

**T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN  
SAPTANMASI İÇİN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ**

**YÜKSEKLİSANS TEZİ**

**Mecit ALTINER**

**Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı: YAPI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**EYLÜL 2008**

**T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN  
SAPTANMASI İÇİN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mecit ALTINER**

**(509022001)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23 Eylül 2008  
Tezin Savunulduğu Tarih: 07 Ekim 2008**

**Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Erdal COŞKUN  
Diğer Jüri Üyeleri: Yard. Doç. Dr. Murat TÜRK  
Yard. Doç. Dr. Cem YALÇIN (B.Ü.)**

**EYLÜL 2008**

## ÖNSÖZ

Sunulan bu çalışmada, deprem etkisindeki betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için daha önceden yapılmış dört ayrı çalışmadan bahsedilmiştir. Ayrıca 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta hasar görmüş betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip dört katlı düşük beton dayanımlı örnek bina üzerinde Kapasite-Talep Oranı, Japon Sismik İndeks, Kanada Sismik Tarama, P25 yöntemleri uygulanmıştır. Uygulanan yöntemlerin sonuçları karşılaştırılmış ve en uygun yöntem önerilmiştir.

Çalışmalarına başından beri yardımcı olan çok değerli arkadaşlarım İnşaat Müh. Alim KAPLANER, Peyzaj Mim. Olcay DOĞAN, İnşaat Müh. T. Emrah BIYIKOĞLU, İnşaat Müh. Erdem DÜZGÜN ve İnşaat Müh. Murat KURUM' a teşekkür ederim.

Son olarak çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen Yard Doç. Dr. Cem YALÇIN' a ve Yard. Doç. Dr. Murat TÜRK'e, yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman desteğini üzerimden eksik etmeyen, tez danışmanım Yard. Doç. Dr. Erdal COŞKUN' a teşekkür ederim.

Eylül 2008

Mecit Altın

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
KISALTMALAR .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
SEMBOL LİSTESİ .....	viii
ÖZET .....	xi
SUMMARY.....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
<b>2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>3</b>
2.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi .....	3
2.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi .....	6
2.3. P25 Yöntemi .....	9
2.3.1. Kritik Kat Seçimi .....	12
2.3.2. $C_A$ En Kesit Alanı Endeksi Bileşkesi.....	12
2.3.3. $C_1$ Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi.....	13
2.3.4. $P_0$ - Taşıyıcı Sistem Puanı.....	14
2.3.5. $P_1$ - Temel Yapısal Puanı.....	16
2.3.6. $P_2$ - Kısa Kolon Puanı.....	16
2.3.7. $P_3$ – Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı.....	17
2.3.8. $P_4$ – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı.....	18
2.3.9. $P_5$ – Çarpışma Puanı.....	18
2.3.10. $P_6$ – Sıvılaşma Potansiyeli.....	19

2.3.11. $P_7$ – Toprak Hareketleri Puanı.....	20
2.3.12. $\alpha$ – Düzeltme Çarpanı.....	22
2.3.13. $\beta$ – Düzeltme Çarpanı.....	22
2.3.14. P Sonuç Puanı.....	23
2.4. Kapasite - Talep Oranı Yöntemi .....	23
<b>3. ÖRNEK BİNA BİLGİLERİ VE ÖRNEK BİNA KULLANILARAK DAHA ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMA VE SONUÇLARI .....</b>	<b>41</b>
<b>4. SEÇİLEN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE ÖRNEK BİNANIN İNCELENMESİ .....</b>	<b>49</b>
4.1. Kapasite-Talep Oranı Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi.....	49
4.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi .....	52
4.3. Kanada Sismik Tarama Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi .....	54
4.4. P25 Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi .....	55
<b>5. SONUÇLAR.....</b>	<b>60</b>
KAYNAK.....	63

## KISALTMALAR

<b>YDG</b>	: Yeterli Deprem Güvenliği
<b>DÖB</b>	: Düşük Öncelikli Binalar
<b>OÖB</b>	: Orta Öncelikli Binalar
<b>YÖB</b>	: Yüksek Öncelikli Binalar
<b>ÇTB</b>	: Çok Tehlikeli Binalar
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>TÜBİTAK</b>	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
<b>İTÜ</b>	: İstanbul Teknik Üniversitesi
<b>YASS</b>	: Yer altı Su Seviyesi
<b>AIJ</b>	: Japonya Mimarlık Enstitüsü
<b>BA</b>	: Betonarme
<b>DBYBHY</b>	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1</b>	: Yapısal Düzensizlik Katsayıları .....	15
<b>Tablo 2.2</b>	: P <sub>2</sub> -Kısa Kolon Puanlama Matrisi.....	17
<b>Tablo 2.3</b>	: P <sub>4</sub> - Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı .....	19
<b>Tablo 2.4</b>	: P <sub>5</sub> - Çarpışma Puanı Matrisi .....	21
<b>Tablo 2.5</b>	: P <sub>6</sub> - Sıvılaşma Potansiyeli Puanları.....	21
<b>Tablo 2.6</b>	: P <sub>7</sub> - Toprak Hareketleri Puanı.....	21
<b>Tablo 2.7</b>	: Çeşitli Puanlar için Ağırlık Oranları.....	23
<b>Tablo 2.8</b>	: Periyod formüllerinde kullanılacak C <sub>1</sub> ve C <sub>2</sub> sabit katsayılar .....	26
<b>Tablo 2.9</b>	: Periyod ve görelî kat ötelenme talebi değerleri .....	28
<b>Tablo 2.10</b>	: Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde Dikkate Alınan Parametreler ..	40
<b>Tablo 3.1</b>	: İncelenen Binaya Ait Kolonların Yapısal Özellikleri.....	43
<b>Tablo 4.1</b>	: Kapasite-Talep Oranı Yöntemi Değerleri .....	51
<b>Tablo 4.2</b>	: Japon Sismik İndeks Yöntemi Değerleri.....	53
<b>Tablo 4.3</b>	: Kanada Sismik Tarama Yöntemi Değerleri .....	55
<b>Tablo 4.4</b>	: P25 Yöntemi Değerleri .....	58
<b>Tablo 5.1</b>	: Örnek Bina İçin Sonuçlar Tablosu.....	62

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Kritik Kat Alanı .....	11
Şekil 2.2	: Geçmiş Depremlerden Hasar Örnekleri .....	19
Şekil 2.3	: Ağır Çıkmalar ve Oluşturulan Çerçeve Süreksizlikleri .....	20
Şekil 2.4	: $\beta$ -Katsayısının Değişimi .....	23
Şekil 2.5	: Betonarme Bina Modelleri .....	25
Şekil 2.6	: Kolonların Yatay Ötelenme ve Süneklik Kapasiteleri $\rho_1=\%1$ .....	37
Şekil 3.1	: İncelenen Binaya Ait Zemin Kat Kalıp Planı.....	42
Şekil 3.2	: SBG İndekslerinin Karşılaştırılması .....	44
Şekil 3.3	: Katların En Büyük (Sol) ve Görelî (Sağ) Yer Değiştirmeleri .....	45
Şekil 3.4	: Yapıda Sakarya Kaydı Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar .....	46
Şekil 4.1	: Seçilen Kolon İçin Ötelenme ve Süneklik Kapasite Grafikleri.....	50
Şekil 5.1	: Görelî Katlar Arası Ötelenme Talebi .....	61



## SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: Bölgenin Depremselliği
<b>B</b>	: Zemin Koşulları
<b>C</b>	: Taşıyıcı Sistem Türü
<b>D</b>	: Döşeme Sistemi
<b>E</b>	: Binada Varolan Düzensizlikler
<b>F</b>	: Binayı Kullanan İnsan Sayısına Bağlı Bina Önem Sayısı
<b>SI</b>	: Yapısal İndeks
<b>G</b>	: Binanın Genel Durumu
<b>H</b>	: Binanın Yapısal Olmayan Bileşenleri
<b>NSI</b>	: Binanın Yapısal Olmayan İndeksi
<b>R</b>	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
<b>I<sub>s</sub></b>	: Deprem performansını gösteren indeks
<b>I<sub>s0</sub></b>	: Karşılaştırma indeksi
<b>E<sub>s</sub></b>	: Ana karşılaştırma indeksi
<b>Z</b>	: Bölge katsayısı
<b>G</b>	: Zemin katsayısı
<b>U</b>	: Kullanım katsayısı
<b>E<sub>0</sub></b>	: Ana yapısal performans indeksi
<b>S<sub>D</sub></b>	: Yapının fiziksel özelliklerine ve geometrisine göre belirlenen katsayı
<b>T</b>	: Zamana bağlı oluşan etkilere göre belirlenen katsayı
<b>n</b>	: Bodrum kat hariç olmak üzere toplam kat sayısı
<b>i</b>	: Göz önüne alınan kat
<b>C<sub>w</sub></b>	: Perdelerin taşıma gücü
<b>C<sub>c</sub></b>	: Kolonların taşıma gücü
<b>F<sub>w</sub></b>	: Perde sünekliğine bağlı katsayı
<b>a<sub>1</sub></b>	: Yer değiştirme uyum katsayısı
<b>C<sub>cs</sub></b>	: Kısa kolonların taşıma gücü

$F_{CS}$	: Kısa kolon sünekliğine bağlı katsayı
$A_{W1}$	: İki tarafından başlıklı perdelerin toplam en kesit alanı
$A_{W2}$	: Bir tarafından başlıklı perdelerin toplam en kesit alanı
$A_{W3}$	: Başlıksız perdelerin toplam en kesit alanı
$F_{cd}$	: Beton basınç dayanımı
$W$	: Göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı
$A_c$	: Toplam en kesit alanı
$a_{sc}$	: Kısa kolonların toplam en kesit alanı
$P_1$	: Temel yapısal puanı
$P$	: Sonuç puanı
$P_w$	: Ağırlıklı ortalama puan
$A_e$	: Efektif kat alanı
$C_a$	: En kesit alanı endeksi bileşkesi
$A_{sx}$	: Kritik kattaki betonarme perde duvarların en kesit alanları toplamı
$A_{wx}$	: Kritik kattaki dolgu duvarların en kesit alanları toplamı
$E_m$	: Dolgu duvarı elastisite modülü
$E_c$	: Beton elastisite modülü
$C_A$	: Alan endeksi bileşkesi
$C_I$	: Atalet momenti endeksi bileşkesi
$I_x$ ve $I_x$	: Bina taban alanını içine alan dikdörtgenin x ve y yönündeki atalet momentleri,
$I_{cx}$ ve $I_{cy}$	: Kritik kat kolonlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,
$I_{sx}$ ve $I_{sy}$	: Kritik kat perdelerinin x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,
$P_o$	: Taşıyıcı sistem puanı
$h_o$	: Bina yüksekliği ile ilgili bir düzeltme çarpanı
$H$	: Bina toplam yüksekliği
$f_i$	: Yapısal düzensizlik katsayıları
$P_1$	: Temel yapısal puanı
$P_2$	: Kısa kolon puanı
$P_3$	: Yumuşak kat ve zayıf kat puanı
$P_4$	: Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı
$P_5$	: Çarpışma puanı

<b>P<sub>6</sub></b>	: Sıvılaşma potansiyeli
<b>P<sub>7</sub></b>	: Toprak hareketleri puanı
<b>I<sub>can</sub></b>	: Kapasite hesabında kullanılan kolon boyu
<b>I<sub>y-y</sub></b>	: Kesit eylemsizlik momenti
<b>M<sub>cr</sub></b>	: Kolonun çatlama momenti
<b>M<sub>y</sub></b>	: Kolonun akma momenti
<b>M<sub>u</sub></b>	: Kolonun taşıma gücü momenti
<b>N</b>	: Kolona etkiyen eksenel kuvvet
<b>S<sub>BG</sub></b>	: Depreme dayanıklılık indeksi
<b>n</b>	: Hareketli yük çarpanı
<b>t</b>	: Topografik konum katsayısı
<b>w</b>	: Ağırlık katsayısı
<b>μ</b>	: Yer değiştirme sünekliği
<b>ρ</b>	: Donatı oranı

## **DEPREM ETKİSİNDEKİ BETONARME BİNALARIN GÖÇME RİSKİNİN SAPTANMASI İÇİN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ**

### **ÖZET**

Son yıllarda Türkiye’ de meydana gelen depremler, insanların içinde yaşam faaliyetlerini devam ettirdikleri yapı stoğunun deprem karşısında ayakta kalıp kalmayacağına dair durumunu tespit etme ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Deprem kuşağı üzerinde olan Türkiye’ de, binaların deprem risklerinin bilinmesi için gerekli olan çalışmaların zaman ve maliyet gerektirdiği görülmüştür. Bu çalışmaların kısa zamanda az maliyetle yürütülebilmesi için çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışmasında betonarme binaların göçme riskinin saptanabilmesi için mevcut hızlı değerlendirme yöntemlerinden 4 ayrı yöntem seçilmiştir. Seçilen yöntemler, 1999 Kocaeli depreminde orta hasarlı örnek bir binaya uygulanmıştır. Örnek binanın orta hasar durumunu ile örtüşen en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Beş bölümde sunulan çalışmanın birinci bölümünde konuya giriş yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili önceden yapılmış 4 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde önceden yapılmış bir çalışmadan bahsedilmektedir. Burada konu ile ilgili önceden yapılmış değerlendirme yöntemleri ile göçme riskinin saptanacağı örnek bina bilgileri verilmekte olup, örnek

binanın Japonya Mimarlık Enstitüsü -  $S_{BG}$  indeksleri ile deprem kapasitesi incelenmektedir. Ayrıca örnek binanın doğrusal olmayan dinamik ve statik çözümlerinden ve sonuçlarından bahsedilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde ikinci bölümde anlatılan 4 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi üçüncü bölümde bilgileri verilen örnek bina üzerinde uygulanmaktadır.

Çalışmanın sonuç bölümünde, örnek binanın orta hasar durumu ile örtüşen en uygun hızlı değerlendirme yöntemi belirlenmiştir. Doğrusal olmayan statik ve dinamik çözümlerle uyumluluğu karşılaştırılmıştır. Ayrıca Türkiye’deki betonarme binaların deprem performanslarına göre sınıflandırılmasına yönelik ileri çalışma önerisinden bahsedilmiştir.

**RAPID ASSESSMENT METHODS for DETECTION OF THE RISK OF  
COLLAPSE OF THE REINFORCED CONCRETE BUILDINGS AFFECTED  
FROM EARTHQUAKE**

**ABSTRACT**

Due to the recent destructive earthquakes in Turkey, the need has arisen to determine whether existing building stock in which our people continue their lives will survive an earthquake.

It has been seen that in Turkey, which exists on the seismic belt that efforts necessary to know earthquake risks of the buildings require time and cost. Various methods were developed to pursue such works within the shortest time and at minimum cost.

In this thesis, four different methods of rapid assessment were selected, those were developed to detect the risk of collapse of the reinforced concrete buildings. The selected methods were applied on a building with a medium damage after by 1999 Kocaeli earthquake. The most appropriate method corresponding to the medium damage of the example building was determined. An introduction to the subject was made in the first chapter of this study submitted in five chapters.

In the second chapter of the study, four different rapid assessment methods developed here explained. In the third chapter, some information is provided about a study made previously. Information is provided on sample building collapse risk of which are to be determined using the previously developed evaluation methods related to the subject, and the earthquake capacity of the sample building with Japan Architectural Institute –  $S_{BG}$  indexes is examined. Besides, nonlinear dynamic and

static solutions and results of the example building are given. In the fourth chapter of the study, the four different rapid assessment methods are explained in the second chapter are applied on the given example building.

In the conclusion most appropriate method for the given method corresponding to the medium damage of the example building was determined. Its compliance with the nonlinear static and dynamic analyses is compared.

Besides, a further study suggestion was mentioned for classification of the reinforced concrete buildings in Turkey according to their earthquake performance.

## 1.GİRİŞ

Türkiye’ de yaygın olarak kullanılan taşıyıcı sistem türü, az katlı yapılar için betonarme çerçevelerden oluşan sistemdir. Ancak kat alanları zemin katın üstünde konsollarla genişletilen, yalnızca konsol uçları kirişlerle bağlanarak, çerçeve oluşturulmadan fazla sayıda saplama kirişlerle düşey yükün aktarıldığı sistemler ortaya çıkmıştır. 1975 tarihli ve daha eski deprem yönetmeliklerine göre ya da bu yönetmeliklerin kuralları hiçe sayılarak yapılmış birçok betonarme binanın 17 Ağustos 1999 depreminde ağır hasar gördüğü ya da tamamen yıkıldığı bir gerçektir. Deprem kuşağında bulunan Türkiye’ de yaşanan son depremlerde görüldüğü gibi oluşan ekonomik zarar ve can kayıpları, yapıların depreme karşı durumlarının değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınması ihtiyacını doğurmuştur.

