güvenliği Açısından Malzeme ve Taşıyıcı Sistem Seçimi Semineri, Aralık, İstanbul

Taşdemir, C., (2001), “Agrega Tür ve Boyutunun Betonun Mekanik Özelliklerine ve Dürabilitesine Etkisi”, Yapı Malzemesi ve Deprem semineri, İTÜ, 14-16 Mart, İstanbul.

Taşdemir, M. ve A., Özkul, H., (1999), “Marmara Depremi Beton Araştırma Raporu”, İTÜ İnşaat Fakültesi, <http://www.arkitera.com/gundem/bingol/marmara.htm>

Tezcan, S., (1998), “Depreme Dayanıklı Taarım İçin Bir Mimarın Seyir Defteri”, Özyurt Matbaası, Ankara.

THBB, (2003), “Beton Üretiminde Temel Bilgiler”, Türkiye Hazır Beton Birliği, THHB Yayınları, İstanbul.

Thibault, C., (1996), “Vulnérabilité aux Séismes du Bâti Existant à l’Echelle Urbaine”, Avril 1996, Nice, France.

Tuna, M., E., (2000), “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı, Ankara.

TS500, (2000), “Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

Whitman, R. V. ve Lagorio, H. J., “The FEMA-NIBS Methodology for Earthquake Loss Estimation”, <http://www.nibs.org/hazusweb/overview/pubs.php>

Zacek, M., (1996), “Construire Parasismique”, Edition Parentheses”, Marseille, France.

Zacek, M., (2001a), “Vulnerabilité et Renforcement Des Batiments Existants – Etude Méthodologique”, Les Grands Ateliers De L’Isle D’Abeau, Villefontaine, France.

Zacek, M. (2001b), “Calage Du Niveau Des Dommages Sismiques En Fonction Des Facteurs De Vulnérabilité”, Cours de DPEA (Diplome Propre à l’Ecole d’Architecture), Ecole d’Architecture De Marseille Luminy, Marseille, France.

Zacek, M., (2002), “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ön Proje Aşaması”, Y.T.Ü. Uluslararası Kentsel Çalışmalar Araştırma Merkezi ICUS, Üniversite Yayın No: YTÜ.ICUS.YK-02.0660 / Fakülte Yayın No: RE.ICUS-02.001, İstanbul, 2002.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1][http:// www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/jeofizik/Yeryuvari.htm](http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/jeofizik/Yeryuvari.htm)
- [2]http://www.ibb.gov.tr/deprem/deprem.htm#Deprem_parametreleri
- [3]http://www.ibb.gov.tr/deprem/deprem.htm#Deprem_dalgaları
- [4]<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/depremler.htm>
- [5]<http://www.deprem.gov.tr/deprem.htm>
- [6]<http://quake.wr.usgs.gov/research/deformation/modeling/papers/anatolia/Fig7.gif>
- [7]<http://www.koeri.boun.edu.tr/depremmuh/s313.jpg>
- [8]<http://www.atcouncil.org/atc211rvs.shtml>
- [9]<http://www.atcouncil.org/pdfs/atc211rvsforms.pdf>
- [10]<http://www.bimtas.com.tr/zeytinburnu.htm>
- [11]<http://www.radikal.com.tr/haber.php?haberno=114267>
- [12]<http://www.deprem.gov.tr/linkhart.htm>
- [13]<http://www.ibb.gov.tr/deprem/>
- [14]http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/turkey_structure.htm, Erdik, M.,
- [15]<http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/statik/cerceve.htm?07x>
- [16]<http://www.mta.gov.tr/deprem/earthquake/index.asp>
- [17]<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction/selectpiclique/nigata64/tiltedbuilding.jpg>
- [18]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/fullsize.asp?imgSrc=/gif/recon/turkey81799/Bruneau/39.jpg&max=55>
- [19]http://www.eas.slu.edu/Earthquake_center/TURKEY/
- [20]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/fullsize.asp?imgSrc=/gif/recon/turkey81799/Bruneau/19.jpg&max=55>
- [21]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/fullsize.asp?imgSrc=/gif/recon/turkey81799/scaw/82599/4.jpg&max=38>
- [22]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/fullsize.asp?imgSrc=/gif/recon/turkey81799/scaw/82599/12.jpg&max=38>
- [23]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/fullsize.asp?imgSrc=/gif/recon/turkey81799/scaw/82499/12.jpg&max=34>
- [24]http://www.ins.itu.edu.tr/insaat/anabil/betonerm/kutlu/eq_p3.htm
- [25]<http://mceer.buffalo.edu/research/turkeyeq/photogallery/controls.html>, Mitchell
- [26]<http://angora.deprem.gov.tr/AdanaHasar.htm>, Bayülke, N.
- [27]http://nisee.berkeley.edu/cgi-bin/browse_eqiis/tmp, Elwood, K.
- [28]http://nisee.berkeley.edu/cgi-bin/browse_eqiis/tmp, Elwood, K.
- [29]http://www.ins.itu.edu.tr/insaat/anabil/betonerm/kutlu/eq_p3.htm
- [30]http://nisee.berkeley.edu/cgi-bin/browse_eqiis.tmp, Elwood, K.
- [31]http://nisee.berkeley.edu/cgi-bin/browse_eqiis.tmp, Sezen
- [32]<http://www.ins.itu.edu.tr/EERS/adceyeq.htm>
- [33]<http://quake.wr.usgs.gov/research/geology/turkey/usgsteam2/pages/f3-21.htm>, Çelebi
- [34]http://www.ins.itu.edu.tr/kutlu/kdtr/eq_p3.htm, Darılmaz
- [35]http://www.benkoltd.com/deprem/deprem_incele.htm
- [36]www.benkoltd.com/deprem/deprem_incele.htm

