

154978

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ • FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME YAPILARIN HASAR GÖREBİLİRLİK SEVİYESİ TESPİT
YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Tuğrul VERKAYA

Anabilim Dalı : İnşaat
Danışman : Yrd. Doç.Dr. Şevket ÖZDEN

TEMMUZ 2004

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME YAPILARIN HASAR GÖREBİLİRLİK SEVİYESİ TESPİT
YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Tuğrul VERKAYA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 01 Haziran 2004

Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Temmuz 2004

Tez Danışmanı

Üye

Üye

Yrd.Doç.Dr. Sevket ÖZDEN Prof.Dr.Kamuran ÖZTEKİN Prof.Dr.Muzaffer ELMAS

(.....)

(.....)

(.....)

TEMMUZ 2004

BETONARME YAPILARIN HASAR GÖREBİLİRLİK SEVİYESİ TESPİT YÖNTEMLERİ

Tuğrul VERKAYA

Anahtar Kelimeler: Deprem hasarı, Hasar Tahmin Yöntemleri

Özet: Bu çalışmada betonarme yapıların deprem güvenilirliklerinin tespitini amaçlayan yöntemler ele alınmıştır. Çalışmada belirli bir yöntem üzerinde durulmamış, önde gelen ve uygulanabilirliği mümkün olan bütün yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemler arasında FEMA 310 ve sismik değerlendirme indeksi diğerlerine nazaran daha kapsamlıdır. Bu iki yöntem kullanıldıkları ülkelerinde TDY-98 gibi birer yönetmelik olmuşlardır. Hassan indeksi, Gülkan-Sözen, Ersoy-Tankut gibi yöntemler kapsam bakımından daha sınırlı olmakla beraber uygulanabilirliği çok daha kolaydır. Ancak hesap adımlarında pek çok kabule dayanan bu tarz yöntemlerin sonuçlarının doğruluğu tartışmalara yol açmaktadır.

Yöntemlerin doğruluklarının kıyaslanması amacıyla son bölümde betonarme bir bina üzerinde uygulama yapılmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, mevcut betonarme bir bina için deprem hasarı tahmini yapmak isteyen mühendise genel hatlarıyla bir çerçeve çizmektedir.

EARTHQUAKE DAMAGE LEVEL PREDICTION METHODS FOR REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Tuğrul VERKAYA

Keywords: Earthquake Damage, Sesismic Evaluation Methods

Abstract: In this study, seismic evaluation methods for reinforced concrete mid-rise buildings are elaborated. The well-known and easy-to-apply methods, in this field, are choosen for through investigation. Among these methods, FEMA 310 and Japan sesismic index method are more comprehensive. These two medhods are generally treated as design guidelines for earthquake safe structures, similar to the TDY-98 in Turkey. Beside these comprehensive methods, Hassan Index, Gulkan-Sozen and Ersoy-Tankut approaches for seismic evaluation are easy-to-apply, yet with limited predictions. The predictions of the latter methods need to be evaluated and critically investigated.

A reinforced concrete mid-rise frame building is evaluated by applying the abovementioned procedures for seismic safety and the results of the methods are presented as part of this study. The target of this piece of work was to introduce the seismic evaluation methods and their application procedure for the professional engineers.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Türkiye, dünya üzerindeki konumuna ve stratejik önemine bağlı olarak hızla gelişen ve nüfusu sürekli artan bir sanayi ülkesidir. Bu gelişim doğrultusunda konut, fabrika, baraj gibi yapılara ihtiyaç sürekli artmaktadır. Bu yapıların inşasındaki temel yapım sistemi, Cumhuriyetin kuruluşundan itibaren betonarme olarak tercih edilmiş ve reel piyasa da buna göre şekillenmiştir. Her ne kadar son yıllarda çelik yapılara bir ilgi olsa da, betonarme yapım sistemleri sayısal üstünlüğünü hala korumaktadır. Üzerinde oturduğumuz toprakların hemen hepsi birinci derecede deprem bölgesindedir. Bu nedenle yapılacak yapılar depreme karşı dayanıklı olmalıdır. Son yıllarda yaşadığımız büyük yıkıcı depremlerle ortaya çıkan sonuç, binalarımızın pek çoğunun bu doğal afete karşı yeterli sağlamlıkta olmadığıdır. Son Kocaeli ve Düzce depremleri ile yaklaşık kırk bin vatandaşımız hayatını kaybetmiş ve milyarlarca dolarla ölçülen ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Bu noktadan sonra Türkiye’de depreme, inşaat mühendisliği biliminde de deprem mühendisliğine olan ilgi artmıştır. Metropollerde stok halinde bulunan binaların olası bir depreme karşı dayanımının ne olacağının irdelenmesi amacıyla, deprem mühendisliği kapsamında “hasar tahmin metotları” araştırılmış ve sorunun en doğru cevabı bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada basitten, komplekse doğru betonarme binalar için çeşitli hasar tahmin metotları incelenmiştir.

Bu çalışmanın oluşmasında benden hiçbir yardımını esirgemeyen danışman hocam Yard. Doç. Dr. Şevket ÖZDEN’e ve varlığı ile her zaman bana güç veren sevgili anneme teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Yurdumuzdaki Önemli Depremler.....	2
1.3. Çalışmanın Amacı.....	3
BÖLÜM 2. BETONARME YAPILARDAKİ HASAR BİÇİMLERİ.....	4
2.1. Genel.....	4
2.2. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Hasarlar.....	4
2.3. Taşıyıcı Olan Yapı Elemanlarındaki Hasarlar.....	7
2.3.1. Kolon hasarları.....	7
2.3.2. Kiriş hasarları.....	13
2.3.3. Perde duvar hasarları.....	14
2.3.4. Döşeme hasarı.....	15
2.4. Betonarme Yapı Deprem Hasarı Biçimleri.....	16
2.5. Yapı Hasar Düzeyleri.....	16
2.5.1. Hasarsız yapılar.....	16
2.5.2. Az hasarlı yapılar.....	16
2.5.3. Orta hasarlı yapılar.....	16
2.5.4. Ağır hasarlı yapılar.....	17
2.6. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Hasar Tespit Formu.....	17

BÖLÜM 3. DEPREM HAREKETİ OLUŞUMU VE ÖZELLİKLERİ.....	20
3.1. Tanım.....	20
3.2. Deprem şiddeti ve büyüklüğü.....	21
3.3. Dalga hareketi olarak deprem.....	23
BÖLÜM 4. BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM HASARI TAHMİNİ YÖNTEMLERİ.....	24
4.1. Tanım.....	24
4.2. Hassan Yöntemi.....	24
4.3. Ersoy-Tankut Yöntemi.....	28
4.4. Gülkan-Sözen Yöntemi.....	29
4.4.1. Tanım.....	29
4.4.2. Yöntemin esasları.....	29
4.5. Stokastik Yöntemler.....	32
4.5.1. Hasar olasılık matrisleri.....	32
4.5.1.1. Tanım.....	32
4.5.1.2. Hasar olasılık matrislerinin elde edilmesi.....	33
4.5.2. Güvenilirlik modeli.....	35
4.5.2.1. Tanım.....	35
4.5.2.2. Dayanım ve deprem yükü indisleri.....	36
4.6. Sismik İndeks Yöntemi.....	40
4.6.1. Tanım.....	40
4.6.2. Yöntemin esasları.....	40
4.6.2.1. Taşıyıcı elemanlar için deprem indeksi.....	41
4.6.2.2. Davranış ana indeksi.....	42
4.6.2.3. Tasarım ve boyutlandırma indeksi.....	43
4.6.2.4. Zamanla bozulma indeksi.....	44
4.6.3. Taşıyıcı olmayan elemanlar için deprem indeksi.....	45
4.6.4. Değerlendirme sonucu.....	46
4.7. Durtes Bilgisayar Programı.....	47
4.7.1. Genel.....	47
4.7.2. Yöntemin aşamaları.....	47

4.7.3. Sonuç.....	52
4.8. ATC 21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi.....	53
4.8.1. Hesap adımları.....	53
4.8.2. Yapılardaki olumsuz durumlar.....	54
4.8.3. Zemin türü.....	55
4.9. FEMA 310 Yöntemi.....	57
4.9.1. Giriş.....	57
4.9.2. Birinci inceleme seviyesi (ATC-22).....	57
4.9.2.1. Pseudo yanıl kuvveti.....	57
4.9.2.2. Kat kesme kuvvetleri.....	58
4.9.2.3. Spektral ivme.....	59
4.9.3. Moment çerçevesi için kat kaymaları.....	61
4.9.4. Betonarme çerçevesel kolonlardaki kayma gerilmesi.....	62
4.9.5. Perde duvarlı sistemlerde kayma gerilmesi.....	63
4.9.6. Prekast elemanlardan oluşan moment çerçeveler.....	63
4.9.7. Kolonlardaki eksenel gerilme.....	64
4.9.8. Dayanım ve rijitlik için hızlı kontroller.....	64
4.9.8.1. Düşük depremsellik bölgesi kontrol listesi.....	65
4.9.8.2. Ana yapısal kontrol listesi.....	66
4.9.8.3. Ek yapısal kontrol listeleri.....	68
4.9.8.4. Jeolojik bölge tehlikesi ve temel kontrol listesi.....	70
BÖLÜM 5. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI.....	72
5.1. Uygulama Binası.....	72
5.2. Hassan İndeks Yöntemi ile Değerlendirme.....	76
5.3. Ersoy-Tankut Yaklaşımı ile Değerlendirme.....	77
5.4. Gülkan-Sözen Yaklaşımı ile Değerlendirme.....	78
5.5. Sismik Değerlendirme Yöntemi.....	78
5.6. FEMA 310 Yöntemi ile Değerlendirme.....	80
5.7. Yöntemlerin Takviye Edilmiş Binada Uygulanması.....	81
5.8. Hassan İndeks Yöntemi ile Değerlendirme.....	84
5.9. Ersoy-Tankut Yaklaşımı ile Değerlendirme.....	85
5.10. Gülkan-Sözen Yaklaşımı ile Değerlendirme.....	86

5.11. Sismik Değerlendirme Yöntemi.....	86
5.12. FEMA 310 Yöntemi ile Değerlendirme.....	87
5.13. Yöntem Sonuçlarının Özetlenmesi.....	96
SONUÇLAR.....	97
KAYNAKLAR.....	98
EKLER.....	100
ÖZGEÇMİŞ.....	109



SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

$A(T)$: Spektral İvme Katsayısı
E	: Elastisite Modülü
I	: Bina Önem Katsayısı
N	: Uygulanan Eksenel Yük
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
PI	: Öncelik Endeksi
WI	: Duvar Endeksi
A_{wt}	: Tabanda Bir Yönde Etkin Duvar Alanı
A_{ft}	: Tüm Katlar Döşeme Toplam Alanı
A_{cw}	: Tabanda Bir Yönde Toplam Perde Duvar Alanı
A_{mv}	: Tabanda Bir Yönde Toplam Bölme Duvar Alanı
CI	: Kolon Endeksi
A_{ce}	: Etkin Zemin Kat Kolon Alanı
A_{col}	: Zemin Kat Toplam Kolon Alanı
N	: Kat Sayısı
μ	: Birim Kütle
E_0	: Davranış Ana İndeksi
S_D	: Tasarım ve Boyutlandırmasına Ait İndeks
T	: Taşıyıcı Sisteminin Zamanla Bozulmasına Ait İndeks
C_w	: Perdelerin Dayanımı
C_c	: Kolonların Dayanımı
a_1	: Yer Değiştirme Uyum Katsayısı
F_w	: Perde Süneklik İndeksi
C_{SC}	: Kısa Kolon Dayanımı
A_{W1}	: İki Tarafından Başlıklı Perdelerin Toplam Kesit Alanı
A_{W2}	: Bir Tarafından Başlıklı Perdelerin Toplam Kesit Alanı

- A_{W3} : Başlıksız Perdelerin Toplam Alanı
 f_{cd} : Beton Hesap Gerilmesi
 W : Göz Önüne Alınan Kat Üzerindeki Bina Ağırlığı
 A_{C1} : Temiz Yükseklik / Kesit Yüksekliği < 6
 A_{C2} : Temiz Yükseklik / Kesit Yüksekliği ≥ 6
 A_{sc} : Kısa Kolonların Toplam Kesit Alanı
 n_c : Toplam Kolon Sayısı
 n_f : Hesap Yönündeki Çerçevelerin Toplam Sayısı
 A_c : Hesap Yapılan Kattaki Kolonların Kesit Alanları Toplamı
 V_j : j Katındaki Kesme Kuvveti
 V : Pseudo yanıl kuvveti



ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Earthquake Management Agency
NEHRP	: National Earthquake Hazard Reduction Program
PGA	: Maksimum yer ivmesi
THP	: Toplam Hasar Puanı
HAP	: Hasar Artırıcı Puan
SIHP	: Sistem Hasar Puanı
EHP	: Eleman Hasar Puanı
EÖK	: Eleman Önem Katsayısı
ODTU	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi
OAYD	: İlk Kattaki Ardışık Ortalama Yer Değiştirme Oranı
MMI	: Modifiye Edilmiş Mercalli Şiddet Ölçüsü
MHO	: Merkezi Hasar Oranı
FEMA	: Federal Emergency Management

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Taşıyıcı olmayan elemanlardaki deprem hasarı.....	5
Şekil 2.2. 1999 Adapazarı depreminde hasar görmüş bir binanın zemin kat duvarı.....	6
Şekil 2.3. Konsol üzerinde yıkılmış duvarlar.....	6
Şekil 2.4. Kolon hasarı tipleri.....	8
Şekil 2.5. Kolonda meydana gelen kesme kırılması.....	8
Şekil 2.6. Kolonda meydana gelen basınç kırılması.....	9
Şekil 2.7. Kısa kolon hasarı.....	10
Şekil 2.8. San Francisco’da yumuşak kat hasarı görmüş bir bina.....	11
Şekil 2.9. 1999 Adapazarı depreminde yumuşak kat hasarı görmüş bina.....	11
Şekil 2.10. Yumuşak etkisiyle hasar gören bir bina.....	12
Şekil 2.11. Kolonlarda kesme ve aderans hasarı.....	13
Şekil 2.12. Perde duvar hasarı.....	15
Şekil 4.1. Hassan indeks yönteminin sonuç grafiği (Hassan ve Sözen 1997).....	27
Şekil 4.2. OAYD Değerinin sabit olması durumundaki kolon ve duvar oranları.....	31
Şekil 4.3. N değerlerinin sabit tutulması durumundaki kolon ve duvar oranları.....	31
Şekil 4.4. a) Durtes bina veri toplama formu.....	49
Şekil 4.4. b) Durtes bina veri toplama formu.....	50
Şekil 4.4. c) Durtes bina veri toplama formu.....	51
Şekil 5.1. Bina taşıyıcı sisteminin perspektif görüntüsü.....	73
Şekil 5.2. Zemin kat planı.....	74
Şekil 5.3. Zemin kat kolon aplikasyon planı.....	75
Şekil 5.4. Zemin kat planı.....	82
Şekil 5.5. Zemin kat kolon aplikasyon planı.....	83

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Nüfus, alan, endüstri merkezlerinin ve barajların deprem bölgelerine göre dağılımı.....	3
Tablo 2.1. Toplam hasar puanı ile hasar düzeyi ilişkisi.....	17
Tablo 2.2. Eleman hasar puanları.....	18
Tablo 3.1. Mercalli deprem şiddet cetveli.....	22
Tablo 4.1. Birinci derece deprem bölgesi için örnek hasar olasılık matris değerleri.....	34
Tablo 4.2. a) 1992 Erzincan depremi.....	38
Tablo 4.2. b) 1995 Dinar depremi.....	39
Tablo 4.2. c) 1999 Düzce depremi.....	39
Tablo 4.3. Kolon tanımı.....	43
Tablo 4.4. S_D indeksi için kullanılan G_i ve R_i katsayıları.....	44
Tablo 4.5. Zamanla bozulma indeksi T tablosu.....	45
Tablo 4.6. Etki derecesini gösteren H katsayısı değerleri.....	46
Tablo 4.7. Birleşim elastikiyetini gösteren f katsayısının değerleri.....	46
Tablo 4.8. Yapı hasar ana puanı.....	54
Tablo 4.9. ATC-21 Hızlı değerlendirme formu.....	56
Tablo 4.10. C modifikasyon katsayısı.....	58
Tablo 4.11. Bir saniyelik periyot için zemin cinsine ve spektral ivmeye bağlı F_v değeri.....	59
Tablo 4.12. Zemin cinsine ve kısa periyot spektral ivmeye bağlı F_a değerleri.....	60
Tablo 4.13. Yapısal performans seviyeleri ve hasar limitleri (Fema-273 1997).....	62
Tablo 4.14. Perde duvarlar için m değerleri.....	63
Tablo 4.15. Değerlendirmede kullanılacak kontrol listeleri (FEMA 310).....	65
Tablo 5.1. ATC-21 Hızlı değerlendirme formu ile değerlendirme.....	80
Tablo 5.2. Kat kesme kuvvetleri.....	90
Tablo 5.3. Kayma gerilmeleri.....	91
Tablo 5.4. Yöntemlerin sonuçlarının tablo olarak gösterimi.....	96

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Mevcut binaların deprem etkisindeki davranışı değerlendirilerek, deprem etkisine karşı hassas olanların belirlenmesi ve ilgili tedbirlerin alınması, yapı ve deprem mühendisliğinin önemli bir bölümünü meydana getirir.

Deprem etkisinde, insan hayatını tehlikeye düşürerek kabul edilemeyecek hasarın meydana gelebileceği durumlar şöyle sıralanabilir: binanın tümünün göçmesi, binanın bir bölümünün göçmesi, binanın bir parçasının göçerek düşmesi ve binanın giriş ve çıkışının kurtarma işlemlerini engelleyecek şekilde kapanması. Deprem hasarı tahmin yöntemlerinin amacı, binanın olası bir deprem neticesinde yukarıdaki kritik durumlara düşüp düşmeyeceğinin, yani can kaybına neden olacak hasarın oluşup oluşmayacağını irdelenmesidir.

Bu yöntemlerin sonuçlarının hassasiyetleri analiz tercihlerine bağlıdır. Lineer analiz neticelerinin doğruluğu nonlineer analiz neticelerinin doğruluğuna kıyasla daha geridedir. Ancak lineer analizi kullanan metotlar hesap adımlarının kısalığı nedeniyle nonlineer analizleri kullanan metotlara göre daha çabuk sonuca ulaşmaktadırlar. Lineer analiz metotları için esas amaç nonlineer analiz metotlarının sonuçlarına mümkün olduğunca yaklaşımdır. Hasar tahmin metodlarının güvenilirliği, bir metodun ne kadar çok matematik bağıntılarla ortaya konulduğundan çok, söz konusu metodun kullandığı veya ispatlandığı veri tabanı ile ne kadar uyum içinde olduğuna bağlıdır.

1.2. Yurdumuzdaki Önemli Depremler

Dünyadaki önemli deprem kuşaklarından birinde bulunan yurdumuzda, en önemli deprem etkinliği Kuzey Anadolu fayındaki hareketlerden ortaya çıkmaktadır. Türkiye'nin kuzeyinde bulunan ve uzunluğu 1500 km ye varan bu fay çizgisi boy, depremsellik ve fay türü olarak ABD' de bulunan San Andreas (California) fayına benzemektedir (Celep ve Kumbasar 1993).

1939 Erzincan depreminden (M=8.0) sonra bu fay boyunca deprem olayları yoğunlaşmıştır. Bu çerçevede Niksar- Erbaa (1942, M=7.0), Tosya-Ladik (1943, M=7.2), Bolu-Gerede (1944, M= 7 .4), Bolu-Abant (1957, M=7.1), Varto (1966, M=6.9), Adapazarı (1967, M=7.2), Kocaeli (1999, M=7.4) ve Düzce (1999, M=6.7) depremleri sayılabilir. Bunun yanında, küçük ve orta büyüklükteki depremler Ege Denizi kıyıları boyunca ve yurdumuzun güney-batısında meydana gelmiştir. Kuzey Anadolu Fayı yanında, Doğu Anadolu Fayı olarak bilinen bir fay çizgisi, Kuzey Anadolu Fayı'nın doğu ucunda başlar ve Akdeniz'e uzanır. Bu fay boyunca hareket, diğer bölgelere göre daha azdır. Tarihsel kayıtlarda bu bölgede orta ve büyük depremlerin meydana geldiğine dair bir işaret yoktur. Merkez üsleri Akdeniz'de olanların dışındaki depremler odak derinlikleri yönünden sığ depremler olarak görülebilir. Bu nedenle büyüklüğü yaklaşık olarak 5.5 den büyük olan depremler genellikle önemli hasar meydana getirir. Depremlerin oluşumu tarihsel olarak incelendiğinde, hemen hemen her 3 veya 4 yılda bir büyüklüğü 7 olan bir depremin önemli hasar oluşturarak meydana geldiği ortaya çıkmaktadır. 1900'den zamanımıza kadar meydana gelen depremlerde 60.000 civarında can kaybı olmuş ve 400.000 civarında da bina ağır hasar görmüştür.

Meydana gelen depremler ve jeofizik incelemelerle yurdumuz beş deprem bölgesine bölünmüştür. Nüfus, alan, endüstri ve barajların bu bölgelerdeki dağılımı Tablo 1.1' de verilmiştir. Tablonun incelenmesinden ilk dört bölgenin nüfusun % 95, alanın % 91.4, önemli endüstri merkezlerinin % 98.3 ve barajların % 91.6 lık kısmını içerdiği anlaşılmaktadır. Bu bölgelerdeki muhtemel deprem şiddeti I, Tablo 1.1'de modifiye edilmiş Mercalli Şiddeti (MMI) olarak verilmiştir.

Tablo 1.1. Nüfus, alan, endüstri merkezlerinin ve barajların deprem bölgelerine göre dağılımı

Bölge	Muhtemel Deprem Şiddeti	Nüfus (%)	Alan (%)	Önemli Endüstri Merkezleri (%)	Barajlar (%)
I	$I \geq IX$	22	14.8	24.7	10.4
II	$I=VIII$	29	28.4	48.8	20.8
III	$I=VII$	24	28.8	12.0	33.3
IV	$I=VI$	20	19.4	12.6	27.1
V	$I \leq V$	5	8.6	1.7	8.4

Tablodan anlaşılacağı üzere deprem hasarı can kaybının yanı sıra büyük ekonomik hasarlara da neden olabilir. İster stok halindeki binalar için isterse tek bir bina için hasarın önceden tahmini büyük önem taşımaktadır.

1.3. Çalışmanın Amacı

Çalışmamızın amacı, olası yıkıcı bir depremde mevcut betonarme bir binanın ne kadar hasar göreceğini irdeleyen yöntemlerin incelenmesi ve özetlenmesidir. Bu amaca yönelik pek çok yöntem bulunmakla beraber bu yöntemlerin uygulanabilirliği ve sonuçlarının doğruluğu deprem öncesi yapılacak bu çalışmada önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada esas olarak ülkemizde yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Bunun yanında tüm dünyada güvenilirliği kabul görmüş olan Japon sismik değerlendirme yöntemi ve FEMA 310 standartları da incelenmiştir. Ayrıca stokastik değerlendirme yöntemleri de ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

En son bölümde ise incelenen hasar tahmin metodları tek tip bir binaya uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Tüm bu çalışmanın, mevcut betonarme bir bina için deprem hasarı tahmini yapan bir mühendise yardımcı olması hiç kuşkusuz en önemli faydadır.

2. BETONARME YAPILARDAKİ DEPREM HASARI BİÇİMLERİ

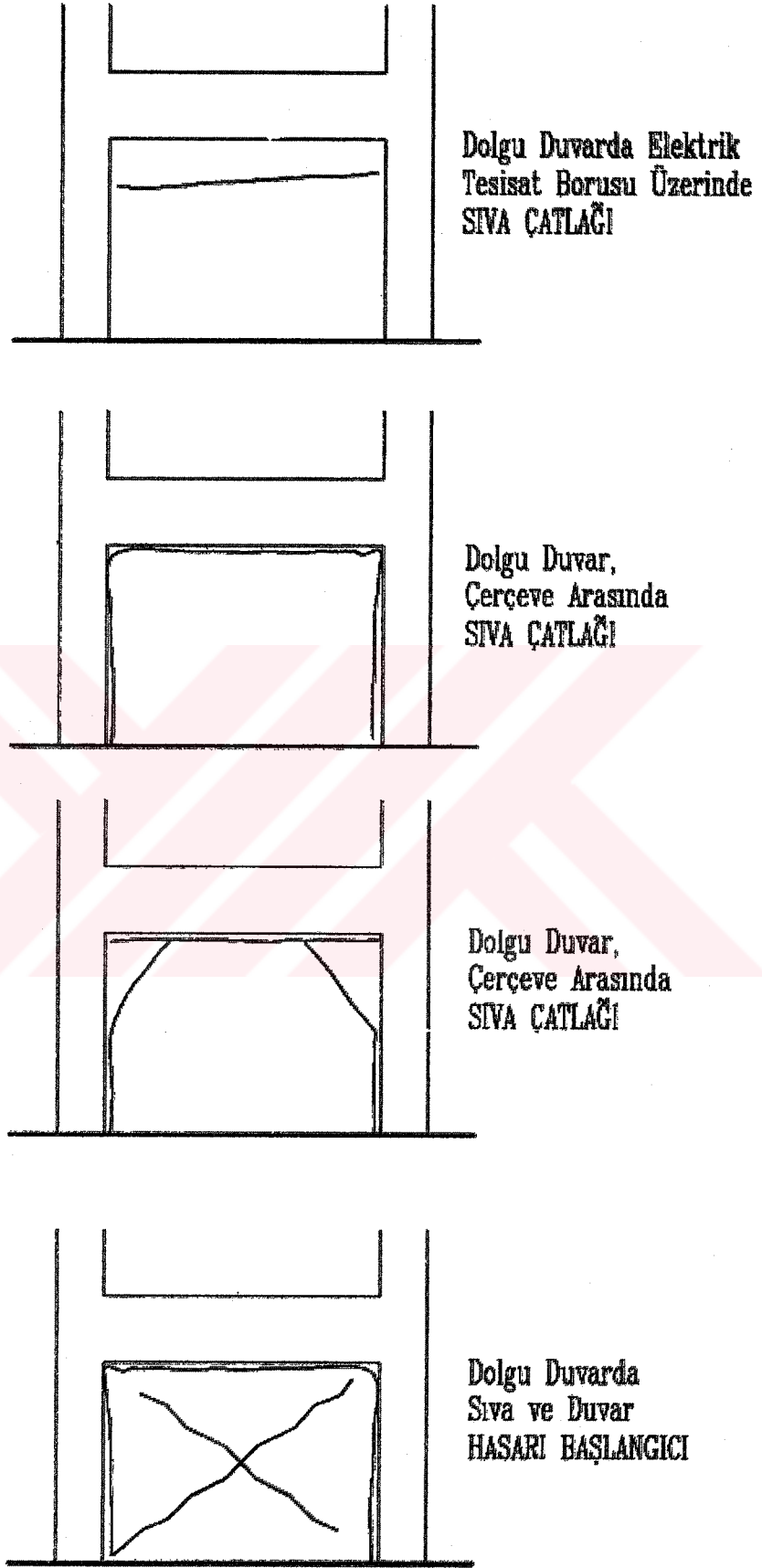
2.1. Genel

Ülkemizdeki pek çok yapının, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te (ABYYHY-98) öngörülen güvenlik düzeyini sağlamadığı bilinmektedir. Mevcut yapı stokunun büyüklüğü göz önüne alındığında, tüm binalar için detaylı yapısal çözümlene yapılmasının pratik olarak mümkün olmadığı da açıktır. Bu nedenle binaların deprem güvenliğinin hızlı bir şekilde tahmin edilmesini sağlayabilecek bazı yöntemlerin kullanılması kaçınılmazdır. Bu yöntemlerin genellikle başlangıç bölümlerinde olmakla beraber, binaların fiziksel olarak aldıkları hasarın da değerlendirmeye katkısı vardır. Bu amaçla çalışmamızın başlangıcında betonarme binalar için genel hasar tipleri incelenmiştir.