17 Ağustos 1999 depreminden sonra herkes tarafından gündeme getirilen yapıları güçlendirme seferberliği ile deprem tehlikesi altında bulunan bütün binaları yeni deprem yönetmelikleri ile güçlendirmenin zaman alacağı, ekonomik yükler doğuracağı anlaşılmıştır. Bu durum yurt içi ve yurt dışında Deprem Mühendisliği alanında çalışan birçok bilim adamını, olası bir depremden sıfır can kaybı ile çıkma yollarını aramaya yöneltmiştir.

Bu tez çalışmasında betonarme binaların göçme riskinin saptanması için üretilmiş 4 ayrı hızlı değerlendirme yönteminden, 17 Ağustos 1999 depreminde orta hasar görmüş betonarme bir binanın yapısal davranışının incelenmesinden ve gerçekte karşılaşılan orta hasar düzeyinin yapılan çözümlerle karşılaştırılmasından bahsedilmektedir. Daha sonra orta hasar görmüş betonarme bina bu çalışmada bahsedilen 4 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.



## 1.1 Çalışmanın Kapsamı ve Amacı

Çalışmanın kapsamında konu ile ilgili önceden yapılmış 4 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi anlatılmaktadır. Ayrıca önceden yapılmış bir çalışmadan bahsedilmektedir. Bahsedilen çalışmada konu ile ilgili önceden yapılmış değerlendirme yöntemleri ile göçme riskinin saptanacağı örnek bina bilgileri verilmekte olup, örnek binanın Japonya Mimarlık Enstitüsü -  $S_{BG}$  indeksleri ile deprem kapasitesi incelenmektedir. Ayrıca örnek binanın doğrusal olmayan dinamik ve statik çözümlenmesinden ve sonuçlarından bahsedilmektedir.

Seçilen 4 ayrı hızlı değerlendirme yöntemi örnek bina üzerinde uygulanmaktadır. Uygulanan yöntemlerin sonuçları ve önceden yapılmış çalışmanın sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın amacı, kapsamı doğrultusunda bina stoğunda bulunan çok sayıda binanın göçme riskinin saptanması için seçilen yöntemlerde en uygun hızlı değerlendirme yöntemini bulmaktır. Doğrusal olmayan statik ve dinamik çözümlenmelerle uyumluluğunu karşılaştırmaktır. Ayrıca Türkiye’deki betonarme binaların deprem performanslarına göre sınıflandırılmasına yönelik ileri çalışma önerisinden bahsedilmektedir.

## **2. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ OLAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Kanada Sismik Tarama Yöntemi**

Kanada Ulusal Araştırma Birliği tarafından yayınlanan ilkeler doğrultusunda önerilen yöntem çok aşamalı bir incelemenin ilk aşaması olarak düşünülmekte ve incelenen bina grubundaki her bir binanın deprem riskinin sayısal olarak ön değerlendirilmesini içermektedir. Sayısal değerlendirme yapıldıktan sonra öncelik sırasına göre daha kapsamlı bir çalışma mutlaka yapılmalıdır. Değerlendirmeye sokulacak binaların seçilmesi de önemli bir karardır. Hasar görülebilirliği yüksek, mühendislik hizmeti görmemiş geleneksel binalar ile sünek olarak tasarlanmadığı ve üretilmediği düşünülen çerçeve türü binalara öncelik verilebilir. Mühendislik hesap ve çizimlerine ulaşılabilen binalar bir sonraki aşamaya bırakılabilir.

Yöntemin kullanıcıları yapı mühendisleri, mimarlar, bina sahipleri ve acil müdahale yöneticileri olabilir. Kullanıcı profiline farklı disiplinlerden olması geliştirilen formların daha özenle hazırlanmasını, teknik terimlere gereğinden fazla yer verilmemesine götürmüştür. Hızlı değerlendirme yöntemlerini içeren el kitapları değerlendirme yapacaklar için hazırlanmıştır. Burada önemli olan diğer bir konu da değerlendirme ekibinin başında sürekli olarak bilgi alabilecekleri, yapı ve deprem mühendisliği konularına yatkın bir liderin bulunmasıdır. Bu daha homojen ve güvenilir bir değerlendirmeye götürür.

İncelenecek binadan olabildiğince bilgi toplamak doğru karar verebilmek için önemlidir. Bu amaçla hazırlanan formda bu bilgilere yer verilmiştir. Her bir bilgi sayısal bir değere karşı gelmektedir. Binanın adresi, posta kodu, kat sayısı, yapım yılı, projelendirme yılı, toplam bina kullanım alanı, bina ismi, değerlendirme yapanın ismi, değerlendirme tarihi, binanın çevresiyle ilişkisini gösterir şematik bir plan, binanın tipik bir fotoğrafı, varsa tipik kat planı ya da kalıp resmi, yapımda kullanılan taşıyıcı sistem malzemesi (ahşap, çelik, betonarme, yığma gibi), taşıyıcı sisteme zaman içinde

yapılan müdahale, bozulmalar, beklenen maksimum yer ivmesi ve hızını içeren bölgenin depremselliği (A), zemin koşulları (B), taşıyıcı sistemin türü (C), döşeme sistemi (D), binada varolan düzensizlikler (E), binayı kullanan insan sayısına bağlı bir bina önem sayısı (F) gibi parametreler sayısallaştırılmış ve yapısal indeks (SI) olarak aşağıdaki biçimde tanımlanmıştır [1].

$$SI=ABCDEF \quad (2.1)$$

Binanın genel durumu (G) ve yapısal olmayan bileşenleri (H) de dikkate alan yapısal olmayan indeks (NSI) ise;

$$NSI=BFGH \quad (2.2)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanır. Yapısal ve yapısal olmayan indekslerden sismik öncelik indeksine

$$SPI=SI+NSI \quad (2.3)$$

bağıntısıyla geçilebilir. Bu sayısal verilerin dışında, incelenen bina ile ilgili yorumlar da forma işlenebilmektedir.

A,B,C,D,E,F,G,H katsayılarının alabileceği sayısal değerlerin üst ve alt sınırları değerlendirme sonuçları bakımından önemlidir. Depremsellik faktörü olarak da tanımlanabilecek A değeri 1-5 arasında değişmektedir; yüksek A değerleri daha riskli bölgelere karşılık gelmektedir. Zemin koşulu faktörü B kaya ya da çok sağlam zeminlerde 1.0, sınıvlaşma potansiyeli yüksek, çok zayıf zeminlerde 1.5 değerini almaktadır. Taşıyıcı sistemle ilgili olan C katsayısı, depreme dayanıklı tasarım ilkeleri doğrultusunda tasarlanmış sünek sistemlerde düşük, tersi sistemlerde yüksek değerler almaktadır; örneğin 1.0 sünek olarak detaylandırılmış bir taşıyıcı sisteme karşı gelirken 3.5 gevrek sistemlere karşı gelmektedir. Bu değerlerin taşıyıcı sistem davranış katsayısına (R) benzerlikler gösterdiği söylenebilir; ancak farklı bir yorumu vardır. Döşeme sistemine bağlı olan D katsayısı 1-2 arasında değişmektedir; hafif ve diyafram özelliği gösterebilen döşeme sistemlerinde bu katsayı düşüktür. Yapısal düzensizlikle ilgili bir faktör olan E hasar görülebilirliği çok etkilemekte olup binada her bir düzensizliğe karşı gelen puanlar vardır; tanımlanan düzensizlikler ilgili deprem yönetmeliklerdekenden farksızdır. Bunlar düşeyde düzensizlik, burulma düzensizliği, kısa

kolonlar, yumuşak kat, çekiçleme etkisi, bina taşıyıcı sistemindeki proje dışı önemli değişiklikler ve değişik türde yapısal hasar oluşumlarıdır. Yapısal düzensizliklerin çoğunun mimari proje kaynaklı olduğu bilinmekte, uygun mimari projelerde düzensizliklerin en aza indirilmesi olanaklı olmaktadır. Binada gözlenen her bir düzensizliğe 0.3 ile 1.0 arasında değişen puan verilmekte olup en düşük değer düzeyde düzensizlik, komşu binaların çarpışması, sistemde yapılan değişiklikler ve hasara, en büyük/olumsuz katsayı ise yumuşak kat oluşumuna verilmektedir. E'nin üstten sınırlandırılması da önerilmekte, gerçekte böylesi bir bina önemli sorunlar içermektedir. Binanın önemi ile ilgili olan F katsayısı binada yaşayanların sayısına (N) bağlıdır; içinde 10 kişiden az insan barındıran binalarda (düşük önem düzeyi) 0.7, 10-300 arasında (normal önem düzeyi) 1.5, 300-3000 arasında (okul ve yüksek önem düzeyi) 2.0, 3000'den fazla (deprem sonrası hemen kullanım ve çok yüksek önem düzeyi) olması durumunda 3.0 alınmaktadır. Binanın bugünkü durumunu simgeleyen G katsayısı ise en iyi / sorunsuz durumda 1.0, çok sorunlu durumda 4.0 ile hesaba sokulmaktadır.

Yapısal olmayan faktörler H ile gösterilmekte, çıkış ve kaçış yollarının etkileyecek bina dışında serbestçe bulunan parapetler ve bacalar ile bina içindeki yığma kagir bölme duvarları, mekanik ve elektrik ekipmanları ile raflar gibi bileşenlerden oluşmaktadır. varolan her bir iç ve dış bileşen için 1.0 puan verilmektedir [1].

Bina ile ilgili inceleme tamamlandıktan sonra bir sonraki aşama için elde edilen sayısal sonuçların değerlendirilmesi yapılır. Bu aşamada öncelikli olarak hesaplanan indekse göre bir sıralama yapmaktır. İndeksin yüksek olması önceliğin yüksek olması gerektiği anlamına gelir. Öncelik sıralamasında üç indeksten (SI, NSI, SPI) biri kullanılabilir gibi binanın ve bölgenin depremselliği dikkate alınarak yalnızca biri de seçilebilir. Örneğin, deprem riski düşük bölgelerde yapısal olmayan hasarların değerlendirilmesi daha önemli olabilir. Diğer önemli bir karar da herhangi bir indeksin küçük çıkması durumunda o binanın değerlendirme kapsamına alınıp alınmamasına karar vermektir. Öncelik sıralamasında kullanılacak sınır değerlerin belirlenmesi bina için ayrılan bütçeyi doğrudan etkilediğinden, güç olmakla birlikte, varsayılan bazı değerler karşı geldiği öncelik düzeyleri ile aşağıda verilmiştir:

SI ya da NSI	1.0~2.0	yeterli deprem güvenliği (YDG)
SPI	<10	düşük öncelikli binalar (DÖB)
SPI	10~20	orta öncelikli binalar (OÖB)
SPI	>20	yüksek öncelikli binalar (YÖB)
SPI	>30	çok tehlikeli binalar (ÇTB)

Pek çok faktörü dikkate alan bu yöntemin başarıya ulaşması doğru/güvenilir veri toplamaya doğrudan bağlıdır. Güvensiz verilerle karşılaşıldığında ya çekince ile kullanılmalı ya da kullanılmamalıdır. Bir projeye ulaşamadığında güvensizlik doğurabilecek veriler binanın projelendirme ve yapım yılı, kat alanları, zemin koşulları, yapısal olmayan ve bir deprem sırasında düşmesi / göçmesi olası bileşenler olarak sıralanabilir. Belirsizliklerin çok olması durumunda güvenli tarafta kalacak seçimlerin yapılması önerilmektedir [1].

## 2.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi

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. Yöntem giderek daha gerçekçi sonuç veren ve daha çok zaman alan üç aşamadan oluşmakla birlikte, bu çalışmada sadece hızlı değerlendirme yöntemi ve detaylı yapısal çözümleme sonuçlarının karşılaştırılması amaçlandığından yöntemin yalnızca birinci aşaması ile ilgili bilgi verilmiştir. Bu yöntemin 30 yaşın üzerindeki, büyük fiziksel bozuklukları bulunan, malzeme dayanımı düşük olan veya taşıyıcı sistemi alışılmıştın dışında olan binalarda kullanılması önerilmemektedir [2]. 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. Bu karşılaştırma tüm kritik katlar ve iki asal deprem doğrultusu için ayrı ayrı yapılır.  $I_S > I_{S0}$  olduğunda yapının depreme karşı güvenli olduğuna, tersi durumda ( $I_S < I_{S0}$ ) ise

yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna ulaşılır. Ayrıca  $I_s / I_{s0} < 0.4$  ise yapının depreme karşı güvenliğinin ayrıntılı incelenmesi gerekmektedir. Burada deprem güvenliği yapının hasar görmeyeceği anlamında değil, toptan göçmenin oluşmayacağı anlamında kullanılmaktadır [6].

Karşılaştırma indeksi  $I_{s0}$  (2.4) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $E_s$  ana karşılaştırma indeksinin birinci düzey inceleme için 0.80 alınması önerilmektedir. Z bölge katsayısı deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde genel olarak 1.00 alınmakla birlikte, binanın bulunduğu bölgenin depremselliğine göre azaltılabilir, ancak Z katsayısının hiç bir zaman 0.70'den küçük alınmaması önerilmektedir. G zemin katsayısı, zemin büyütmesi oluşturacak nitelikte zemin durumu ve topoğrafik koşullarla ilgili olan büyüklüktür. G katsayısı zemin durumuna göre 1.00 ile 1.10 arasında değişen değerler alabilmekte olup, zemin koşulları kötüleştikçe G katsayısının değeri de büyümektedir. U kullanım katsayısı yapının önemi ve kullanımıyla ilgilidir. Her yapı için yapının önem derecesi ve deprem sonucu oluşabilecek etkilerin boyutu da göz önüne alınarak özel olarak belirlenmelidir. Deprem sırasında insanların barınak olarak kullanacağı yerler, tehlikeli madde depoları gibi yapılarda U katsayısının 1.25, konut ve benzeri yapılarda 1.0 olarak alınması önerilmektedir.

$$I_{s0} = E_s * Z * G * U \quad (2.4)$$

Performans indeksi  $I_s$  (2.5) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $E_0$  ana yapısal performans indeksi,  $S_D$  yapının fiziksel özelliklerine ve geometrisine göre belirlenen katsayı, T ise zamana bağlı oluşan etkilere göre belirlenen katsayıdır.  $E_0$  indeksinin hesaplanmasında kullanılmak üzere yapıdaki düşey taşıyıcı elemanlar kolon, kısa kolon ve perde olarak 3 grupta incelenmektedir. Eleman temiz yüksekliğinin, kesit derinliğine oranı 2'den büyük olan düşey taşıyıcı elemanlar ( $h_0/D > 2$ ) kolon, eleman temiz yüksekliğinin, kesit derinliğine oranı 2'den küçük veya eşit olan düşey taşıyıcı elemanlar ( $h_0/D < 2$ ) kısa kolon, olarak adlandırılmaktadır [6].

$$I_s = E_0 * S_D * T \quad (2.5)$$

(2.5) bağıntısında kullanılan  $E_0$  indeksinin hesaplanma yöntemi yapıda kısa kolon bulunması veya bulunmaması durumlarında farklılık göstermektedir.  $E_0$  indeksi yapıda kısa kolon bulunmaması durumunda (2.6) bağıntısı ile, bulunması durumunda ise (2.7) bağıntısı ile hesaplanmaktadır. Bu bağıntılarda  $n$ , bodrum kat hariç olmak üzere toplam kat adedini,  $i$  göz önüne alınan katı,  $C_w$  perdelerin taşıma gücünü,  $C_c$  kolonların taşıma gücünü,  $F_w$  perde sünekliğine bağlı katsayıyı ifade etmekte olup bu bağıntıda 1.0 olarak gözönüne alınabilir,  $a_1$ , yerdeğiştirme uyum katsayısını belirtmekte olup genelde 0.7 alınır, ancak  $C_w=0$  ise  $a_1$  1.0 alınmalıdır.  $C_{sc}$  kısa kolonların taşıma gücünü,  $F_{sc}$  kısa kolon sünekliğine bağlı katsayıyı ifade etmekte olup 0.8 olarak alınabilir.  $a_2$  ve  $a_3$  kısa kolon bulunması durumunda sırası ile perdeler ve kolonlar için yerdeğiştirme uyum katsayılarını belirtmekte olup,  $a_2=0.70$  ve  $a_3=0.50$  alınabilir [6].

$$E_0 = \left( \frac{n+1}{n+i} \right) * (C_w + a_1 C_c) * F_w \quad (2.6)$$

$$E_0 = \left( \frac{n+1}{n+i} \right) * (C_w + a_2 C_w + a_3 C_c) * F_{sc} \quad (2.7)$$

Yapıda kısa kolon varsa  $E_0$  indeksi hesaplanırken kısa kolonların taşıma gücünü göz önünde bulunduran bağıntı (2.7) ile kısa kolonların taşıma gücünü ihmal eden bağıntı (2.6)'dan büyük olanı alınmalıdır. Ancak, kısa kolonlarda meydana gelecek göçme sonucunda, toptan göçme veya can güvenliğini tehdit eden bir durumun oluşması olası ise,  $E_0$  indeksi her zaman bağıntı (2.7) ile hesaplanmalıdır.