EKLER

Ek 1 Okul 7'ye ait Malzeme İncelemeleri Raporu



Ek 1 Okul 7'ye ait Malzeme İncelemeleri Raporu
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ VAKFI
MÜHENDİSLİK VE TEKNİK DANIŞMANLIK İKTİSADİ İŞLETMESİ MÜDÜRLÜĞÜ

İşveren : TC İSTANBUL VALİLİĞİ
İL BAYINDIRLIK VE İSKAN MÜDÜRLÜĞÜ

Proje : KARTAL (1) VE MALTEPE (20) .
İLKÖĞRETİM OKULLARI BİNALARININ
TAŞIYICI SİSTEM İNCELEMESİ -
GEREKENLERİ İÇİN ONARIM VE GÜÇLENDİRME
PROJELERİ HAZIRLANMASI

Rapor Konusu:

OKUL 7

MALZEME İNCELEMELERİ RAPORU

Prof. Dr. Fevziye AKÖZ
Y. Doç. Dr. Nabi YÜZER
Araş. Gör. Özgür ÇAKIR
Araş. Gör. Ahmet KIZILKANAT
YTÜ İnşaat Fakültesi – İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yapı Malzemeleri Anabilim Dalı Öğretim Elemanları

Bu rapor, YTÜ Vakfı Mühendislik ve Teknik Danışmanlık İktisadi İşletmesi mevzuatı çerçevesinde yapılan çalışmalarla hazırlanmıştır.		<i>Rapor No:</i>
Tel : 0212 – 259 49 08	Faks : 0212 – 259 67 62	MAL-03-08A

Rapor No: MAL-03-08A

İçindekiler

1. Konu.....	3
2. İnceleme ve Ölçümler.....	3
2.1 Donatı İncelemesi	3
2.2 Beton Kalitesinin Belirlenmesi.....	3
3. Laboratuar Çalışmaları.....	4
4. Tahribatsız Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi.....	5
5. Sonuçlar.....	6
6. Kaynaklar.....	6
7. Ekler.....	7

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
YAPI MALZEMELERİ ANABİLİM DALI

TEKNİK RAPORDUR:

1. KONU

“T.C İstanbul Valiliği ile T.C Yıldız Teknik Üniversitesi arasında İstanbulKartal’da bulunan 1, Maltepe’de bulunan 20 İlköğretim Okuluna ait Mevcut Binaların Durum Tespiti, Onarım ve Güçlendirme Projelerinin Hazırlanmasına Dair Protokol” kapsamında, Özel Teknik Şartname’ ye uygun olarak malzeme incelemesi yapmak üzere görevlendirildiğimiz proje ile ilgili gerekli inceleme, ölçüm, tespit ve deneyler yapılmış, sonuçlar değerlendirilmiş işbu Teknik Rapor hazırlanarak tarafımızdan imza edilmiştir.