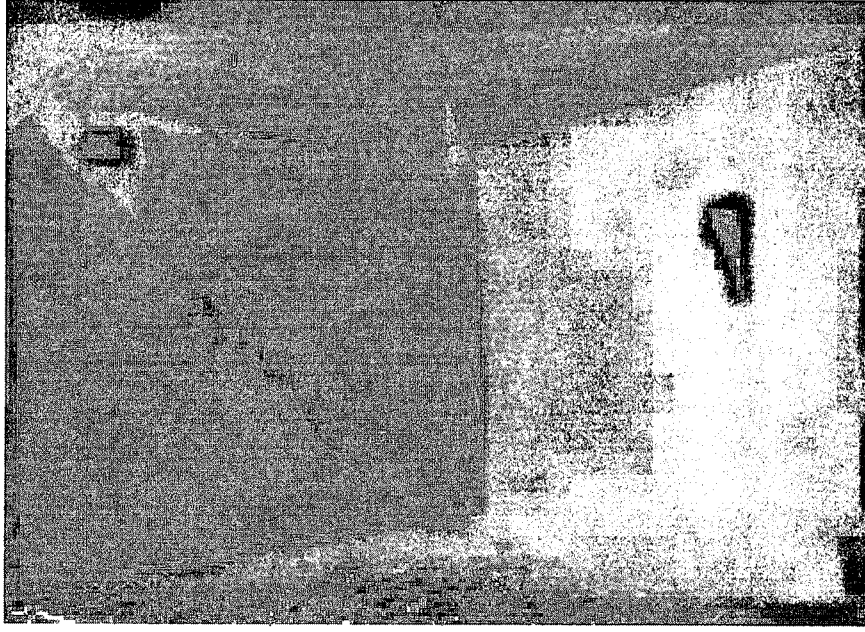
2.2. Taşıyıcı Olmayan Yapı Elemanlarındaki Hasarlar

Betonarme yapılarda deprem hasarı ilk olarak sıva çatlakları şeklinde başlamaktadır. Depremi şiddetine ve etki süresine bağlı olarak, dolgu duvarların boşluklu beton biriket gibi düşük dayanımlı malzemelerden yapıldığı yapılarda X biçiminde hasarlar oluşmaktadır (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Dolgu duvar hasarının ileri aşamasında ise çerçeve ile bağlantısı kalmayan veya iyice zayıflayan duvarların düzlem dışına devrilmesi kaçınılmaz olmaktadır.

Yine temellerde meydana gelen aşırı oturmalar sonucunda duvarlarda aşağından yukarıya etkisi azalarak devam eden diyagonal çatlaklar oluşur. Konsol giriş üzerinde olan duvarlarda aşırı uç sehiminden dolayı çatlaklar veya şiddete göre yıkımlar dahi meydana gelmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2.1. Taşıyıcı olmayan elemanlardaki deprem hasarı (Bayülke 1999)



Şekil 2.2. 1999 Adapazarı depreminde hasar görmüş bir binanın zemin kat duvarı



Şekil 2.3. Konsol üzerinde yıkılmış duvarlar

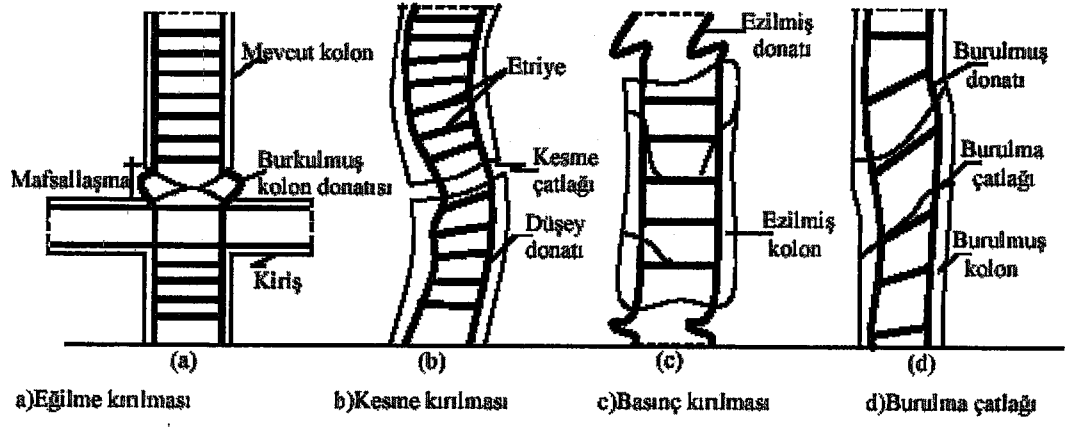
2.3. Taşıyıcı Olan Yapı Elemanlarındaki Hasarlar

Betonarme çerçeve hasarı çoğunlukla; önce taşıyıcı olmayan elemanlarda (dolgu duvarlarda) başlar. Dolgu duvarlardan sonra kirişler devreye girer ve enerji harcayarak mafsallı oluştururlar. Eğer yapıya gelen deprem kuvveti daha büyükse bu durum kolon uçlarında çekme ve basınç hasarı veya daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarında mafsallaşma meydana gelmektedir (Bayülke 1999).

Betonarme yapı elemanlarında deprem hareketinin olduğu yönde çekme çatlakları oluşurken diğer yanda basınç ezilmesi görülmektedir.

2.3.1. Kolon hasarları

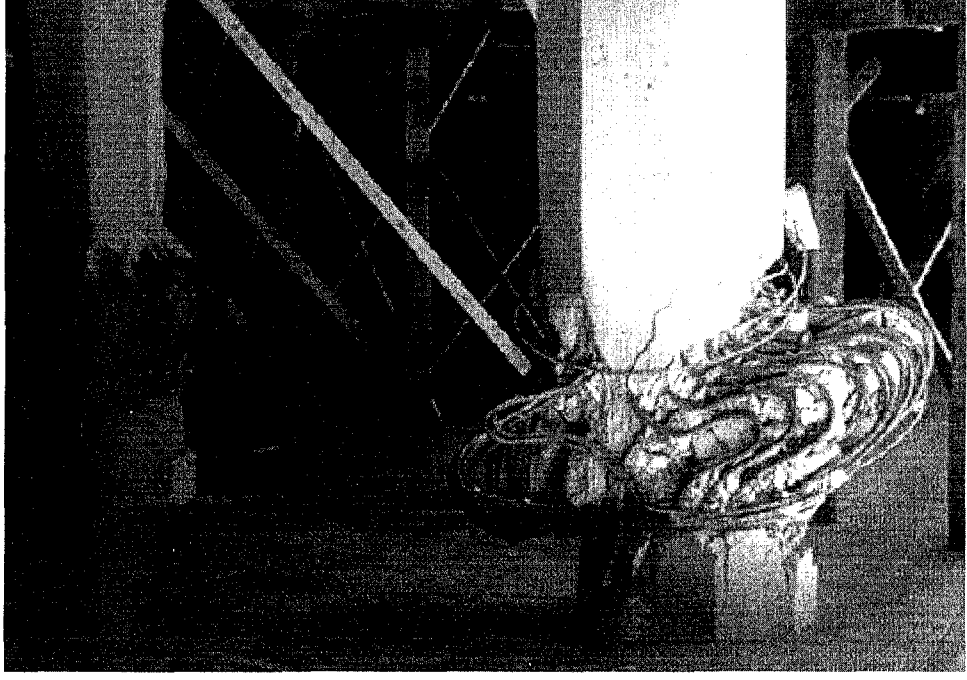
Genel hatlarıyla betonarme kolonlarda 4 çeşit hasar meydana gelmektedir. Bunlardan eğilme kırılması, deprem etkileri ile kolona gelen eğilme momentinin kolon kapasitesini aşması sonucu kolon uçlarında mafsallaşma olması ile meydana gelir (Şekil 2.4.a). Kesme kırılması, ise kolonun üzerine gelen kesme kuvvetini taşıyamaması sonucu meydana gelen 45 derecelik çatlaklar oluşturan bir hasar türüdür. Bu tip hasarlarda ilk akla gelen etriye eksikliğidir (Şekil 2.5). Kolon kesitinin en dış lifindeki beton ezilmeye (dışa doğru burkulmaya) başladığında, çekme donatısı henüz akma birim uzamasına ulaşmamış ise kolonda basınç kırılmaları ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.4.c). Basınç kırılması ani ve gevrek bir kırılmadır (Şekil 2.6). Yapının kütle ve rijitlik merkezleri çakışık değilse kolonlarda burulma kırılmaları meydana gelmektedir (Şekil 2.4.d).



Şekil 2.4. Kolon hasarı tipleri



Şekil 2.5. Kolonda meydana gelen kesme kırılması



Şekil 2.6. Kolonda meydana gelen basınç kırılması

Bazen zemin kat veya bodrum katlarında mimari nedenlerden dolayı duvarların tamamen kapalı olması istenmez ve üst kısımları boşluklu olur. Bu tip durumlarda hesaplanan kolon boyu kısalmış olur, kolona gelen deprem kuvveti ise, kolonun boyunun tümüne etki edeceği yerde sadece kısalmış olan kısma etki eder. Kısalmış olan kısım ise bu büyüklükte bir kesme kuvvetini taşıyacak şekilde boyutlandırılmadığı için hasar meydana gelir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kısa kolon hasarı

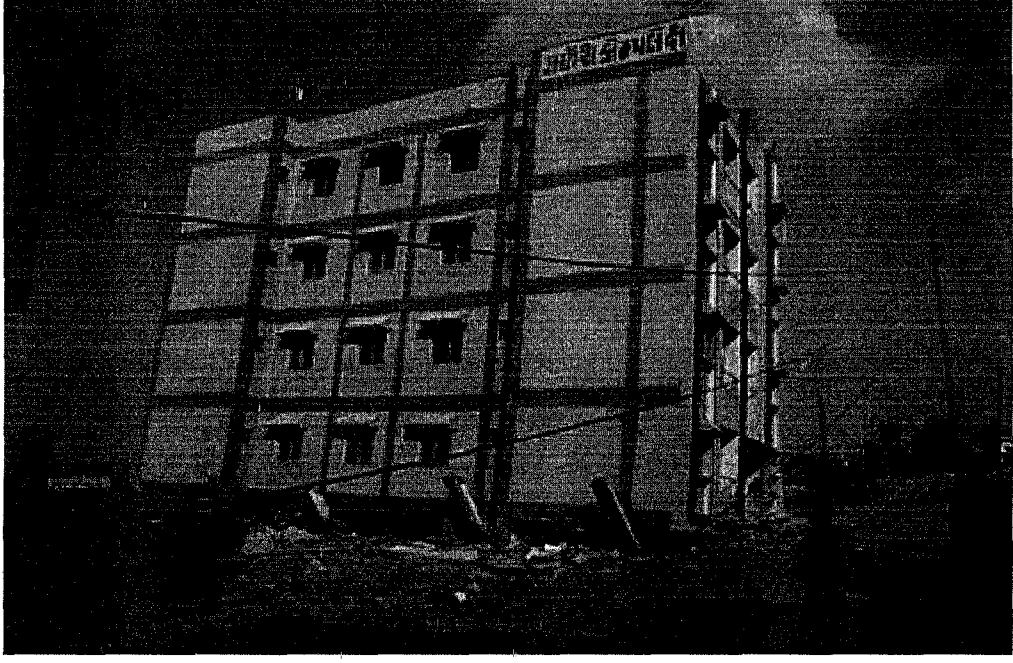
Yumuşak kat etkisi de sonuçları itibariyle kolonlarla direkt bağlantılı bir hasar türüdür. Çeşitli mimari nedenlerden dolayı zemin kattaki kolonlar bazen yüksek yapılır. Bu durum binanın tümünde enerji harcaması gereken yatay ve düşey taşıyıcı elemanların yerine zayıf olan bu bölgedeki kolonları enerji harcamaya iter. Bu şekilde bir enerji harcanmasına göre tasarlanmayan kolonlarda hasar meydana gelir (Şekil 2.8, 2.9 ve 2.10).



Şekil 2.8. San Francisco'da yumuşak kat hasarı görmüş bir bina

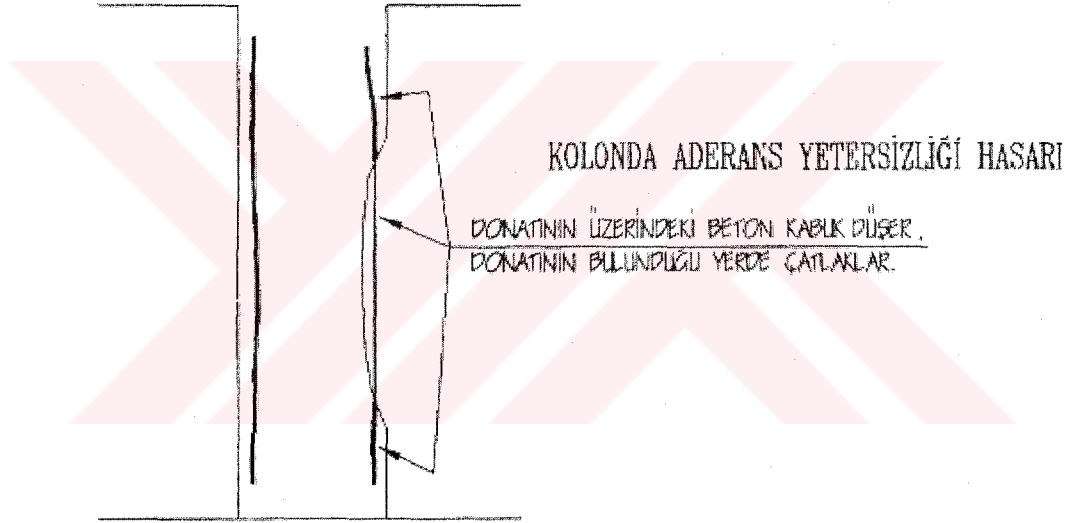
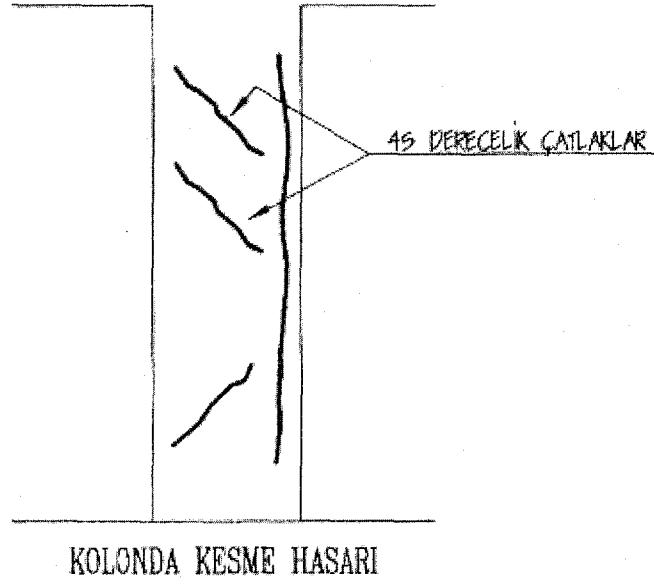


Şekil 2.9. 1999 Adapazarı depreminde yumuşak kat hasarı görmüş bina



Şekil 2.10. Yumuşak kat etkisiyle hasar gören bir bina

Beton ile donatı arasında yeterli aderans yoksa, donatı akmaya ulaşmadan betondan sıyrılarak kolon istenen moment kapasitesine ulaşamayacaktır. Kolon üzerinde bu şekilde boyuna aderans çatlakları meydana gelir. (Şekil 2.11)



Şekil 2.11. Kolonlarda kesme ve aderans hasarı (Bayülke 1999)

2.3.2. Kiriş hasarları

Betonarme kirişlerde en çok meydana gelen hasar türü: düşey yüklerden kaynaklanarak açıklıkta oluşan eğilme kırılmasıdır. Bu kırılma kirişteki boyuna donatının yetersiz olması sonucunda kiriş ortasındaki çekme bölgesinde oluşan çatlaklarla meydana gelmektedir.

Yine saplama kirişlerde momentten meydana gelen çatlaklar mevcuttur. Bu hasarın nedeni; kirişin uç bölümünde saplanan kirişin mesnet reaksiyonunu diğer kirişe tekil yük olarak getirmesi ve pozitif moment oluşturmasıdır.

Düşey yükler altında, kirişin kesme kuvveti taşıma gücünün yetersiz olduğu durumlarda, kolona yakın olan taraflarda 45 derecelik açıyla eğik çekme çatlakları oluşur.

Yalnızca düşey yüklere karşı hesaplanmış bir kirişte mesnetlerde negatif moment daha fazla olduğundan, kiriş uçlarında alt yüzeyde çok az bir donatı konur. Oysa deprem sırasında oluşan pozitif momentleri taşımak için kirişin alt ucuna da yeterli miktarda donatı konulmak zorundadır. Bu gibi tasarım hataları yapıların yatay yük kapasitelerini ve davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

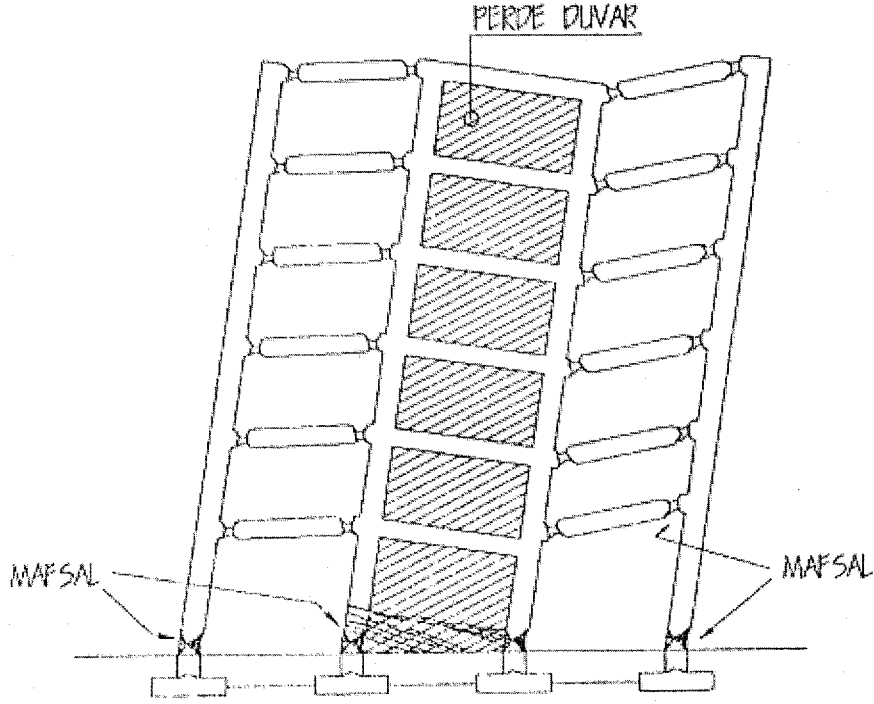
Kolonlarda olduğu gibi kirişlerde de aderans yetersizliğinden dolayı hasarlar meydana (sıyrılmalar) gelebilmektedir.

2.3.3. Perde duvar hasarları

Perde duvarlardaki hasar, yapının yüksekliği ile orantılıdır. Az katlı yapılarda eğilme momenti duvarın moment taşıma kapasitesinden az olur ve kesme çatlakları oluşur. Çatlaklar düşey ve yatay ile 45 dereceye yakın bir açı yaparlar. (Bayülke 1999)

Çok katlı yapılarda ise zemine yakın katlarda ve zeminde eğilme çatlakları oluşur. Perde duvarları planda simetrik değilse yapının tümü için burulma düzensizlikleri meydana getirirler. (Şekil 2.12)

Perdeli çerçevesel yapılarda öncelikle perde duvarlarda hasar oluşmaktadır. Perde duvarın hasarından sonra yaptığı ötelenme artacağı için diğer çerçeve elemanlarında hasar başlar. Perde çerçevesel yapılarda perdenin yaptığı büyük ötelenmelerde kolonların bu ötelenmeyi taşıma gücü yoksa kolon uçlarda mafsallaşmaya neden olur.



Perde Duvarlı Çerçevesel Yapıda Zemin Katta
Kolon ve Perdede Mafsallaşma İle
YIKILMA MEKANİZMASI

Şekil 2.12. Perde duvar hasarı (Bayülke 1999)

2.3.4. Döşeme hasarı

Döşemelerin en önemli görevi, deprem yüklerini kolon, kiriş ve perde gibi elemanlara dağıtmaktır. Kirişli döşemelerde düşey yük etkisinde genellikle, döşeme ortasında sehim veya döşemenin kirişlerle birleştiği yerlerde üst kısımda çatlaklar meydana gelir. Düz döşemelerde perde duvarların yatayda veya düşeyde ötelenmesiyle döşemelerin perde duvar ile birleşim yerlerinde hasarlar meydana gelebilir. Düz döşemelerde ayrıca kolona kesme kuvvetini aktaran döşeme kesit alanının az oluşu nedeniyle son derece gevrek ve ani zımbalama kırılması olur. Kolon çevresindeki döşemelerin bağlantıları kesilerek üst üste yığılırlar. Kesme kırılması başlangıcında kolonun çevresinde eğilme çatlakları oluştuğu bilinmektedir (Bayülke 1999).

2.4. Betonarme Yapı Deprem Hasarı Biçimleri

Salt çerçevesel ve kolonların rijitliğinin kirişlere göre daha fazla olduğu betonarme yapılarda öncelikle kiriş uçlarında mafsallaşma olması ve ilerleyen deplasman değerlerinde alt uçlarında mafsallaşma ile yapının hasar görmesi beklenmelidir. Salt çerçevesel yapıda kolonların rijitliği kirişlerden az ise kirişler enerji tüketmeden devre dışı kalır ve yıkım doğrudan kolonlardan başlar.

Perde duvarlı çerçeve yapılarda ise öncelikle perde ile kolonları birbirine bağlayan kirişlerde hasar meydana gelmesi beklenir. Sonra zemin kattaki perde ve kolonların tabanlarında hasar oluşur.

2.5. Yapı Hasar Düzeyleri

Deprem sonrasında binaların kullanılıp kullanılmayacağı veya onarılıp onarılmayacağına hasar düzeylerinin doğru belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan aşağıda kısaca yapı hasar düzeylerine değinilmiştir.

2.5.1. Hasarsız yapılar

Yapıda hiçbir çatlak yok ise bu guruba girer (Bayülke 1998)

2.5.2. Az hasarlı yapılar

Bu tip yapılarda genellikle duvarlarda sıva çatlakları şeklinde oluşan mimari hasarlar meydana gelir. Binanın taşıyıcı elemanlarında bir hasar mevcut değildir.

2.5.3. Orta hasarlı yapılar

Bu tip yapılarda yukarıdaki sınıfta belirtilen hasarlara ek olarak, kolon, kiriş, döşeme ve perde duvarlarda hasar vardır. Bu elemanlardaki hasarın derecesinin

belirlenmesinde geometrik boyutların korunması, kalıcı deformasyon ve ötelenme miktarı önemlidir. Genel olarak yapıdaki kalıcı ötelenmenin, zemin kattaki kat yüksekliğinin 1/150'yi aşması durumunda yapının kalıcı hasara (onarılmaz) girdiği varsayılır (Bayülke 1998).

2.5.4. Ağır hasarlı yapılar

Bu tip yapılar depremde yıkılmamış ancak artçı sarsıntılar ile yıkılabilecek şekilde olan yapılardır. Onarımları ekonomik olmadığı gibi, onarılsa bile tam olarak güvenli olamayan yapılardır. Burada yine kritik kalıcı ötelenme oranları önemlidir (Bayülke 1998).

2.6. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Hasar Tespit Formu

Bayındırlık Bakanlığına bağlı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan bu form ve hasar düzeyi tespit yöntemi, gerek stok halindeki binalar için gerekse tek başına bir bina için hem hızlı hem de sonuçları itibariyle başarılı bir yöntemdir. Yöntem yığma, betonarme, prefabrik, çelik ve ahşap yapı tiplerine uygundur. Hasar düzeyleri; az hasarlı, orta hasarlı ve ağır hasarlı olmak üzere üç grupta toplanır. Yöntemin sonucu yani yapının hasar durumu Toplam Hasar puanı (THP) olarak adlandırılır. (Tablo 2.1)

Tablo 2.1. Toplam hasar puanı ile hasar düzeyi ilişkisi

Toplam hasar puanı (THP)	Hasar düzeyi
$0 \leq \text{THP} \leq 5.5$	Hasarsız
$5.5 \leq \text{THP} \leq 14$	Az hasarlı
$15 \leq \text{THP} \leq 43$	Orta hasarlı
$\text{THP} \geq 43$	Ağır hasarlı

THP beş farklı hasar puanının toplanmasıyla oluşur.

Hasar Artırıcı Puan (HAP), Sistem Hasar Puanı (SİHP), Katlar arası Kalıcı Yer değiştirme Puanı (KKYP), Çatı ve Merdiven Hasar Puanı (ÇMHP) ve Aşırı Oturma Hasar Puanıdır (AOHP). Sistem hasar puanı (SİHP) dışındaki hasar puan türleri hasar tespit formundaki binanın en kötü duruma göre değerlendirilmektedir.

Sistem Hasar Puanı (SİHP) taşıyıcı sistem türüne bağlı bir ifadedir. Bu puan, elemanların hasar durumlarını gösteren Eleman Hasar Puanı (EHP) ve elemanın taşıyıcı sistem içindeki toplam hasara etkisini gösteren Eleman Önem Katsayısına (EÖK) bağlı olarak hesaplanır. Eleman önem katsayıları (EÖK) hasar tespit formunda belirtilmiştir. Elemanlar hasar düzeylerine göre dört gruba ayrılır. Bu gruplara göre Tablo 2.2'de hasar puanları gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Eleman hasar puanları

Hasar düzeyi	Hasar puanı
Hasarsız (H)	0
Az hasarlı (A)	1
Orta hasarlı (O)	2
Ağır hasarlı (AH)	4

Bu bilgiler çerçevesinde Eleman Hasar puanı (EHP) Denklem 2.1 ile hesaplanır.

$$EHP = EÖK (A*1 + O*2 + AH*4)/TS \quad (2.1)$$

A : Az hasarlı eleman sayısı

O : Orta hasarlı eleman sayısı

AH : Ağır hasarlı eleman sayısı

TS : Toplam eleman sayısı

EHP'ler toplanarak, Toplam Eleman Hasar Puanı (TEHP) elde edilir. TEHP'ları kullanarak bina tiplerine göre SİHP'lar aşağıdaki gibi hesaplanır.