Perdelerin taşıma gücü  $C_w$  (2.8) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $A_{w1}$  iki tarafından başlıklı perdelerin toplam enkesit alanını ( $\text{cm}^2$ ),  $A_{w2}$  bir taraftan başlıklı perdelerin toplam enkesit alanını ( $\text{cm}^2$ ),  $A_{w3}$  başlıksız perdelerin toplam enkesit alanını ( $\text{cm}^2$ ),  $f_{cd}$  beton basınç dayanımını ( $\text{kgf/cm}^2$ ),  $W$  göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığını ( $\text{kgf}$ ) ifade etmektedir. Kolonların taşıma gücü (2.9) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $A_{c1}$  eleman temiz yüksekliği/kesit derinliği  $< 6$  olan kolonların toplam enkesit alanını ( $\text{cm}^2$ ),  $A_{c2}$  ise eleman temiz yüksekliği/kesit derinliği  $> 6$  olan kolonların toplam enkesit alanını ( $\text{cm}^2$ )

göstermektedir. Kısa kolonların taşıma gücü ise (2.10) bağıntısı ile hesaplanabilir. Bu bağıntıda  $A_{sc}$  kısa kolonların toplam enkesit alanını ( $cm^2$ ) ifade eder.

$$C_w=(f_{cd}/200W)*(30A_{w1}+20A_{w2}+10A_{w3}) \quad (2.8)$$

$$C_c=(f_{cd}/200W)*(10A_{c1}+7A_{c2}) \quad (2.9)$$

$$C_{sc}=(f_{cd}/200W)*15A_{sc} \quad (2.10)$$

$S_D$  katsayısı plandaki düzensizlikler, bodrum katın varlığı, plandaki boyutların oranı, kat yüksekliklerindeki düzensizlik, genişleme derzlerinin aralıkları, yumuşak katın varlığı, plandaki büyük boşluklar ve dışmerkezlik gibi özellikler dikkate alınarak kaynak [2] tarafından verilmiştir. Örneğin yapı yaklaşık simetrik bir plana sahip ise hesaplarda  $S_D=1.0$ , L, T, U gibi simetrik olmayan bir plana sahipse  $S_D=0.9$  olarak göz önüne alınabilir. Planda binanın uzun boyut/kısa boyut oranı  $< 5$  ise  $S_D=1.0$ , bu oran 5 ile 8 arasında ise  $S_D=0.8$  olarak göz önüne alınabilir [6].

Zamana bağlı etki katsayısı T, binadaki deformasyonlar, perde ve kolonlardaki çatlaklar, sıva ve kaplamalardaki çatlaklar, binanın yaşı ve yangın geçirmiş olup olmadığı gibi etkenler göz önüne alınarak kaynak [2] tarafından tanımlanmıştır.

Yöntem ile ilgili daha detaylı bilgi kaynak [2-5]'te yer alan çalışmalarda bulunabilir.

### 2.3. P25 Yöntemi

Avrupa Birliği (AB) fonları tarafından desteklenen LESSLOSS projesi kapsamında 2004 yılından beri yapılan araştırmalarda, İstanbul'da 500 yılda bir olması beklenen senaryo depremi göz önüne alındığında, mevcut betonarme binaların içinden en riskli % 4.1' inin seçilip bulunması durumunda 29 bin vatandaşın hayatının kurtarılacağı, bir başka deyişle can kaybının % 92 oranında azaltılacağı hesaplanmıştır [7]. Göçme riskinin bilimsel olarak bulunabilmesi için, öncelikle zemin ve malzeme parametrelerinin tayini ve bu veriler kullanılarak söz konusu yapının bilgisayar ortamında modellenerek itme analizinin veya daha



doğrusu dolgu duvarlarının katkısını da dikkate alabilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerinin yapılması gerekir.

Ancak, milyonlarca bina içeren bir yapı stoğu için böyle ayrıntılı deneysel ve analitik bir çalışma yapmak hem zaman ve hem de finansman açısından adeta imkânsızdır. Örneğin, sadece İstanbul'daki güvensiz binaların incelenerek güçlendirme işleminin yapılabilmesi için en az 25 Milyar dolara ve 25 yıla ihtiyaç vardır [8]. Türkiye'de ve özellikle İstanbul ve çevresinde mevcut bina stoğunun büyüklüğü ve karmaşıklığı dikkate alınır, hangi yapıların daha fazla risk taşıdığına hızlıca saptanması bile bina bazında tarama yapmayı gerektiren oldukça kapsamlı bir iştir. Daha sonraki aşama ise, öncelikli olarak göçme riski en yüksek bina grubu üzerinde acil önlem alınarak, gerekirse güçlendirme veya yıkma işlemlerinin ivedilikle tamamlanması ve olası bir deprem durumunda can güvenliğinin en aza indirgenmesidir.

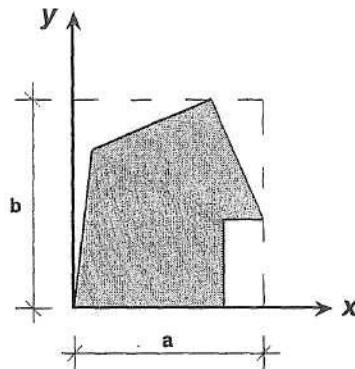
Hızlı değerlendirme yöntemleri ile ilgili ilk çalışmalar, 1968'de Tokachi-Oki depreminden sonra elde edilen veriler kullanılarak geliştirilen kolon-duvar indeksine dayalı SST adlı yöntemdir [9]. Hızlı değerlendirme yöntemlerinin deprem mühendisliği literatürüne ciddi bir biçimde girmesini sağlayan en önemli gelişmeler kaynak [10,11]'dedir.

1992 Erzincan Depremi'nden itibaren yurdumuzda da, göçme sınırını yakalamaya çalışan çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri araştırılmaya başlanmıştır [12-20].

'Sıfır Can Kaybı Projesi' ve 'P5 Yöntemi' adıyla [21] tarafından depremde can kaybının önlenmesi için mevcut binaların hızla taranmasını amaç edinen değerlendirme yöntemi, çeşitli konferanslarda bildiri olarak sunulmuş ve dergilerde yayınlanmıştır. Daha sonra, [22] İTÜ'de tamamlanan Yüksek Lisans tezi kapsamında P5 yöntemini geliştirilerek, daha önceki depremlerden etkilenen hasarsız, orta hasarlı ve yıkılmış 23 binaya uygulamış ve P24 Yöntemi adıyla başarılı sonuçlar elde etmiştir. 106M278 No.lu TÜBİTAK Projesi kapsamında P24 Yöntemi daha çok sayıda binaya uygulanarak kalibre edilmiş ve yeniden düzenlenerek P25 adını almıştır [33].

Sözkonusu yöntemde yapıda mevcut kolon, perde ve dolgu duvar boyutları, rijitlikleri, taşıyıcı sistem düzeni, bina yüksekliği, yönetmelikte tanımlanan çeşitli yapısal düzensizlikler, malzeme ve zemin özellikleri gibi parametreler üzerinden hesap yapılarak bulunan  $P_1$  temel yapısal puanı ile birlikte, binanın değişik göçme modlarını da gözönüne alan toplam yedi adet göçme puanı hesaplanmaktadır. Son olarak, bu puanların birbirleri ile etkileşimini, ayrıca yapısal ve çevresel özellikleri, binanın bulunduğu bölge ve deprem verilerini de göz önüne alan bir P-sonuç puanı belirlenmektedir. Elde edilen P-sonuç puanının az, orta veya yüksek riskli bölgeye düşmesi durumuna göre yapının göçme riski hakkında ya kesin bir bilgi edinilmekte veya finansal verilere göre belirlenen bir kararsızlık bandı içine düşmesi halinde, kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir.

Hızlı değerlendirme yönteminde binanın P-sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle sözkonusu binanın  $P_1, P_2, \dots, P_7$  olmak üzere 7 ayrı göçme riskini temsil eden 7 farklı değerlendirme puanı hesaplanır. Bu risklerin birbirleri ile etkileşime girip girmediklerini saptamak için her  $P_i$  puanı için belirlenen ağırlık çarpanı da dikkate alınarak  $P_w$ -ağırlıklı ortalama puan hesaplanır. Daha sonra,  $P_i$  puanlarının en küçüğü olan  $P_{\min}$  puanı için  $P_w$ -ağırlıklı ortalama puanına bağlı olarak  $P_i$  göçme kriterlerinin birbirleri ile etkileşimini temsil eden bir  $\beta$ -çarpanı bulunur [33].



Şekil 2.1. Kritik kat alanı [33]

Ayrıca, binanın önem derecesini, bölgenin depremsellik derecesini, binanın hareketli yük katsayısını ve binanın oturduğu arazinin topografyasını temsil eden bir  $\alpha$ -çarpanı ile düzeltme yapılır. Elde edilen P-sonuç performans puanının değerine göre söz konusu binanın yıkılma potansiyeli olup olmadığı konusunda bilgi edinilir [33].

### 2.3.1. Kritik Kat Seçimi

Sözkonusu binanın zemin kat taban alanı, kenarları a ve b olan bir dikdörtgen içine oturtularak binanın  $A_e$  efektif kat alanı bulunur ( $A_e = ab$ ) (Şekil 2.1). Daha sonra, en fazla hasar potansiyeli olan bir kritik kat seçilir. Kritik kat genellikle binanın zemin katıdır. Binada bodrum katın hiç istinat perdesi bulundurmaması durumunda, kritik kat bir bodrum kat olabilir. Hangi katın kritik kat olduğundan şüpheye düşüldüğü durumlarda, hesapların şüphe duyulan her kat için yapılması ve en olumsuz puanın binanın performans puanı olarak kabul edilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır [33].

### 2.3.2. $C_A$ En Kesit Alanı Endeksi Bileşkesi

Önce kritik katta bulunan kolon, perde, dolgu duvarların enkesit alanları, atalet momentleri ve daha sonra alan ve atalet momenti endeksleri hesaplanır. Alan endeksi, kolon, perde ve dolgu duvar alanlarının efektif kat alanına oranı olarak tarif edilir. Bu oran, elemanların her iki yöndeki etkili kesme alanlarına dayandığı için, binanın oturtulduğu kartezyen sisteminde kabul edilen x ve y yönleri için farklı sonuçlar verecektir. Alan endeksleri  $C_{Ax}$  ve  $C_{Ay}$  aşağıdaki şekilde hesaplanır Denklem (2.11, 2.12):

$$C_{Ax} = 2(10^5)A_{ef,x}/A_e \quad (2.11)$$

$$C_{Ay} = 2(10^5)A_{ef,y}/A_e \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} A_{ef,x} &= A_c + A_{sx} + (E_m/E_c) A_{wx} \\ A_{ef,y} &= A_c + A_{sy} + (E_m/E_c) A_{wy} \end{aligned} \quad (2.13)$$

Burada;

$A_c$  : Kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamı,

$A_{sx}$  : Kritik kattaki betonarme perde duvarların enkesit alanları toplamı,

$A_{wx}$  : Kritik kattaki dolgu duvarlarının enkesit alanları toplamı,

$E_m/ E_c$  : Dolgu duvarı elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı =0.15 dir.

Bu alan endekslerinin küçüğüne minimum, büyüğüne maksimum bileşen gözü ile bakılarak  $C_A$ -Alan Endeksi Bileşkesi için ağırlıklı bir ortalama endeks hesaplanır (Denklem 2.14,2.15) [33].

$$\begin{aligned} C_{A,\min} &= \min (C_{Ax}, C_{Ay}) \\ C_{A,\max} &= \max (C_{Ax}, C_{Ay}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$C_A = \sqrt{(0.87C_{A,\min})^2 + (0.50C_{A,\max})^2} \quad (2.15)$$

### 2.3.3. $C_I$ Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi

Her iki yöndeki atalet momenti endeksleri ve bunların bileşkeleri olan  $C_I$  -Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{I_x} = 2(10^5) (I_{ef,x}/I_x)^{0.2} \quad (2.16)$$

$$C_{I_y} = 2(10^5) (I_{ef,y}/I_y)^{0.2} \quad (2.17)$$

$$I_x = a^3 b/12 ; I_y = b^3 a/12 \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} I_{ef,x} &= I_{cx} + I_{sx} + (E_m/ E_c) I_{wx} \\ I_{ef,y} &= I_{cy} + I_{sy} + (E_m/ E_c) I_{wy} \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$\begin{aligned} C_{I_{\min}} &= \min (C_{I_x}, C_{I_y}) \\ C_{I_{\max}} &= \max (C_{I_x}, C_{I_y}) \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$C_I = \sqrt{(0.87C_{I,\min})^2 + (0.50C_{I,\max})^2} \quad (2.21)$$

Burada;

$I_x$  ve  $I_y$  : Bina taban alanını içine alan dikdörtgenin x ve y yönündeki atalet momentleri,

$I_{cx}$  ve  $I_{cy}$  : Kritik kat kolonlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

$I_{sx}$  ve  $I_{sy}$  : Kritik kat perdelerinin x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

$I_{wx}$  ve  $I_{wy}$  : Kritik kat dolgu duvarlarının x ve y yönüne göre atalet momentleri toplamı,

$C_I$  : Atalet momenti endeksinin bileşkesini göstermektedir.

$C_A$  ve  $C_I$  alan ve atalet momenti endekslerinin bileşkeleri, depremin binanın zayıf yönüne  $30^\circ$  açı ile geldiği yaklaşıma dayanılarak hesaplanmaktadır [33].

#### 2.3.4. $P_o$ - Taşıyıcı Sistem Puanı

Binanın taşıyıcı sistem özelliklerini yansıtan  $P_o$ - puanı aşağıdaki formülden hesaplanır Denklem (2.22):

$$P_o = (C_A + C_I) / h_o \quad (2.22)$$

Burada  $h_o$  bina yüksekliği ile ilgili bir düzeltme çarpanıdır,  $h_o$ -çarpanı,  $H$ =bina toplam yüksekliğine bağlı olarak Denklem (2.23) 'de verilmiştir:

$$h_o = -0.6 H^2 + 39.6 H - 13.4 \quad (2.23)$$

Bu formül 3m yükseklikte tek katlı bir binada  $h_o = 100$  değerini, 15m yükseklikte 5 katlı bir binada  $h_o = 446$  ve 30m yükseklikte 10 katlı bir binada  $h_o = 635$  değerini vermektedir. Bu çalışma için yazılan bir program ile, farklı yüksekliklerde ve farklı tasarım girdilerine sahip 27 bin civarında bina üretilerek sonuçlar regresyon analizine tabi tutulmuş ve Denklem (2.23) elde edilmiştir [33].

Tablo 2.1. Yapısal Düzensizlik Katsayıları ( $f_i$ ) [33]

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yüksek	Az	Yok
$f_1$	Burulma Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
$f_2$	Döşeme Süreksizliği	0.90	0.95	1.00
$f_3$	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	0.65-0.75	0.90	1.00
$f_4$	Kütle Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
$f_5$	Korozyon Varlığı	0.90	0.95	1.00
$f_6$	Ağır Cephe Elemanları	0.90	0.95	1.00
$f_7$	Asma Kat Mevcudiyeti ( $\gamma$ =Asma kat /Kat alanı)	0.90 $\gamma > 0.25$	0.95 $0 < \gamma < 0.25$	1.00 $\gamma = 0$
$f_8$	Katlarda Seyiye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.80	0.90	1.00
$f_9$	Beton Kalitesi <sup>(1)</sup>	$f_9 = (f_c/20)^{0.5}$		
$f_{10}$	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş <sup>(2)</sup>	$f_{10} = [(I_x + I_y)/2I_b]^{0.15} \leq 1.0$		
$f_{11}$	Etriye Sıklığı <sup>(3)</sup>	$f_{11} = 0.60 \leq (10/s)^{0.25} \leq 1.0$		
$f_{12}$	Zemin Sınıfı	0.90 (Z4 için)	0.95 (Z3 için)	1.00 (Z2,Z1 için)
$f_{13}$	Temel Tipi	0.80-0.90 (Tekil temel)	0.95 (Sürekli temel)	1.00
$f_{14}$	Temel Derinliği	0.90 (1m'den az)	0.95 (1 - 4m arası)	1.00 (4m'den fazla)

- (1)  $f_c$  , binanın MPa cinsinden beton kalitesidir.
- (2)  $I_x, I_y$  değerleri, kritik kat kolonlarının ortalama boyutlarından elde edilen temsili kolonun atalet momenti,  $I_b$  değeri ise, kritik katta en çok tekrar eden kirişin atalet momentidir.
- (3)  $s$ , cm cinsinden sarılma bölgesindeki etriye aralığıdır.