2. İNCELEME ve ÖLÇÜMLER

Onarım ve güçlendirme projesi hazırlanacak olan, (A Blok) (MAL-08A) ait binada beton kalitesinin, donatı çap, cins sayı ve yerleşiminin belirlenmesi için 03.03.2004 tarihinde söz konusu binaya gidilmiş, gerekli inceleme, ölçüm ve tespitler yapılmış, karot numuneler alınmıştır.

2.1 Donatı İncelemesi:

7 no’lu okul binasının betonarme elemanlarına ait donatı tespiti için seçilen elemanlarda, ulaşılabilen yüzeylerde manyetik esaslı ferroskan aleti ile donatı sayısı ve etriye aralığı belirlenmiş, donatıların çapının ölçülmesi için belirli bölgelerde örtü betonu kaldırılarak donatının ve etriyenin cinsi belirlenmiş, çapı kumpas ile ölçülmüş, korozyon durumu görsel olarak incelenmiş, sonuçlar Tablo Ek1’de verilmiştir.

2.2 Beton Kalitesinin Belirlenmesi

7 no’lu okul (MAL-08A) binasına ait beton kalitesinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar aşağıda sırası ile verilmiştir.

- a) Binadaki her katta, taşıyıcı elemanlardan, ölçüm ve deney yapılacak, yeteri sayıda eleman rasgele seçilmiş, Zemin Kattan başlanarak projesine uygun olarak kodlanmıştır.
- b) Karot alınması sırasında donatıların kesilmemesi için bu elemanlardaki donatıların yeri, manyetik esaslı ferroskan aleti ile belirlenmiştir.
- c) Tahribatsız ölçüm yapılacak elemanlarda yaklaşık 30x30 cm’lik bölgede sıva kaldırılarak beton yüzeyi deneye hazırlanmış, hazırlanan bölgeye N tipi Schmidt beton test çekici ile en az 12

vuruş yapılarak yüzey sertliği (R), aynı bölgede belirlenen mesafede (l,mm) frekansı 55 kHz olan PUNDİT tipi ultrases aleti ile ses geçiş süresi ($t_{\mu s}$) problemlerin yeri değiştirilmek sureti ile iki kez ölçülmüştür.

- d) Tahribatsız ölçümleri yapılmış elemanların bazılarında eleman boyutu ve donatıların aralığı dikkate alınarak 100 mm çapında, h (mm) yüksekliğinde karot numune çıkarılmış, numuneler plastik torba içinde korumaya alınmıştır.
- e) Karot çıkarılan bölgeler uygun bir harç ile hemen kapatılmış ve yüzeyi düzeltilmiştir.

3. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Alındığı binaya, kata ve elemana göre kodlanmış olarak plastik torba içinde laboratuara getirilen karot numunelerin, deneye hazırlanması için öncelikle birbirine paralel iki başı taş kesme aleti ile düzeltilmiştir. Bu numuneler, ortalama 48 saat süre ile sıcaklığı 20 ± 2 °C, bağıl nemi 65 ± 5 olan rüzgarsız laboratuvar ortamında bekletilerek, kurumaları sağlanmıştır. Numunelerin çapı ve yüksekliği ölçülmüş, birim ağırlığının belirlenmesi için tartılmış, ses geçiş süresi ölçülmüştür. Ölçüm ve tartımlardan sonra düzeltilen yüzeylere alçı, çimento karışımı hamur ile toplam 5-6 mm kalınlığında başlık yapılmıştır. Başlığın sertleşmesi için 48 saat beklenmiş, başlıklı yükseklik (h,mm) ölçülmüş, tek eksenli basınç deneyi, 3000 kN kapasiteli, yük kontrollü alette 2,4 kN/s yükleme hızı ile yapılmış, kırma yükü (P_k , kN) belirlenmiştir.

Basınç mukavemeti (f_k , N/mm²), 3.1 bağıntısında görüldüğü gibi yükün (P_k , kN), yük uygulanan kesit alanına (A ,mm²) bölünmesi ile hesaplanmıştır.

$$f_k = \frac{P_k}{A} \quad (3.1)$$

Karotlara ait eşdeğer küp basınç mukavemeti ($f_{küp,200}$, N/mm²), örselenme ve boyut etkisi dikkate alınarak (3.2) bağıntısından hesaplanmıştır [1].