Betonarme çerçeve veya betonarme çerçeve + perdeli sistemler için:

$$SİHP = TEHP * 100 / (d_k * 8 + d_{ki} * 4 + d_p * 24 + d_b * 4 + d_b * 2) \quad (2.2)$$

Tünel kalıp veya prefabrike sistemler için:

$$SİHP = (A * 1 + O * 2 + AH * 4) * 100 / (4 * TS) \quad (2.3)$$

Prefabrike betonarme çerçeve için:

$$SİHP = TEHP * 100 / (d_k * 14 + d_{ki} * 8 + d_b * 24) \quad (2.4)$$

Çelik çerçeve için:

$$SİHP = TEHP * 100 / (d_k * 8 + d_{ki} * 4 + d_b * 16 + d_b * 1 + d_c * 3) \quad (2.5)$$

Ahşap yapılar için:

$$SİHP = (A * 1 + O * 2 + AH * 4) * 100 / (4 * TS) \quad (2.6)$$

SİHP hesaplarında kullanılan indisli d katsayıları 0 veya 1 değerini alabilirler. Alt indisleri taşıyıcı sistem içindeki bir elemana denk gelir. Eğer elemanların hiçbirinde hasar yoksa alt indisli d değeri 0 olarak alınmalı, diğer durumlarda 1 olmalıdır.

Bütün puan türleri belirlendikten sonra Toplam Hasar Puanı (THP) Denklem (2.7)'ye göre belirlenir.

$$THP = SİHP * 0.80 + ÇMHP + KKYP + HAP + AOP \quad (2.7)$$

3. DEPREM HAREKETİ OLUŞUMU VE ÖZELLİKLERİ

3.1. Tanım

Depremlerin çok büyük bir bölümü, yer kabuğunda soğuma veya çeşitli etkenlerden gelen şekil değiştirme enerjisinin ani olarak açığa çıkmasıyla meydana gelir. Böyle bir olay sırasında yer kabuğunu oluşturan plakalar kendisini sınırlayan çizgiler olan faylar boyunca ani olarak kayar. Bu tür tektonik depremde ortaya çıkan yer değiştirme dalgaları sönmümlenerek uzaklara yayılır. Deprem yer ve şiddetine göre yer kabuğunda yeni fayları da oluşturabilir. Deprem hareketinin bu tür açıklanmasına “elastik geri sekme teorisi” denir.

Yırtılma bölgesinin yeryüzüne en yakın olduğu nokta, yani deprem hareketinin başladığı bölgeye “depremin odağı” (hiposantr) denir. Yüzeyde, deprem odağının hemen üstüne rastlayan nokta “merkezüssü” olarak adlandırılır. Merkezüssü, depremin en kuvvetli hissedildiği bölgedir. Bu bölgede önemli derecede düşey titreşimler hissedilse de, bunlar hızlı bir şekilde söner ve yatay titreşimler daha belirgin hale gelir. Odak ile merkezüssü uzaklığına (odak derinliği) göre depremleri aşağıdaki gibi sınıflandırabiliriz (Celep ve Kumbasar 1993).

Odak derinliği

0-60 km	Sığ deprem
60-300 km	Orta derinlikte deprem
300- üstü	Derin deprem

Yurdumuzda meydana gelen depremlerin odak derinliği 10-30 km arasındadır. Depremlerin oluşum sıklığı derinlik ile azalır. Yıkıcı depremler daha çok sığ olan depremlerdir.

3.2. Depremin Şiddeti ve Büyüklüğü

Bir depremin Şiddeti yeryüzünün belirli bir noktasında tanımlanır ve bu noktada yaptığı etkinin derecesi ile belirlenir. Bu konuda çok çeşitli tanımlar olmakla beraber en yaygın olanı Mercalli Şiddet Cetveli ve Richter leği'dir.

Mercalli Şiddet cetveli (Bkz. Tablo 3.1) yapıların hasar ve yıkılma düzeyini esas aldığından, depremin mutlak bir ölçüsü olarak ele alınmaz.

Bir depremin büyüklüğü hakkında bilgi verebilecek en iyi ölçü, hareket sırasında ortaya çıkan enerji miktarıdır. Ancak bunu ölçmek g ve hatta imkansız olduğundan daha değişik büyüklük tarifleri getirilmiştir. Bunlardan en yaygın olanı Richter leğidir.

$$M = \log(A / A_0) \quad (3.1)$$

M, depremin ölçüsüdür. A ise sismograftaki en büyük genişlik, A_0 ise büyüklüğü sıfır kabul edilen referans depremin aynı şekilde ölçülen genliğini göstermektedir. Bilinmesi gereken önemli noktalardan biri; Richter leğinin logaritmik olmasından dolayı M=7 Richter leğinin M=6 Richter leğine göre 10 kat büyük olmasıdır.

Tablo 3.1. Mercalli deprem şiddet cetveli

Şiddeti	Tanımı	Zemin ivmesi
I	Yalnız duyarlı aletler algılar	$\sim 1 \text{ cm/sn}^2$
II	Özellikle üst katlarda, dinlenmekte olan kişilerce hissedilir. Hassas biçimde olan cisimler sallanabilir.	$2 \sim 3 \text{ cm/sn}^2$
III	Bina içinde hissedilir, fakat deprem olup olmadığı her zaman anlaşılmaz. Duran otomobiller yanından kamyon geçmiş gibi sallanır.	$3 \sim 7 \text{ cm/sn}^2$
IV	Bina içinde çoğunluk ve dışarıda az kimse tarafından hissedilir. Gece bazı kimseler uyanır, kap-kacak, kapı-pencere sallanır.	$7 \sim 15 \text{ cm/sn}^2$
V	Hemen herkes hisseder. Sıvalar, pencereler kırılır. Uzun cisimler oynar.	$15 \sim 30 \text{ cm/sn}^2$
VI	Herkes hisseder, birçoğu korkup dışarı fırlar. Bacalar, sıvalar düşer. Hafif hasarlar olur.	$30 \sim 70 \text{ cm/sn}^2$
VII	Herkes dışarı kaçar. Yapı, sağlamlığına bağlı olarak değişen hasarlar oluşur. Otomobil sürücüleri de algılar.	$70 \sim 150 \text{ cm/sn}^2$
VIII	Duvarlar çerçevelerden ayrılıp dışarı fırlar. Anıtlar, bacalar, duvarlar devrilir. Kum ve çamur fişkirir.	$150 \sim 300 \text{ cm/sn}^2$
IX	Yapılar temelinden ayrılır, çatlar, eğilir. Zemin ve yer altı boruları çatlar.	$300 \sim 700 \text{ cm/sn}^2$
X	Kargir ve çerçeve yapıların çoğu tahrip olur. Zemin çatlar, raylar eğilir. Toprak kaymaları olur.	$700 \sim 1500 \text{ cm/sn}^2$
XI	Yeni tip yapılar ayakta kalabilir. Köprüler tahrip olur. Yer altı boruları kırılır, toprak kayar ve raylar bükülür.	$1500 \sim 3000 \text{ cm/sn}^2$
XII	Hemen her şey harabolur. Toprak yüzüeyinde dalgalanma görülür. Cisimler havaya fırlar.	$3000 \sim 7000 \text{ cm/sn}^2$

3.3. Dalga Hareketi Olarak Deprem

Elastik bir ortamda dinamik bir etkinin yayılması dalga hareketi şeklinde olur. Sınırsız olarak kabul edilebilecek bir homojen ortamda iki tür dalga hareketi mümkündür. Bunlardan P dalgası olarak isimlendirilende, ortam zamana bağlı hacimsel değişikliğe uğrarken dalga yayılır. Ana Dalga veya Basınç Dalgası olarak da bilinen bir dalga hareketinde yayılma sırasında bir doğrultuda ve ona dik doğrultuda yer değiştirmeler ve normal gerilmeler meydana gelir.

Hızı daha düşük olan ve S Dalgası olarak bilinen ikinci tür dalga hareketinde, ortamda hacim değişikliği olmadan biçim değişikliği meydana gelir. Bu şekilde oluşan gerilme durumundan sadece yayılma doğrultusuna dik doğrultuda yer değiştirmelerin ortaya çıktığı özel durumlar da vardır. İkincil Dalga veya Kayma Dalgası olarak da bilinen bu dalga hareketinin özel olarak yatay veya düşey düzlemde meydana gelmesi durumları Yatayda Kayma Dalgası veya SH Dalgası, Düşeyde Kayma Dalgası veya SV Dalgası olarak bilinir (Celep ve Kumbasar 1993).

4. BETONARME BİNALARDAKİ DEPREM HASARI TAHMİNİ YÖNTEMLERİ

4.1. Tanım

Deprem hasarının tahmini çalışmaları ilk olarak ABD'de 1960'lı yıllarda askeri amaçlar doğrultusunda başlamıştır. Yapılan ilk çalışmalarda karmaşık ve uzun zaman alan non-lineer analizler kullanılmıştır. Ayrıca bu şekilde karışık bir hesaplama yöntemi her mühendisin kolayca sonuçlandırabileceği ve doğru yorum yapabileceği gerçeğinden oldukça uzaktır. Bu noktada sonuçları itibariyle non-lineer analizdeki sonuçlarla aynı olan fakat hesaplama adımı olarak çok kısa olan lineer analiz modelleri geliştirilmiştir.

Lineer analiz yöntemleri çoğunlukla binanın mimari özelliklerini kullanarak analiz yapar. Bu açıdan hesaplama adımları daha kısa ve kolaydır. Lineer analiz metotlarında önemli olan doğru sonuca non-lineer analiz sonuçları kadar yaklaşımdır. Stokastik yöntemler ise geçmiş depremler sonucunda hasar gören binaların bilgilerini kullanarak olası depremler için mevcut binaların dayanımını irdeleyen yöntemlerdir.

4.2. Hassan İndeks Yöntemi

Hassan İndeks, Ahmed F. Hassan ve Mete Sözen tarafından az katlı binalar için geliştirilmiştir. Hassan indeksi son derece basit bir yöntem olup sadece yapıların boyutlarını (Taşıyıcı eleman ve kat alanı) veri olarak kullanmaktadır.

Aşağıda Hassan indeksin hesaplanmasında kullanılan denklemler verilmektedir. Kolon ve duvar endekslerinin dikkate alındığı bu yöntemde temel olarak yatay yük etkisini taşıyan düşey taşıyıcı elemanların birim kesit alanlarındaki zorlamalar yöntemin başlangıç noktasını oluşturur.

$$PI = CI + WI \quad (4.1)$$

$$WI = \frac{A_{wt}}{A_f} \cdot 100 \quad (4.2)$$

$$A_{wt} = A_{cw} + \frac{A_{mv}}{10} \quad (4.3)$$

$$CI = \frac{A_{ce}}{A_f} \cdot 100 \quad (4.4)$$

$$A_{ce} = \frac{A_{col}}{2} \quad (4.5)$$

PI : Öncelik endeksi

WI : Duvar endeksi

A_{wt} : Tabanda bir yönde etkin duvar alanı

A_f : Tüm katlar döşeme toplam alanı

A_{cw} : Tabanda bir yönde toplam perede duvar alanı

A_{mv} : Tabanda bir yönde toplam bölme duvar alanı

CI : Kolon endeksi

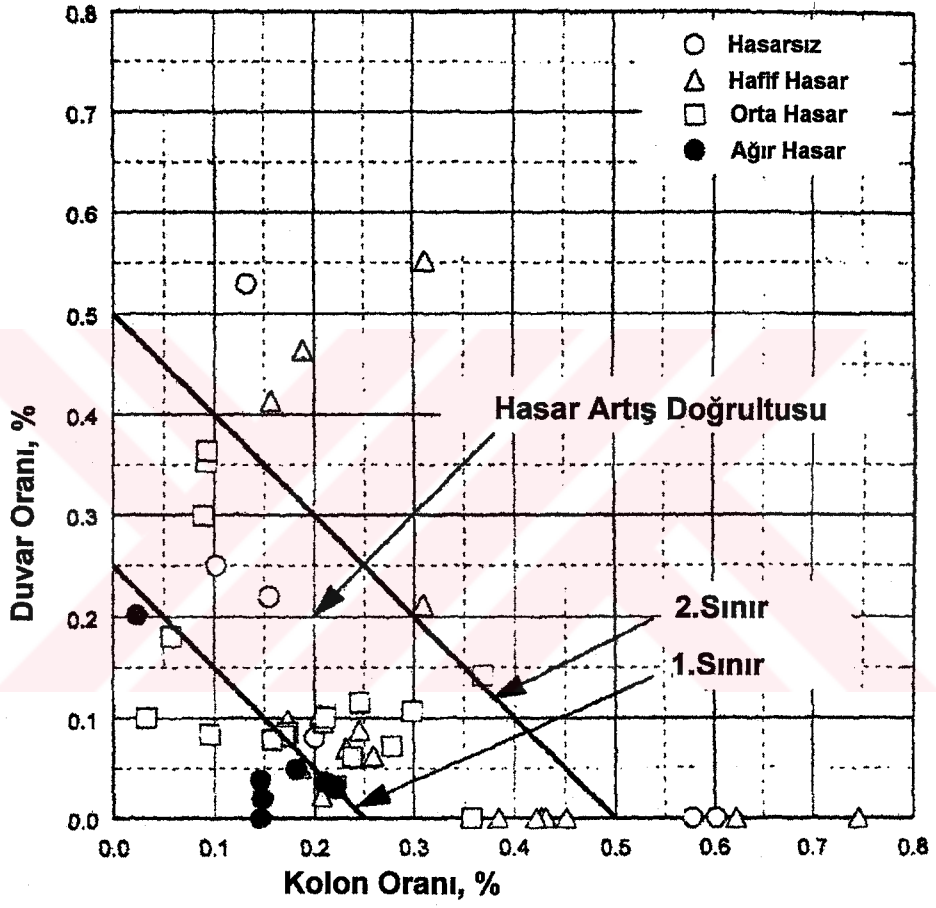
A_{ce} : Etkin zemin kat kolon alanı

A_{col} : Zemin kat toplam kolon alanı

Bu yöntem kullanılarak Hassan ve Sözen tarafından 1992 Erzincan depremi sonrası çeşitli derecede hasara uğrayan 46 devlet binasıyla ilgili olarak bir çalışma yapılmış ve isabet oranı yüksek sonuçlar alınmıştır.

Hassan indekste basit olarak PI değeri azaldıkça yapının yıkıcı bir depremde göreceği hasar boyutunun artacağı düşünülmektedir (Şekil 4.1). Bu yöntem, özellikle stok halindeki binaların değerlendirilmesinde etkilidir. Şekil 4.1 'de orjine doğru yaklaştıkça hasar oranı artmaktadır (Sözen ve Hassan 1997). Stok haindeki binalar için acilen onarım güçlendirmesi çalışması yapılacaksa her bina için bir "öncelik indeksi" dikkate alınır. Acil onarım için binalar arasında seçim yapılırken bu orana dikkat edilir. Hangi binanın endeksi düşük ise onarıma önce o binadan başlanır.





Şekil 4.1. Hassan indeks yönteminin sonuç grafiği (Sözen ve Hassan 1997)

4.3. Ersoy-Tankut Yöntemi

Az katlı yapılar (yedi katı aşmayan ve önem katsayısı, $I=1.0$ olan konut ve işyeri yapıları) için, yapısal analiz gerektirmeyen sadece taşıyıcı eleman alanları, duvar ve kat alanları verilerine ihtiyaç duyan bir yöntemdir.

Bu metotta aşağıdaki şartların sağlanması durumunda bina emniyetli kabul edilir.

Yapının alt kat kolonları ve kuvvetli yönü incelenen doğrultudaki perdeleri aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$(k \cdot \sum A_c + \sum A_w) \geq 0.003 \cdot \sum A_p \quad (4.6)$$

Eğer yapı üç kattan fazla ise her bir doğrultuda aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\sum A_w \geq 0.002 \cdot \sum A_p \geq 0.01 \cdot A_{pb} \quad (4.7)$$

$\sum A_c$: Zemin kat toplam kolon alanı

$\sum A_w$: Zemin kat toplam perde duvar alanı (Ayrıca atalet momentinin yüksek olduğu doğrultudaki perde duvarlar hesaba katılır.)

$\sum A_p$: Binanın kat alanları toplamı (plan)

A_{pb} : Zemin kat plan alanı

K : 0.5 (Kare kolon, genel olarak)

1/3 (Yapıda dikdörtgen kolonlar hep aynı yönde ise)

Birinci denklemin sol tarafının sağ tarafa oranı 1'den küçük ise yıkım ihtimali büyük olacaktır. Güvenli bir yapı için bu ifadenin 1'den büyük olması gerekmektedir (Ersoy ve Tankut 1996)

4.4. Gülkan-Sözen Yöntemi

4.4.1. Tanım

Binaların depreme karşı hesabında, yer hareketlerinin yarattığı yer değiştirmelerin doğrudan hesaba katılması için çoğu son on yıl içerisinde oluşturulmuş görtüş ve formülasyonlar mevcuttur. Henüz kendi başına tasarımı belirleyecek olgunluk ve kalibrasyona gelmemiş olsa bile bu yaklaşımlar hasar görebilme potansiyeli ile çok kolay bağdaştırılabilmektedir.

Gülkan ve Sözen yönteminde, yer hareketinin yarattığı tesirlerin kuvvet esasına göre değil, yer değiştirme taleplerine göre tasarıma dahil edilmesi gerektiği düşüncesiyle yalnızca perdeli, yalnızca çerçevesel veya dolgu duvarlı sistemleri ele alınmış ve bazı tasarım kriterleri oluşturulmuştur.

4.4.2. Yöntemin esasları

Mevcut deprem yönetmeliğinde olduğu gibi binaların depreme karşı projelendirilmesinde ana kriter gelen deprem yükü ve bu yükün yapı elemanlarınca taşınmasıdır. Deprem nedeniyle ortaya çıkan enerji, yapının süneklilik düzeyi yüksek tutularak kontrollü bir hasarla harcanır. Gözlemlerde en büyük düktilite talebinin zemin katta olduğu için referans olarak zemin kat alınmıştır.

Çalışmanın amacı, yapıda oluşan elastik sınır ötesi yer değiştirmenin fonksiyonunun tespit edilip elde edilen bu fonksiyonlara göre bina değerlendirme yapılmasıdır. Binaların deprem etkileri altında gösterdikleri davranışın bir göstergesi, en üst katın yaptığı yatay yer değiştirmenin yüksekliğe oranı olarak tarif edilen global yer değiştirme endeksidir. Daha çok kullanılan ölçü ise kat arası ardışık deplasmanların kat yüksekliklerine bölünmesiyle elde edilen endekstir. Bu endeks çalışmada AOYD olarak kısaltılmıştır. Endeks büyüdükçe yapıdaki hasar düzeyi de artmaktadır (Gülkan ve diğ. 1997).

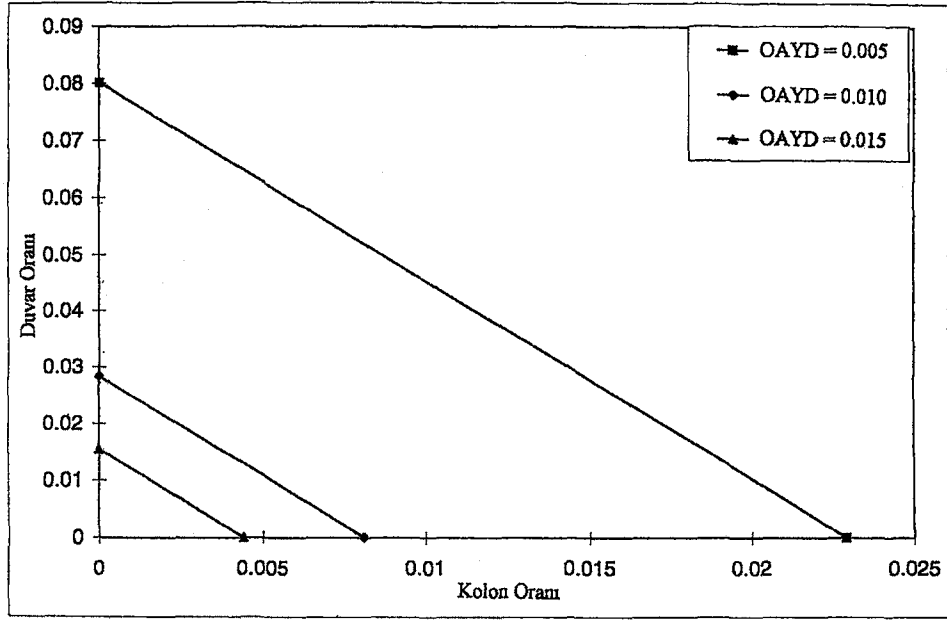
$$OAYD = \frac{0.56 \cdot N}{h_s^{1/2}} \sin \frac{\pi}{2 \cdot N} \left\{ \frac{\mu}{\frac{C_c E_b p_c}{\lambda^2} + \left[\frac{(h_s / \ell_d)^2}{c_d} + \frac{2.5}{c_{da}} \right]} \right\}^{1/2} \quad (4.8)$$

Bu ifadenin (OAYD: İlk kattaki ardışık ortalama yer değıştirme oranı) çıkartılışında yazarlarında belirttiğı gibi ‘tartışılabilir’ birtakım kabuller mevcuttur. Yukarıdaki ifade 0.4 olan efektif yer ivmesi değeri karşılık gelen beklenen hasarı belirleyen bir ifadedir.

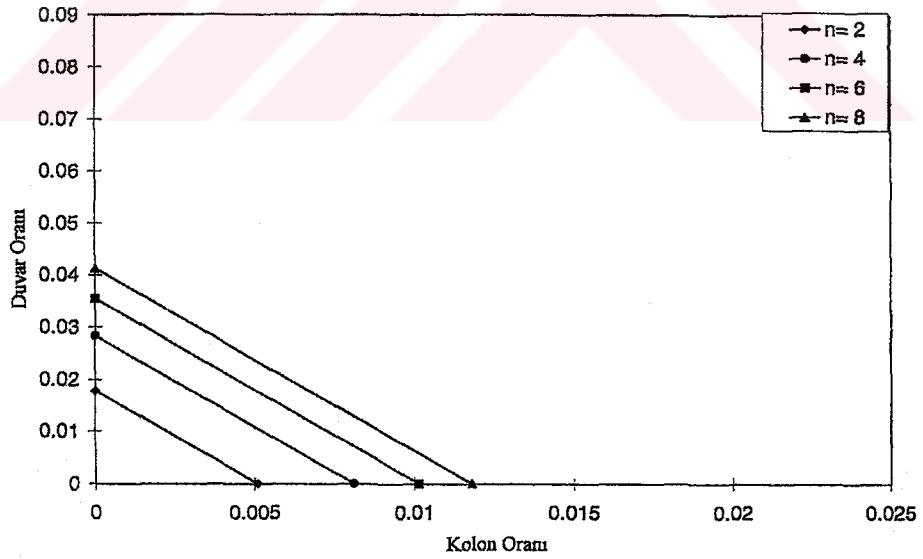
Denklemdaki parametreleri açıklarsak;

- N : Kat sayısı (Dolaylı yönden toplam ağırlığı içine alır)
- μ : Birim kütle
- E_b ve E_d : Yan yüklere karşı koyan taşıyıcı elemanların malzeme özellikleri
- C_c , C_d ve C_{da} : Çerçeve ve duvarların uç şartları
- λ , h_s / ℓ_d : Kolon ve duvar narinlik oranları
- h_s : Ortalama kat yüksekliği
- p_c ve p_d : Kolon ve duvar endeksleri

Denklemdaki her parametrik kombinasyon için ayrı bir grafik çizilmesi yerine, OAYD değeri belirli sınırlar içinde tutup grafik oluşturmak daha pratiktir. Bu amaçla ortalama durum için; $h_s = 3$ m, $\mu = 0.8$ t/m², $E_b = 2.7$ kN/m², $\ell_d = 6$ m, $\lambda = 20$, $C_d = 0.1$, $C_{da} = 0.4$, $N = 4$ alınırsa OAYD değeri 0.005, 0.01, 0.015 ile sınırlamak için gereken kolon ve duvar endeks kombinasyonları Şekil 4.2’de, OAYD değeri 0.01 de sabit tutulması halinde $N = 2, 4, 6$ ve 8 kat için gerekli endeksler ise Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. OAYD Değerinin sabit olması durumundaki kolon ve duvar oranları (Gülkan ve diğ. 1997)



Şekil 4.3. N değerlerinin sabit tutulması durumundaki kolon ve duvar oranları (Gülkan ve diğ. 1997)

4.5. Stokastik Yöntemler

Geçmiş depremlerde elde edilen hasar verilerini istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirip, mevcut betonarme binalar için hasar tahmininde bulunulan yöntemler Stokastik yöntemler olarak adlandırılır.

1. Hasar olasılık matrisleri
2. Güvenilirlik modeli

4.5.1. Hasar olasılık matrisleri

4.5.1.1. Tanım

Hasar olasılık matrisleri (HOM) belirli özellikteki bir yapının değişik büyüklükteki depremlerde uğrayacağı hasar oranlarının (HO) olasılık dağılımını gösteren bir matristir. Hasar olasılık matrisinin herhangi bir elemanı, örneğin $P(HD,I)$, I şiddetindeki bir depremin, göz önünde tutulan yapı tipinde HD hasar yaratma olasılığını belirtmektedir. Hasar oranı (HO), hasar onarımı için yapılacak harcamaların yapının yeniden inşası için yapılacak harcamalara oranı olarak alınmıştır. Hasar olasılık matrisi tek olmayacak, göz önünde tutulan yapı türüne ve yapının depreme dayanıklılığına bağlı olarak bir dizi matris ortaya çıkacaktır.

Çalışmada deprem büyüklüğünün ölçüsü olarak modifiye edilmiş Mercalli şiddet ölçüsü kullanılmış, metin içinde ve tablolarda MMI olarak simgelenmiştir. Yer sarsıntısını gösterme bakımından çok geçerli bir ölçü olmamakla birlikte, MMI'nin seçilmesinin başlıca nedeni; yapıların depremlerde uğrayacağı hasarla, MMI arasındaki sıkı ilişkiden dolayı hasar olasılık matrislerinin elde edilmesinin daha kolay olmasıdır (Yüçemen ve Bulak 2000).