### 2.3.5. $P_1$ - Temel Yapısal Puanı

Yapısal düzensizlik katsayıları olan  $f_i$  katsayılarının tanımları ve aldıkları değerler Tablo 2.1'de verilmiştir. Bu değerlerin  $P_0$  puanı ile arka arkaya çarpılması sureti ile  $P_1$  puanı aşağıdaki şekilde elde edilir Denklem (2.24) [33]:

$$P_1 = P_0 \left( \prod_{i=1}^{14} f_i \right) \quad (2.24)$$

### 2.3.6. $P_2$ - Kısa Kolon Puanı

Kısa kolon tabiri ile boyu bulunduğu kattaki diğer kolonların boylarından daha az olan ve gevrek kayma kırılmasına maruz kalması beklenen kolonlar kastedilmektedir (Şekil 2.2b). [10,23,24] gibi daha önceki çalışmalarda bina performans puanı hesaplanırken, kısa kolon faktörü göz önüne alınmıştır. Ancak, kısa kolon varlığının tespiti yanında kısa kolon boyunun kat yüksekliğine oranının ve katta ne oranda bulduklarının saptanması da önemlidir. Bu bilgilere dayanılarak hesaplanan  $P_2$  - Kısa Kolon Puanının puanlama sistemi Tablo 2.2'de sunulmuştur.

Tablo 2.2 P<sub>2</sub> - Kısa Kolon Puanlama Matrisi [33].

Kısa Kolonların Bulunma Oram	Kısa Kolon boyu /Kat Yüksekliği			
	(0.75-1.00)h	(0.40-0.75)h	(0.15-0.40)h	(0.00-0.15)h
Az (%5 den az)	70	64	57	50
Bazı (%5 -%15)	60	50	44	37
Fazla (%15-%30)	50	40	30	24
Çok Fazla (%30 dan fazla)	40	30	20	10

### 2.3.7. P<sub>3</sub> – Yumuşak Kat ve Zayıf Kat Puanı

Giriş katında kat yüksekliğinin çeşitli amaçlarla normalden yüksek tutulması ve/veya bina yatay dayanımına katkısı oldukça fazla olan yığma dolgu duvarlarının giriş katında bulunmaması gibi nedenlerle giriş katları zayıf hale getirilmekte ve hasarın odak noktası olmaktadır (Şekil 2.2a). Bu zayıflığı ifade eden P<sub>3</sub> Yumuşak kat ve Zayıf kat Puanı:

$$P_3=100[r_a r_r (h_{i+1}/h_i)^3]^{0.60} \quad (2.25)$$

denklemleri ile ifade edilmektedir (Denklemler 2.25). Burada h<sub>i</sub> ve h<sub>i+1</sub> kritik kat ve bir üst katın yüksekliklerini göstermekte olup, kritik katın göreceli yatay yer değiştirmesini temsilen eklenmiştir. Parantezin 0.60 ıncı kuvvetim almak suretiyle P<sub>3</sub> puanı 0 ila 100 arasında değişen mantıksal bir değere oturmaktadır.

Denklemler (2.26) ve (2.27) ifadeleriyle verilen r<sub>a</sub> ve r<sub>r</sub> kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde ve dolgu duvarlarının efektif alan ve efektif atalet momenti cinsinden birbirlerine oranlarını göstermektedir: r<sub>a</sub> ve r<sub>r</sub> değerleri x ve y yönleri için ayrı ayrı bulunur ve ortalamaları alınır. Burada A<sub>ef</sub> ve I<sub>ef</sub> değerleri Denklem (2.13) ve (2.19) yardımı ile bulunabilir [33].



$$r_a = (A_{ef,i}/A_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (2.26)$$

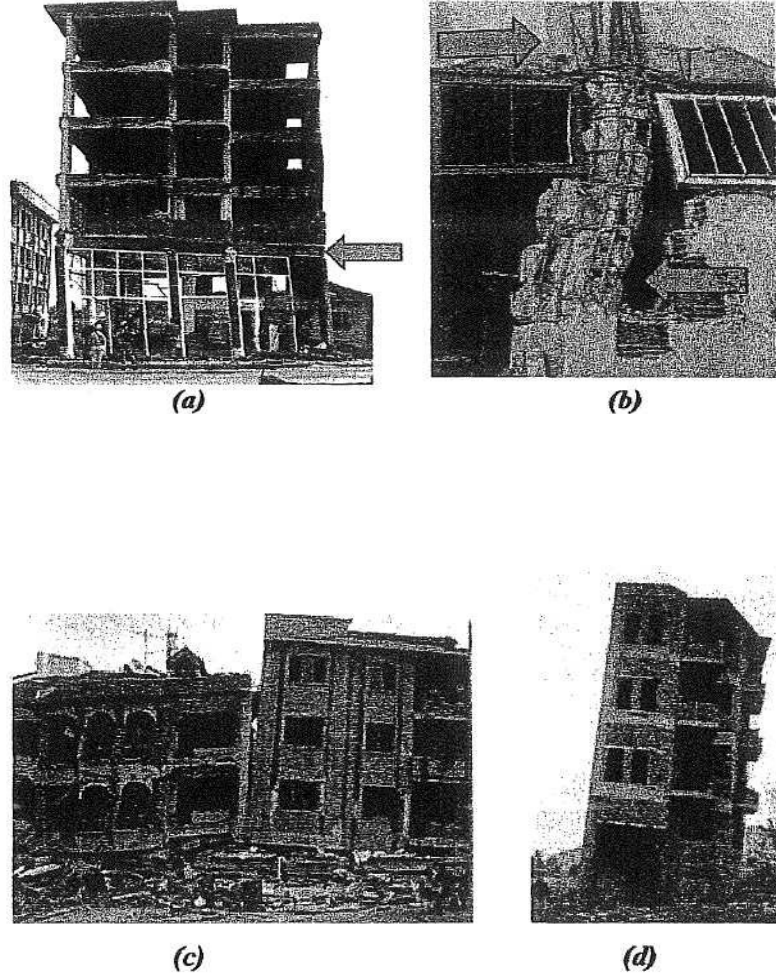
$$r_r = (I_{ef,i}/I_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (2.27)$$

### 2.3.8. P<sub>4</sub> – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

Türkiye’ de çok yaygın olarak kullanılan, giriş katın üstündeki ağır çıkmalar hem binada kütle düzensizliğine ve deprem moment kolunun yukarılara taşınmasına neden olmakta, hem de dış cephe kolonları arasındaki kiriş akslarının ötelenmesi yolu ile çerçeve süreksizliği oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Kaynak [25]’te yapılan çalışmada bu tip düzensizliğin binalarda % 4 ila % 54 arasında dayanım kaybına sebebiyet verdiği saptanmıştır. Binadaki çıkmalar ve bu nedenle oluşturulan çerçeve süreksizliği puanı, P<sub>4</sub>, Tablo 2,3’den alınmaktadır [33].

### 2.3.9. P<sub>5</sub> – Çarpışma Puanı

Bitişik nizam iki binanın çarpışma riskini temsil eden P<sub>5</sub> - Çarpışma Puanı Tablo 2.4 'den alınabilir. Yapılan çalışmalarda, özellikle bitişik bina dizisinin en sonundaki binanın çok riskli olduğu saptanmıştır (Şekil 2.2c). Ayrıca, enerjinin korunması prensibi nedeniyle, geçmiş depremlerden de görüleceği üzere birbirine bitişik olan, ama gerek yükseklikleri ve gerekse ağırlıkları sebebi ile farklı periyotlara sahip olan binaların da yüksek risk taşıdıkları saptanmıştır [25-28]. Bitişik iki binanın plandaki ağırlık merkezlerini birleştiren çizgi, iki binanın çarpışacağı ortak çizginin ortasından geçiyorsa, buna merkezi çarpışma, geçmiyorsa dış merkezli çarpışma denir.



Şekil 2.2 Geçmiş Depremlerden Hasar Örnekleri a) Yumuşak-zayıf Kat, b) Kısa Kolon Hasarı, c) Çarpışma Hasarı ve d) Büyük Zemin Oturması Hasarı [33]

Tablo 2.3 P<sub>4</sub> - Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı [33].

Çerçeve Kirişleri	Çıkmanın Bulunma Oranı		
	Tek Cephe	İki Cephe	Uç-Dört Cephe
Var	90	80	70
Yok	70	60	50

### 2.3.10. P<sub>6</sub> – Sıvılaşma Potansiyeli

Sıvılaşma potansiyeli puanlan yeraltı su seviyesine (YASS) göre Tablo 2.5'te verilmiştir. Herhangi bir bölgede hızlı veya daha ayrıntılı değerlendirmeye gidilmeden önce zemin özelliklerinin saptanması zorunludur. Sıvılaşma

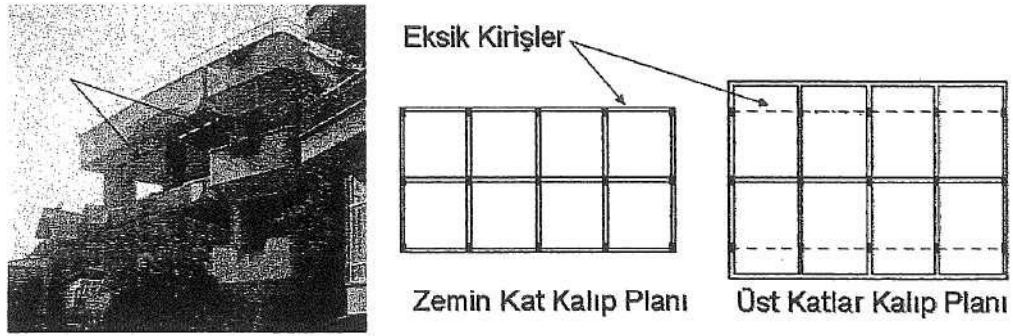
potansiyeli çeşitli zemin parametrelerine bağlı olarak az, orta ve yüksek olarak tayin edilmelidir. Sıvılaşma potansiyelinin nasıl tayin edileceği [29,30]'da ayrıntılı olarak tarif edilmiştir. Sıvılaşma potansiyeli olmayan zeminlerde  $P_6=100$  alınır [33].

### 2.3.11. $P_7$ – Toprak Hareketleri Puanı

Çeşitli toprak hareketleri için puanlama matrisi Tablo 2.6 da verilmiştir. Bu tabloya girebilmek için, her şeyden önce zemin parametrelerinin tayin edilmesi ve bu parametrelerin ışığında;

- a) Büyük oturmalar (Şekil 2.2d)
- b) Yanal dağılma
- c) Heyelan
- d) İstinat duvarı göçmesi

gibi 4 ayrı cins zemin hareketinden herhangi birinin olup olmayacağı saptanmalıdır. Herhangi bir toprak hareketi ihtimali saptanmışsa yeraltı su seviyesine (YASS) göre, Tablo 2.6'dan uygun  $P_7$ - puanı seçilir [33].



Şekil 2.3 Ağır Çıkmalar ve Oluşturulan Çerçeve Süreksizlikleri [33]

Tablo 2.4. P<sub>5</sub> – Çarpışma Puanı Matrisi [33].

Çarpışma Türü	Merkezi Çarpışma		Dış Merkezli Çarpışma	
	Aynı Seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme	Aynı seviyede Döşeme	Farklı Seviyede Döşeme
Birbirine bitişik binalarda uç bina	35	15	20	10
Bir bina diğerinden daha rijit ve/veya ağır	40	25	30	20
Alçak bina ile yüksek bina komşu	50	30	30	20
Binalar aynı yükseklikte	70	60	60	50

Tablo 2.5. P<sub>6</sub> – Sıvılaşma Potansiyeli Puanları [33].

YASS	Hesaplamalı Sıvılaşma Potansiyeli		
	Az	Orta	Yüksek
>10m	60	45	30
2.0m – 10.0m	45	33	20
<2.0m	30	20	10

Tablo 2.6. P<sub>7</sub> – Toprak Hareketleri Puanı [33].

Zemin Sınıfı	YASS (m)	P <sub>7</sub> - Puanı
Z1, Z2	-	100
Z3	YASS ≤5.0	25
	YASS >5.0	35
Z4	YASS ≤5.0	10
	YASS >5.0	20

### 2.3.12. $\alpha$ – Düzeltme Çarpanı

Çeşitli göçme kriterlerini temsil eden  $P_i$  puanları arasından seçilecek  $P_{\min}$  minimum puanının binanın ve yörenin özelliklerine göre ayrıca bir  $\alpha$  çarpanı ile düzeltilmesi gerekmektedir,  $\alpha$  çarpanı; bina önem katsayısı  $I$ , deprem bölgesine göre tayin edilen efektif ivme katsayısı  $A_0$ , hareketli yük çarpanı  $n$  ve topografik konum katsayısı  $t$  gözönüne alınarak Denklem (2.28) yardımı ile hesaplanır;

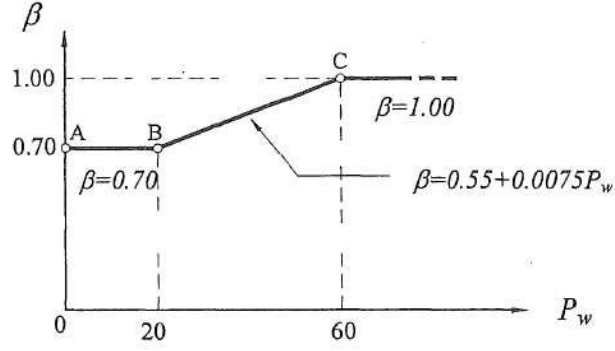
$$\alpha = (1/I) (1.4 - A_0) [1/(0.4n + 0.88)] t \quad (2.28)$$

Topoğrafik  $t$  katsayısının nominal değeri  $t = 1.0$ 'dir. Bu katsayı, incelenen binanın bir tepenin üstüne kurulu olması durumunda  $t = 0.7$  ve dik bir yamaçta kurulu olması durumunda ise  $t = 0.85$  değerini almaktadır. Bu katsayının belirlenmesinde, özellikle 1985 Şili depremi sonrası Canal Beagle bölgesinde yapılan artçı depremlere bağlı ölçümler büyük rol oynamıştır. Birbirinin tamamen aynı inşa edilen bloklardan bir tepe üstünde sıralananların aşağı düzlükte bulunanlara oranla daha fazla hasar aldığı tespit edilmiştir [31,32]. Ancak, Şili depremi sonrası bir bölgede elde edilen sonuçların her türlü topoğrafik etki için kullanılamayacağı açıktır. Ayrıca, topoğrafik büyütmenin frekansa bağlı olması, yapılan ölçümlerin artçı kayıtlar olması gibi daha birçok belirsizlik topoğrafik etki parametresini oldukça karmaşıklaştırmaktadır. Fakat yukarıda bahsedilen yayınlardaki topoğrafik etkinin en azından niteliksel tarifi P25 yöntemine de ışık tutmuştur [33].

### 2.3.13. $\beta$ – Düzeltme Çarpanı

Binanın sonuç performans puanı daha önce hesaplanan 7 adet  $P_i$  puanının ağırlıklı olarak birbirleri ile etkileşimleri yolu ile belirlenmektedir. Bunun için önce  $P_i$  puanları içinden  $P_{\min}$  minimum puanı saptanır ve ağırlık katsayısı olarak  $w = 4$  ile çarpılır. Diğer  $P_i$  puanları Tablo 2.7'de verilen ağırlık puanları ile çarpılarak Denklem (2.29) yardımı ile ağırlıklı ortalama puanı  $P_w$  saptanır. Ağırlıklı ortalama puanı  $P_w$  kullanılarak Şekil 2.4 yardımı ile bir  $\beta$  – Düzeltme çarpanı elde edilir.

$$P_w = \Sigma(w_i P_i) / \Sigma w_i \quad (2.29)$$



Şekil 2.4  $\beta$  -Katsayısının Değişimi [33].

Tablo 2.7 Çeşitli Puanlar için Ağırlık Oranları [33].

Ağırlık Puanı	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>min</sub>
w	4	1	3	2	1	3	2	4

#### 2.3.14. P – Sonuç Puanı

Yukarıda hesaplanan  $\alpha$  ve  $\beta$  çarpanları yardımı ile binanın performansını belirleyen P sonuç puanı:

$$P = \alpha \beta P_{\min} \quad (2.30)$$

şeklinde hesaplanır. Burada  $P_{\min}$  birbirinden bağımsız olarak hesaplanan ve yukarıda ayrıntıları ile açıklanan 7 adet  $P_i$  değerlendirme puanı arasından en küçüğüdür [33].