$$f_{küp,200} = f_k \times K_\lambda \times K_\delta \quad (3.2)$$

Burada, f_k , karot mukavemeti, K_λ , narinlik düzeltme faktörü, K_δ , örselenme düzeltme faktörüdür, değeri;1.06 alınmıştır. Karot numuneler, perde ve kolonlardan yatay alındığı için narinlik düzeltme faktörü K_λ 'nın belirlenmesinde 3.3 bağıntısından yararlanılmıştır

$$K_\lambda = \frac{2,5}{1,5 + \frac{1}{\lambda}} \quad (3.3)$$

Karot numunelerden elde edilen sonuçlara göre, karotlara ait beton kalitesi, istatistiksel olmayan yöntem ile genel yapı için irdelenmiş, 3.4 ve 3.5 bağıntılarında verilen her iki değeri sağlaması koşulu aranmıştır. Bunun için Tablo 1'de verilen mukavemet değerlerinden yararlanılmış [2], deney sonuçları ve karotlara ait mukavemetler, Tablo Ek2'de verilmiştir.

- a) Ortalama küp mukavemetinin ($\bar{f}_{küp,200}$), seri mukavemetin (f_{SK}) %85'inden büyük olması

$$\bar{f}_{küp\ 200} > 0,85 \times f_{SK} \quad (3.4)$$

b) En küçük tekil mukavemetinin Tablo 1’de verilen eşdeğer küp mukavemeti (f_{EK}) değerinin %85’inden büyük olması

$$f_{küp\ 200} > 0,85 \times f_{EK} \quad (3.5)$$

Tablo 1: Beton sınıfları ve mukavemetleri [2]

Beton Sınıfı	Silindir Basınç Mukavemeti (N/mm ²)	f_{EK} Eş Değer Küp Basınç Mukavemeti (N/mm ²)	$f_{SK} > f_{EK} + 3$ (N/mm ²) Seri Mukavemeti Her Seri Küpün Ortalama Mukavemetinin En Düşük Değeri (N/mm ²)
BS 14	14	16	19
BS 16	16	20	23
BS 20	20	25	28
BS 25	25	30	33
BS 30	30	35	38
BS 35	35	40	43
BS 40	40	45	48
BS 45	45	50	53
BS 50	50	55	58

4. TAHRİBATSIZ DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ ve İRDELENMESİ

Yapıya ait tahribatlı ve tahribatsız deney sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi için, öncelikle tahribatsız ölçüm yapılan elemanların, Schmidt yüzey sertliğinin (R) ortalaması alınmıştır. Yüzey sertliği, dayanım ile ilişkili olan ancak karbonatlaşmaya ve betonun yapısına bağlı bir yüzey özelliğidir, iç kısmı temsil etmez, doğrudan basınç dayanımının belirlenmesi için yeterli değildir. Basınç dayanımının tahmininde yüzey sertliği ile iç kısmı niteliksel olarak temsil eden ultrases geçiş hızının birlikte değerlendirilmesi gerekir. Bu amaçla, aynı elemanlarda ultrases ölçümü yapılmış, ölçüm yapılan mesafenin (l,mm), ölçülen ses geçiş süresine (t,µsn) oranlanması ile ses geçiş hızı (V, km/sn) hesaplanmış, ortalama değeri alınmıştır.

Bu verilerin değerlendirilebilmesinde öncelikle karotlara ait eşdeğer küp dayanımı ($f_{küp,200}$, N/mm²) ile, karotlara ait ses geçiş hızı (V, km/sn) ve karotun alındığı elemanda Schmidt çekici ile ölçülmüş olan yüzey sertliği değeri (R) arasında istatistiksel ilişki araştırılmış, korelasyon katsayısı r=0,76 olan 3.6 bağıntısı elde edilmiştir.

$$f_{teo} = -43,1 + 15,3 \times V + 0,11 \times R \quad (3.6)$$

Bu bağıntıdan yararlanılarak tahribatsız ölçüm yapılan elemanlara ait eşdeğer teorik küp dayanımı ($f_{küp,200}$) ve silindir dayanımı ($f_{s,150/300}$) hesaplanmıştır. Ayrıca silindir basınç dayanımı değerlerinden ve ACI 318-95’de verilen (3.7) bağıntıdan yararlanılarak elastisite modülü (E,N/mm²) hesaplanmış [3], sonuçlar ve irdelemesi Tablo Ek3’de verilmiştir.

$$E=4730 \sqrt{f_{s,150/300}} \quad (3.7)$$

Tahribatsız deneylerden elde edilen verilere göre, Tablo Ek3'de görüldüğü gibi yapıya ait beton kalitesi, C16 sınıfını sağlamıştır. Bu çalışmada Tablo Ek2'de verilen karot mukavemetleri ile Tablo Ek3'de verilen tahribatsız ölçümlerden elde edilen mukavemetlerinin yakın değerde olduğu görülmektedir.