Yöntemde, yapıların uğrayabileceği hasar beş değişik düzeyde sınıflandırılmıştır. Bunlar: hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı ve yıkıktır. Bu niteliksel olarak

tanımlanan hasar sınıflandırmasının uygulamaya geçmesi için sayısal değerlere dönüşmesi gerekmektedir. %0 ile %100 arasında değişen bu sayısal değere merkezi hasar oranı (MHO) denir.

Bu yöntem sadece V, VI, VII, VIII ve IX Mercalli şiddet değerinde yapıların uğrayacağı hasarlarını irdeleyebilmektedir. Bunun nedeni V'den küçük şiddetteki depremlerin yapılara hasar vermeyeceği kabulüdür.

4.5.1.2. Hasar olasılık matrislerinin elde edilmesi

Hasar olasılık matrislerini kuramsal çalışmalara dayanarak ya da geçmişteki depremlerle ilgili hasar değerlendirmelerinden yararlanarak (gözlemsel) veya tümü ile mühendisin kendi tecrübe ve yargısına dayanarak yapacağı tahminler sonucunda (öznel) elde etmek mümkündür.

Hasar olasılık matrislerinin elde edilmesi için en iyi yöntem geçmiş depremlerle ilgili verilerin kullanılmasıdır. Hasar verilerinden olasılık değerleri aşağıdaki basit ilişkiden elde edilir.

$$P_k(HD, I) = N(HD, I) / N(I) \quad (4.9)$$

$P_k(HD, I)$: k-tipi bir yapının I şiddetindeki bir depremde HD hasar durumuna düşme olasılığı

$N(HD, I)$: Yapı stoğu arasında HD hasar durumunda olan yapıların sayısı

$N(I)$: Hasar verilerinin elde edildiği deprem bölgesinde I şiddetine maruz kalan k-tipi yapıların toplam sayısı

Hasar olasılık matrislerinin çıkartılmasına yönelik ilk çalışmalar Türkiye'de Gürpınar (1978) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda gözlemsel verilerin yetersiz olması nedeni ile HOM'lerin öznel yöntemle ortaya çıkartılması düşünülmüş ve bu amaçla hazırlanan bir anket diğer mühendislere yollanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda dört farklı deprem bölgesi için dört değişik düzeyde (I-IV) hasar olasılık

matrisleri çıkartılmıştır. Bu hasar olasılık matrislerinde yapının yönetmeliğe uygun (YU) veya yönetmeliğe aykırı olarak (YA) inşa edildiği göz önünde tutulmuştur. Burada sözü edilen yönetmelik “Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki” yönetmeliktir.

Hasar olasılık matrisleri sürekli gelişen ve eldeki verilerin çoğalmasıyla doğruluğu daha da kesinleşen matrislerdir. Sonra gerçekleştirilen matris elde etme çalışmalarında gözlemsel verilere ağırlık verilmiştir. Bu çalışma çerçevesinde 1971 Bingöl, 1976 Denizli, 1983 Erzincan, 1986 Malatya ve 1992 Erzincan depremleri ile ilgili Afet İşleri Genel Müdürlüğünce hazırlanan raporlar irdelenmiş ve Hasar olasılık matrisi bulma denklemi kullanılarak matrisler daha da geliştirilmiştir. Son olarak 1995 Dinar ve 1999 Adapazarı ve Düzce depremlerindeki veriler kullanılarak benzer şekilde Hasar olasılık matrisleri elde edilmiştir (Yücemen 2002).

Tablo 4.1. Birinci derece deprem bölgesi için örnek hasar olasılık matris değerleri

Hasar durumu (HD)	MHO %	MMI=V		MMI=VI		MMI=VII		MMI=VIII		MMI=VIII	
		YU	YA	YU	YA	YU	YA	YU	YA	YU	YA
Hasarsız	0	1.0	0.95	0.95	0.58	0.70	0.46	0.50	0.28	0.30	0.07
Az hasarlı	5	0	0.05	0.05	0.29	0.20	0.34	0.20	0.39	0.30	0.27
Orta hasarlı	30	0	0	0	0.11	0.10	0.14	0.20	0.20	0.20	0.30
Ağır hasarlı	70	0	0	0	0.02	0	0.05	0.10	0.07	0.20	0.19
Yıkık	100	0	0	0	0	0	0.01	0	0.06	0	0.17
OHO(%)		0	0.25	0.25	6.2	4	10.4	14	18.9	21.5	40.7

En optimum HOM'leri bulunduktan sonra, bu tabloların son satırında yer alan OHO, ortalama hasar oranını simgelemekte olup, yapının belirlenen şiddetteki bir depremde ortalama olarak ne kadar hasar göreceğini sayısal olarak vermektedir. OHO şu ilişkiden bulunur:

$$OHO(I) = \sum_{HD} P(HD, I) \times MHO(HD) \quad (4.10)$$

Bu denklemde,

$OHO(I)$: I şiddetindeki bir depremde yapının uğrayacağı ortalama hasar oranı

$P(HD,I)$: Yapının I şiddetindeki bir depremde, HD hasar durumuna düşme olasılığı

$MHO(HD)$: HD hasar durumu için belirlenen merkezi hasar oranı.

4.5.2. Güvenilirlik modeli

4.5.2.1. Tanım

Belirli bir tip yapının, değişik şiddetlerdeki depremlerde uğrayacağı hasar oranı, deprem özelliklerine ve yapının sismik hasar görebilirliğine bağlıdır. Sismik yük deprem özelliğine bağlı, sismik dayanım ise binanın özelliğine bağlı değişkenlerdir. Sismik dayanım için, yapının taban kesme kuvvet katsayısını temel alan bir "dayanım indisi" geliştirilmiştir. Bu indisin geliştirilmesinde, Shiga'nın (1977), 1978 Miyagiken-oki depremi sonrasında Sendai şehrinde gözlenmiş hasar oranlarına dayanarak yaptığı çalışmadaki model, Türkiye'de son yıllarda meydana gelen büyük depremler sonrasında toplanan bina hasar verilerine uygulanmıştır. "Deprem yükü indisi" ise zemin koşulları, sönüm, yapının karakteristik periyodu ve maksimum yer ivmesi etkilerine bağlı bir değişkendir.

4.5.2.2. Dayanım ve deprem yükü indisleri

Sismik dayanım indisinin elde edilmesi için öncelikle araştırma yapılan bölgedeki her bina için kolon ve duvar indisleri ile nominal kesme gerilmesi parametreleri hesaplanır.

$$WI = \frac{A_w}{\sum A_f} \quad (4.11)$$

$$CI = \frac{A_c}{\sum A_f} \quad (4.12)$$

$$\tau = \frac{W}{(A_c + A_w)} \quad (4.13)$$

WI : Duvar indisi

CI : Kolon indisi

τ : Duvar ve kolonlardaki ortalama kesme gerilmesi (kg/cm²)

A_w : Binanın birinci katındaki tek yöndeki betonarme duvar alanları toplamı (cm²)

A_c : Binanın birinci katındaki kolon alanları toplamı (cm²)

W : Binanın yaklaşık ağırlığı (1300 $\sum A_f$)

$\sum A_f$: Binanın toplam kat alanı (m²)

Bu değerler bulunduktan sonra üç grafik çizilir. Birinci grafikte eksenler; duvar indisi ile kolon indisi, ikinci grafikte; duvar ve kolonlardaki ortalama kesme gerilmesi ile duvar indisi, üçüncü grafikte ise duvar ve kolonlardaki ortalama kesme gerilmesi ile kolon indisidir.

İncelenen veritabanında yer alan tüm binalardaki hasar durumları bu üç grafiğe de işlenmiş ve yapıları “hasarsız” ve hasarlı” diye ikiye ayıran kritik değer belirlenmeye çalışılmıştır. Kolon indisinin sıfır olduğu durumlarda duvar indisinin kritik değeri 15 cm²/m² olarak bulunmuştur. Bu duvar indisine karşılık gelen ortalama kesme

gerilmesinin kritik değeri de ikinci grafiğe göre 25 kg/cm^2 dir. Kolon indisinin sıfır olduğu durumda bütün yük duvarlar tarafından taşınmaktadır. Benzer şekilde, duvar indisi de sıfır olarak kabul edilince kolon indisi $60 \text{ cm}^2/\text{m}^2$. Kolon indisinin bu değerine karşılık gelen kesme gerilmesinin yaklaşık değeri ise üçüncü grafikten 18 ve 25 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Duvar indisinin sıfır olduğu durumda da bütün yük kolonlar tarafından taşınmaktadır.

Düzce veritabanına göre elde edilen yukarıdaki sayısal değerler ışığında bir binadaki yatay kesme dayanımı “ $25 A_w + 18 A_c$ ” olarak alınabilir.

Binayı etkileyecek yatay deprem kuvveti ise “ $1300 \sum A_f \cdot C_R$ ” dir.

C_R : Taban kesme kuvveti katsayısı

$1300 \sum A_f$: Bina ağırlığı

$$C_R = \frac{25 A_w + 18 A_c}{1300 A_f} \quad (4.14)$$

Deprem yükü indisinin hesabında ise tanımdaki faktörler (maksimum yer ivmesi, zemin koşulları, yapı periyodu ve sönüm oranı) göz önünde bulundurulur. Zemin ve periyod etkileri için yönetmelikteki (ABYYHY-98) davranış spektrumu değerleri temel alınmış, betonarme binalardaki sönüm oranı ise %10 olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde elde edilen deprem yükü indisi bulma denklemi aşağıdaki gibi olacaktır.

$$C_s = S(T) \cdot \left[\frac{1.5}{1+10 \cdot h} \right] \cdot \frac{A_{\max}}{g} \quad (4.15)$$

T : Yapının periyodu

h : Sönüm oranı

A_{\max} : Maksimum yer ivmesi

g : 9.81 m/sn^2

S(T) : Spektrum katsayısı (Yönetmeliğin 6.4.3. bölümündeki kriterlere göre hesaplanacaktır)

Elde edilen sismik dayanım (C_R) ve deprem yükü (C_S) indisleri ışığında incelenen yapının belirlenen bir HD (hasar durumu) hasarına maruz kalma olasılığı şöyle hesaplanır;

$$P_f = P_r(C_R \leq C_S) = 1 - \Phi(\beta) \quad (4.16)$$

Buradaki β , güvenilirlik indisidir ve aşağıdaki ifadeden bulunur.

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{\mu_R}{\mu_S}\right) - \ln \alpha - 0.5 \cdot \ln\left(\frac{1 + \nu_R^2}{1 + \nu_S^2}\right)}{\sqrt{(\ln(1 + \nu_R^2) \cdot (1 + \nu_S^2))}} \quad (4.17)$$

Φ : Standart normal dağılım fonksiyonu

μ_R ve μ_S : Sismik dayanım ve deprem yükü indislerinin ortalama değeri

ν_R^2 ve ν_S^2 : Sismik dayanım ve deprem yükü indislerinin değişkenlik katsayıları

α : Yapının süneklik katsayısına göre hesaplanan ve az, orta ve ağır hasar durumları için sırasıyla 2, 1 ve 0.58 olarak alınan hasar durumu sabitidir.

Son denkleme göre ve maksimum yer ivmesine bağlı olarak hesaplanan hasar oranları, gerekli dönüşüm yapılarak deprem şiddeti cinsinden ifade edilmiştir. Deprem şiddetine karşılık gelen hasar durumu olasılıkları ve ortalama hasar türleri aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir.

Tablo 4.2. a) 1992 Erzincan depremi

Hasar Durumu (HD)	MHO (%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.97	0.87	0.61	0.30
Az hasarlı	5	0.03	0.11	0.29	0.38
Orta hasarlı	30	-	0.01	0.08	0.21
Ağır hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.11
OHO (%)		0.15	1.7	5.55	17.55

Tablo 4.2. b) 1995 Dinar depremi

Hasar Durumu (HD)	MHO (%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.97	0.81	0.41	0.10
Az hasarlı	5	0.03	0.17	0.44	0.40
Orta hasarlı	30	-	0.01	0.13	0.35
Ağır hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.15
OHO (%)		0.15	2	7.8	25.25

Tablo 4.2. c) 1999 Düzce depremi

Hasar Durumu (HD)	MHO (%)	VI	VII	VIII	IX
Hasarsız	0	0.99	0.88	0.60	0.23
Az hasarlı	5	0.01	0.10	0.32	0.44
Orta hasarlı	30	-	0.01	0.06	0.24
Ağır hasarlı	85	-	0.01	0.02	0.09
OHO (%)		0.05	1.65	5.1	17.1

4.6. Sismik İndeks Yöntemi

4.6.1. Tanım

Japonya'da (1990) geliştirildiğinden "Japon metodu" olarak da adlandırılır. Az veya orta katlı betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip bina türü yapılara uygulanabilen Sismik İndeks Yöntemi, söz konusu türlerdeki binaların deprem güvenliğinin hızlı şekilde tahmin edilmesi amacı ile kullanılır. Metodun altı kattan fazla yüksekliğe sahip, 30 yıldan daha eski, malzeme kalitesi çok düşük binalar için uygulanması uygun görülmemektedir (Japan Building Disaster Prevention Association, 1990). Yöntemin uygulanabilmesi için binanın taşıyıcı sisteminin, yaşının ve boyutlarının bilinmesi gerekir. Yöntem basitten komplekse doğru üç seviyelidir. Binalar "deprem indeksi" adı verilen bir değer yardımıyla irdelenir. Bu indeks ne kadar yüksek ise bina o derece depreme dayanıklıdır (Japan Building Disaster Prevention Association 1990)

4.6.2 Yöntemin esasları

Yapının deprem davranışının tahmin edilmesinde kullanılan deprem indeksi, taşıyıcı olan ve olmayan elemanlar için üç hassaslık seviyesinde öngörülmüştür. İndeks hesaplanırken her üç seviye için de aynı denklem kullanılır.

İncelemenin ilk aşaması yapının taşıyıcı sisteminin, yaşının ve fiziksel durumunun incelenmesini içerir. Bu incelemeler sonucu elde edilen veriler ışığında yapının deprem performansını gösteren indeks I_S belirlenir. I_S indeksi ile yapı için göz önüne alınması uygun olan karşılaştırma indeksi I_{S0} karşılaştırılarak yapının deprem güvenliği tahmin edilir. Performans indeksi I_S , aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$I_S = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (4.18)$$

E_0 : Davranış ana indeksi

S_D : Tasarım ve boyutlandırmasına ait indeks

T : Taşıyıcı sisteminin zamanla bozulmasına ait indeks

Bu karşılaştırma tüm kritik katlar ve iki asal deprem doğrultusu için ayrı ayrı yapılmalıdır. $I_S > I_{S0}$ olduğunda yapının depreme karşı güvenli olduğuna, tersi durumda ($I_S < I_{S0}$) ise yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşılır. Burada deprem güvenliği yapının hasar görmeyeceği anlamında değil, toptan göçmenin oluşmayacağı anlamında kullanılmaktadır.

4.6.2.1. Taşıyıcı elemanlar için deprem indeksi

Birinci inceleme seviyesi : Bu en basit incelemede beton için göçme kayma gerilmesi kabul edilir, kolon ve perdelerin kesit alanlarından hareketle çerçevelerin taşıma güçleri hesap edilir. Benzer şekilde S_D ve T indeksleri de basit olarak hesap edilir. Bu seviyedeki inceleme genellikle perdeleri çok olan yapılar için uygundur. Perdesiz çerçeveli yapılarda gerçek davranışın güvenli bir şekilde altında kalınır.

İkinci inceleme seviyesi: Bu incelemede kolon ve perdelerin süneklik kapasitesi taşıma gücü ilkeleri kullanılarak hesap edilir. Ana indeks E_0 elemanın güç tüketme mekanizmasından hareketle elde edilir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilir. Diğer iki indeks S_D ve T , birinci seviyeye göre daha karmaşık hesaplarla bulunur. Bu yöntem özellikle zayıf kolon-kuvvetli kirişli sistemler için uygundur. Sonuç birincide elde edilenden daha güvenlidir.

Üçüncü inceleme seviyesi : Kirişlerin davranışı ve hatta perdenin temel elastikliğinden dolayı dönmesi de dahil olmak üzere yapının bütün mümkün göçme mekanizmaları da göz önüne alınarak E_0 indeksi bulunur. S_D ve T ' nin hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir.

4.6.2.2. Davranış ana indeksi

Davranış ana indeksi E_0 , taşıma gücü indeksi C ve süneklik indeksi F yardımıyla hesap edilir. Buna göre E_0 büyüdükçe sistemin hem dayanımı ve hem de sünekliği artar.

Taşıyıcı sistemdeki her düşey eleman Tablo 4.3' de verilen şekilde sınıflandırılır. Eğer taşıyıcı sistemde kısa kolon mevcut değilse:

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 \cdot C_c) F_w \quad (4.19)$$

n : bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : göz önüne alınan kat

C_w : perdelerin dayanımı

C_c : kolonların dayanımı

a_1 : yer değiştirme uyum katsayısı ($a_1 = 0.7$; $C_w = 0$ olması durumunda $a_1 = 1.0$)

F_w : perde süneklik indeksi ($F_w = 1.0$)

Eğer kısa kolon varsa, E_0 hesabı için bu kolonların da göz önüne alındığı aşağıdaki formül kullanılır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc} \quad (4.20)$$

C_{sc} : kısa kolon dayanımı

a_2 ve a_3 : yer değiştirme katsayısı (~ 0.7 ve ~ 0.8)

F_{sc} : kısa kolon süneklik indeksi ($= 0.8$)

Perde, kolon ve kısa kolon dayanımları için ise aşağıdaki formüller kullanılır.

$$C_w = (30A_{w1} + 20A_{w2} + 10A_{w3}) \cdot f_{cd} / 200W \quad (4.21)$$

$$C_c = (10A_{c1} + 7A_{c2}) \cdot f_{cd} / 200W \quad (4.22)$$

$$C_{sc} = 15A_{sc} \cdot f_{cd} / 200W \quad (4.23)$$

A_{W1} : İki tarafından başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (m^2)

A_{W2} : Bir tarafından başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (m^2)

A_{W3} : Başlıksız perdelerin toplam alanı (m^2)

f_{cd} : Beton hesap gerilmesi (MPa)

W : Göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı (MN)

A_{C1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

A_{C2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

A_{sc} : Kısa kolonların (Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≤ 2) toplam kesit alanı (m^2)

Tablo 4.3. Kolon tanımı

Eleman	Tanım
Kolon	Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği > 2
Kısa Kolon	Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≤ 2
Perde	Başlıklı Perde

4.6.2.3. Tasarım ve boyutlandırma indeksi

Taşıyıcı sistemin düzensizliği, rijitliği ve kütesinin düzgün dağılmaması; yapının tahmin edilecek deprem davranışına S_D tasarım ve boyutlandırma indeksi ile etkili olur.

Bu amaçla yapının plandaki düzensizliği, plandaki boy/genişlik oranı, genişleme derzlerindeki derz aralığı gibi özellikler incelendikten sonra, tasarım ve boyutlandırma indeksi aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$S_D = q_a q_b \dots q_h$$

$$i = a, b, c, d, e, f, i \text{ için } q_i = 1.0 - (1 - G_i) R_i \quad (4.24)$$

$$i = h \text{ için } q_i = 1.2 - (1 - G_i) R_i$$

Burada, G_i incelenen her bir hususun inceleme derecesini ve R_i ise bu hususun yapının deprem davranışına etkisini göstermektedir.

Tablo 4.4. S_D indeksi için kullanılan G_i ve R_i katsayıları

	G_i			R_i
	1.0	0.9	0.8	
a : düzenlilik	a_1	a_2	a_3	1.0
b : boy/genişlik	$b < 5$	$5 < b < 8$	$8 < b$	0.5
c : genişlik düz.	$c > 0.8$	$0.8 > c > 0.5$	$0.5 > c$	0.5
d : derz aralığı/yükseklik	$d > 1/100$	$1/100 > d > 1/200$	$1/200 > d$	0.5
e : avlu alanı/kat alanı	$e < 0.1$	$0.1 < e < 0.3$	$0.3 < e$	0.5
f : avlunun dışmerkezliği				
h : bodrum/birinci kat (alan)	$h > 1.0$	$1.0 > h > 0.5$	$0.5 > h$	1.0
i : kat yüksekliğinde değişiklik	$i > 0.8$	$0.8 > i > 0.7$	$0.7 > i$	0.5

4.6.2.4. Zamanla bozulma indeksi

Taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde, elemanların dayanım, rijitlik ve sünekliliği gibi büyüklüklerin hesabına; mevcut çatlaklar, şekil değiştirme ve yer

değişikliklerin etkisinin katılması için basit yöntemler yoktur. Zamanla bozulma indeksi T ile bu etkiler göz önüne alınmaktadır.

Binanın yerinde incelenmesinden sonra Tablo 4.5 yardımıyla bulunan en küçük değer alınarak bu indeks hesaba katılır.

Tablo 4.5. Zamanla bozulma indeksi T tablosu

İnceleme Konusu	Derecesi	T
Şekil ve yer değişiklikler	Binada düşeyden sapma ve düzgün olmayan oturma var	0.7
	Bina dolguya oturuyor	0.9
	Kiriş ve kolonlarda görülebilir şekil değişiklikler var	0.9
	Şekil ve yer değişiklikler yok	1.0
Perde ve kolonlarda çatlak	Yağmur suları sızıyor ve donatılarda paslanma görülüyor	0.8
	Kolonlarda görülebilir eğik çatlaklar var	0.9
	Perdelerde çok miktarda görülebilir çatlaklar var	0.9
	Yağmur suları sızıyor, donatılarda paslanma yok	0.9
	Perde ve kolonlarda çatlak yok	1.0
Yangın	Bina yangın geçirmiş ve onarım görmemiş	0.7
	Bina yangın geçirmiş ama onarım görmemiş	0.8
	Bina yangın geçirmemiş	1.0
Kullanım durumu	Kimyasal maddeler söz konusu	0.8
	Kimyasal maddeler söz konusu değil	1.0
Binanın yaşı	30 yıldan fazla	0.8
	20 yıldan fazla	0.9
	20 yıldan az	1.0
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda ağır bozulma var	0.9
	İçte ağır bozulma var	0.9
	Bozulma söz konusu değil	1.0

4.6.3. Taşıyıcı olmayan elemanlar için deprem indeksi

Binanın dış duvarlarına asılı düşebilir elemanların deprem davranışı I_N indeksi ile değerlendirilir. İndeksin belirlenmesinde, taşıyıcı olmayan bu elemanın düşmesiyle insan hayatında meydana getireceği tehlike esas alınır.

Dış duvardaki en çok tehlike teşkil eden eleman esas alınarak;

$$I_N = 1 - BH \quad (4.25)$$

$B = f + (1-f)t$ = yapının inşa kalitesine bağlı indeks

H : Tablo 4.6 de verilen elemanın etki derecesine bağlı indeks

f : Tablo 4.7 de verilen taşıyıcı olmayan elemanla taşıyıcı sistem arasındaki esnekliği gösteren katsayı

t : durum katsayısı (= 1.0 daha önce tehlike yaşanmışsa, = 0.5 yaşanmamışsa)

Tablo 4.6. Etki derecesini gösteren H katsayısı değerleri

	Koruma önlemi var	Koruma önlemi yok
Dış duvar sokağa, bina giriş ve çıkışına komşu	1.0	0.3
Diğer durumlar	0.5	0.1

Tablo 4.7. Birleşim elastikiyetini gösteren f katsayısının değerleri

Taşıyıcı olamaya eleman	Taşıyıcı sistem az sünek	Taşıyıcı sistem sünek
Az sünek	0.5	1.0
Sünek	0.0	0.5

4.6.4. Değerlendirme sonucu

Değerlendirme sonucunda bulunan indeks I_S , karşılaştırma indeksi I_{S0} ile kıyaslanarak, binanın depreme karşı güvenli olduğuna ($I_S > I_{S0}$) veya depremdeki davranışının belirsiz olduğuna ($I_S < I_{S0}$) karar verilir (Japon Building Disaster

Prevention Association 1990)

Burada güvenli sözcüğü depremde toptan göçmeye karşı güvenli olduğuna karşı gelir. Depremde yapısal olan ve olmayan hasarların meydana geleceği utulmamalıdır.

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U \quad (4.26)$$

Ana karşılaştırma indeksi E_s birinci, ikinci ve üçüncü inceleme seviyelerinde, sıra ile; 0.8, 0.6 ve 0.6 kabul edilebilir. Bölge indeksi Z , deprem bölgesi katsayısı olup 0.7 den küçük alınmaması önerilmiştir. Zemin indeksi G , zemin-yapı etkileşimi ve zeminin büyütme etkisini içeren bir değerdir. Kullanım indeksi U , yapının önem katsayısı olarak bul edilebilir. Depremden sonra kullanımına gerek olan yapılar için 1.25 tavsiye edilmiştir.

4.7. Durtes Bilgisayar Programı

4.7.1 Genel

İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından, Bakırköy Belediyesi & İstanbul Üniversitesi Kent Bilgi Sistemi ve Afet Bilgi Sistemi Projesi kapsamında, Bakırköy ilçesinde bulunan yapı stokunun deprem riski açısından analizi için "DURTES" adı verilen bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir.

4.7.2. Yöntem aşamaları

Bir yapının mevcut durumuyla, matematiksel esasa göre değerlendirilebilmesi için gerekli minimum bilgileri içeren bir anket formu hazırlanmıştır. Anket formundaki bilgiler ışığında, binaların maruz kalacağı deprem yükü, mevcut hali ile yapının mukavemeti ve taşıyabileceği deprem yükü elde edilebilmektedir.

Kesin yöntemlerle analizi yapılmassa da, maruz kalacağı yüke karşılık binanın taşıma kapasitesi oranı, çok hızlı ve gerçekçi olarak belirlenebilmekte ve binalar mevcut hali

ile emniyetlerine göre sınıflandırılabilir.

Anket değerlendirmeleri, İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümü bünyesinde geliştirilmiş olan ve “DURTES” (DURum TESpit Programı) olarak adlandırılan bir bilgisayar programı eşliğinde yapılmaktadır. Programın amacı pratik bir biçimde ve mümkün olduğunca doğruya yakın sonuç almaktır.

Program yorumları, detaylı analizi yapılan binaların analiz sonuçları ile kıyaslandığında da oldukça makul sonuçlar vermektedir. Program, Şekil 4.4’de görülen anket formunun doldurulması ve bilgilerin programa aktarılması ile, öncelikle, elde edilen bilgiler ışığında, yapıda oluşabilecek taban kesme kuvvetini deprem şartnamesinde öngörülen yöntemlere göre belirlemektedir.

Bilgisayar programı binanın malzeme özelliğini de göz önüne alarak, farklı özelliklerde olsalar bile maruz kaldıkları yüklere karşılık, birim alan için sahip olması gerekli olan, yapısal eleman büyüklüklerini belirleyerek bir katsayı elde etmekte (K1 mukavemet puanı) ve bu katsayıya göre binaları gruplandırmaktadır. Her binanın mevcut durumuna göre ayrıca bir puan verilmektedir (K2 kusur puanı). K1 katsayısı yönetmeliklerdeki kriterlere göre, K2 katsayısı ile yapının mevcut durumunu göz önüne alan yaklaşık olarak 100 adet parametreye göre belirlenmektedir. Her parametreye karşılık gelen puan ise, program kullanıldıkça ve yorumları kesin çözüm yöntemlerinin sonuçları ile kıyaslandıkça güncellenmektedir. Parametrelere karşılık gelen puanların güncellenmesi sonucunda programın daha doğru yorum yapma yeteneği gelişmektedir. Aynı grupta, farklı puanlara sahip birkaç örnek bina için opsiyonel olarak kat planının tanımlanması durumunda, söz konusu binaların yeterliliklerini ve emniyetlerini göreceli olarak hesaplamaktadır.