#### 2.4. Kapasite - Talep Oranı Yöntemi

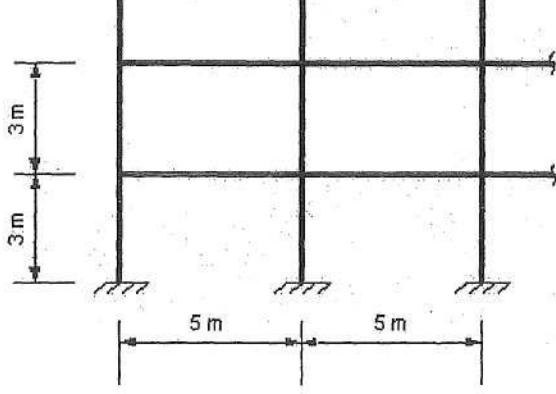
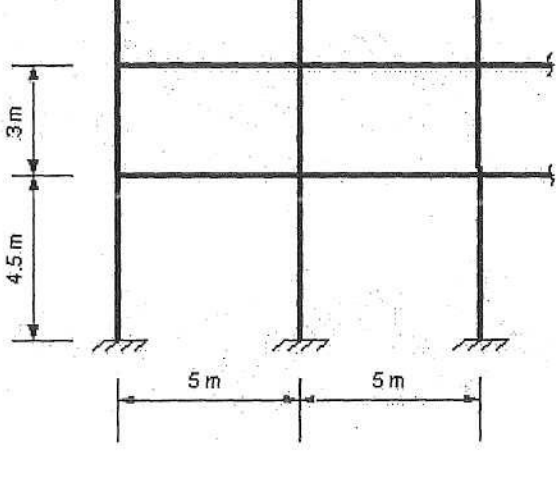
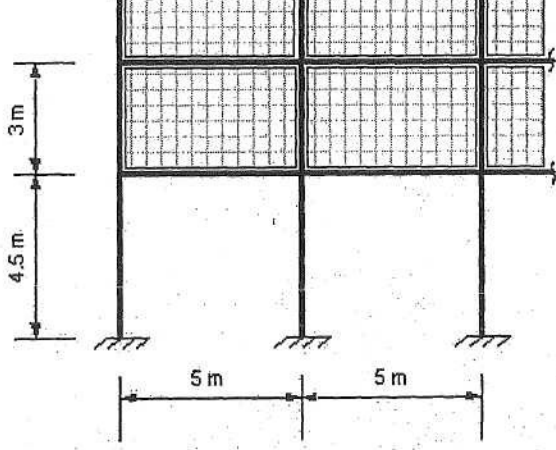
Mevcut betonarme binaların pratik ve çabuk bir şekilde deprem güvencesinin belirlenmesi yönünde bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemin esası, binada bulunan kolonların görelî kat ötelenmeleri gözönüne alınarak, kolonlardaki talep ve kapasite karşılaştırılması analizine dayanmaktadır. Bu analizler daha önceden bilgisayar ortamında yapılmış, bina güvenliğini belirleyecek mühendise birtakım formlar, formüller, tablolar ve grafikler üretilmiştir.

İnceleme iki aşamada yapılır. Öncelikle, bir depremden gelebilecek azami görelî kat

ötelenmeleri binanın birinci kat planındaki iki ortogonal (X ve Y) doğrultusunda bulunan kolonların atalet momentleri hesaplanır ve ardından bina türü ve kat adedine göre incelenecek binanın periyodu bir formül yardımıyla ile bulunur. Hesaplanan periyoda ve yine bina türü ve kat adedine göre depremde meydana gelebilecek azami görelî kat ötelenmesi bir başka grafik aracılığıyla bulunur. Bu değer deprem talebini göstermektedir.

İkinci aşamada ise, planda bulunan kolonların azami ötelenme kapasiteleri bir grafikten seçilir. Burada kolona gelen yük seviyesi, kolondaki boyuna doğrultudaki donatı oranı, beton pas payının kalınlığı, dikdörtgen kolonların kenar uzunluklarının birbirlerine olan oranı ve iki kat arası yükseklik parametreleri bu grafiklerin üretiminde ana parametreleri oluşturmuştur.

Bina türleri 3 ila 9 kat arasında olup, oluşturulan matematiksel modeller yumuşak kat ve üst katlara doğru kolonların küçültülmesi gibi özelliklere sahiptir. Aşağıda Şekil 2.5'de dinamik analizlerinde kullanılan bina türleri gösterilmektedir [35].

	<p>A1 – 3-9 kat arası, kat yükseklikleri 3m, kolonlar arası mesafe 5m, kolon ebatları yukarıya doğru sabit, dolgu duvarsız (çıplak çerçeve)</p>
	<p>B1 – 3-9 kat arası, kat yükseklikleri 3m, kolonlar arası mesafe 5m, yumuşak kat yüksekliği 4.5 m, kolon ebatları yukarıya doğru sabit, dolgu duvarsız (çıplak çerçeve)  B2 – 3-9 kat arası, kat yükseklikleri 3m, kolonlar arası mesafe 5m, yumuşak kat yüksekliği 4.5 m, kolon ebatları yukarıya doğru küçülüyor, dolgu duvarsız (çıplak çerçeve)</p>
	<p>C1 – 3-9 kat arası, kat yükseklikleri 3m, kolonlar arası mesafe 5m, yumuşak kat yüksekliği 4.5 m, kolon ebatları yukarıya doğru küçülüyor, düşeyde düzensiz (en alt kat dışında diğer katlarda dolgu duvar bulunan) çerçeve. Burada B2 tip bina modeline ek olarak, üst katlar tek bir kütle gibi davranıyor.</p>

Şekil 2.5 Betonarme Bina Modelleri [35].

Binalar iki boyutlu deprem analizlerine tabi tutulmuş ve sonuçlardan periyod formülleri Şekil 2.5'deki bina modelleri için bazı varsayımlar ile üretilmiş ve buna bağlı olarak da azami görelî kat ötelenmeleri (talep) bulunmuştur. Bu analizlerde kullanılan varsayımlar kısaca, [34]' e göre zemin sınıfının Z2 ve Z3 olması, burkulma



düzensizliğinin olmaması, zemin-yapı etkileşimi olmaması (temellerin zemine rijit bağlanması), binanın çerçeve türü olması (perde duvar olmaması, ya da yatay yöndeki rijitliğe fazla katkı yapmayacak kadar sınırlı sayıda bulunması), bodrumda çevresinde perdenin olmaması, kolon sargı donatısının zayıf olması, binaların birinci derece deprem bölgesinde bulunması, sistem yer değiştirme sünekliğinin her bir kolonun yerdeğiştirme sünekliğine eşit olması, bina önem katsayısı  $I = 1$  olan binaları (konut veya işyeri amacıyla kullanılan binalar) esas alması şeklinde sıralanabilir [35].

Şekil 2.5'deki modeller için geliştirilen periyod formülleri, saniye birim cinsinden, her ortogonal yön için aşağıda verilmiştir (Denklemler (2.31) ve (2.32)).

$$T_x = (C_1 + C_2 s) \sqrt{\frac{n}{I_y}} \quad (2.31)$$

$$T_y = (C_1 + C_2 s) \sqrt{\frac{n}{I_x}} \quad (2.32)$$

Burada,  $C_1$  ve  $C_2$  sabit katsayılar olup bina türüne bağımlı olarak ifade edilmişlerdir. Tablo 2.8'de bu katsayılar yer almaktadır.  $n$  bir katta bulunan kolon adedini,  $s$  kat adedini,  $I_x$  ve  $I_y$  ise kat planındaki  $m^4$  birim cinsinden toplam atalet momentini göstermektedir.

Tablo 2.8 Periyod formüllerinde kullanılacak  $C_1$  ve  $C_2$  sabit katsayılar [35].

Bina türü	$C_1$	$C_2$
A1	$9 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
B1	$10 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$
B2	$14 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$
C1	$1 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$

Tablo 2.9'da bina türleri ve kat adetlerine göre hesaplanmış sayısal periyod ve göreceli kat ötelenmeleri talepleri yer almaktadır. Ara değerler için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. Burada her bir modelinin doğal periyodunu ( $T$ ) ve her bir katın göreceli kat ötelenmesinin kat yüksekliğine oranını ( $d_r$ ) göstermektedir. Örneğin 47b2

model numaralı binada B2 çerçeve türünde, 4 katlı, 7. Periyot değerinde olduğunu göstermektedir. Bina çerçeve türü ve periyoduna tekabül eden model numarası yok ise doğrusal enterpolasyon yapılır [35].

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri [35].

Çerçeve tipi: A1 Birinci doğal periyodu, T, ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1}) / h_i$																	
frame model	36a1	31a1	32a1	33a1	34a1	35a1			frame model	67a1	61a1	62a1	64a 1	63a1	65a1	66a1	68a1
T (sec.)	0,768	0,685	0,518	0,429	0,336	0,311			T (sec.)	1,071	0,975	0,737	0,637	0,588	0,518	0,482	0,403
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr ( %)			story	dr ( %)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,49	0,43	0,31	0,22	0,13	0,11			1	0,41	0,37	0,26	0,22	0,20	0,17	0,15	0,10
2	0,39	0,34	0,24	0,17	0,11	0,09			2	0,39	0,34	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14	0,10
3	0,21	0,18	0,13	0,09	0,06	0,05			3	0,34	0,30	0,22	0,18	0,17	0,14	0,13	0,09
frame model	47a1	41 a1	42a 1	43a 1	44a 1	45a 1	46a1	48a1	4	0,27	0,24	0,18	0,15	0,14	0,12	0,10	0,07
T (sec.)	0,884	0,735	0,591	0,466	0,435	0,402	0,329	0,274	5	0,20	0,17	0,13	0,11	0,10	0,08	0,07	0,05
6	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	frame model	76a1	75a1	71a1	72a1	73a1	74a1		
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr ( % )	T (sec.)	1,155	0,941	0,795	0,641	0,501	0,425		
1	0,47	0,37	0,29	0,20	0,18	0,15	0,10	0,07	story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		
2	0,40	0,32	0,25	0,18	0,15	0,13	0,09	0,06	1	0,40	0,30	0,24	0,19	0,14	0,10		
3	0,30	0,24	0,18	0,13	0,11	0,10	0,07	0,05	2	0,38	0,29	0,24	0,18	0,13	0,10		
4	0,15	0,12	0,10	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03	3	0,34	0,27	0,22	0,17	0,13	0,09		
frame model	55a 1	51a1	52a1	53a1	54a 1	56a1	57 a1		4	0,29	0,23	0,19	0,15	0,11	0,08		
T (sec.)	1,084	0,840	0,682	0,535	0,462	0,404	0,287		5	0,23	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07		
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		6	0,17	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05		
1	0,49	0,36	0,28	0,21	0,16	0,12	0,06		7	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03		
2	0,44	0,33	0,25	0,19	0,15	0,11	0,06										
3	0,36	0,27	0,21	0,16	0,13	0,10	0,05										
4	0,26	0,19	0,15	0,11	0,09	0,07	0,04										
5	0,14	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,02										

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: A1 Birinci doğal periyodu, T, ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1}) / h_i$																	
frame model	85a1	81a1	82a1	83a1	84a1	86a 7	87a 1	88a1	frame model	93a1	94a1	95a1	91a1	92a1	96a1	97a1	98a1
T (sec.)	1,288	0,975	0,845	0,733	0,641	0,574	0,538	0,515	T (sec.)	1,447	1,267	1,097	0,879	0,723	0,608	0,552	0,502
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,39	0,28	0,23	0,19	0,16	0,14	0,13	0,10	1	0,40	0,34	0,29	0,22	0,17	0,13	0,12	0,10
2	0,38	0,27	0,23	0,19	0,16	0,14	0,13	0,10	2	0,39	0,33	0,28	0,21	0,17	0,13	0,12	0,10
3	0,35	0,25	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12	0,09	3	0,37	0,32	0,27	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10
4	0,31	0,23	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	4	0,33	0,29	0,24	0,19	0,15	0,12	0,11	0,10
5	0,27	0,19	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,08	5	0,29	0,26	0,22	0,17	0,14	0,11	0,10	0,09
6	0,21	0,16	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,06	6	0,25	0,22	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08
7	0,15	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	7	0,20	0,18	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07	0,07
8	0,09	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	8	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05
									9	0,09	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: B1 Birinci doğal periyodu, T, ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (di - di-1) / hi$																
frame model	36b1	31b1	32b1	33b 1	34b1	35b1		frame model	67b1	61b1	62b1	64b1	63b1	65b 1	66b1	68b1
T (sec.)	1,127	1,004	0,757	0,625	0,488	0,451		T (sec.)	1,370	1,247	0,937	0,806	0,744	0,651	0,605	0,530
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr (Ye)	dr ( Yo)	dr (Yo)		story	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr(Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)
1	0,79	0,69	0,49	0,39	0,29	0,24		1	0,78	0,70	0,49	0,41	0,37	0,32	0,29	0,23
2	0,24	0,21	0,15	0,12	0,09	0,08		2	0,31	0,28	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10
3	0,11	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03		3	0,26	0,23	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08
frame model	47b1	41 b1	42b1	43b 1	44b1	45b1	46b1	frame model	76b1	75b1	71b1	72b 1	73b 1	74b 1		
T (sec.)	1,228	1,018	0,815	0,640	0,598	0,552	0,449	T (sec.)	1,441	1,160	0,972	0,778	0,605	0,509		
story	dr(%)	dr(%)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	story	dr ( Yo)	dr (Yo)	dr(Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr (Yo)		
1	0,81	0,64	0,49	0,37	0,34	0,31	0,22	1	0,77	0,59	0,48	0,36	0,27	0,22		
2	0,29	0,23	0,18	0,13	0,12	0,11	0,08	2	0,31	0,24	0,20	0,15	0,11	0,09		
3	0,19	0,15	0,12	0,09	0,08	0,07	0,05	3	0,27	0,21	0,17	0,13	0,10	0,08		
4	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	4	0,22	0,17	0,14	0,11	0,08	0,07		
frame model	55b 1	51b1	52b 1	53b1	54b 1	56b1	57b1	5	0,17	0,13	0,11	0,08	0,06	0,05		
T (sec.)	1,443	1,118	0,900	0,703	0,603	0,528	0,376	6	0,11	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03		
story	dr(%)	dr(%)	dr (Yo)	dr (Yo)	dr(Yo)	dr (Yo)	dr(Yo)	7	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01		
1	0,90	0,66	0,51	0,38	0,31	0,27	0,14									
2	0,35	0,25	0,20	0,15	0,12	0,11	0,06									
3	0,27	0,19	0,15	0,11	0,09	0,08	0,05									
4	0,18	0,13	0,10	0,07	0,06	0,05	0,03									
5	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02									

Tablo 2.9 Periyod ve göreli kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi; B1 Birinci doğal periyodu, T, ve göreli katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1}) / h_i$																	
frame model	85b1	81b1	82b1	83b1	84b1	86b1	87b1	88b1	frame model	93b1	94b1	95b7	91b1	92b 1	96b1	97 b1	98b1
T (sec.)	1,558	1,171	1,007	0,864	0,757	0,672	0,630	0,532	T (sec.)	1,711	1,486	1,287	1,022	0,832	0,692	0,622	0,558
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,79	0,56	0,46	0,39	0,33	0,28	0,26	0,21	1	0,83	0,69	0,58	0,44	0,34	0,27	0,24	0,21
2	0,33	0,23	0,20	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09	2	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,12	0,11	0,09
3	0,29	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,08	3	0,32	0,27	0,23	0,17	0,14	0,11	0,10	0,09
4	0,25	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09	0,09	0,07	4	0,28	0,24	0,20	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08
5	0,20	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	5	0,24	0,20	0,17	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06
6	0,15	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	6	0,19	0,16	0,14	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05
7	0,10	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	7	0,15	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04
8	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	8	0,09	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
									9	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: B2 Birinci doğal periyodu, T, ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1})/h_i$																
frame								frame								
model	36b2	31b2	32b2	33b2	34b2	3Sb2		model	67b2	61b2	62b2	64b2	63b2	65b2	66b2	68b2
T (sec.)	1,135	1,016	0,763	0,637	0,518	0,490		T (sec.)	1,404	1,290	1,029	0,891	0,802	0,717	0,666	0,542
story	dr(%J	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,79	0,68	0,49	0,39	0,28	0,24		1	0,76	0,68	0,46	0,38	0,35	0,29	0,27	0,22
2	0,24	0,21	0,15	0,12	0,12	0,13		2	0,30	0,27	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,09
3	0,18	0,20	0,12	0,14	0,18	0,20		3	0,25	0,23	0,28	0,22	0,19	0,16	0,14	0,11
frame								4	0,29	0,31	0,22	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09
model	47b2	41b2	42b2	43b2	44b2	45b2	46b2	5	0,19	0,21	0,27	0,31	0,18	0,25	0,22	0,14
T (sec.)	1,278	1,051/	1,017	0,679	0,643	0,592	0,474	6	0,17	0,09	0,12	0,14	0,08	0,11	0,10	0,06
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	frame								
1	0,78	0,63	0,46	0,35	0,32	0,29	0,22	model	76b2	75b2	71b2	72b2	73b2	74b2		
2	0,28	0,23	0,17	0,13	0,12	0,11	0,08	T (sec.)	1,472	1,222	1,037	0,831	0,693	0,563		
3	0,40	0,28	0,34	0,23	0,24	0,22	0,14	story	dr(%)	dr(%J	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		
4	0,18	0,12	0,15	0,10	0,11	0,10	0,06	1	0,76	0,57	0,45	0,35	0,24	0,20		
frame								2	0,31	0,23	0,19	0,15	0,10	0,09		
model	55b2	51b2	52b2	53b2	54b2	56b2	57b2	3	0,27	0,20	0,17	0,13	0,09	0,11		
T (sec.)	1,479	1,135	0,934	0,777	0,663	0,592	0,407	4	0,22	0,17	0,22	0,17	0,18	0,09		
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	5	0,29	0,34	0,18	0,13	0,14	0,14		
1	0,88	0,66	0,49	0,35	0,29	0,24	0,14	6	0,19	0,23	0,27	0,23	0,29	0,09		
2	0,34	0,25	0,19	0,14	0,12	0,10	0,06	7	0,08	0,10	0,12	0,10	0,13	0,12		
3	0,26	0,19	0,15	0,27	0,21	0,19	0,10									
4	0,37	0,22	0,26	0,18	0,14	0,13	0,07									
5	0,16	0,09	0,12	0,14	0,17	0,19	0,07									