5. SONUÇLAR

“T.C İstanbul Valiliği ile T.C Yıldız Teknik Üniversitesi arasında İstanbul Maltepe’de bulunan 21 İlköğretim Okuluna ait Mevcut Binaların Durum Tespiti, Onarım ve Güçlendirme Projelerinin Hazırlanmasına Dair Protokol” kapsamında 7 no’lu okula (MAL-08A) ait binada malzeme kalitesi ile ilgili olarak yapılan inceleme, ölçüm ve deney sonuçlarına göre;

5.1 Yapıda nervürlü inşaat çeliği kullanıldığı, inceleme yapılan elemanlardan bazılarında etriye sıklaştırılması yapıldığı görülmüş, elemanlarda donatı korozyonunun neden olduğu hasar gözlenmemiştir (Ek Tablo1).

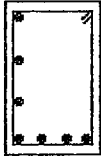
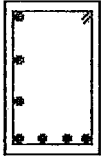
5.2 Tahribatlı ve tahribatsız deney sonuçlarından binaya ait betonun C16 kalitesini sağladığı tespit edilmiştir (Ek Tablo 2 ve Ek Tablo 3).

6. KAYNAKLAR

- [1] Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., “Üst ve Alt Yapılarda Beton Karot Deneyleri ve Değerlendirilmesi”, Evrim Yayınevi, İstanbul, 1998.
- [2] TS 10465/Kasım 1992 “Beton Deney Metodu, Yapı ve Yapı Bileşenlerinde Sertleşmiş Betondan Numune Alınması ve Basınç Mukavemetinin Tayini (Tahribatlı Metot)”
- [3] Neville, A.M., “Properties of Concrete” Pearson Education, IV. Edition, 2000.

Araş.Gör.	Araş. Gör.	Yard.Doç.Dr	Prof.Dr.
Ahmet KIZILKANAT	Özgür ÇAKIR	Nabi YÜZER	Fevziye AKÖZ

Tablo Ek 1: Donatı İncelemesi Sonuçları

Kat	Eleman		Donatı(*) Konfig./Çap/Tip	Etriye-Enine Donatı Çap/Ort.Aralık (cm)/Tip		Sıklaştırma, Örtü Betonu Kalınlığı, Çatlak, Korozyon
	Adı	Kodu				
Z	Kolon	B3		$\phi 16$ (N)	$\phi 8/21$ (N)	- Etriye sıklaştırması yapılmamıştır. - Örtü betonu kalınlığı (sıva dahil): 63 mm - Korozyon görülmemiştir.
	Döşeme	CD3-4			$\phi 10/32$	Örtü betonu kalınlığı (kaplama dahil): 14 mm
1N	Kolon	B7		$\phi 16$ (N)	$\phi 8/19$ (N)	- Etriye sıklaştırması yapılmış, aralığı: 13 cm - Örtü betonu kalınlığı (sıva dahil): 56 mm - Korozyon görülmemiştir.
2N	Perde	C9	14 $\phi 16$ (N)		$\phi 10/26$ (N)	- Enine donatıda sıklaştırma yapılmamıştır. - Perde uç bölgelerinde sıklaştırma yapılmış, donatı aralığı: 13,5 cm - Örtü betonu kalınlığı (sıva dahil): 44mm - Korozyon görülmemiştir.
	Kiriş	CD2	5 $\phi 16$ (N)		$\phi 8/21$ (N)	- Etriye sıklaştırması yapılmamıştır. - Örtü betonu kalınlığı (sıva dahil): 35 mm - Korozyon görülmemiştir.

(*) Donatı konfigürasyonu taranabilen yüzeyler için belirlenmiştir.