Gruplandırmadaki hassasiyet istenilen derecede ayarlanabilmektedir. Böylece gruplar istenilen hassaslıkta, göreceli olarak kıyaslanabilmektedir. Binanın yapısal elemanlarındaki yük dağılımları tamamen anket sonuçlarındaki bilgiler ışığında belirlenmektedir. Taban kesme kuvveti kesin yöntemle elde edilmekte, ancak eğilme momenti, eksenel kuvvet gibi kesit tesiri dağılımları belli parametreler üzerine kurulmuş formüllerle elde edilmektedir.

YAPININ KOD NUMARASI : [_____] SAYFA 1/3

1-) DEĞERLENDİRME TARİHİ (GÜN / AY) _____ :
 Yapının projesi varmı----- : Evet [], Hayır []
 Kat alanı = [_____] (m²)

2-) DEĞERLENDİRENLER

	İsim	Soyad	Grup No:	İmza
1				
2				
3				

3-) YAPININ ADRESİ

Pafta No:		Ada No:		Parsel No:	
Site				Mahalle	
Cadde				Sokak	
Blok / No :				P.K. – Semt	
Yönetici / İlgili		İsim		Telefon	
		Soyad		İmza	
Benzer Binaların Kod Numaraları					

4-) YAPI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Yapının yaşı : _____
 Marmara Depremi öncesi ONARIM gördümü : Evet [], Hayır [], Kozmetik onarım []
 Marmara Depremi sonrası ONARIM gördümü : Evet [], Hayır [], Kozmetik onarım []
 Bodrum kat adedi : [], Kat yükseklikleri : [_____] (m)
 Normal kat adedi : [], Kat yükseklikleri : [_____] (m)
 Çatı katı varsa; Kat Yüksekliği : [_____] (m), Alanın normal kat alanına oranı [_____]
 Yapıda en büyük açıklık : [_____] (m)
 Ortalama kat ağırlığı (m²'de toplam yük) : 600 [], 800 [], 1000 [], 1200 [], 1400 [], 1600 [], (kg/m²)
 Komşu yapılarla maksimum kat seviyesi farkı : [_____] (m)
 Dilatasyon yeterlimi : Evet [], Hayır [], Belirsiz []

5-) ŞARTNAME KATSAYILARI

Deprem bölgesi-----: 1-[], 2-[], 3-[], 4-[]
 Bina kullanım türü ve önem katsayısı:- 1.0-[], 1.2-[], 1.4-[], 1.5-[]
 Bina kullanım türünü yazınız -----: [_____]
 Yerel zemin sınıfı : Z1-[], Z2-[], Z3-[], Z4-[], {Diğer (Z5) [], TA : [_____], TB : [_____]
 Yapı davranış katsayısı (R) : [_____], Nedeni : [_____]

6-) TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ

Türü : Betonarme çerçeve [], Betonarme çerçeve+Perde duvar [], Perde [],
 Yiğma [], Çelik [], Ahşap [],
 Diğer Belirtiniz [_____]
 Döşeme sistemi her katta aynı mı? : Evet [], Hayır []
 Döşeme tipi: Kirişli [], Asmolen [], Dişli [], Mantar [], Kaset [], Diğer [_____]
 Temel sistemi : Tekil [], Sürekli [], Radye [], Kazıklı [], Diğer [_____]
 Bodrum varsa dış duvarları :
 Beton perde [], Taş duvar [], Beton briket [], Dolu tuğla [], Delikli tuğla [], Diğer [_____]
 Bölme duvarlar :
 Beton perde [], Taş duvar [], Beton briket [], Dolu tuğla [], Delikli tuğla [], Diğer [_____]
 Bölme duvarlar sıvalı mı? : Evet [], Hayır []
 Yiğma yapı ise taşıyıcı duvarlar yönetmeliğe uygun mu? : Evet [], Hayır []

Şekil 4.4. a) Durtes bina veri toplama formu (Çelik ve diğ. 2003)

7-) **BETONARME BİNALARDA MALZEME ÖZELLİKLERİ**

Boyuna donatı----- : STI [], STIII Düz [], STIII Nervürlü [_____], Diğer [_____]

Enine donatı (etriye)--- : STI [], STIII Düz [], STIII Nervürlü [_____], Diğer [_____]

Yapıda ortalama beton dayanımı----- : [_____] (kg/cm²)En ağır hasarlı kat kolonlarında ortalama beton dayanımı--- : [_____] (kg/cm²)

Görülen beton işçilik kalitesi (İyi, Orta, Kötü)

8-) **HASAR BELİRLEME**

Katlar arasında rölatif kalıcı yanal öteleme --- : [_____] (cm)

En büyük öteleme / Kat yüksekliği (oranı) --- : [_____]

En ağır hasarlı kattaki kolonlara ait kesit alanları (cm ²)			
Toplam	Ağır hasarlı	Orta hasarlı	Hafif hasarlı

En ağır hasarlı kattaki perde duvarlara ait kesit alanları (cm ²)			
Toplam	Ağır hasarlı	Orta hasarlı	Hafif hasarlı

En ağır hasarlı kattaki yapı elemanlarında hasarlı kesit / Toplam kesit oranı	
Kirişlerde	
Döşemelerde	
Merdivenlerde	
Temelde hasar	
Var [], Yok [], Belirlenemedi [], Deformasyon var [] Hasar varsa oranı [_____]	
Yığılma yapı ise taşıyıcı duvarlarda hasar oranı	

9-) **KUSUR BELİRLEME**

Kısa kolon problemi var mı?----- : Evet [], Hayır []

Güçlü kiriş zayıf kolon problemi var mı? : Evet [], Hayır []

Asma kat var mı?----- : Evet [], Hayır []

Çıkma kat var mı?----- : Evet [], Hayır [], Varsa normal kata oranı [_____]

Düzensizlik Problemi varsa ilgili düzensizlikleri işaretleyiniz

Yok [], A1 [], A2.I [], A2.II [], A2.III [], A3 [], A4 [], B1 [], B2 [], B3 []

Malzeme detay ve işçilik kusurları							
	Yetersiz Dayanım	Yetersiz rijitlik	Yetersiz süneklik	Yetersiz malzeme	Yanlış detay	Kötü malzeme	Kötü işçilik
Bina genelinde							
Boyuna donatı							
Etriye							
Beton							

Etriye sıklaştırması			
	İyi	Orta	Kötü
Kolonlarda			
Kirişlerde			

Şekil 4.4. b) Durtes bina veri toplama formu (Çelik ve diğ. 2003)

10-) BİNA HASAR GÖRMÜŞ İSE OLASI SORUN NEDENLERİ

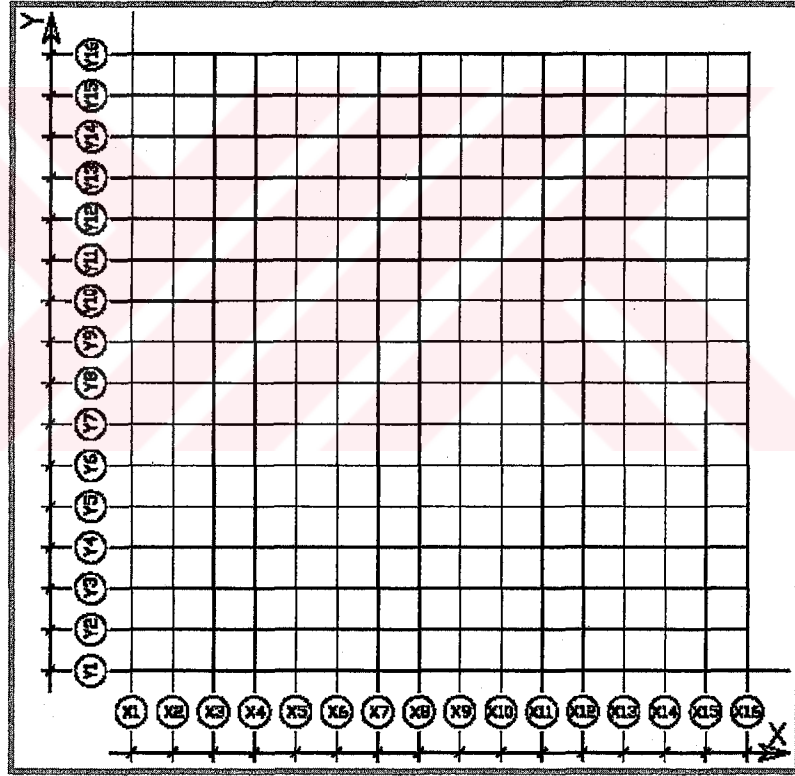
Proje kusurları [] Denetim yetersizliği [] Yapım kusurları []
 Malzeme zayıflığı [] Aşırı yüklenme [] Yönetmelik yetersizliği []
 Diğer belirtiniz [_____]

Güvenlik yeterli onarım güçlendirme gerekmez []

Güvenlik yetersiz. Aşağıdaki önlemlerle sonuç alınabilir
 Yük sınırlaması [], Kullanım değişikliği [], Kat azaltması [], Diğer [_____]

Güvenlik yetersiz. Aşağıda tanımlanan Onarım/Güçlendirmeler gerekli
 Dolgu çerçeve [], Beton kolon mantolama [], Çelik kolon mantolama [],
 Kiriş onarımı [], Döşeme onarımı [],
 Diğer [_____]

11-) YAPI ELEMANLARININ KONUMU VE TANIMI KAT NO: [_____]



Toplam kat alanı = [_____] (m²)

X ekseninde toplam kesit alanı [ΣPerde+ΣKolon+0.15*ΣDuvar(boşluklar hariç)] = [_____] (m²)

Y ekseninde toplam kesit alanı [ΣPerde+ΣKolon+0.15*ΣDuvar(boşluklar hariç)] = [_____] (m²)

Simetri eksenleri var mı? (X_{ALT}[____], X_{ÜST}[____], Y_{SOL}[____], Y_{SAG}[____])

Şekil 4.4. c) Durtes bina veri toplama formu (Çelik ve diğ.)

4.7.3. Sonuç

Binaların gerçek risklerinin en doğru biçimde belirlenebilmesi için tüm binaların geometrik özellikleri yanı sıra, kesit ve malzeme özelliklerinin ve tüm detaylarının bilinmesi, deprem karakteristiklerinin elde edilmesi gerekmektedir. Söz konusu bilgiler elde edildikten sonra tüm binaların detaylı analizlerinin yapılması günümüz teknolojisi ile en doğru çözüm olarak görülmektedir. Ayrıca tüm bu işlemler uzman kişi ve kuruluşlar tarafından yapılmalıdır. Ancak bu işlemlerin son derece zaman alıcı olması, ekonomik olmaması ve yüz binlerce binanın mevcudiyeti, konuda uzman kişi ve kuruluşların sayısının ise son derece sınırlı olması gibi nedenlerle bu boyuttaki bir araştırma mümkün değildir. Bu çalışmada deprem riski değerlendirmesi yapılmadan önce tüm binaların deprem yükleri elde edilebilmektedir. Deprem yüklerinin hesabı için veri toplama formlarındaki bilgiler yeterlidir. Bu amaçla geliştirilmiş olan bilgisayar programı "DURTES" bina için bir rapor hazırlamaktadır. Tüm binalar mevcut durumlarına ve yük taşıma kapasitelerine göre puanlanmakta ve puanlar raporlara ve gerekli veri dosyalarına aktarılmaktadır. Ayrıca binalar maruz kaldıkları deprem yüklerine göre gruplandırılabilir. Gruplandırma işlemi için bina geometrisinden bağımsız bir kriter tercih edilmiştir. Durtes programının hazırlanmasında birim taban alanına karşılık gelen taban kesme kuvveti tercih edilmiştir.

Bu aşamada bilgisayar programı yapının dinamik analizini gerçekleştirmekte ve binanın ait olduğu grubun durumunu belirlemektedir. Analiz yöntemi yaklaşık bir yöntem olmasına rağmen, kesin çözüm yöntemleri ile kıyaslandığında oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Bunun nedeni program kullanıldıkça ve kesin çözüm sonuçları bilinen binaların sonuçları ile karşılaştırıldıkça güncellenen 100 civarındaki katsayıdır.

4.8. ATC 21 Hızlı Davranış Değerlendirme Yöntemi

1988 Yılında “Federal Emergency Management” (FEMA) tarafından çıkartılan ve ATC-21 Hızlı davranış Değerlendirme Yöntemi adı verilen bu yöntem ile binaların deprem etkisine karşı dayanımını incelenirken, binanın taşıyıcı sistemle ilgili bir mühendislik hesabı yapılmaz. Yöntemdeki esas binanın fiziksel özelliklerinin puanlandırılmasıdır. Her yapı için bir değerlendirme puanı hesaplanır ve bu puan binanın meydana gelebilecek bir depremdeki davranışını temsil eder. Yüksek puan, yapının olası depremde dayanımının da yüksek olacağı anlamına gelir. Yöntem çok hızlı ve seri bir şekilde uygulanabilir. Stok halinde yapılacak değerlendirmeler için uygundur. Ancak taşıyıcı sistem ile ilgili herhangi bir hesap adımının olmayışı yöntemin hassasiyetini de azaltır.

ATC-21 hızlı davranış değerlendirme yöntemi bütün deprem bölgelerinde uygulanabilir. Yine betonarme çerçeveli, betonarme perdeli, prefabrike ve yığma binalar için de geçerlidir.

4.8.1. Hesap adımları

Öncelikle yapı için bir “yapı hasar ana puanı” tanımlanır. Bu ana puan yapının bulunduğu deprem bölgesine ve yapı tipine göre değişir (Bkz. Tablo 4.8). Bir sonraki maddede detaylandıracağımız yapıdaki olumsuzluklar belirli puanlara karşılık gelir ve ana puandan eksiltir. Sonuç olarak bulunan puan, P ile simgelenir.

Yüksek P değeri iyi deprem davranışına karşı gelirken, düşük değer kötü deprem davranışına ve muhtemel hasara karşı gelir. İkinci durumda değerlendirmenin yeniden, daha ayrıntılı olarak ve daha deneyimli bir mühendis tarafından yapılması gerekir. Burada önemli olan birinci ve ikinci durumu ayıran puan sınırının belirlenmesidir. Kesin olmamakla beraber 2 değeri ayırma sınırı olarak kabul edilebilir (Celep ve Kumbasar 1993).

Yöntemde tüm bu verilerin daha düzenli bir şekilde ifade edildiği bir tablo mevcuttur (Bkz. Tablo 4.9). Bu tabloda ayrıca bir kroki kısmı da yer almaktadır.

Sonuç olarak bu yöntem bize incelediğimiz bina hakkında genel ve yanılma payı yüksek olan bir öngörü vermektedir. Bu ilk incelemeden sonra yapılması gereken FEMA 310 olarak da bilinen ATC-22 yönteminin uygulanması gerekir.

Tablo 4.8. Yapı hasar ana puanı

Yapı Türü	Deprem Bölgesi		
	1	2 ve 3	4 ve 5
Ahşap binalar	4.5	6.0	8.5
Prefabrike yapılar (Tek katlı)	2.0	3.5	3.5
Çelik çerçeve	4.5	4.0	3.5
Çaprazlanmış çelik çerçeve	3.0	3.0	2.5
Donatısız yığma yapılar	1.0	2.0	2.5
Donatılı yığma yapılar	3.0	3.5	4.0
Betonarme çerçeve yapılar	2.0	3.0	4.0
Betonarme perdeli yapılar	3.0	3.5	4.0
Prekast betonarme çerçeve yapılar	1.5	2.0	2.5

4.8.2. Yapılardaki olumsuz durumlar

Aşağıda değinilen durumlar yapıda mevcut ise, yapı hasar ana puanından belirli oranda eksiltilir.

Yüksek katlı binalar: Donatısız yığma duvarlılar (kargir) için 4 kat ve yukarısı, diğerleri için 8 kat ve yukarısı bu guruba girer.

Kötü şartlar: Yapıda kullanılan betonun dayanımının yetersizliği, donatıların paslanması ve bu durumun dışarıdan kolayca görülmesi, binada meydana gelen

oturmaların dengesizliği sonucu meydana gelmiş çatlaklar olması, kısaca binanın genel olarak kötü koşullar altında bulunması.

Düşey düzensizlik: Düşey taşıyıcı elemanlardaki süreksizlikler yük aktarımın da süreksizliğe neden olurlar. Bu durum, yapı hasar ana puanını azaltan yönde etkiler.

Yumuşak kat: Bir katın rijitliğinin diğer katların rijitliğinden tehlikeli derecede farklı olması. Buradaki tehlikeli durum, irdelenen katın rijitliğinin, üst katın rijitliğinin % 70'inden az veya üstündeki üç katın ortalama rijitliğinden %40 daha az ise bu durum söz konusudur.

Burulma: Plandaki ağırlık merkezi ile taşıyıcı sistem ağırlık merkezinin arasında büyük fark olması.

Planda düzensizlik: L, U, T, E veya diğer tipteki binalar.

Yüksek katlı binalar: Donatısız yığma duvarlılar (kargir) için 4 kat ve yukarısı, diğerleri için 8 kat ve yukarısı bu guruba girer.

Kalın kaplama: Ağır taş paneller (granit vs.) ile kaplanmış binalar.

Kısa kolon: Kolonun alışma boyunun, perde veya bölücü duvarlarla kısaltılıp, belirli bir bölgesinin tasarım yüklerinden daha fazlasını alması durumunda.

4.8.3. Zemin türü

Zemin durumu 1: Kaya zemin veya kaya zemin üzerinde bulunan 60 m'den az, sert killi zemin.

Zemin durumu 2: Kohezyonsuz zemin veya 60 m'den daha derin, sert killi zemin.

Zemin durumu 3: 10 metreden fazla yumuşak veya orta sert killi zemin veya bilinmeyen durumlarda.

Tablo 4.9. ATC-21 Hızlı değerlendirme formu

ATC-21 HIZLI HASAR DEĞERLENDİRME FORMU		
Bina adı:		
Adres:		
Kat adeti/ İnşa yılı:		
Toplam kat alanı:		
Kullanımı:		
<input type="checkbox"/> Ticari <input type="checkbox"/> Ofis <input type="checkbox"/> Endüstriyel <input type="checkbox"/> Konut <input type="checkbox"/> Toplantı, Sinema vs. <input type="checkbox"/> Okul <input type="checkbox"/> Kamu <input type="checkbox"/> Acil Servis <input type="checkbox"/> Tarihi yapı		
Kişi Sayısı:		
<input type="checkbox"/> 1-10 <input type="checkbox"/> 11-100 <input type="checkbox"/> 100+		
Yapısal olmayan hasar tehlikesi var mı ?		
<input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır		
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi ?		
<input type="checkbox"/> Evet <input type="checkbox"/> Hayır		
TAŞIYICI SİSTEM PUANLAMASI		
ANA PUAN	Yapı Türü	
	Betonarme Çerçevesi	Betonarme Perdeli
	2.0	3.0
Yüksek yapı	-1.0	-1.0
Kötü şartlar	-0.5	-0.5
Düşey düzensizlik	-1.0	-0.5
Yumuşak kat	-2.0	-2.0
Burulama	-1.0	-1.0
Planda düzensizlik	-0.5	-0.5
Kalın kaplama	-1.0	-
Kısa kolon	-1.0	-1.0
Zemin 2	-0.3	-0.3
Zemin 3	-0.6	-0.6
Zemin 2 veya 3, ve Yüksek yapı	-0.8	-0.8

4.9. FEMA 310 Yöntemi

4.9.1. Giriş

FEMA 310 yönteminde yapısal olan veya olmayan tüm bina elemanları, zemin etkisi ve yapının bulunduğu deprem bölgesinin özellikleri dikkate alınarak incelenmektedir. Oldukça kapsamlı bir davranış değerlendirme metodudur. FEMA 310 üç aşamalı bir yöntemdir. Birinci aşamada gerekli veriler toplanır ve kontrol listeleri yardımıyla hızlı bir tarama yapılır. İkinci aşamada Lineer statik veya Lineer dinamik prosedürler kullanılarak yapı “eleman esaslı” olarak incelenir. Eğer daha da detaylı bir araştırma yapılması gerekiyorsa bu sefer nonlinear statik ve dinamik analizlerin kullanıldığı üçüncü aşamaya geçilir.

4.9.2. Birinci inceleme seviyesi (ATC-22)

Bu inceleme seviyesinin amacı, binanın hızlı bir şekilde incelenmesi ve mühendisin yapının genel zayıflıklarını görmesidir. Bu incelemede aşağıda verilen değerler hesaplanır.

4.9.2.1. Pseudo yanal kuvveti

Pseudo yanal kuvveti, binaya incelenen doğrultuda etkiyen yatay kuvvettir.

$$V = CS_a W \quad (4.27)$$

V : Pseudo yanal kuvveti

C : Elastik olmayan yer değiştirmeler ile hesaplanmış yer değiştirmeler arasındaki ilişkiler için büyütme faktörü

S_a : Yapının ana periyodundaki spektral ivmesi

W : Yapının ölü ve hareketli yükü toplamı

W değeri, depo ve ambar olarak kullanılan yerlerde kat hareketli yükünün en az %25'i, kar yükü ve binadaki sabit ekipman ve mobilyaların ağırlıkları toplamıdır.

Pseudo kuvveti, yüzeysel sığ temelli, bodrumsuz ve can güvenliği performans seviyesindeki binalar için Denklem 4.28' den hesaplanabilir.

$$V = 0.75W \quad (4.28)$$

Tablo 4.10. C modifikasyon katsayısı

Yapı tipi	Kat adeti			
	1	2	3	≥4
Ahşap, Moment taşıyan çerçeve	1.3	1.1	1.0	1.0
Perde duvarlar, Çapraz çerçeve	1.4	1.2	1.1	1.0
Donatılı yığma duvar	1.0	1.0	1.0	1.0

4.9.2.2. Kat kesme kuvvetleri

Pseudo yanal kuvveti katlara aşağıdaki denkleme göre dağıtılacaktır.

$$V_j = \left(\frac{n+j}{n+1} \right) \cdot \left(\frac{W_j}{W} \right) \cdot V \quad (4.29)$$

V_j : j. Kattaki kesme kuvveti

n : Zemin seviyesinin üzerindeki kat sayısı

j : İncelenen katın numarası

W_j : j. katının üzerindeki tüm katların ağırlıkları toplamı

W : Toplam ağırlık

V : Pseudo yanal kuvveti

4.9.2.3. Spektral ivme

Pseudo kuvvetinin hesabında kullanılacak olan spektral ivme aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

$$S_a = \frac{SD1}{T}, \quad S_a \leq S_{DS} \quad (4.30)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} F_v S_1 \quad (4.31)$$

T : Yapının doğal titreşim periyodu

S_s : Kısa periyot ivmesi

S_1 : Maksimum depreme göre, bir saniyelik periyoda karşılık gelen spektral ivme

S_s ve S_1 değerleri sismik haritadan (Seismic Map Package) alınır. F_a ve F_v değerleri ise zemin durumuna bağlı değerler olup Tablo 4.11 ve Tablo 4.12 'den yararlanılarak bulunur.

Tablo 4.11. Bir saniyelik periyot için zemin cinsine ve spektral ivmeye bağlı F_v değerleri

Zemin sınıfı	Bir saniyelik periyot için spektral ivme S_1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.4	2.8	2.4	2.2

Tablo 4.12. Zemin cinsine ve kısa periyot spektral ivemeye bağılı F_a değerleri

Zemin sınıfı	Kısa periyot için spektral ivme S_s				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

S_s 'in ara değerleri için lineer interpolasyon yapılır.

Zemin sınıfı A : Sert kaya, kayma dalgası hızı $\bar{V}_s > 1524$ m/sn (5000 feet/sn)

Zemin sınıfı B : Kaya , kayma dalgası hızı $762 < \bar{V}_s < 1524$ m/sn

Zemin sınıfı C : Çok sıkı toprak, kayma dalgası hızı $366 < \bar{V}_s < 762$ m/sn

Zemin sınıfı D : Sıkı toprak, kayma dalgası hızı $183 < \bar{V}_s < 366$ m/sn

Zemin sınıfı E : 10 feet'ten fazla kil içeren zemin veya $\bar{V}_s < 183$ m/sn

T değerinin hesabı ise Denklem 4.32 ile yapılır.

$$T = C_t h_n^{3/4} \quad (4.32)$$

T : Hesap yönündeki doğal periyot (saniye)

h_n : Temelden çatı seviyesine kadar olan yükseklik (feet)

C_t : Betonarme çerçeve yapılar için 0.030

Eğer yapı çelik veya betonarme çerçevesi ve 12 kattan daha yüksek değilse aşağıdaki denklem yardımıyla T değeri hesaplanabilir.

$$T = 0.10N \quad (4.33)$$

N : Temel üstündeki kat adeti

4.9.3. Moment çerçevesi için kat kaymaları

İncelenen katın altında ve üstünde kolonların sürekli uzandığı moment çerçeveleriyle oluşturulmuş düzgün, çok katlı ve çok açıklıklı binaların kat yer değiştirme oranları aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır.

$$DR = \left(\frac{k_b + k_c}{k_b \cdot k_c} \right) \cdot \left(\frac{h}{12E} \right) V_c \quad (4.34)$$

DR : Yer değiştirme oranı : Kat yer değiştirmesi/ kat yükseliği

k_b : Kiriş için I/L

k_c : Kolon için I/h

h : Kat yüksekliği

I : Atalet momenti

L : Kolon merkezleri arası uzaklık

E : Elastisite modülü

V_c : Kolon kesme kuvveti

4.9.4. Betonarme çerçevesel kolonlardaki kayma gerilmesi

Betonarme çerçevesel kolonlardaki kayma gerilmesi ise aşağıdaki denkleme göre hesaplanır.

$$v_{ort} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (4.35)$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı

A_c : Hesap yapılan kattaki kolonların kesit alanları toplamı

V_j : j katındaki kesme kuvveti

m : Eleman modifikasyon değeri. Performans seviyesine bağlı bir değerdir. Can güvenliği performans seviyesi için 2, acil kullanım performans seviyesi için 1.3 alınır.

Bir binanın performans seviyesi; depremden sonraki kabul edilebilir hasara ve binada kabul edilecek deprem güvenliği seviyesine bağlı olarak tanımlanır. Yatay yük dayanımına sahip çerçeve sistemlerindeki düşey elemanlar istenen performans seviyesine göre Tablo 4.13'de hasar seviyesi sınırları verilmiştir (Fema-273 1997).