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: B2 Birinci doğal periyodu, T, ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1})/h_i$																		
frame model	85b2	81b2	82b2	83b2	84b2	86b2	87b2	88b2		frame model	93b2	94b2	95b2	91b2	92b2	96b2	97b2	98b2
T (sec.)	1,586	1,269	1,090	0,928	0,816	0,719	0,671	0,563		T (sec.)	1,826	1,522	1,435	1,160	0,922	0,738	0,682	0,626
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,78	0,52	0,44	0,36	0,31	0,27	0,25	0,20		1	0,83	0,68	0,54	0,40	0,32	0,26	0,22	0,19
2	0,32	0,22	0,19	0,16	0,13	0,12	0,11	0,09		2	0,35	0,29	0,23	0,17	0,14	0,11	0,10	0,09
3	0,29	0,20	0,17	0,14	0,12	0,11	0,10	0,08		3	0,32	0,26	0,21	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08
4	0,25	0,30	0,24	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10		4	0,28	0,23	0,33	0,22	0,17	0,14	0,12	0,10
5	0,20	0,25	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10	0,08		5	0,43	0,20	0,29	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09
6	0,28	0,20	0,15	0,12	0,16	0,13	0,12	0,09		6	0,36	0,17	0,24	0,16	0,20	0,10	0,12	0,14
7	0,18	0,23	0,27	0,21	0,11	0,09	0,08	0,06		7	0,28	0,30	0,33	0,40	0,15	0,11	0,10	0,11
8	0,08	0,10	0,12	0,09	0,15	0,11	0,10	0,06		8	0,39	0,20	0,22	0,29	0,18	0,07	0,16	0,18
										9	0,17	0,09	0,10	0,13	0,08	0,03	0,07	0,08



Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: C1 Birinci doğal periyodu, $T_1$ ve görel katlar arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1}) / h_i$																
frame model	36c1	31c1	32cf	33c1	34c1	35c1		frame model	67c1	61c1	62c1	63c1	63c1	65c1	66c1	68c1
T (sec.)	1,052	0,937	0,690	0,580	0,456	0,421		T (sec.)	1,115	1,008	0,775	0,667	0,616	0,540	0,502	0,417
Story 1	dr(%) 0,85	dr(%) 0,74	dr(%) 0,51	dr(%) 0,42	dr(%) 0,29	dr(%) 0,25		Story 1	dr(%) 0,92	dr(%) 0,82	dr(%) 0,60	dr(%) 0,50	dr(%) 0,45	dr(%) 0,38	dr(%) 0,35	dr(%) 0,24
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
frame model	47c1	41c1	42c1	43c1	44c1	45c1	46c1	4	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
T (sec.)	1,098	0,895	0,729	0,571	0,535	0,493	0,401	5	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	6	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,90	0,70	0,55	0,41	0,38	0,34	0,23	frame model	76c1	75c1	71c1	72c7	73c1	74c1		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	T (sec.)	1,149	0,928	0,775	0,625	0,486	0,410		
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1	0,98	0,76	0,62	0,48	0,36	0,25		
frame model	55c1	51c1	52c1	53c1	54c1	56c1	57c1	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
T (sec.)	1,238	0,959	0,768	0,604	0,519	0,454	0,319	3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
Story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
1	1,05	0,77	0,59	0,44	0,37	0,29	0,14	5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00									

Tablo 2.9 Periyod ve görel kat ötelenme talebi değerleri (devam ediyor) [35].

Çerçeve tipi: C1 Birinci doğal periyodu, T1 ve görel kat arası ötelenme talebinin kat yüksekliğine oranı, $dr = (d_i - d_{i-1}) / h_i$																
frame model	85c1	81c1	82c1	83d	84c1	86c1	87d	frame model	93c1	94c1	95c1	91c1	92c1	96c1	97c1	98d
T (sec.)	1,177	0,906	0,782	0,673	0,589	0,524	0,490	T (sec.)	1,254	1,116	0,967	0,770	0,629	0,525	0,474	0,428
story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr-( % )	dr(%)	dr(%)	dr(%)	story	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr(%)	dr.(%)	dr(%)	dr(%)
1	0,99	0,75	0,63	0,52	0,44	0,38	0,35	1	1,15	0,94	0,82	0,63	0,49	0,38	0,33	0,27
2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	5	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	7	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
								9	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Birinci kat planından her iki ortogonal doğrultu için hesaplanacak kolonların toplam atalet momentleri aşağıdaki formüller ile ifade edilmiştir. Denklem (2.33), (2.34).

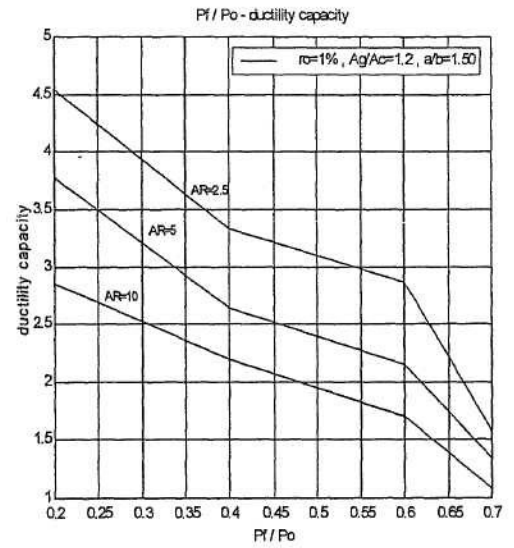
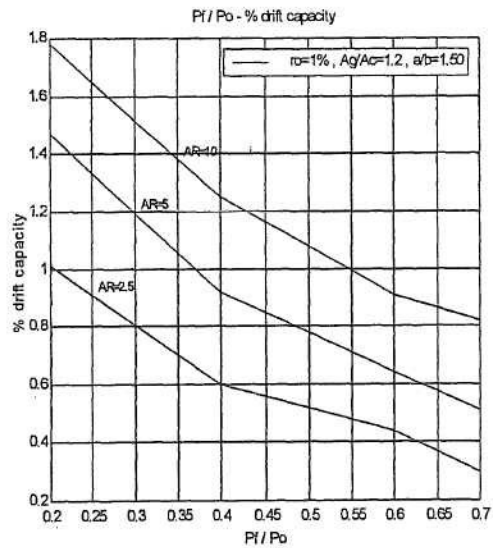
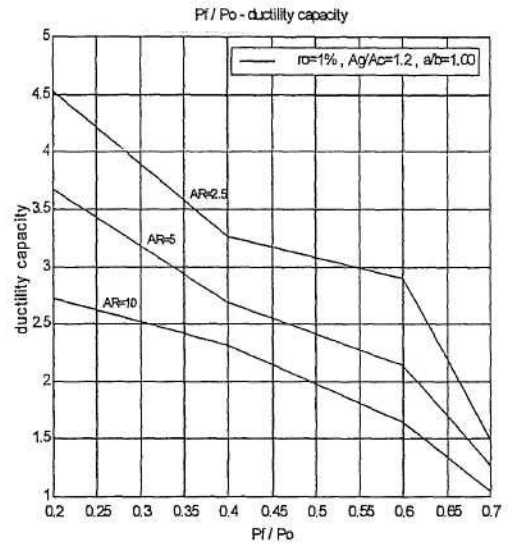
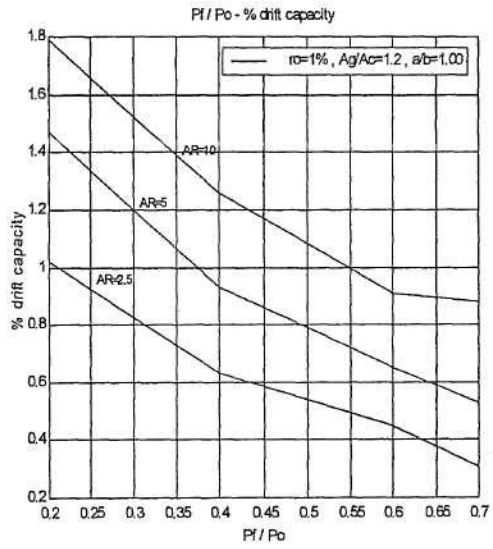
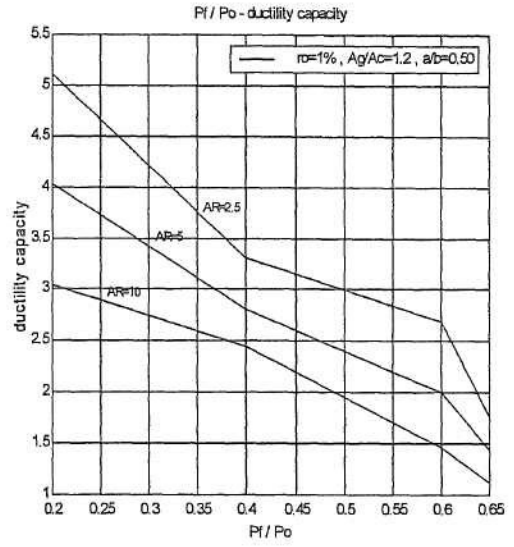
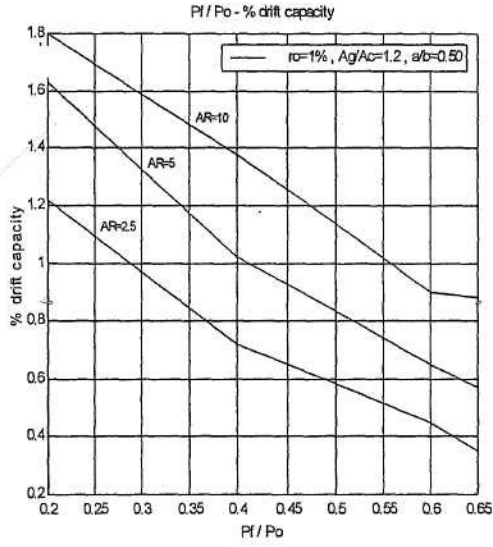
$$I_x = \sum_{i=1}^n (I_x)_i \quad (2.33)$$

$$I_y = \sum_{i=1}^n (I_y)_i \quad (2.34)$$

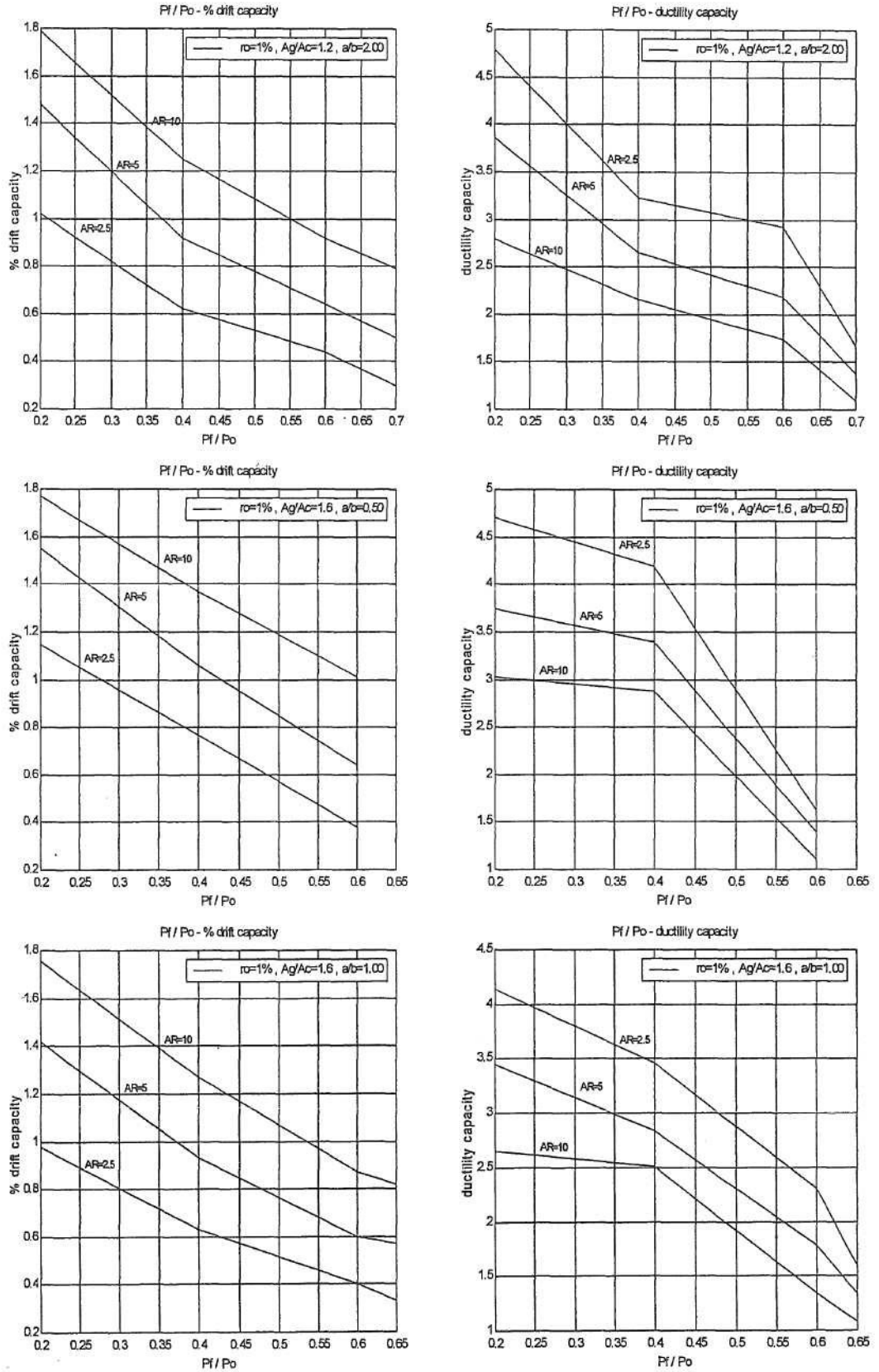
Burada,  $(I_x)_i$  ve  $(I_y)_i$  i'ninci kolonun x ve y akslarına göre olan atalet momentlerini  $m^4$  birim cinsinden ifade etmektedir.

Kapasite hesabında kullanılan kolon boyu o kolonun ankastre boyuna eşit olup  $I_{can}$  ifadesiyle tanımlanmaktadır.  $I_{can}$  metre cinsinden kolonun yarı uzunluğuna eşittir. Yapılan varsayım, kolonların düğüm noktalarına rijit bağlanması, döşemelerin yatay yüklemelerde rijit bir şekilde davranması ve yanal ötelenmelerden dolayı kolonların orta mesafesinde oluşacak momentlerin sıfır olmasıdır. Şekil 2.6 kolonların yatay ötelenme kapasitelerini göstermektedir [35].