N: Nervürlü İnşaat Çeliği

Tablo Ek 2: Karot Numunelere ait Deney Sonuçları

Kat	Eleman Kodu	h (mm)	d (mm)	Δ (kg/m ³)	P _k (kN)	f _k (N/mm ²)	f _{cdp,200} (N/mm ²)	f _{s,150/300} (N/mm ²)	E _s (N/mm ²)	İrdeleme
Z	8Z-B9	103	101	2286	198.7	24.8	26.5	21.2	21776	Genel Yapı İçin: a) 0,85x23=19,6<23,1 b) 0,85x20=17,0<17,4 olduğundan C 16'yi sağlar.
	8Z-C5	103	101	2250	130.2	16.3	17.4	13.9	17628	
	8Z-A1	102	101	2242	196.1	24.5	26.0	20.8	21592	
	8Z-D1	103	101	2282	165.6	20.7	22.1	17.7	19880	
	8Z-D12	101	101	2252	135.5	16.9	17.9	14.3	17913	
	8Z-A12	101	101	2279	181.4	22.6	24.0	19.2	20726	
Zemin Kat Ortalaması				2265	-	-	22,3	17,9	19919	
1N	81N-B9	102	101	2296	184.4	23.0	24.5	19.6	20938	
	81N-C5	103	101	2300	161.7	20.2	21.6	17.2	19644	
	81N-A1	103	101	2303	198.1	24.7	26.4	21.1	21743	
1. Normal Kat Ortalaması				2299	-	-	24,2	19,3	20775	
2N	82N-C9	102	101	2240	139.9	17.5	18.6	14.9	18237	
	82N-B5	103	101	2346	210.1	26.2	28.0	22.4	22392	
	82N-D1	103	101	2336	177.5	22.2	23.7	18.9	20582	
2. Normal Kat Ortalaması				2308	-	-	23,4	18,7	20404	
Genel Ortalama				2284	-	-	23,1	18,4	20254	

Tablo Ek 3: Tahribatsız Deney Sonuçları

Kat	Eleman Kodu	R _{ort} (vuruş)	V (mm/µs)	f _{teo,200} (N/mm ²)	f _{s,150/300} (N/mm ²)	E _{s,teo} (N/mm ²)	İrdeleme
Z	8Z-B9	37	4.000	22.2	17.7	19925	<u>Genel Yapı İçin İstatistiksel Değerlendirme:</u> $z = f_{küp200} - k_s.S \geq 0,85 f_{EK}$ $z = 21,9 - 1,77 \cdot 0,9 = 20,3 > 17$ olduğundan C 16'yı sağlar.
	8Z-C5	31	3.985	21.3	17.0	19526	
	8Z-A1	37	4.006	22.3	17.8	19970	
	8Z-D1	33	3.952	21.0	16.8	19401	
	8Z-D12	39	3.981	22.1	17.6	19866	
	8Z-A12	34	3.984	21.6	17.3	19665	
	8Z-C9	35	3.989	21.8	17.4	19735	
	8Z-B5	33	3.966	21.2	17.0	19491	
1N	8Z-B3	40	3.989	22.4	17.9	20006	
	8Z-C11	35	4.005	22.1	17.6	19869	
	Zemin Kat Ortalaması			21,8	17,4	19745	
	81N-B9	35	4.023	22.3	17.8	19964	
	81N-C5	32	3.953	20.9	16.7	19343	
	81N-A1	36	4.217	25.3	20.3	21294	
	81N-C9	35	3.987	21.8	17.4	19754	
	81N-B5	33	3.958	21.1	16.9	19422	
2N	81N-D1	35	4.028	22.4	17.9	20001	
	81N-B7	35	3.985	21.7	17.3	19694	
	1. Normal Kat Ortalaması			22,2	17,8	19924	
	82N-C9	33	3.979	21.4	17.1	19572	
	82N-B5	32	4.027	22.0	17.6	19850	
	82N-D1	33	4.004	21.7	17.4	19728	
	82N-A1	34	4.038	22.5	18.0	20047	
	82N-C5	33	3.951	21.0	16.8	19375	
2N	82N-B9	31	4.003	21.6	17.3	19660	
	82N-D6	37	3.988	22.0	17.6	19831	
2. Normal Kat Ortalaması				21,7	17,4	19723	
Genel Ortalama				21,9	17,5	19791	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	08.08.1970	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1981-1989	Saint-Benoit Lisesi
Lisans	1989-1993	İTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	1993-1997	İTÜ Mimarlık Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bina Bilgisi Programı
Uzmanlık	2000-2001	Marseille-Luminy Mimarlık Okulu, “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı” Diploma Programı
Doktora	1997-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Tasarım Programı

Çalıştığı kurumlar

1993-1997	Arta Mimarlık Mühendislik İnşaat Ltd. Şti.
1997- Devam ediyor	YTÜ Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Bina Bilgisi Anabilim Dalı Mimari Tasarım Sorunları Bilim Dalı Araştırma Görevlisi