Tablo 4.13. Yapısal performans seviyeleri ve hasar limitleri (Fema-273 1997)

Betonarme çerçeve için yapısal performans seviyeleri			
	Yapısal stabilite S-5	Can güvenliği S-3	Acil kullanım S-1
Rölatif Ötelenme	%4 sürekli veya geçici	%2 geçici, %1 sürekli	%1 geçici, kalıcı ötelenme ihmal edilebilir.

4.9.5. Perde duvarlı sistemlerde kayma gerilmesi

Perde duvarlı sistemlerde kayma gerilmesi ise Denklem 4.36' ya göre hesaplanır.

$$v_{ort} = \frac{1}{m} \left(\frac{V_j}{A_w} \right) \quad (4.36)$$

V_j : j katındaki kesme kuvveti

m : Eleman modifikasyon değeri (Bknz. Tablo 4.14)

A_w : Hesap yapılan yöndeki perdelerin kesit alanları toplamı

Tablo 4.14. Perde duvarlar için m değerleri

Perde tipi	Performans seviyesi	
	Can güvenliği	Acil kullanım
Betonarme, prekast veya ahşap	4.0	2.0
Donatılı kagir	3.0	1.5
Donatısız kagir	1.5	N/A

4.9.6. Prekast elemanlardan oluşan moment çerçeveler

Prekast moment çerçevelerindeki kirişlerdeki M_g momenti aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$M_g = \frac{V_j}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{h}{2} \right) \quad (4.37)$$

n_c : Toplam kolon sayısı

n_f : Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı

V_j : j katındaki kesme kuvveti

h : Kat yüksekliği

m : Eleman modifikasyon değeri (Can güvenliği performans seviyesi için 2, acil kullanım performans seviyesi için 1.3)

4.9.7. Kolonlardaki aksenal gerilme

Devirme kuvvetlerinin kolonlarda oluşturduğu aksenal gerilme aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$P_{ot} = \frac{1}{m} \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{V \cdot h_n}{L \cdot n_f} \right) \quad (4.38)$$

m : Eleman modifikasyon değeri (Can güvenliği performans seviyesi için 2, acil kullanım performans seviyesi için 1.3)

V : Pseudo yanal kuvveti

L : Çerçevenin toplam boyu (feet)

h_n : Temelden çatı seviyesine kadar olan yükseklik (feet)

n_f : Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı

4.9.8. Dayanım ve rijitlik için hızlı kontroller

Hızlı kontroller, standart kontrol listeleri üzerinde eleman esaslı olarak gerçekleştirilir. İncelenen koşul, aranılan şartları sağlıyorsa D, sağlamıyorsa Y, uygulanamaz ise N harfi ile gösterilir. Kontrol listeleri 6 farklı alt listeden meydana gelir. Alt listeler, yapının bulunduğu deprem bölgesine ve önemine göre kontrole dahil olurlar (Bknz. Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Değerlendirmede kullanılacak kontrol listeleri (FEMA 310)

Deprem bölgesi	Performans seviyesi	Kullanılacak kontrol listeleri					
		Düşük depremsellik bölgesi (3.6)	Ana yapısal (3.7)	Ek yapısal (3.7)	Jeolojik bölge ve temeller (3.8)	Ana yapısal olmayan elemanlar (3.9.1)	Ek yapısal olmayan elemanlar (3.2)
Düşük	Can güvenliği	√					
	Acil kullanım		√		√	√	
Orta	Can güvenliği		√		√	√	
	Acil kullanım		√	√	√	√	√
Yüksek	Can güvenliği		√	√	√	√	
	Acil kullanım		√	√	√	√	√

4.9.8.1. Düşük depremsellik bölgesi kontrol listesi (FEMA B.3.6)

Yapısal elemanlar

Yük akışı: Yapı, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir. (D-Y-U)

Duvarların sabitlemesi: Kagir veya betonarme dış cephe duvarları düzlem dışı kuvvetler için döşemeye kenetlenmiş çelik kanca veya şeritlerle kat seviyelerinde bağlanmış olmalıdır. (D-Y-U)

Asma katlar: İç asma katları, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı olarak tutulmalı, veya yanal yük taşıyıcı sisteme sıkıca bağlanmalıdır. (D-Y-U)

Jeolojik bölge ve temel elemanları

Temellerin performansı: Temelerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret

olmamalıdır. (D-Y-U)

Yapısal olmayan durumlar

Acil durum ışıklandırması: Acil durum ışıklandırma ekipmanları depremde dūřmeyecek biçimde duvarlara tutturulmuş olmalıdırlar. (D-Y-U)

4.9.8.2. Ana yapısal kontrol listesi (FEMA B.3.7)

Bina Sistemi ile ilgili değerlendirme

Yük akışı: Yapı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim performans seviyeleri için, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir. (D-Y-U)

Bitişik nizam yapılar: Bitişik bina, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, incelenen binaya yüksekliğinin %4' ünden yakın konumlandırılmamış olmalıdır. (D-Y-U)

Asma katlar: Asma katlar, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, ana yapıdan ayrı tutulmalı, veya katlar yanal yük taşıyıcı sisteme rijitlenmelidir. (D-Y-U)

Zayıf kat: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin dayanımı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin dayanımının %80' inden az veya eşit olmayacaktır. (D-Y-U)

Yumuşak kat: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin rijitliği, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin rijitliğinin %70' inden, veya üst veya alt üç katın ortalama rijitliğinin %80' inden az veya eşit olmayacaktır. (D-Y-U)

Geometri: Bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin yatay boyutunda, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kendisine bağlı katlardakinin %30'un'dan fazla değişim olmamalıdır. (D-Y-U)

Düşeyde süreksizlikler: Yanal yük taşıyıcı sisteminin tüm düşey elemanları temele kadar sürekli olmalıdır. (D-Y-U)

Kütle: Bir kattan diğerine, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, efektif kütlede %50'den fazla değişim olmamalıdır. (D-Y-U)

Burulma: Kat rijitlik merkeziyle kütle merkezi arasındaki mesafe, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, binanın genişliği veya diğer plan boyutunun %20' sinden az olmalıdır. (D-Y-U)

Betonarmede kötüleşme: Yanal yük taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda, betonda veya donatıda gözle görülür kötüleşme olmamalıdır. (D-Y-U)

Artgerme ankrajları: Art germe civarında paslanma belirtileri olmamalıdır. Sargı ankrajları kullanılmamış olmalıdır. (D-Y-U)

Yanal yük taşıyıcı sistem

Bolluk: Her bir ana aks yönündeki moment çerçevesi sayısı, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, en az 2 olmalıdır. Her bir moment çerçevesindeki açıklık sayısı, Can Güvenliği için en az 2, Acil Yerleşim için en az 3 olmalıdır. (D-Y-U)

Engel duvarları: Moment çerçeveleri içindeki tüm dolgu duvarlar yapısal elemanlardan izole olmalıdır. (D-Y-U)

Kayma gerilmesi kontrolü: Kayma gerilmesi, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, 100 psi' den veya $2\sqrt{f_c}$ ' den az olmalıdır. (D-Y-U)

Normal gerilme kontrolü: Kolonlarda devirme kuvvetleri ve ağırlık yükleri sebebiyle oluşan normal gerilme, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, $0.10 f_c$ 'den az olmalıdır. (D-Y-U)

Bağlantılar

Betonarme kolonlar: Tüm betonarme kolonlar, Can Güvenliği performans seviyesi için temele saplanmış olmalıdır. Acil Yerleşim için, ankrajların kapasitesi kolonun çekme kapasitesine varabilmelidir. (D-Y-U)

4.9.8.3. Ek yapısal kontrol listeleri (FEMA 3.7.9)

Yanal yük taşıyıcı sistem

Kirişsiz döşeme: Yanal yük taşıyıcı sistem, kolonlar ve kirişsiz döşemelerin oluşturduğu bir çerçeve olmayacaktır. (D-Y-U)

Öngermeli çerçeve elemanları: Yanal yük taşıyıcı sistem öngermeli veya artgermeli elemanlardan oluşmamalıdır. (D-Y-U)

Kısa kolonlar: Bir kattaki tipik kolonların nominal yükseklik/derinlik oranının Can Güvenliği performans seviyesi için %50, Acil Yerleşim performans seviyesi için %75' inden az yükseklik/derinlik oranına sahip kolon bulunmayacaktır. (D-Y-U)

Kayma göçmesi olmaması: Çerçeve elemanlarının kesme dayanımları, kolonların altında ve üstünde eğilme dayanımlarını karşılayabilmelidir. (D-Y-U)

Kuvvetli kolon zayıf kiriş: Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri, kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır. (D-Y-U)

Kiriş donatıları: Kirişin başından sonuna kadar uzunluğu boyunca altta ve üstte en az 2' şer boyuna donatı sürekli olarak uzanmalıdır. Birleşim noktalarındaki pozitif veya negatif moment için kullanılan boyuna donatının en az %25' i, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için, kirişin başından sonuna kadar sürekli olarak uzanmalıdır. (D-Y-U)

Kolona donatı bindirmeleri: Tüm kolon donatı bindirme eki boyları, Can Güvenliği için $35 d_b$ 'den Acil yerleşim için de $50 d_b$ 'den büyük olmalı ve en az 8 d_b aralıklı

etrijelerle sarılmış olmalıdır. (D-Y-U)

Kiriş donatı bindirmeleri: Boyuna kiriş donatıları için bindirme ekleri, birleşim bölgelerinin $l_b/4$ yakınlığı içinde ve potansiyel plastik mafsalsal bölgesi civarlarında olmamalıdır. (D-Y-U)

Kolon etriye aralıkları: Çerçeve kolonlarında uzunlukları boyunca, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $d/4$ veya daha az aralıklı etrijeler olmalıdır. (D-Y-U)

Kiriş etriye aralıkları: Tüm kirişlerde Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için $d/2$ veya daha az aralıklı etrijeler olmalıdır. (D-Y-U)

Birleşim bölgesi donatısı: Kiriş kolon birleşim bölgeleri, Can Güvenliği ve Acil Yerleşim için en fazla $8 d_b$ aralıklı etrijelerle sarılmış olmalıdır. (D-Y-U)

Birleşim dış merkezliği: Kiriş ve kolon merkez çizgileri arasında kolon küçük boyutunun %20'sinden büyük dışmerkezlik olmamalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (D-Y-U)

Etriye kancaları: Kolon ve kiriş etrijeleri eleman beton çekirdeklerine en az 135° lik kancalarla ankre edilmiş olmalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (D-Y-U)

Döşemeler

Döşeme sürekliliği: Diyaframlar, bölünmüş kat döşemelerinden oluşmamalıdır. Ahşap binalarda, diyaframlarda derz aralığı bulunmamalıdır. (D-Y-U)

Planda düzensizlikler: Döşeme boşluğu köşelerinde ve diğer plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde diyaframın dayanımını karşılayacak çekme kapasitesi olmalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (D-Y-U)

Birleşimler

Kazık başlıklarında yanal yük: Kazık başlıklarında üst donatı bulunmalıdır ve can güvenliği performans seviyesinde kazıklar kazık başlıklarına ankre edilmiş olmalıdır, ve acil yerleşim performans seviyesinde kazık başlıkları kazıkların çekme kapasitesini karşılayabilmelidir. (D-Y-U)

4.9.8.4. Jeolojik bölge tehlikesi ve temel kontrol listesi (FEMA B.3.8)

Zeminde sıvılaşma: Binanın sismik performansını tehlikeye sokan sıvılaşmaya karşı hassas, doyuma ulaşmış, düşük granülü zeminler, can güvenliği ve acil yerleşim için, binanın 15 metre altına kadar derinlikte bulunmayacaktır. (D-Y-U)

Şev kayması: Bina bölgesi potansiyel deprem sebebiyle şev kaymasından yeteri kadar uzak olmalıdır. (D-Y-U)

Yüzeyde fay çatlakları: Bina bölgesinde yüzeyde fay çatlakları olmamalıdır. (D-Y-U)

Temellerin Durumu

Temel performansı: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır. (D-Y-U)

Kötüleşme: Temel elemanların korozyon, sülfat etkisi, malzeme bozulması, veya yapının bütünlüğü ve dayanımını etkileyecek diğer sebepler sebebiyle kötüleşmeye dair bir işaret olmayacaktır. (D-Y-U)

Temellerin kapasiteleri

Kazık temeller: Kazık temeller can güvenliği ve acil yerleşim için, minimum 1.2

metre saplanma derinliğine sahip olmalıdır. (D-Y-U)

Devrilme: Temel seviyesindeki yanal yük taşıyıcı sistemin bina yüksekliğine oranı $0.6 S_a$ dan büyük olmalıdır. (D-Y-U)

Derin temeller: Kazıklar ve payandalar yapı ile zemin arasındaki yanal kuvvetleri transfer edebilmelidir. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (D-Y-U)

Kayma bölgeleri: Binanın bir yanındakiyle diğer yanı arasındaki seviye farkı, yarım kat yüksekliğini aşmamalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (D-Y-U)

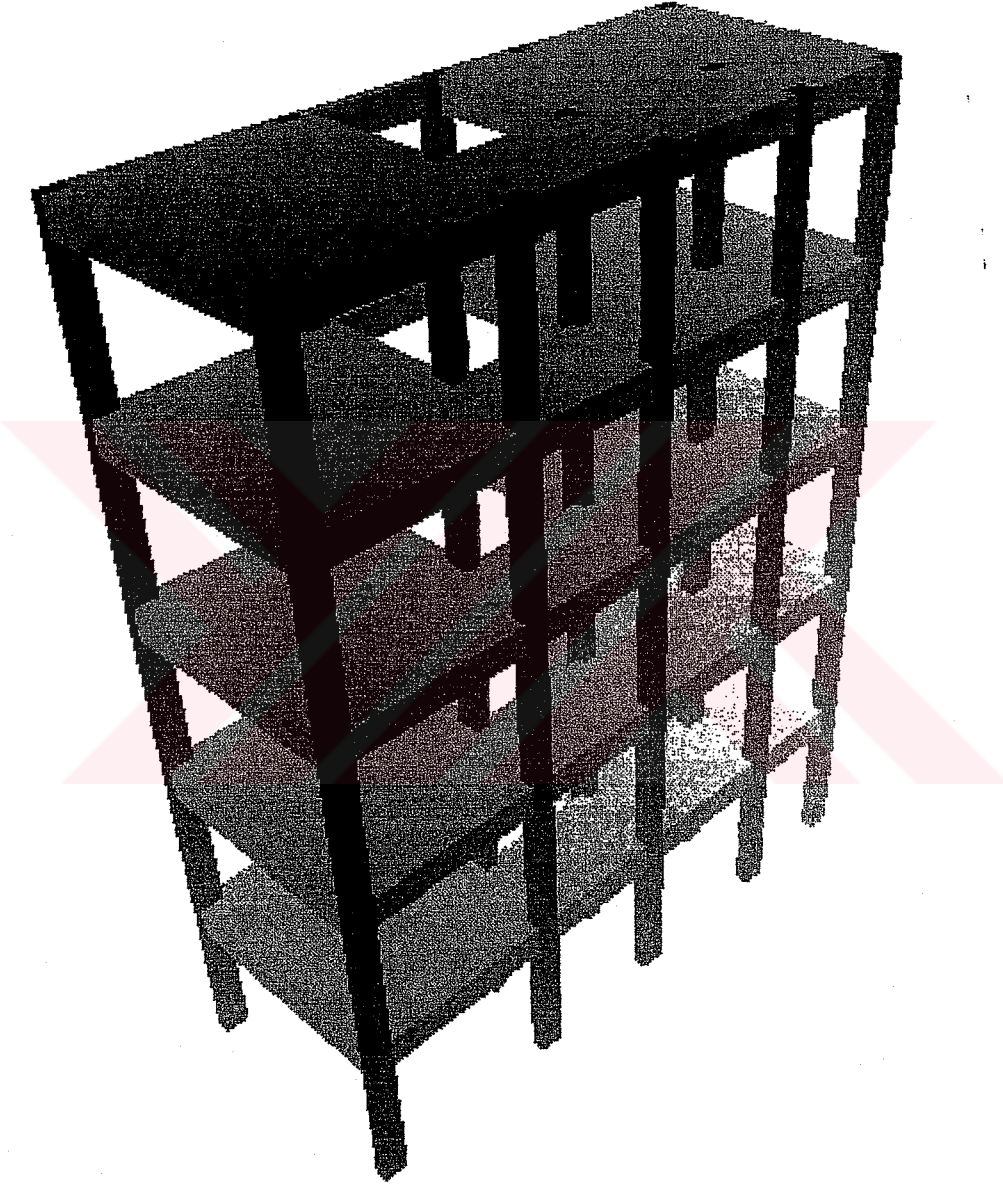


5. YÖNTEMLERİN UYGULANMASI

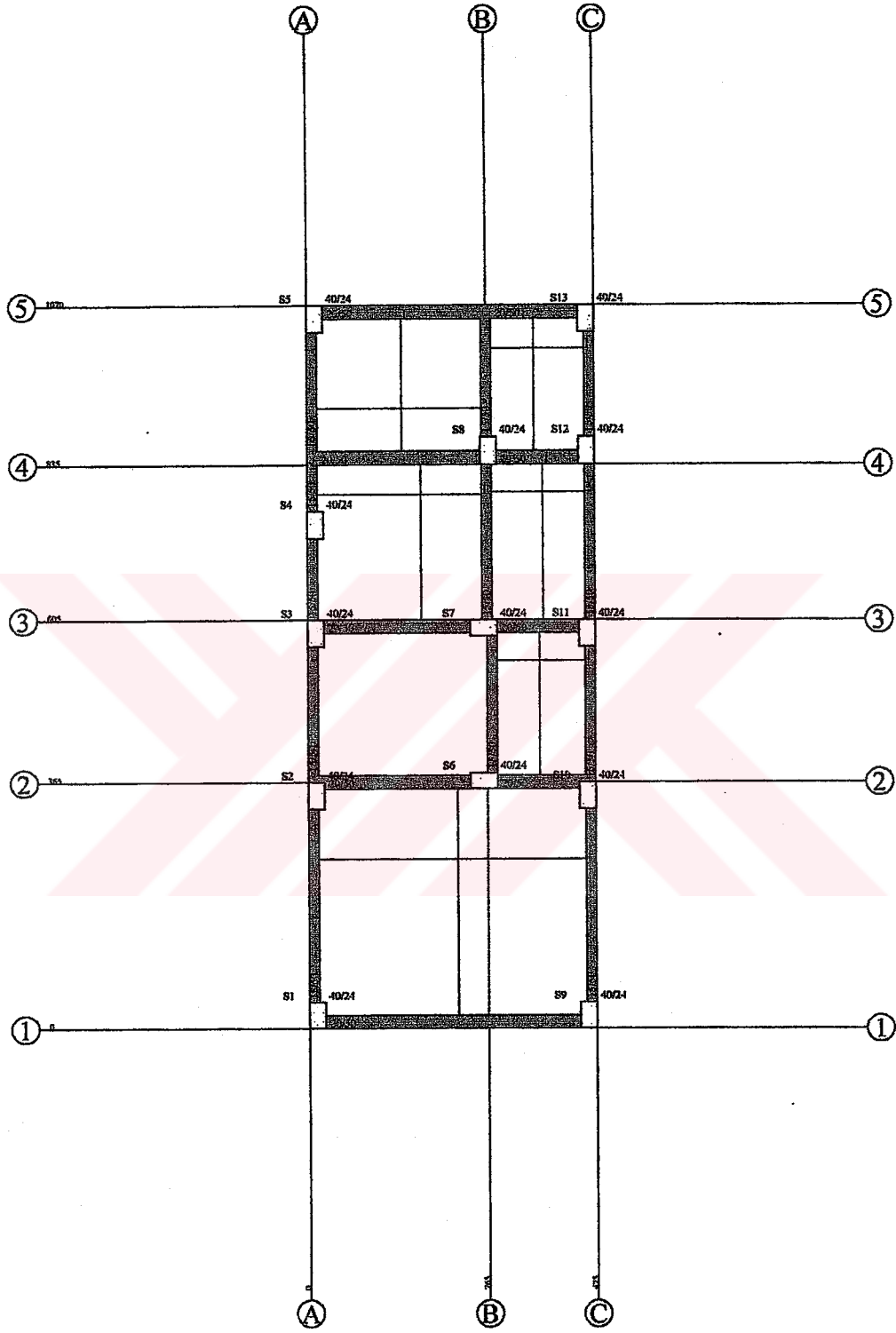
5.1. Uygulama Binası

Uygulama için İstanbul Fatih ilçesinde, 30 yılı aşmış olan 4 katlı bir bina seçilmiştir. Binanın İde Statik programı ile oluşturulmuş perspektif taşıyıcı sistemi Şekil 5.1 'deki gibidir.

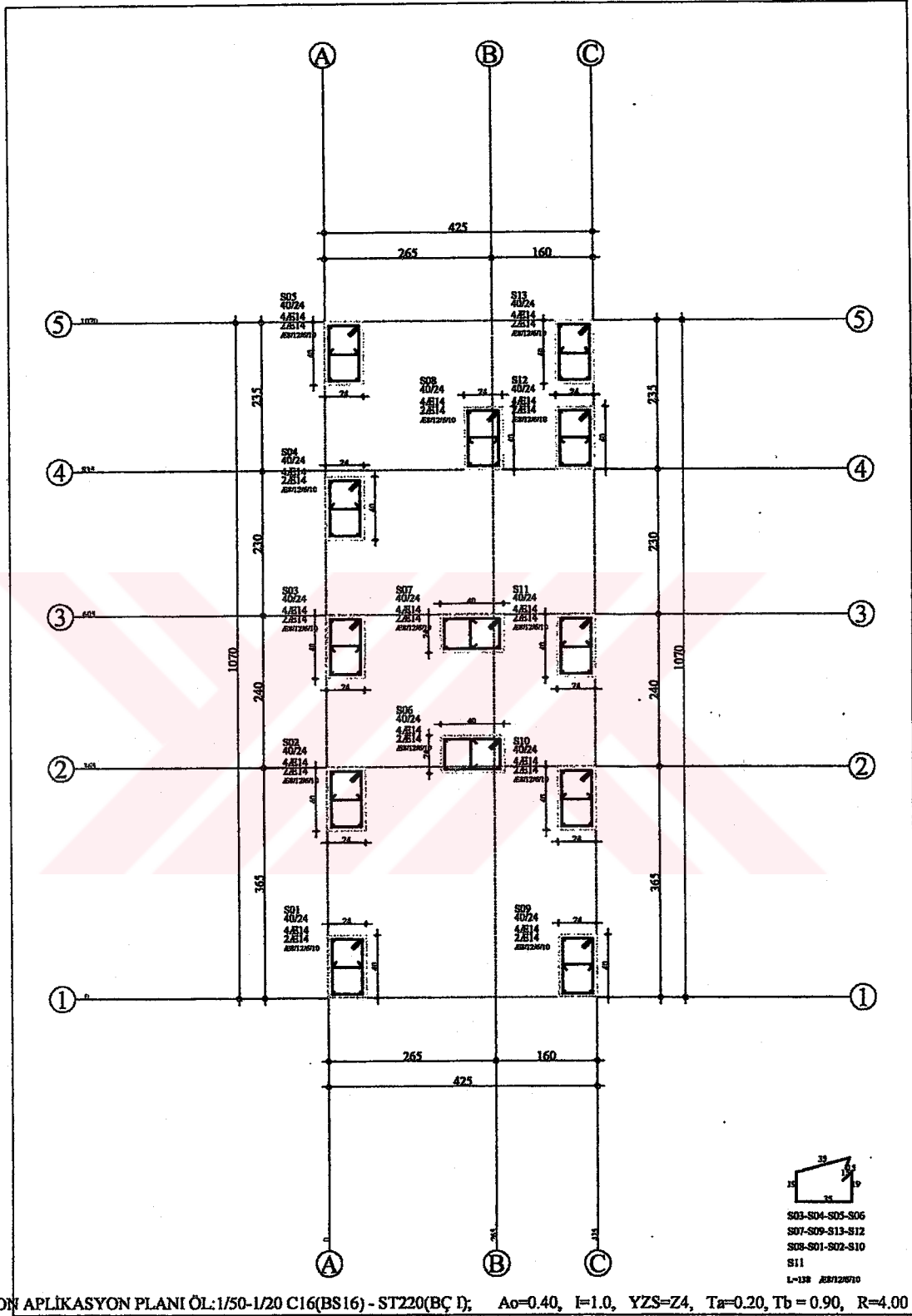




Şekil 5.1. Bina taşıyıcı sisteminin perspektif görüntüsü



Şekil 5.2. Zemin kat planı



Şekil 5.3. Zemin kat kolon aplikasyon planı

5.2. Hassan İndeks Yöntemi ile Değerlendirme

$$PI = CI + WI \quad (4.1)$$

$$WI = \frac{A_{wt}}{A_f} \cdot 100 \quad (4.2)$$

Tabanda hem X yönünde hem de Y yönünde etkin duvar alanı hesaplanmıştır.

$$(10.66 \times 0.10) \times 2 = 2.132 \text{ m}^2 \text{ (A ve D aksları üzerindeki duvar alanları)}$$

$$(7.05 \times 0.10) = 0.705 \text{ m}^2 \text{ (B ve C aksları üzerindeki duvar alanları)}$$

$$A_{mv} = 2.132 + 0.705 = 2.837 \text{ m}^2$$

$$A_f = 225 \text{ m}^2$$

Denklem 4.2 ifadesinde sonuçları yerlerine koyarsak, $WI = 0.126$

Aynı işlemleri X doğrultusu için yaptığımızda $WI = 0.0740$ olarak bulunur.

$$CI = \frac{A_{ce}}{A_f} \cdot 100 \quad (4.4)$$

Şimdi de CI değerlerini Denklem 4.4 yardımıyla hesaplayalım;

$$\text{Zemin kat kolon alanları toplamı, } 13 \times (0.40 \times 0.24) = 1.248 \text{ m}^2$$

$$A_{ce} = 1.248 / 2 = 0.624 \text{ m}^2 \text{ ve } CI \text{ değeri } 0.277 \text{ olarak bulunur.}$$

Sonuç olarak elde edilen bu değerler Hassan indeks grafiğinde işaretlendiğinde bina “orta hasarlı” olarak tanımlanan bölgede çıkmaktadır.

5.3. Ersoy-Tankut Yaklaşımı ile Değerlendirme

Bu metotta aşağıdaki şartların sağlanması durumunda bina emniyetli kabul edilir.

Yapının alt kat kolonları ve kuvvetli yönü incelenen doğrultudaki perdeleri aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$(k \cdot \sum A_c + \sum A_w) \geq 0.003 \cdot \sum A_p \quad (4.6)$$

Eğer yapı üç kattan fazla ise her bir doğrultuda aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\sum A_w \geq 0.002 \cdot \sum A_p \geq 0.01 \cdot A_{pb} \quad (4.7)$$

- $\sum A_c$: Zemin kat kolon alanları toplamı, $13 \times (0.40 \times 0.24) = 1.248 \text{ m}^2$
 $\sum A_w$: Zemin kat toplam perde duvar alanı (Projede perde yoktur.)
 $\sum A_p$: Binanın kat alanları toplam, 225 m^2
 A_{pb} : Zemin kat plan alanı, 45 m^2
 K : $1/3$

Bu değerler yerlerinde koyulursa,

Denklem 4.6 ifadesindeki koşulun sol tarafı; $(0.33 \times 1.248) = 0.41184$

Sağ tarafı ise $(0.003 \times 225) = 0.675$ olarak hesaplanır. Dolayısıyla ilk koşul sağlanmamıştır. Hasar oluşması muhtemeldir.