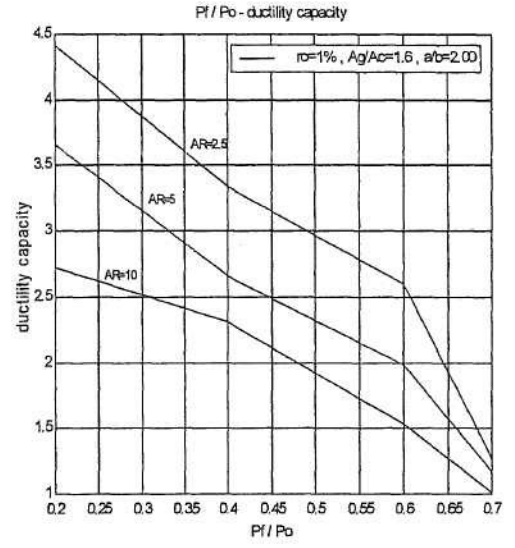
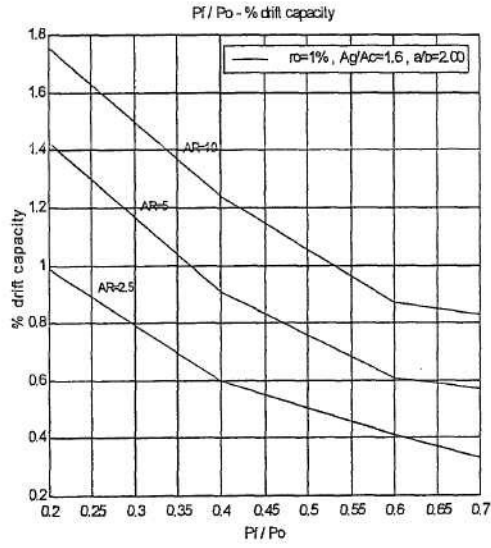
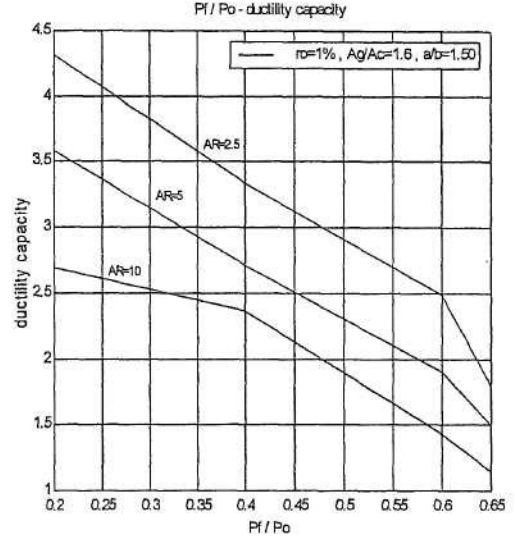
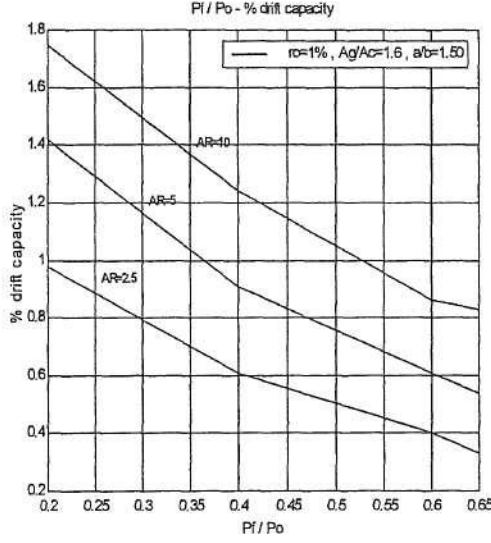
Kolonun kapasitesi depremden gelecek talep karşısında daha yüksek olabilir. Ancak, R=4 durumunda süneklik kapasitesi olamayabilir. Bu durumda kolon göçme riski taşıyabilir.



Şekil 2.6 Kolonların Yatay Ötelenme ve Süneklilik Kapasiteleri  $\rho_1=1\%$  [35].



Şekil 2.6 Kolonların Yatay Ötelenme ve Süneklik Kapasiteleri  $\rho_1=1\%$  (Devam Ediyor) [35].



Şekil 2.6 Kolonların Yatay Ötelenme ve Süneklik Kapasiteleri  $\rho_1 = 1\%$  (Devam Ediyor) [35].

Yapılan dinamik hesaplamalarda yatay yük azaltma katsayısı  $R=4$  olarak alınmıştır. Dolayısıyla, seçilen görelî kat ötelenmeleri 4 ile çarpılması ve kolonun gerçek yatay ötelenme kapasitesiyle karşılaştırılması gerekmektedir [35].

Tablo 2.10.- Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinde Dikkate Alınan Parametreler [42]

Parametreler	2.1	2.2	2.3	2.4
Yapı tipi	G	A	A	A
Yapının mevcut durumu	G	-	A	A
Kolon, perde alanları	A	-	A	-
Kolon, perde atalet	A	-	A	A
Dolgu duvar alanları	A	-	A	-
Dolgu duvar atalet	-	-	A	-
Dolgu duvar tipi	A	-	A	-
Bina yüksekliği veya kat	A	A	A	A
Hiperstatiklik (aks adedi)	-	A	-	-
Burulma düzensizliği	A	A	A	-
Döşeme süreksizliği	-	A	A	-
Düşey doğrultuda süreksizlik	A	A	A	A
Kütle düzensizliği	-	A	A	A
Korozyon mevcudiyeti	-	-	A	-
Ağır cephe elemanları	G	-	A	-
Asma kat mevcudiyeti	-	A	A	-
Katlarda seviye farkı	-	-	A	A
Kısmi bodrum	-	-	A	-
Beton kalitesi	-	A	A	A
Zayıf kolon - güçlü kiriş	-	-	A	-
Etriye sıklığı	-	-	A	A
Kısa kolon	A	-	A	-
Yumuşak / zayıf kat	A	A	A	A
Çıkmalar, çerçeve	G	-	A	-
Çarpışma	G	-	A	-
Bina önem katsayısı	A	-	A	A
Hareketli yük çarpanı	G	A	A	-
Yapım ve işçilik kalitesi	-	-	-	-
Bina yaşı	G	-	-	-
Zemin sınıfı	A	A	A	A
Temel tipi ve derinliği	-	-	A	-
Sıvılaşma potansiyeli	-	-	A	-
Toprak hareketleri	-	-	A	-
Deprem bölgesi	-	-	A	-
Etkin yer ivmesi	-	-	A	-
Topografik koşullar	A	-	A	-
Deprem merkezine uzaklık	-	-	-	-
Denenmiş hasarlı bina sayısı	0	2	329	0
Hasarsız binalarda başarı %	-	-	100	-
Orta hasarlı binalarda başarı	-	100	92	-
Ağır hasarlı binalarda başarı	-	100	100	-
Yıkılmış binalarda başarı %	-	-	100	-

G: Gözlemsel olarak dikkate alınan, A: Analitik olarak dikkate alınan, -: Dikkate alınmayan

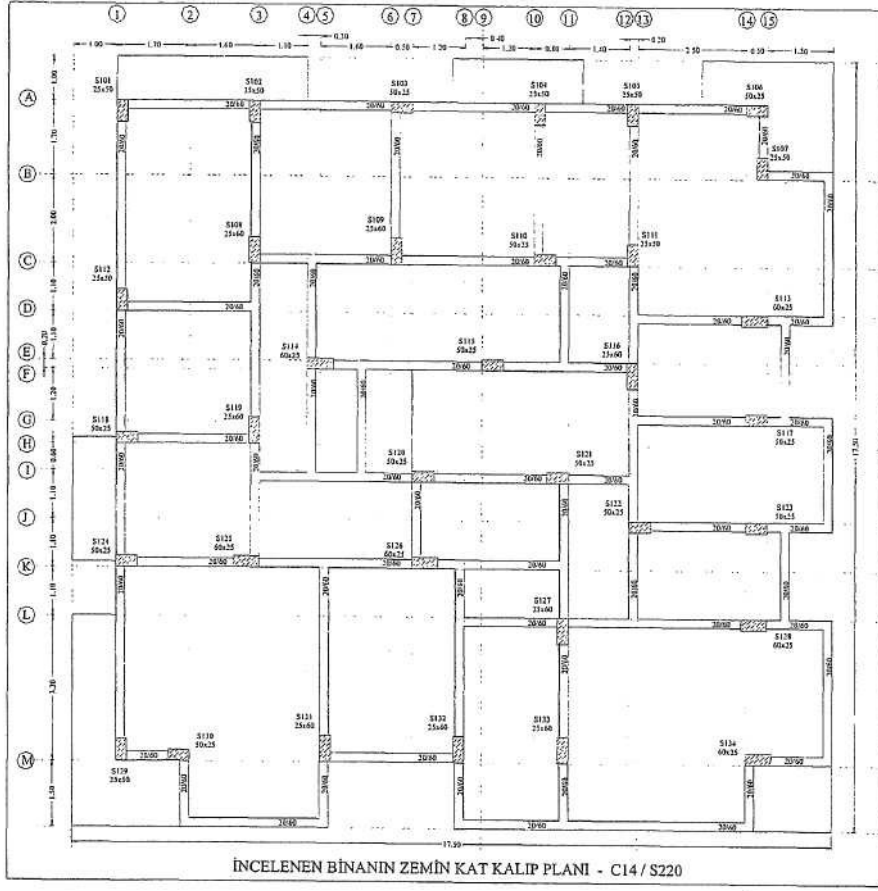
### 3. ÖRNEK BİNA BİLGİLERİ VE ÖRNEK BİNA KULLANILARAK DAHA ÖNCEDEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMA VE SONUÇLARI

Kaynak [36]'da yapılan çalışmada 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta hasar görmüş betonarme (BA) çerçevelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip dört katlı düşük beton dayanımlı bina, öncelikle Japonya Mimarlık Enstitüsü (AIJ) tarafından geliştirilmiş ve yapıların depreme dayanıklılıklarının hızlı değerlendirilmesine olanak sağlayan ampirik esaslı indeksler ( $S_{BG}$ ) ile incelenmiştir. Gözlemlenen hasar durumu ile indeks sonuçlarının uyumluluğu araştırılmıştır. Daha sonra [37]'de tanımlanan zaman tanım alanında hesap yöntemi kapsamında öncelikle 7 adet deprem kaydından oluşan hesaplar yapılmıştır. Daha sonra ise, benzetilmiş deprem yer hareketi üretilerek binanın mevcut durumu için doğrusal olmayan dinamik çözümleme yapılmış ve yapısal nicelik gösteriminin önemli öğelerinden olan en büyük yerdeğiştirme, taban kesme kuvveti, devrilme momenti ve yerdeğiştirme sünekliği istemleri hesaplanmıştır. Çalışmanın sonuçlar bölümünde her üç yöntem için elde edilen bulguların yapının mevcut hasar durumu ile uyumluluğu gösterilmiştir.

17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta hasar görmüş betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip dört katlı konut binasına ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.'de verilmektedir. Binada malzeme kalitesi C14 betonu ve S220 çeliğidir. Kat yükseklikleri birbirine eşit olup 3.0m dir ve kat ağırlıkları 3. normal katta 3300 kN, 2.,1. ve zemin katlarda ise 4600 kN'dur [36].

Binada kiriş boyutları 20/60 cm/cm; kolon boyutları ise zemin ve 1.normal katlarda 25x50cm~25x60cm olup, 2.ve 3. normal katlarda enkesit boyutları küçülerek tüm kolonlar için 25x40cm değerlerine düşmektedir. Aşağıdaki Tablo 3.1, kolonlara ait karakteristik özellikleri özetlemekte olup, enkesit alanı  $A_c$  ile kesit eylemsizlik momenti  $I_{y-y}$  donatıların dikkate alınması sonucu hesaplanmış eşdeğer kesite işaret etmektedir.  $M_{cr}$ ,  $M_y$  ve  $M_u$  sırasıyla kolonun çatlama, akma ve taşıma gücü momentleri olup N kolona etkiyen eksenel kuvvettir.





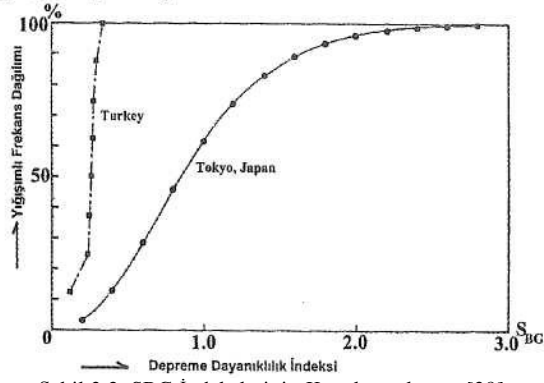
Şekil 3.1. İncelenen Binaya Ait Zemin Kat Kalıp Planı[36].

Tablo 3.1. İncelenen Binaya Ait Kolonların Yapısal Özellikleri [36].

b (m)	h (m)	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	$I_{y,y}$ ( $\times 10^3 m^4$ )	N (kN)	$M_{cr}$ (kNm)	$M_y$ (kNm)	$M_u$ (kNm)
0.25	0.60	0.158	4.951	420.0	21.6	110.0	113.4
0.25	0.60	0.158	4.951	560.0	21.6	127.0	132.3
0.25	0.60	0.158	4.951	442.5	21.6	148.0	151.2
0.25	0.60	0.158	4.951	533.3	21.6	163.0	163.8
0.25	0.60	0.158	4.951	626.7	21.6	170.0	176.4
0.60	0.25	0.158	0.837	528.8	8.8	61.0	65.6
0.25	0.50	0.131	2.903	215.0	15.2	86.0	87.5
0.25	0.50	0.131	2.903	277.5	15.2	95.0	100.6
0.25	0.50	0.131	2.903	350.0	15.2	106.0	109.4
0.25	0.50	0.131	2.903	438.8	15.2	115.0	118.1
0.25	0.50	0.131	2.903	600.0	15.2	131.0	135.6
0.50	0.25	0.131	0.688	202.5	7.2	34.0	35.0
0.50	0.25	0.131	0.688	359.4	7.2	44.0	48.1
0.25	0.40	0.104	1.452	122.0	9.5	44.0	47.6
0.25	0.40	0.104	1.452	239.0	9.5	58.0	61.6
0.25	0.40	0.104	1.452	320.0	9.5	71.0	72.8
0.40	0.25	0.104	0.558	107.0	5.8	25.0	26.3
0.40	0.25	0.104	0.558	231.7	5.8	34.0	36.8

1968 Tokachi-Oki depremi sonrasında okul binaları için yapılan araştırmaların sonucunda, elastik deprem yüklemesinin sonrasında kayma gerilmelerinin 2 MPa'yı aşması ile  $h_0/h_s < 3.0$  durumu için kayma kırılmasının olduğu gözlenmiştir [38]. 1978 Miyagiken-Oki depreminden sonra 1982'de Tokyo'da 90 adedi apartman yapısı olmak üzere toplam 362 binada depreme dayanıklılık araştırması yapılmış ve Japonya Mimarlık Enstitüsü AIJ'in ampirik olarak verdiği  $S_{BG}$  katsayıları saptanmıştır. Bu araştırmaya ait sonuçlar ile 1983 yılında lkemizde KAF zerinde Bolu yöresinde yapılan araştırma sonuçları karşılaştırmalı olarak Şekil 3.2'de görülmektedir.

Buna göre betonarme yapılar da depreme dayanıklılığın kabaca bir göstergesi olmak üzere, taşıma gücünün zayıf olduğu eksen doğrultusunda hesaplanan  $S_{BG}$  indisi kullanılarak dört grupta toplanmıştır.



Şekil 3.2. SBG İndekslerinin Karşılaştırılması, [39]

- $S_{BG} \geq 1.0$  ..... Depreme karşı çok dayanıklı
- $0.6 \leq S_{BG} < 1.0$  ..... Depreme karşı oldukça dayanıklı
- $0.4 \leq S_{BG} < 0.6$  ..... Depreme karşı yetersiz
- $S_{BG} < 0.4$  ..... Depreme karşı dayanıksız

Bu indisin hesabında, deneysel verilerden yararlanılarak zeminin taşıma kapasitesini yitirmesi, sıvılaşma gibi durumlar dışında, betonun dayanımı C20, çekme donatısı oranı %0.6 ve hacimsel enine donatı oranı %0.159 alınarak,

$$S_{BG} = \frac{S_{B1}^2}{S_{B1} + S_{B2} + S_{B3}} + S_{B2} + S_{B3} \quad (3.1)$$

$$S_{B1} = \frac{\Sigma(A_{C1} \tau_1)}{W} \quad S_{B2} = \frac{\Sigma(A_{C2} \tau_2)}{W} \quad S_{B3} = \frac{(C_1 \Sigma A_{w1} + C_2 \Sigma A_{w2})}{W} \quad (3.2)$$

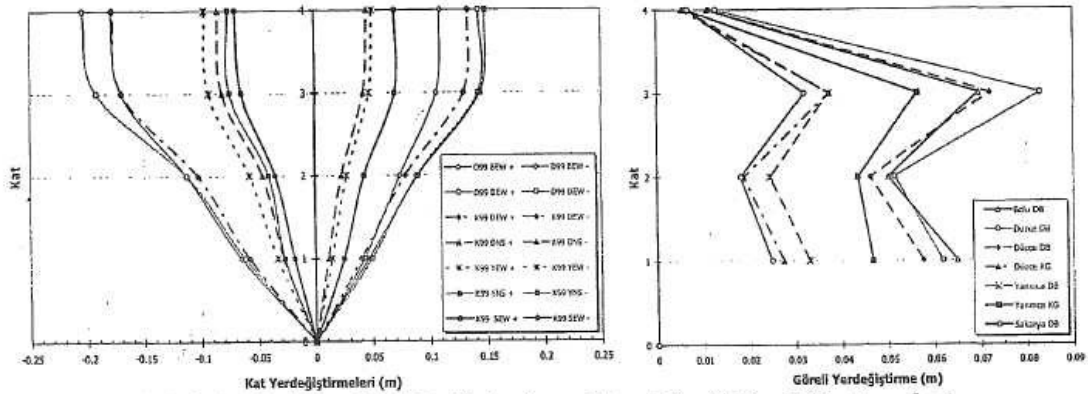
ifadeleri verilmiştir. Burada,  $A_{wi}$  ve  $A_{w2}$  kolonla birleşik ve kolonla birleşik olmayan perdeleri,  $A_{c1}$  ve  $A_{c2}$  sırasıyla eğilme davranışı ve kayma davranışı gösteren kolonları ve bunlar için alınacak  $C_1$  ve  $C_2$  katsayıları da C20 için 30 ve 20 değerlerinde olmak kaydıyla tanımlanmıştır [36]. Diğer yandan,

$$\tau_1 = \frac{C_{B1}}{R_H} \quad \tau_2 = \frac{C_{B2}}{(0.56R_H + 0.12)} + 6.31 \quad (3.3)$$

olmak kaydıyla,  $C_{B1}$  ve  $C_{B2}$  C20 beton kalitesi için sırasıyla 47.16 ve 15.50 olarak verilmiştir [39].