Yapımız 4 katlı olduğu için şimdi ikinci koşulu da inceleyelim.

Denklem 4.7 ifadesindeki koşulun sol tarafı; $(0.002 \times 225) = 0.45$

Sağ tarafı ise $(0.01 \times 45) = 0.45$ olarak hesaplanır.

Sonuç olarak ikinci şart sağlanmasına rağmen bina hasar görecektir. Denklem 4.6 ifadesinin değeri 1'den oldukça küçük olduğu için "ağır hasar" olacaktır. (Bknz. S.34)

5.4. Gülkan-Sözen Yaklaşımı ile Değerlendirme

Bu yöntem Hassan İndeks yöntemine bir çok açıdan büyük benzerlik göstermektedir. Aralarındaki tek fark bu yöntemin "katlar arası yer değiştirmeyi" de dikkate alan bir sistematik ile değerlendirme grafiğini oluşturmasıdır. Dolayısıyla Hassan indekste hesap ettiğimiz kolon ve duvar indeksleri burada da geçerlidir. Bu oranları grafikte işaretlediğimizde bina hafif hasarlı ve hasarsız diyebileceğimiz bir bölgede çıkmaktadır.

5.5. Sismik Değerlendirme Yöntemi

Hesaplamalar her iki eksen doğrultusunda ve birinci inceleme seviyesi içerisinde yapılacaktır. Öncelikle binanın ağırlığını hesaplayalım;

$$W = (10.66 \times 4.25) \times 5 \times 12 = 2718 \text{ kN}$$

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (4.18)$$

E_0 : Davranış ana indeksi

S_D : Tasarım ve boyutlandırmasına ait indeks

T : Taşıyıcı sisteminin zamanla bozulmasına ait indeks

$I_s > I_{s0}$ olduğunda yapının depreme karşı güvenli olduğuna, tersi durumda ($I_s < I_{s0}$) ise yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşılır.

Davranış ana indeksi için;

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 \cdot C_c) F_w \quad (4.19)$$

n : bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : göz önüne alınan kat

C_w : perdelerin dayanımı

C_c : kolonların dayanımı

a_1 : yer değiştirme uyum katsayısı ($a_1 = 0.7$; $C_w = 0$ olması durumunda $a_1 = 1.0$)

F_w : perde süneklik indeksi ($F_w = 1.0$)

$$C_c = (10A_{C1} + 7A_{C2}) \cdot f_{cd} / 200W \quad (4.22)$$

f_{cd} : beton hesap gerilmesi (MPa)

A_{C1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

A_{C2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

$$C_c = (10 \times 1.248) \times 16.7 / (200 \times 2.718) = 0.383$$

C_c değerini denklem 4.19' da yerine koyarsak;

$$E_0 = (4 + 1) / (4 + 1) (0 + (1 \times 0.383)) \times 1.0 = 0.383 \text{ olarak bulunur.}$$

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T = 0.383 \times 1.0 \times 0.8 = 0.306$$

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.8 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.25 = 0.70$$

Görüldüğü üzere I_s değeri I_{s0} değerinden oldukça küçüktür. Bu nedenle yapının Y doğrultusunda deprem davranış düzeyi yeterli değildir. Daha detaylı inceleme için ikinci seviyede bir inceleme yapılmalıdır. Binanın X doğrultusundaki incelemeye gerek yoktur. Çünkü bu doğrultuda hesabı etkileyen perde bulunmamaktadır.

5.6. FEMA 310 Yöntemi ile Değerlendirme

Tablo 5.1. ATC-21 Hızlı değerlendirme formu ile değerlendirme

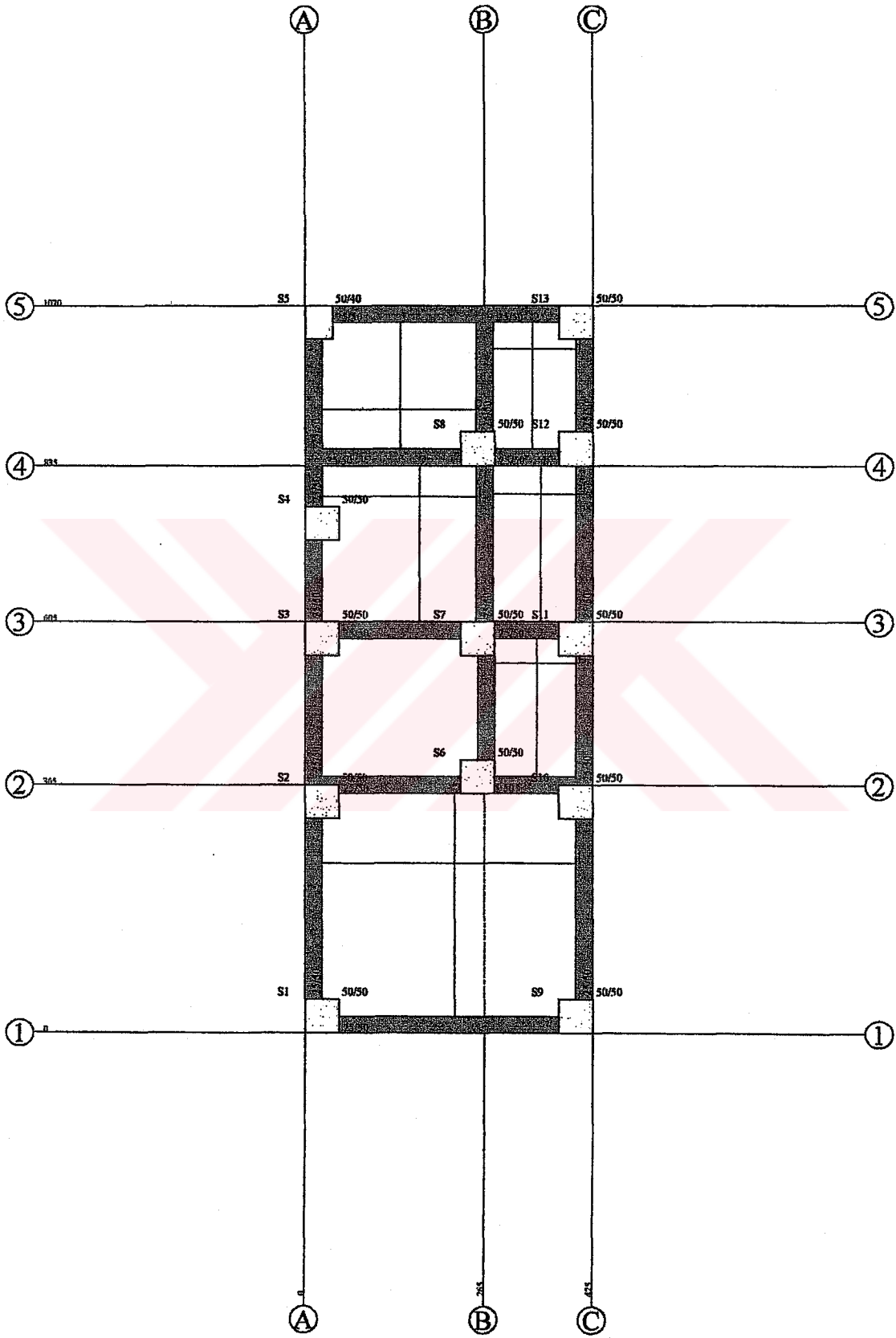
ATC-21 HIZLI HASAR DEĞERLENDİRME FORMU		
Bina adı: Masura Sokak No:5		
Adres: Ereğli Mah. Masura sokak No:5 ÇAPA-İSTANBUL		
Kat adedi/ İnşa yılı: 4 / 1970		
Toplam kat alanı:		
Kullanımı:		
Kişi Sayısı:		
Yapısal olmayan hasar tehlikesi var mı ?		
Ayrıntılı değerlendirme gerekli mi ?		
TAŞIYICI SİSTEM PUANLAMASI		
ANA PUAN	Yapı Türü	
	Betonarme Çerçevesi	Betonarme Perdeli
	2.0	3.0
Yüksek yapı	-1.0	-1.0
Kötü şartlar	-0.5	-0.5
Düşey düzensizlik	-1.0	-0.5
Yumuşak kat	-2.0	-2.0
Burulama	-1.0	-1.0
Planda düzensizlik	-0.5	-0.5
Kalın kaplama	-1.0	-1.0
Kısa kolon	-1.0	-1.0
Zemin 2	-0.3	-0.3
Zemin 3	-0.6	-0.6
Zemin 2 veya 3, ve Yüksek yapı	-0.8	-0.8

Bina, FEMA 310'un ilk aşaması olan ATC 21 hızlı değerlendirme safhasından başarıyla geçmiştir. Yapının ana hasar puanı 2 den aşağı düşmemiştir (Bkz. Tablo 5.1). Bu nedenle yapının yıkıcı hasar görmesi söz konusu değildir.

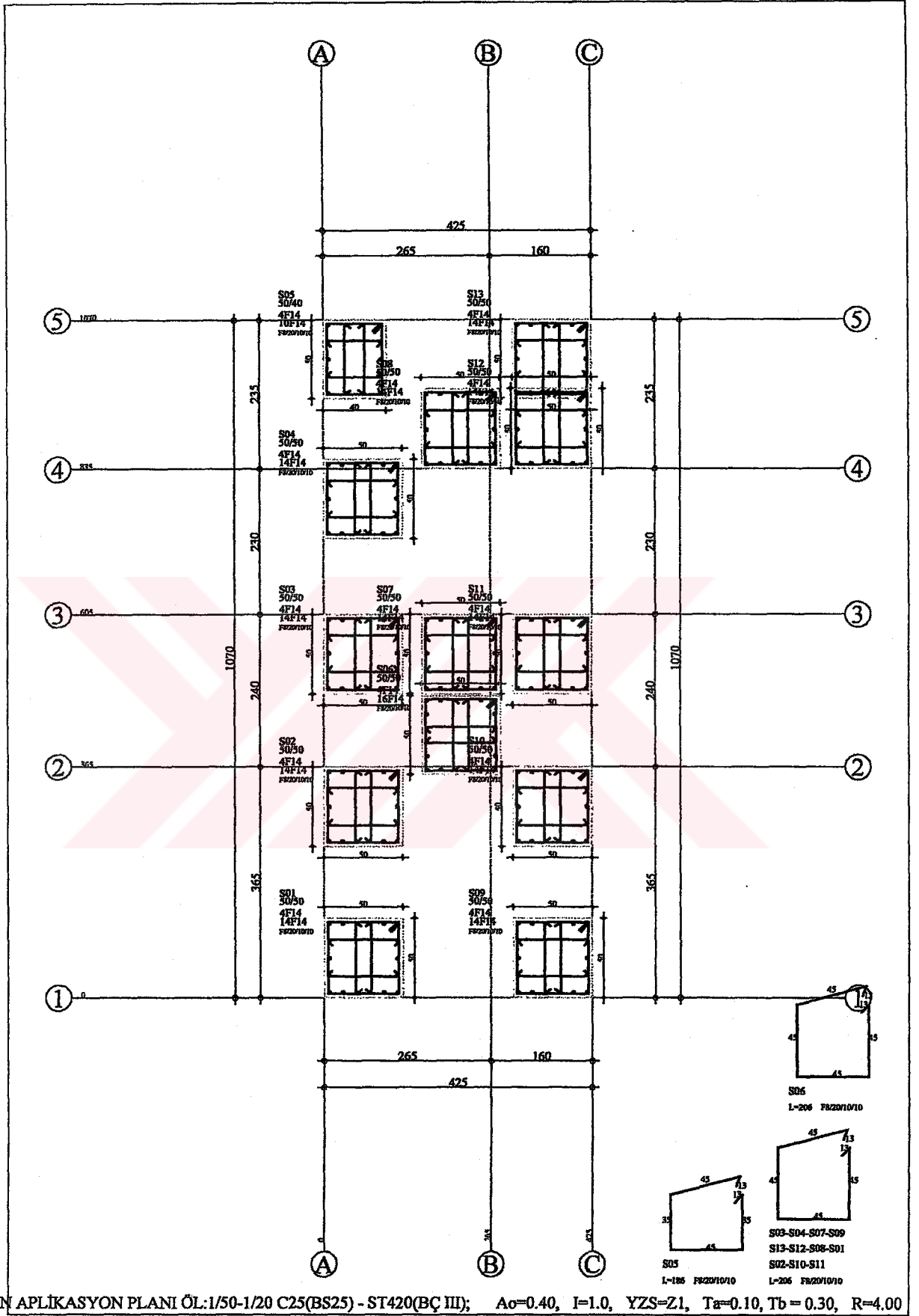
5.7. Yeniden Projelendirilmiş Bina Üzerinde Uygulama

TDY-98'e göre yeniden projelendirilen aynı binada, bu sefer taşıma gücü kapasitesi açısından yönetmeliğin öngördüğünün de üstünde bir boyutlandırma yapılmıştır. Bölüm 4'te değindiğimiz metotları şimdi de bu yeni bina üzerinde uygulayalım.





Şekil 5.4. Zemin kat planı



Şekil 5.5. Zemin kat kolon aplikasyon planı

5.8. Hassan İndeks Yöntemi ile Değerlendirme

$$PI = CI + WI \quad (4.1)$$

$$WI = \frac{A_w}{A_f} \cdot 100 \quad (4.2)$$

Tabanda hem X yönünde hem de Y yönünde etkin duvar alanı hesaplanmıştır.

$$(10.66 \times 0.20) \times 2 = 4.264 \text{ m}^2 \text{ (A ve D aksları üzerindeki duvar alanları)}$$

$$(7.05 \times 0.20) = 1.410 \text{ m}^2 \text{ (B ve C aksları üzerindeki duvar alanları)}$$

$$A_f = 225 \text{ m}^2$$

Denklem 4.2 ifadesinde sonuçları yerlerine koyarsak, $WI = 2.520$

Aynı işlemleri X doğrultusu için yaptığımızda $WI = 1.880$ olarak bulunur.

$$CI = \frac{A_{ce}}{A_f} \cdot 100 \quad (4.4)$$

Şimdi de CI değerlerini Denklem 4.4 yardımıyla hesaplayalım;

$$\text{Zemin kat kolon alanları toplamı, } 13 \times (0.5 \times 0.4) = 2.60 \text{ m}^2$$

$$A_{ce} = 2.60 / 2 = 1.30 \text{ m}^2 \text{ ve } CI \text{ değeri } 0.577 \text{ olarak bulunur.}$$

Sonuç olarak elde edilen bu değerler Hassan indeks grafiğinde işaretlendiğinde bina “hasarsız” olarak tanımlanan bölgede çıkmaktadır.

5.9. Ersoy-Tankut Yaklaşımı ile Değerlendirme

Bu metotta aşağıdaki şartların sağlanması durumunda bina emniyetli kabul edilir.

Yapının alt kat kolonları ve kuvvetli yönü incelenen doğrultudaki perdeleri aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

$$(k \cdot \sum A_c + \sum A_w) \geq 0.003 \cdot \sum A_p \quad (4.6)$$

Eğer yapı üç kattan fazla ise her bir doğrultuda aşağıdaki koşul sağlanmalıdır.

$$\sum A_w \geq 0.002 \cdot \sum A_p \geq 0.01 \cdot A_{pb} \quad (4.7)$$

$\sum A_c$: Zemin kat kolon alanları toplamı, $13 \times (0.50 \times 0.40) = 2.60 \text{ m}^2$

$\sum A_w$: Zemin kat toplam perde duvar alanı (Projede perde yoktur.)

$\sum A_p$: Binanın kat alanları toplam, 225 m^2

A_{pb} : Zemin kat plan alanı, 45 m^2

K : $1/3$

Bu değerler yerlerinde koyulursa,

Denklem 4.6 ifadesindeki koşulun sol tarafı; $(0.33 \times 2.60) = 0.859$

Sağ tarafı ise $(0.003 \times 225) = 0.675$ olarak hesaplanır. Dolayısıyla ilk koşul sağlanmıştır.

Yapımız 4 katlı olduğu için şimdi ikinci koşulu da inceleyelim.

Denklem 4.7 ifadesindeki koşulun sol tarafı; $(0.002 \times 225) = 0.45$

Sağ tarafı ise $(0.01 \times 45) = 0.45$ olarak hesaplanır.

İkinci şart da sağlanmıştır. Her iki koşul da sağlandığı için bina hasarsız çıkacaktır.

5.10. Gülkan-Sözen Yaklaşımı ile Değerlendirme

Bu yöntem Hassan İndeks yöntemine bir çok açıdan büyük benzerlik göstermektedir. Aralarındaki tek fark bu yöntemin “katlar arası yer değiştirmeyi” de dikkate alan bir sistematik ile değerlendirme grafiğini oluşturmasıdır. Dolayısıyla Hassan indekste hesap ettiğimiz kolon ve duvar indeksleri burada da geçerlidir. Bu oranları grafikte işaretlediğimizde bina hasarsız bölgesinde çıkmaktadır.

5.11. Sismik Değerlendirme Yöntemi

Hesaplamalar her iki eksen doğrultusunda ve birinci inceleme seviyesi içerisinde yapılacaktır. Öncelikle binanın ağırlığını hesaplayalım;

$$W = (10.66 \times 4.25) \times 5 \times 12 = 2718 \text{ kN}$$

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T \quad (4.18)$$

E_0 : Davranış ana indeksi

S_D : Tasarım ve boyutlandırmasına ait indeks

T : Taşıyıcı sisteminin zamanla bozulmasına ait indeks

$I_s > I_{s0}$ olduğunda yapının depreme karşı güvenli olduğuna, tersi durumda ($I_s < I_{s0}$) ise yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşılır.

Davranış ana indeksi için;

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_w + a_1 \cdot C_c) F_w \quad (4.19)$$

n : bodrum kat dışındaki toplam kat sayısı

i : göz önüne alınan kat

C_w : perdelerin dayanımı

C_c : kolonların dayanımı

a_l : yer değiştirme uyum katsayısı ($a_l = 0.7$; $C_w = 0$ olması durumunda $a_l = 1.0$)

F_w : perde süneklik indeksi ($F_w = 1.0$)

$$C_c = (10A_{C1} + 7A_{C2}) \cdot f_{cd} / 200W \quad (4.22)$$

f_{cd} : beton hesap gerilmesi (MPa)

A_{C1} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

A_{C2} : Temiz yükseklik / Kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (m^2)

$$C_c = (10 \times 2.60) \times 16.7 / (200 \times 2.718) = 0.798$$

C_c değerini denklem 4.19' da yerine koyarsak;

$$E_0 = (4 + 1) / (4 + 1) (0 + (1 \times 0.798)) \times 1.0 = 0.798 \text{ olarak bulunur.}$$

$$I_s = E_0 \cdot S_D \cdot T = 0.798 \times 1.0 \times 0.8 = 0.638$$

$$I_{s0} = E_s \cdot Z \cdot G \cdot U = 0.8 \times 0.7 \times 1.0 \times 1.25 = 0.70$$

Görüldüğü üzere I_s değeri I_{s0} değerinden az bir farkla küçüktür. Buna rağmen yapıda hasar meydana gelecektir. Ancak aradaki fark göz önüne alınırsa hasar seviyesi hafif olacaktır.

5.12. FEMA 310 Yöntemi ile Değerlendirme

ATC-21 Hızlı davranış değerlendirme yönteminde puan kaybı olmadığı için bina emniyetli çıkmaktadır. Ancak çalışmamızın kapsamı gereği FEMA 310 yöntemi ile binayı detaylı inceleyim.

Yapı, C1 tipinde (betonarme çerçeve) ve konut olarak kullanılmaktadır. Deprem sonrası (hastane, enerji yapıları vs. gibi) acil kullanım ihtiyacı olmadığı için “can güvenliği” performans seviyesi tercih edilir. Bu performans seviyesine bağlı kontrol listeleri Tablo 4.15 yardımıyla belirlenir. Bu tablo neticesinde aşağıdaki kontrol listeleri değerlendirme için kullanılacaktır.

Ana yapısal kontrol listesi

Ek yapısal kontrol listesi

Jeolojik bölge tehlikesi ve temeller kontrol listesi

Ana yapısal olmayan elemanlar kontrol listesi

Bina İstanbul ili sınırları içinde olduğundan “yüksek deprem riski” olan bir bölgededir. Buna göre $S_1=0.6$ ve $S_S=1.5$ olacaktır.

Zemin sınıfı B, kaya olarak kabul edilmiştir. , $F_v= 1.0$ ve $F_a= 1.0$ (Bkz. FEMA Tablo B.3.5 ve B.3.6)

$S_{D1} = 2/3F_vS_1 = 0.4$ (FEMA Denklem B.3.5)

$S_{DS} = 2/3F_aS_S = 1.5$ (FEMA Denklem B.3.6)

Ana yapısal kontrol listesi (FEMA B.3.7)

Bina Sistemi ile ilgili değerlendirme

Yük akışı: Yapı, can güvenliği ve acil yerleşim performans seviyeleri için, kütlelerden oluşan eylemsizlik kuvvetlerinden oluşan sismik kuvvet etkilerini temellere aktaran bütün bir yük akış yolu içermelidir (Doğru, yapı düzenli çerçevelerden oluşmaktadır).

Bitişik nizam yapılar: Bitişik bina, can güvenliği ve acil yerleşim için, incelenen binaya yüksekliğinin %4' ünden yakın konumlandırılmamış olmalıdır (Yanlış, yan binaların her ikisinde binaya bitişiktir).

Asma katlar: Asma katlar, can güvenliği ve acil yerleşim için, ana yapıdan ayrı tutulmalı, veya katlar yanal yük taşıyıcı sisteme rijitlenmelidir (Uygulanamaz, binada asma kat mevcut değildir).

Zayıf kat: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin dayanımı, can güvenliği ve acil yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin dayanımının %80' inden az veya eşit olmayacaktır (Doğru, kolonlarda katlar arasında boyut ve donatı miktarında bir değişme yoktur).

Yumuşak kat: Herhangi bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin rijitliği, can güvenliği ve acil yerleşim için, kendisinin altındaki veya üstündeki katın yanal yük taşıyıcı sisteminin rijitliğinin %70' inden, veya üst veya alt üç katın ortalama rijitliğinin %80' inden az veya eşit olmayacaktır. (Doğru, kolonların en kesitlerinde ve rijitliğe etki eden boylarında bir değişme söz konusu değildir).

Geometri: Bir kattaki yanal yük taşıyıcı sistemin yatay boyutunda, can güvenliği ve acil yerleşim için, kendisine bağlı katlardakinin %30'un'dan fazla değişim olmamalıdır (Doğru, taşıyıcı sistemin en kesit boyutlarında değişim yoktur).

Düşeyde süreksizlikler: Yanal yük taşıyıcı sisteminin tüm düşey elemanları temele kadar sürekli olmalıdır (Doğru, taşıyıcı sistemde düşeyde bir süreksizlik söz konusu değildir).

Kütle: Bir kattan diğerine, can güvenliği ve acil yerleşim için, efektif kütlede %50'den fazla değişim olmamalıdır. (Doğru, bütün katların kütlesi eşittir).

Betonarmede kötüleşme: Yanal yük taşıyıcı sistemdeki düşey elemanlarda, betonda veya donatıda gözle görülür kötüleşme olmamalıdır (Doğru, beton kalitesinde gözle görülür bir kötüleşme mevcut değildir. Ancak bina 34 yıllık olduğu için betonda bazı kayıpların olması doğaldır).

Art germe ankrajları: Art germe civarında paslanma belirtileri olmamalıdır. Sargı ankrajları kullanılmamış olmalıdır (Uygulanamaz, art germe ankraji mevcut değildir).

Yanal yük taşıyıcı sistem

Bolluk: Her bir ana aks yönündeki moment çerçevesi sayısı, can güvenliği ve acil yerleşim için, en az 2 olmalıdır. Her bir moment çerçevesindeki açıklık sayısı, Can Güvenliği için en az 2, Acil Yerleşim için en az 3 olmalıdır (Doğru, can güvenliği göz önüne alınarak bu inceleme yapılınc bu koşul sağlanmaktadır).

Bölme duvarları: Moment çerçeveleri içindeki tüm dolgu duvarlar yapısal elemanlardan izole olmalıdır (Yanlış, yapıdaki tüm dolgu duvarlar izole değildir).

Kayma gerilmesi kontrolü: Kayma gerilmesi, can güvenliği ve acil yerleşim için, 100 psi' den veya $2\sqrt{f_c}$ ' den az olmalıdır (Yanlış).

İdestatik programı yardımıyla modellediğimiz binada deprem etkisiyle oluşan kat kesme kuvvetleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.2. Kat kesme kuvvetleri

Kat	h_i	V_i
Zemin Kat	0	2.72
1	2.80	4.08
2	5.60	5.45
3	8.40	6.81
4	11.20	8.17

Şimdi bu bilgiler ışığında kayma gerilmesi kontrolünü yapalım,

$$v_{ort} = \frac{1}{m} \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (4.35)$$

n_c : Toplam kolon sayısı (13)

n_f : Hesap yönündeki çerçevelerin toplam sayısı (5,3)

A_c : Hesap yapılan kattaki kolonların kesit alanları toplamı (13 x 0.40 x 0.24 = 1.25)

V_j : j katındaki kesme kuvveti

m :Eleman modifikasyon değeri, can güvenliği performans seviyesi için 2 alınacaktır.

Tablo 5.3. Kayma gerilmeleri

Kat	v_{ort} (kN/m ²) $n_f=5$ iken Y yönünde	v_{ort} (kN/m ²) $n_f=3$ iken X yönünde	100Psi = 689.17 kN/m ²
Zemin Kat	1768	1414	Sağlamıyor
1.Kat	2652	2120	Sağlamıyor
2.Kat	3542	2834	Sağlamıyor
3.Kat	4426	3541	Sağlamıyor
4.Kat	5310	4248	Sağlamıyor

Normal gerilme kontrolü: Kolonlarda devirme kuvvetleri ve ağırlık yükleri sebebiyle oluşan normal gerilme, can güvenliği ve acil yerleşim için, 0.10 f_c 'den az olmalıdır (Yanlış).

Bağlantılar

Betonarme kolonlar: Tüm betonarme kolonlar, Can Güvenliği performans seviyesi için temele saplanmış olmalıdır. Acil Yerleşim için, ankrajların kapasitesi kolonun çekme kapasitesine varabilmelidir (Doğru, projede ankraj donatıları kolonun

kapasitesini karşılayacak şekilde düzenlenmiştir).

Ek yapısal kontrol listeleri (FEMA 3.7.9)

Yanal yük taşıyıcı sistem

Kirişsiz döşeme: Yanal yük taşıyıcı sistem, kolonlar ve kirişsiz döşemelerin oluşturduğu bir çerçeve olmayacaktır. (Doğru, binada kirişsiz döşeme bulunmamaktadır).

Ön germeli çerçeve elemanları: Yanal yük taşıyıcı sistem ön germeli veya art germeli elemanlardan oluşmamalıdır (Doğru, binada ön germeli veya art germeli eleman bulunmamaktadır).

Kısa kolonlar: Bir kattaki tipik kolonların nominal yükseklik/derinlik oranının can güvenliği performans seviyesi için %50, acil yerleşim performans seviyesi için %75' inden az yükseklik/derinlik oranına sahip kolon bulunmayacaktır (Doğru, yapıda kısa kolon mevcut değildir).

Kayma göçmesi olmaması: Çerçeve elemanlarının kesme dayanımları, kolonların altında ve üstünde eğilme dayanımlarını karşılayabilmelidir (Yanlış).

Kuvvetli kolon zayıf kiriş: Bir çerçeve birleşim noktasında kolonların moment kapasiteleri, kirişlerinkinden %20 daha fazla olmalıdır (Yanlış).

Kiriş donatıları: Kirişin başından sonuna kadar uzunluğu boyunca altta ve üstte en az 2' şer boyuna donatı sürekli olarak uzanmalıdır. Birleşim noktalarındaki pozitif veya negatif moment için kullanılan boyuna donatının en az %25' i, can güvenliği ve acil yerleşim için, kirişin başından sonuna kadar sürekli olarak uzanmalıdır (Doğru).

Kolona donatı bindirmeleri: Tüm kolon donatı bindirme eki boyları, Can Güvenliği için $35 d_b$ ' den Acil yerleşim için de $50 d_b$ 'den büyük olmalı ve en az $8 d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır (Doğru).

Kiriş donatı bindirmeleri: Boyuna kiriş donatıları için bindirme ekleri, birleşim bölgelerinin $l_b/4$ yakınlığı içinde ve potansiyel plastik mafsal bölgesi civarlarında olmamalıdır (Doğru).

Kolon etriye aralıkları: Çerçeve kolonlarında uzunlukları boyunca, can güvenliği ve acil yerleşim için $d/4$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır (Doğru).

Kiriş etriye aralıkları: Tüm kirişlerde can güvenliği ve acil yerleşim için $d/2$ veya daha az aralıklı etriyeler olmalıdır (Doğru).

Birleşim bölgesi donatısı: Kiriş kolon birleşim bölgeleri, can güvenliği ve acil yerleşim için en fazla $8 d_b$ aralıklı etriyelerle sarılmış olmalıdır (Yanlış).

Birleşim dış merkezliği: Kiriş ve kolon merkez çizgileri arasında kolon küçük boyutunun %20'sinden büyük dışmerkezlik olmamalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır (Uygulanamaz, bina can güvenliği performans seviyesinde incelenmektedir).

Etriye kancaları: Kolon ve kiriş etriyeleri eleman beton çekirdeklerine en az 135° lik kancalarla ankre edilmiş olmalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır (Uygulanamaz, bina can güvenliği performans seviyesinde incelenmektedir).

Döşemeler

Döşeme sürekliliği: Diyaframlar, bölünmüş kat döşemelerinden oluşmamalıdır. Ahşap binalarda, diyaframlarda derz aralığı bulunmamalıdır. (Doğru, döşemeler kat içerisinde süreklidirler.)

Planda düzensizlikler: Döşeme boşluğu köşelerinde ve diğer plan düzensizliklerinin olduğu yerlerde diyaframın dayanımını karşılayacak çekme kapasitesi olmalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır (Uygulanamaz, binamız can güvenliği performans seviyesine göre incelenmektedir. Ayrıca

döşemelerde boşluk da yoktur).

Birleşimler

Kazık başlıklarında yanal yük: Kazık başlıklarında üst donatı bulunmalıdır ve can güvenliği performans seviyesinde kazıklar kazık başlıklarına ankre edilmiş olmalıdır, ve acil yerleşim performans seviyesinde kazık başlıkları kazıkların çekme kapasitesini karşılayabilmelidir (Uygulanamaz, kazık temel yoktur).

Jeolojik bölge tehlikesi ve temel kontrol listesi (FEMA B.3.8)

Zeminde sıvılaşma: Binanın sismik performansını tehlikeye sokan sıvılaşmaya karşı hassas, doyuma ulaşmış, düşük granülü zeminler, can güvenliği ve acil yerleşim için, binanın 15 metre altına kadar derinlikte bulunmayacaktır (Doğru, bina kaya zemin üzerindedir).

Şev kayması: Bina bölgesi potansiyel deprem sebepli şev kaymasından yeteri kadar uzak olmalıdır (Doğru, bina şev kayması tehlikesine maruz değildir).

Yüzeyde fay çatlakları: Bina bölgesinde yüzeyde fay çatlakları olmamalıdır (Doğru).

Temellerin Vaziyeti

Temel performansı: Temellerde haddinden fazla çökme veya yukarı kalkma gibi yapının bütünlüğüne veya dayanımına tesir edecek temel hareketlerine dair bir işaret olmamalıdır (Doğru).

Kötüleşme: Temel elemanların korozyon, sülfat etkisi, malzeme bozulması, veya yapının bütünlüğü ve dayanımını etkileyecek diğer sebepler sebebiyle kötüleşmeye dair bir işaret olmayacaktır (Doğru).

Temellerin kapasiteleri

Kazık temeller: Kazık temeller can güvenliği ve acil yerleşim için, minimum 1.2 metre saplanma derinliğine sahip olmalıdır (Uygulanamaz, kazık temel sistemi uygulanmamıştır).

Derin temeller: Kazıklar ve payandalar yapı ile zemin arasındaki yanal kuvvetleri transfer edebilmelidir. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır. (Uygulanamaz, bina can güvenliği performans seviyesinde incelenmektedir).

Kayma bölgeleri: Binanın bir yanındakiyle diğer yanı arasındaki seviye farkı, yarım kat yüksekliğini aşmamalıdır. Bu ifade yalnızca acil yerleşim performans seviyesine uygulanacaktır (Uygulanamaz, bina can güvenliği performans seviyesinde incelenmektedir).

5.13. Yöntemlerin Sonuçlarının Özetlenmesi

Uygulama binasında incelenen tüm yöntemlerinin sonuçları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 5.4. Yöntemlerin sonuçlarının tablo olarak gösterimi

	Mevcut Proje
Hassan İndeks	Orta Hasar
Ersoy-Tankut Yaklaşımı	Hasarlı
Gülkan-Sözen Yaklaşımı	Hasarsız
Sismik İndeks Yöntemi	Hasarlı ($I_s = I_{s0}$)
ATC 21 Hızlı Davranış Değerlendirme yöntemi	Hasarsız (Puan eksiltme=0)
FEMA 310 Yöntemi	Hasarlı
Kolonlara Gelen Kesme Kuvvetine göre	$R=4$ için; $v_{s1}=2.3 \text{ kg/cm}^2$ Hasarlı
TDY-98'e göre	Birinci katta kolonlarda ortalama olarak %50'ye varan boy donatı eksikliği mevcuttur.

SONUÇLAR

Çalışmada incelenen yöntemlerin en kapsamlısı “sismik değerlendirme indeksi ve FEMA 310 metodudur. Bu yöntemler kullanıldıkları ülkede inceleme standardı olmuşlardır. Sismik değerlendirme indeksi ile inceleme sonucunda bina hasarlı çıkarken FEMA 310 yönteminde yine hasarlı sonucuna ulaşılmıştır.

Hassan İndeks’e göre binada orta hasar meydana gelmektedir. Ersoy-Tankut yaklaşımında ise bina ağır hasarlı olurken, Gülkan-Sözen’de hafif hasarlı sonucuna ulaşılmaktadır. Hassan indeks çok önemli bir etki olan beton dayanımını dikkate almamaktadır. Ersoy-Tankut yaklaşımı ise daha ziyade içerisinde mutlaka perde olan yapıları incelemede kullanılmalıdır.

İstatistiksel yöntemler ile inceleme yapmak için mutlaka çevredeki diğer binaların durumlarının da dikkate alınması gerekir. İstatistiksel yöntemler ile tek bir binadan ziyade stok halinde bulunan binalar incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. BAYÜLKE, N., 1999. Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, 17-75.
2. BAYÜLKE, N., 1998. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı tasarımı, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi
3. ABYYHY-98, 1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
4. YÜCEMEN, M. S., BULAK, B. S., 2000. Yapılarda Deprem Hasarının Tahmini : Hasar Olasılık Matrisleri, Bülten, KTMMOB, No:3, pp. 15-22, Lefkoşa, KKTC.
5. YÜCEMEN, M. S., 2002. Prediction of Potential Seismic Damage to Reinforced Concrete Buildings Based on Damage Probability Matrices, Proc. of the Sixth International Conf. on Concrete Technology for Developing Countries, Amman, Jordan.
6. SHIGA, T, 1977. Earthquake Damage and the Amount of Walls in Reinforced Concrete Buildings, Proc. of the Sixth World Conf. on Earthquake Engineering, India, pp. 2467-2472.
7. GÜRPINAR, A., ABALI, M., YÜCEMEN, M. S., YEŞİLÇAY, Y., 1978. Zorunlu Deprem Sigortası Uygunluğu, DMAE, Rapor No: 78-05, ODTÜ, Ankara.
8. SPSS Inc., 2001. SPSS Base 11.0, User's Guide, Chicago, Illinois.
9. KTMMOB, 1998. Deprem Mühendisliği Semineri, Lefkoşa, KKTC
10. ERSOY, U., TANKUT, T., 1996. Az Katlı Yapıların Deprem Tasarımına İlişkin Bir Öneri, Türkiye Mühendislik Haberleri, No:386, pp. 40-43.
11. SÖZEN, M. A., HASSAN, A. F., 1997. Seismic Vulnerability Assesment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes, ACI Structural Journal, Vol.94, No:1, pp. 31-39.
12. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT, 1998. FEMA 310-Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings, Washington.
13. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT, 1998. ATC-21 Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook, Washinton

14. GÜLKAN, P., YAKUT, A., SUCUOĞLU, H., YÜCEMEN, M. S., ÇITIPİTİOĞLU, E., 1994. Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar için Hasar Tespit Formunun Hazırlanması, DMAE, Rapor No: 94-01, ODTÜ, Ankara
15. JAPON BUILDING DISASTER PREVENTION ASSOCIATION, 1990, Standards for Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings, Tokyo
16. GÜLKAN, P., SÖZEN, M., ERSOY, U., YORULMAZ, M., AŞKAR, G., 1997. Betonarme Binaların Deprem Güvenliği Tespiti için Alternatif Bir Yaklaşım, Türkiye Deprem Vakfı, TDV-TR 97-011, İstanbul.
17. CELEP, Z., KUMBASAR, N., 1993. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Sema Matbaacılık, İstanbul.
18. ÇELİK, T., ÖZTORUN, N., GÜRSOY, G., YILDIZLAR, B., DAMCI, E., 2003. Türkiye Genelinde Yapı Durum Tespiti için Bir Algoritma, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul

EK-A.
UYGULAMA BİNASININ BELİRLİ KRİTERLERE GÖRE
DEĞERLENDİRMESİ

Kat No		Kolon No	b (m)	h (m)	Alan (cm ²)	Mevcut Donatı	Olması gereken (TDY 98)	Mevcut Donatı Alanı(cm ²)	Gereken Donatı Alanı (cm ²)	Mevcut Donatı Porsantajı	Olması Gereken Porsantajı	Eksik Porsantajı	Eksik Donatı %	Analizden Gelen N (ton)	Kolonun Taşıma Gücü Ac*fck=N0	N/N0	Vy (y yönünde oluşan kesme kuvveti, ton)	Vx (x yönünde oluşan kesme kuvveti, ton)	Vy/Ac (Kg/cm ²)	Vx/Ac (Kg/Cm ²)
1.Kat		S1	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	33.178	153.600	0.218	1.40	0.35	1.458	0.364
		S2	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	29.416	153.600	0.192	1.97	0.77	2.052	0.802
		S3	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	24.742	153.600	0.161	2.16	0.42	2.250	0.438
		S4	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	27.622	153.600	0.180	0.78	0.58	0.513	0.604
		S5	40	24	960	60/14	100/14	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	30.398	153.600	0.198	2.34	0.27	2.438	0.281
		S6	40	24	960	60/14	160/14	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	30.268	153.600	0.197	0.05	4.23	0.052	4.406
		S7	40	24	960	60/14	160/14	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	31.470	153.600	0.205	0.02	4.94	0.021	4.833
		S8	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	35.914	153.600	0.234	2.45	0.04	2.552	0.042
		S9	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	32.484	153.600	0.211	1.36	0.35	1.417	0.365
		S10	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	28.820	153.600	0.188	1.24	0.73	1.292	0.780
		S11	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	26.148	153.600	0.170	1.33	0.56	1.385	0.563
		S12	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	25.620	153.600	0.166	1.36	0.36	1.417	0.375
		S13	40	24	960	60/14	100/14	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	24.684	153.600	0.161	2.18	0.17	2.271	0.177
Zemin Kat		S1	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	26.510	153.600	0.173	1.28	0.36	1.333	0.375
		S2	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	23.500	153.600	0.153	1.76	0.72	1.833	0.750
		S3	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	20.174	153.600	0.131	1.94	0.34	2.021	0.354
		S4	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	22.190	153.600	0.144	1.12	0.48	1.167	0.500
		S5	40	24	960	60/14	100/14	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	24.330	153.600	0.158	2.13	0.25	2.219	0.260
		S6	40	24	960	60/14	160/14	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	24.148	153.600	0.157	1.05	3.59	1.094	3.740
		S7	40	24	960	60/14	160/14	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	24.932	153.600	0.162	1.07	4.13	1.115	4.302
		S8	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	27.828	153.600	0.181	2.22	0.50	2.313	0.521
		S9	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	25.944	153.600	0.169	1.25	0.49	1.302	0.510
		S10	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	23.078	153.600	0.150	1.12	0.70	1.167	0.729
		S11	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	21.212	153.600	0.138	1.19	0.36	1.240	0.375
		S12	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	20.752	153.600	0.135	1.20	1.28	1.250	1.333
		S13	40	24	960	60/14	100/14	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	19.896	153.600	0.130	1.96	0.29	2.042	0.302
S1	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	19.872	153.600	0.129	1.09	0.34	1.135	0.354		
S2	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	17.596	153.600	0.115	1.45	0.63	1.510	0.656		
S3	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	15.130	153.600	0.099	1.61	0.25	1.677	0.260		
S4	40	24	960	60/14	80/14	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	16.686	153.600	0.109	0.63	0.38	0.656	0.366		

		2.Kat										3.Kat										4.Kat									
S5	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	18.292	153.600	0.119	1.81	0.20	1.885	0.208													
S6	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	18.102	153.600	0.118	0.05	2.97	0.052	3.094													
S7	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	18.610	153.600	0.121	0.01	3.42	0.010	3.563													
S8	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	20.480	153.600	0.133	1.87	0.04	1.948	0.042													
S9	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	19.432	153.600	0.127	1.06	0.36	1.104	0.375													
S10	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	17.338	153.600	0.113	0.93	0.63	0.989	0.656													
S11	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	16.014	153.600	0.104	0.98	0.41	1.021	0.427													
S12	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	15.686	153.600	0.102	0.98	0.19	1.021	0.198													
S13	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	14.966	153.600	0.098	1.64	0.22	1.708	0.229													
S1	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	13.234	153.600	0.086	0.82	0.29	0.854	0.302													
S2	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	11.750	153.600	0.076	1.05	0.49	1.094	0.510													
S3	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	10.110	153.600	0.068	1.17	0.14	1.219	0.148													
S4	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	11.144	153.600	0.073	0.47	0.24	0.490	0.250													
S5	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	12.210	153.600	0.079	1.35	0.14	1.406	0.146													
S6	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	12.110	153.600	0.079	0.04	2.15	0.042	2.240													
S7	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	12.430	153.600	0.081	0.02	2.48	0.021	2.583													
S8	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	13.652	153.600	0.089	1.39	0.04	1.448	0.042													
S9	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	12.936	153.600	0.084	0.81	0.29	0.844	0.302													
S10	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	11.588	153.600	0.075	0.68	0.51	0.708	0.531													
S11	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	10.672	153.600	0.069	0.70	0.30	0.729	0.313													
S12	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	10.462	153.600	0.068	0.70	0.10	0.729	0.104													
S13	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	9.978	153.600	0.065	1.21	0.13	1.280	0.135													
S1	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	6.596	153.600	0.043	0.50	0.25	0.521	0.250													
S2	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	5.946	153.600	0.039	0.55	0.34	0.573	0.354													
S3	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	4.658	153.600	0.030	0.63	0.26	0.656	0.271													
S4	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	5.616	153.600	0.037	0.25	0.07	0.260	0.073													
S5	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	6.112	153.600	0.040	0.81	0.06	0.844	0.063													
S6	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	6.218	153.600	0.040	0.03	1.12	0.031	1.167													
S7	40	24	960	6014	16014	9.236	24.617	0.00963	0.0257	0.01607	63	6.366	153.600	0.042	0.03	1.31	0.031	1.365													
S8	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	7.258	153.600	0.047	0.08	0.04	0.083	0.042													
S9	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	6.454	153.600	0.042	0.49	0.24	0.510	0.250													
S10	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	5.828	153.600	0.038	0.36	0.37	0.375	0.385													
S11	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	5.112	153.600	0.033	0.34	0.15	0.354	0.156													
S12	40	24	960	6014	8014	9.236	12.308	0.00963	0.013	0.00337	26	5.080	153.600	0.033	0.32	0.02	0.333	0.021													
S13	40	24	960	6014	10014	9.236	15.386	0.00963	0.016	0.00637	40	4.860	153.600	0.032	0.68	0.01	0.708	0.010													



EK-B.
AFET İŞLERİ HASAT TESPİT FORMU

T.C
BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MÜHENDİSLİK HİZMETİ GÖRMÜŞ YAPILAR İÇİN HASAR TESPİT FORMU

İDARİ BİLGİLER

İl : Değerlendirenler İmza
İlçe :
Köy / Mahalle :
Sokak :
Dış kapı No. :

Formun doldurulduğu tarih :
Fotoğraf çekildi mi? :
Afet türü:
Olduğu tarih :
Can kaybı (biliniyorsa) :

Kullanım amacı:

Konut İşyeri Resmi (kullanım amacı)
 Sanayi Otel, Restoran Hastane, Klinik, Sağlık merkezi Diğer

Bağımsız birim adedi

<u>Bağımsız Birim No.</u>	<u>Mülkiyet Sahibi</u> Adı, Soyadı	<u>Kullanan</u> Adı, Soyadı	<u>Projelendirildiği tarih :</u> İnşa tarihi :	Mimari proje : <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok	Statik proje : <input type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
1.					
2.					
3.					
4.					
.					
.					
.					

(Gerekirse ekleyiniz)

2. GENEL BİLGİLER

Genel Not : 2. ve 3. bölümlerde işaretlenen bazı kutuların yanında parantez içinde Hasar Artırıcı Puan yazılıdır.
Bunların toplamı 5. bölümde kullanılmaktadır.

Plandaki Geometri:

Dikdörtgen T Şeklinde
 L Şeklinde U Şeklinde Diğer

Kroki:

Plan (Takribi boyutlar)

Bina X-X eksenini doğrultusu (Krokiye işleyiniz) :

K-G D-B
 K45D K45B

Kesit (Takribi boyutlar)

Kat adedi : Bodrum+ Zemin dahil kat =

Kat yüksekliği:

Ara kat : Var (0.25) Yok

Bodrum : m

Çekme kat : Var (0.25) Yok

Zemin : m

Normal kat : m

Planda düzensizlik : Var (0.25) Yok

Kesitte düzensizlik : Var (0.25) Yok

Binanın konumu :

Komsu yapılarla kat seviyesi farkları : Dilatasyon : Var Yok (0.25)

Bağımsız Kenar (0.25) Orta

Kat düş. aynı seviyede

Yapıdaki en büyük açıklık

Kat düş. farklı seviyelerde (0.5)

≤4m 4-6m >6m (0.5)

3. TAŞIYICI SİSTEM ÖZELLİKLERİ

Türü:

- Betonarme çerçeve
 Betonarme çerçeve + Perde Yerinde dökme Prefabrike
 Betonarme kutu (tamamen perde, tünel kalıp vs.)
 Yığma (Kargir) Taş Boşluklu Fabrika tuğlası (Deliklerin yönü : Düşey Yatay)
 Harman tuğla Briket
 Çelik çerçeve Normal-çaprazlı Sanayi tipi
 Ahşap Hıms Bağdadi Prefabrike
 Melez (Açıklayınız)

- Döşeme sistemi :** Kirişli düz döşeme Kaset döşeme
 Asmolen döşeme Ahşap Bütün katlar aynı
 Dişli döşeme Çelik Bazı katlar farklı (Belirtiniz)
 Kirişsiz döşeme Mantar döşeme

Çatı sistemi :

Malzeme :

- Beton Galvenizli sac (suni elyaf) A B C D
 Kiremit Diğer

Geometri :

Duvarlar :

- Bodrum dış duvarlar :** Taş kargir Briket
 B/A duvar Fb./Harman tuğla Diğer

Zemin dahil diğer katlarda düşey yük taşımayan bölme duvarlar :

- Harman tuğla Boşluklu fb. Tuğlası Diğer
 Briket Gazlı beton

Kargir yapılarda zemin dahil diğer katlarda düşey yük taşıyan bölme duvarlar :

- Harman tuğla Briket Taş kargir Gazlı beton Diğer
 Boşluklu fb. Tuğlası (Düşey delikli Yatay delikli)

Hatı durumu :

Duvar harcı

- Duvar üstü sürekli Kapı / pencere üstü sürekli
 Kapı / pencere kısmi (Lento) Düşey hatlı Pencere altı Çimento Kireç

Kısa kolon :

- Var (1.0) Yok

Zemin türü :

- Kaya Sıkı kil / Sert kum Kum / Katı kil
 Gevşek kum / Yumuşak kil (0.25) Belirlenemedi (0.25)

Temel sistemi :

- Münferit sömel Müteneadi sömel
 Kazık Diğer
 Radye Belirlenemedi

Malzeme kalitesi :

- 1 2 3 (0.5) 4 (0.5)

İsçilik :

- 1 2 3 (0.25) 4 (0.25)

Betonarme yapılarda :

Donatı : StI StII Belirlenemedi

Beton : Çekiç deneyi mümkünse;

- $\sigma_b < 100$ (1.0) $100 < \sigma_b < 150$ (1.0) $150 < \sigma_b < 225$ $\sigma_b > 225$

Gözle muayene;

- İyi Kötü (1.0) Bilinmiyor / çok değişken (1.0)

4. HASAR BELİRLEMESİ

Not : Melez (Karma) yapılarda hakim tür hangisi ise formun bu bölümünü o tür için doldurunuz.

Binada genel veya kısmi yıkılma : Var Yok

Eğer varsa Ağır hasar işaretlenecektir.

Zemin kat veya en ağır hasar görmüş katta :

Katıncası kalıcı yerdeğiştirme :

Hasar puanı (KKYP)

$\delta / h \leq 0.0015$

0

$0.0015 < \delta / h \leq 0.005$

2

δ = kalıcı yerdeğiştirme

$0.005 < \delta / h \leq 0.020$

5

h = kolon veya kat yüksekliği

$\delta / h > 0.020$

10

Kolon Hasar Dağılımı Matrisi : (Eksenleri krokide gösteriniz, gerekirse satır ve sütun ekleyiniz.)

Bu tablo sadece kolon hasarı belirlenmesi için kullanılacaktır.

Y-DOĞRULTUSU	X-DOĞRULTUSU									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										

Bu tabloda; 0 Hasarsız 1 Az hasar 2 Orta hasar 4 Ağır hasar olarak değerlendirilecektir.

Yerinde Dökülmüş Betonarme Çerçeve + Perde Sistemler :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (AH)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)	EÖK	EHP	TS*EÖK
Kolonlar						2		
Kirişler						1		
Perde						6		
Birleşimler						1		
Dolgu duvarlar						0.5		

TOPLAMI TOPLAM2

Eleman Hasar Puanı (EHP) = EÖK*(A*1+O*2+AH*4)

Sistem Hasar Puanı (SİHP) = 25*TOPLAM1 / TOPLAM2

Betonarme Kutu (Tünel Kalıp veya Prefabrikte) :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)	EÖK	EHP	TS*EÖK
Yatay / düşey derzler						2		
İç duvarlar						4		
Cephe duvarları						1		

TOPL1 TOPL

$$EHP = EÖK*(A*1 + O*2 + AH*4)$$

$$SIHP = 25* TOPLAM1 / TOPLAM2$$

Taşıyıcı yığma (Kargir) :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)
Duvarlar					

$$SIHP = (A*1 + O*2 + AH*4)*100 / (4*TS)$$

Prefabrikte Betonarme Çerçeve :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)	EÖK	EHP	TS*EÖK
Kolonlar						3.5		
Kirişler						2		
Birleşimler						6		

TOPL1 TOPL2

$$EHP = EÖK*(A*1 + O*2 + AH*4)$$

$$SIHP = 25* TOPLAM1 / TOPLAM2$$

Çelik Çerçeve :

	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)	EÖK	EHP	TS*EÖK
Kolonlar						2		
Kirişler						1		
Kolon-Kiriş birleşimleri						40		
Dolgu duvarlar						0.25		
Çapraz gergiler						0.75		

TOPL1 TOPL2

$$EHP = EÖK*(A*1 + O*2 + AH*4)$$

$$SIHP = 25* TOPLAM1 / TOPLAM2$$

Ahşap :

	Duvar tipi	Toplam sayı (TS)	Hasarsız (H)	Az hasarlı (A)	Orta hasarlı (OH)	Ağır hasarlı (AH)
Taşıyıcı Duvarlar						

$$SİHP = (A*1 + O*2 + AH*4)*100 / (4*TS)$$

Çatı :

Hasarsız (0) Az hasarlı (0) Orta hasarlı (0.75) Ağır hasarlı (1.5)

Merdiven :

Hasarsız (0) Çatlama veya Göçme var (1.0)

Zeminde Aşırı Oturma Miktarı :

≤ 0.5 m > 0.5 m (1.5)

5. GENEL HASAR PUANI HESAPLAMASI

1. Katarası kalıcı yerdeğiştirme puanı (KKYP) :

2. Bina türü için SİHP :

3. Hasarı artırıcı puanların toplamı (≤ 5) (HAP) :

4. Çatı ve Merdiven hasar puanı (ÇMHP) :

$$\text{Toplam hasar puanı (THP)} = SİHP*0.80 + ÇMHP + KKYP + HAP + AOP$$

$$0 \leq THP \leq 5$$

Hasarsız

$$6 \leq THP \leq 14$$

Az hasarlı

$$15 \leq THP \leq 43$$

Orta hasarlı

$$THP > 43$$

Ağır hasarlı

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1996 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2000 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. 2000 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