Binada kullanılan beton kalitesinin C14 olduğu dikkate alınarak  $C_{B1}$  ve  $C_{B2}$  katsayıları için 39.6 ve 11.2 değerleri kullanılmış olup, yapının zayıf olduğu y-y doğrultusunda depreme dayanıklılık indeksi  $S_{BG} = 0.12$  olarak hesaplanmış ve depreme karşı dayanıksız olduğu anlaşılmıştır [36].

Mevcut yapının dinamik çözümlenmesi sonucunda binanın titreşim periyotları  $T_1=0.624s$ ,  $T_2=0.226s$ ,  $T_3=0.144s$  ve  $T_4=0.099s$  değerlerinde hesaplanmıştır [40]. Şekil 3.3'de 7 adet ivme kaydı etkisinde binanın katlarında hesaplanan en büyük yerdeğiştirmeler ile görelî ötelenmelere ait zarflar sunulmaktadır. Görüldüğü üzere görelî kat ötelenmeleri, binanın üçüncü katında kolon boyutlarının küçülmesi sonucu azalan rijitliğe bağlı olarak sıçrama göstererek bu katta en büyük değerlere ulaşmaktadır.

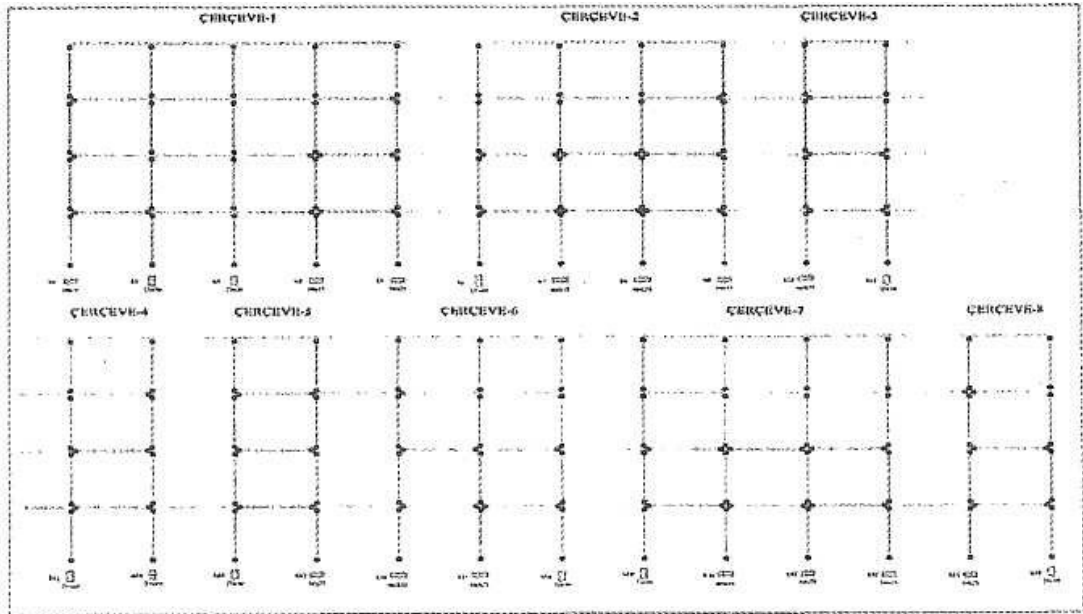


Şekil 3.3 Katların En Büyük (Sol) ve Görelî (Sağ) Yer Değiştirmeleri [36].

Yapısal davranışın irdelenmesi bakımından önemli bir nicelik göstergesi olan yerdeğiştirme sünekliği,  $\mu$  her bir deprem kaydı etkisinde hesaplanmıştır. Yerdeğiştirme sünekliğinin hesaplanması için akma ( $U_y$ ) ve göçme ( $U_u$ ) anlarındaki yerdeğiştirmelerin bilinmesi gerektiğinden, bu amaçla yapının göçme anına karar vermek için bir çok kabul yapılmıştır [41]. Birinci kabule göre göçmenin herhangi bir kattaki kolonların %50'sinin alt ya da üst uçlarında plastik mafsall oluşumunun gerçekleştiği ana karşı gelen en üst kat yerdeğiştirmesi göçme yerdeğiştirmesi olarak kabul edilmiş ve  $\mu_1$

sünekliği hesaplanmıştır. İkinci kabulde ise herhangi bir kattaki kolonların %50'sinde hem üst hem de alt uçlarında plastik mafsalloluştuğu ana karşı gelen en üst kat yerdeğiştirmesi göçme yerdeğiştirmesi olarak kabul edilmiş ve  $\mu_2$  sünekliği hesaplanmıştır. Her iki kabulde de akma yerdeğiştirmesi, herhangi bir kolonda akma kapasitesinin aşılması sonucunda belirlenen çatı yerdeğiştirmesi değer olarak alınmıştır. Bu kabullerle ortalama yerdeğiştirme süneklik istemleri  $\mu_1=1.53$  ve  $\mu_2 =2.00$  olarak hesaplanmıştır [36].

Yapıda plastik mafsalların oluşumları ve yerleri de incelenen diğer bir unsurdur. Binanın ilk iki katındaki tüm elemanların akma seviyelerini aştıkları belirlenmiş, genel olarak üçüncü ve dördüncü katlardaki kirişlerin elastik kaldıkları, ancak kolonlarda plastik mafsalloluşumu gözlenmiştir. Bu durum, zayıf kolon-kuvvetli kiriş oluşumu yaratmakta, binanın gerçekte maruz kaldığı orta hasar durumunu açıklamaktadır. Oluşan plastik mafsalların konumları örnek olarak Sakarya kaydı için Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Yapıda Sakarya Kaydı Etkisinde Oluşan Plastik Mafsallar [36].

Bu tez çalışmasında da örnek bina olarak kullanılan, [36]'da yapılan çalışmada 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta hasar görmüş olan dört katlı betonarme çerçevelerden oluşan taşıyıcı sisteme ve C14, S220 yapı malzemeleri kalitesine sahip bir konut yapısı öncelikle Japonya Mimarlık Enstitüsü (AIJ) tarafından önerilen ampirik  $S_{BG}$  indeksleri ile incelenmiştir. Yapıların hızlı bir biçimde depreme dayanıklılığın değerlendirilmesinde bir gösterge olan bu indeks değeri, mevcut bina için 0.12 olarak hesaplanmış olup, yapının depreme karşı dayanıksız olduğu anlaşılmıştır. Bu durum, yapının gerçekte karşılaştığı orta hasar durumu ile de uyumludur.

Kaynak [37]'nin "Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler ile Belirlenmesi" bölümünde tanımlanan zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile irdelenmiştir. 7 adet kuvvetli hareket kaydı binaya etkilerek yapının nispeten zayıf olduğu y-y doğrultusunda doğrusal olmayan dinamik çözümler yapılmıştır. Hesap sonuçlarına göre en büyük çatı yerdeğiştirmesi istemi hesaplanmıştır. Çözümleme sonuçlarının ortalama değerlerinden yola çıkılarak iki farklı yaklaşım ile binaya ait yerdeğiştirme sünekliği istemi de hesaplanan diğer yapısal nicelik gösterimlerindenidir. İlk yaklaşıma göre yerdeğiştirmeye süneklik istemi  $\mu_1 = 1.53$  iken, ikinci yaklaşım ile yaklaşık %31 artarak bu değer  $\mu_2 = 2.00$  düzeyine yükselmektedir. Katlara ait yerdeğiştirmeler ile görelî kat ötelenmeleri incelendiğinde kuvvetli hareketin karakteristiklerine bağılı olarak oldukça farklı değerlerin olduğu ancak her bir kayıt için 2. ve 3.normal katlar arasında, kolon enkesit boyutlarının küçülmesine bağılı olarak ani sıçramaların olduğu gözlenmiştir. Plastik mafsalların oluşum zamanları ve konumları incelendiğinde ise ilk iki kattaki tüm elemanların akma seviyelerini aştıkları belirlenmiş, genel olarak üçüncü ve dördüncü katlardaki kirişlerin elastik kaldıkları, ancak kolonlarda yer yer plastik mafsalları oluşumu gözlenmiştir. Bu durum, zayıf kolon-kuvvetli kiriş durumu yaratmakta olup, binanın gerçekte maruz kaldığı orta hasar durumunu açıklamaktadır.

Diğer aşamada, bölgenin depremselliğine ve zemin koşullarına uygun olarak tanımlanan tasarım spektrumu ile uyumlu benzeştirilmiş yer hareketi üretilmiştir. Üretilen deprem kaydında en büyük ivme değeri  $392.4 \text{ cm/s}^2$  olup bu değer  $0.40g$  yer ivmesine karşı gelmektedir. Önceki hesaplamalarına ek olarak, benzeştirilmiş yer hareketi de binaya etkilerek yapısal istemler araştırılmıştır. Hesap sonuçlarına göre en büyük çatı yerdeğiştirmesi istemi bulunmuş olup, bu değerlerin 7 adet deprem etkisindeki doğrusal

olmayan dinamik çözümlene bulguları ortalamasına oldukça yakın değerler verdiği anlaşılmaktadır.

Daha sonra ise [37]'de Artımsal İtme Analizi ile Performans Değerlendirmesinde İzlenecek Yol bölümünde açıklanan artımsal eş değer deprem yükü yöntemi ile kapasite ve istem spektrumları hesaplanmış ve y-y doğrultusundaki tepe yerdeğiştirme istemi bulunmuştur. Bu değer, doğrusal olmayan dinamik çözümlene sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, doğrusal olmayan statik ve dinamik çözümlene bulgularının oldukça örtüşmekte olduğu sonucunu doğurmaktadır [36].

## 4. SEÇİLEN HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ İLE ÖRNEK BİNANIN İNCELENMESİ

### 4.1. Kapasite-Talep Oranı Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi

Kapasite-Talep Oranı yöntemi ile örnek binanın zemin katı ve zayıf olan y-y yönünde incelendiğinde binaya en uygun olan çerçeve türü B2 olarak seçilmiştir (Şekil 2.5). Bu türün seçilmesindeki en önemli etken kolon boyutlarının yukarı doğru küçülmesidir. Örnek binada bodrum kat bulunmayıp toplamda kat adedi 4' tür. Binanın zemin katında 34 adet kolon bulunmakta ve perde bulunmamaktadır. Binanın oturduğu zemin sınıfı Z2' olup birinci dereceden deprem bölgesinde yer almaktadır ( $A_0=0.4g$ ). Binanın zemin, 1., 2. Katları 460 ton 3. Katı 330 ton olup bir katı  $17.5*17.5=306.25 \text{ m}^2$  dir. Buna göre ortalama kat ağırlığı  $1.4 \text{ ton/m}^2$  dir [36]. Örnek binada y-y yönünde inceleme yapıldığından binanın en alt katındaki kolonların x-x yönündeki atalet momentleri toplamı Denklem (2.33) yardımı ile  $0.021 \text{ m}^4$  olarak bulunur.

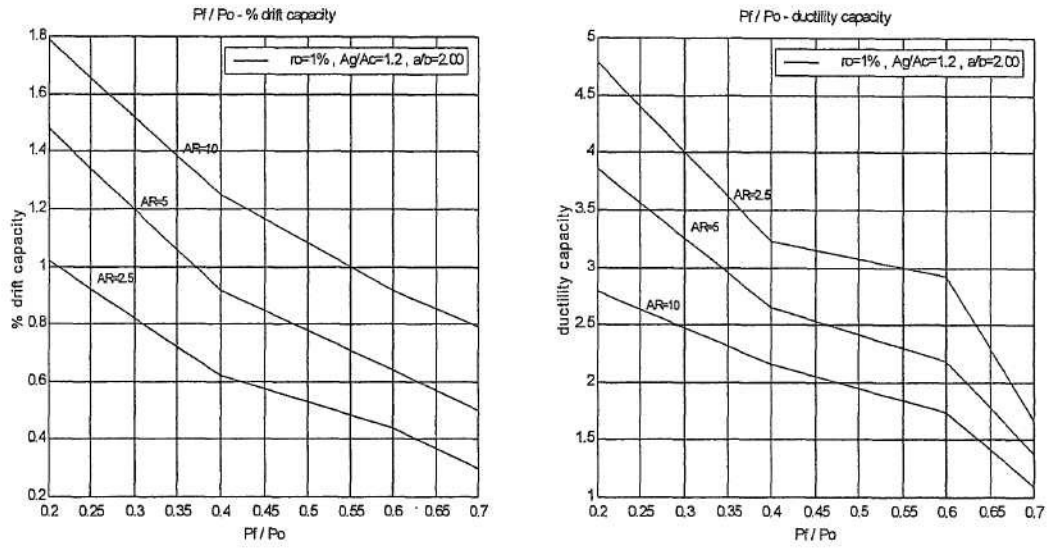
Örnek bina B2 türünde olduğundan periyot formülünde kullanılacak olan  $C_1$  ve  $C_2$  katsayıları Tablo 2.8 den sırasıyla  $14*10^{-3}$  ve  $4*10^{-3}$  olarak alınır. Denklem (2.32) kullanılarak y yönü için birinci doğal periyot  $T_y=1.2 \text{ sn}$  olarak bulunur.

Tablo 2.9 dan bina çerçeve türü ve periyoduna göre örnek binanın model numarası 47b2 kabul edilmiştir. Buna göre yapılan doğrusal enterpolasyon ile  $d_r$  (görelî kat ötelenme yüzdeleri) değerleri 1. katta 0.73, 2. Katta 0.26, 3. Katta 0.38, 4. Katta 0.16 çıkmaktadır.

Modifiye edilmiş katlar arası ötelenme talep değeri en alt katın değeri olan 0.73' dür. Bu değer 4 ile çarpıldığında büyütülmüş katlar arası ötelenme talep değerine 2.92' ye ulaşılır. Rijit döşeme varsayımından, bir kattaki herhangi bir kolonun görelî kat ötelenmesi, o katın görelî ötelenmesine eşittir. 0.73 görelî kat ötelenmesine sahip en alt kattaki tüm kolonların görelî kat ötelenmeleri de 0.73 tür.



Örnek binanın en alt katından sadece bir kolonun (seçilen kolon için,  $b=0.25$  m,  $h=0.60$  m  $A_c=0.104\text{m}^2$ ,  $I_{x-x}=0.781*10^{-3}\text{m}^4$ ,  $N=420$  kN,  $P_0= 0.25*0.60*140=210$  ton, kapasite parametreleri  $AR=2.5$ ,  $P/P_0=42/210=0.2$ ,  $A_g/A_c=1.36$  (1.2 olarak kabul edildi.),  $a/b=2.4$  (Tablo 2.9'daki değerlerden 2 olarak kabul edildi.), Örnek bina bilgilerinde donatı oranı bilinmediğinden  $\rho_1= 1$  olarak alınmıştır.  $P/P_0=42/210=0.2$ ' dir. Tüm bu değerler bulunduktan sonra Şekil 2.6'daki kapasite çizelgelerinden seçilen kolonun ötelenme kapasitesi 1.01 süneklik kapasitesi 4.7 olarak bulunur. Şekil 4.1' de seçilen kolon için ötelenme ve süneklik kapasite değerleri görülmektedir.



Şekil 4.1 Seçilen kolon için ötelenme ve süneklik kapasite grafikleri [35]

**Tablo 4.1.** Kapasite Talep Oranı Yöntemi Değerleri

Seçilen bina tipi	B2	
Binadaki kat sayısı, s	4	
En alt kattaki kolon sayısı, n	34	
Zemin sınıfı	Z2	
Deprem bölgesi	1	
Ortalama kat ağırlığı= $(330+3*460)/(4*17.50*17.50)$	1.4 ton/m <sup>2</sup>	
I <sub>x</sub>	0.021 m <sup>4</sup>	
T <sub>y</sub>	1.2 sn	
Bina model numarası	47b2	
C <sub>1</sub>	14 10 <sup>-3</sup>	
C <sub>2</sub>	4 10 <sup>-3</sup>	
Görel kat ötelemeleri yüzdeleri	1. kat	0.73
	2. kat	0.26
	3. kat	0.38
	4. kat	0.16
Modifiye edilmiş katlar arası ötelenme talebi	0.73	
Büyütülmüş katlar arası ötelenme talebi	1. kat	2.92
	2. kat	1.04
	3. kat	1.52
	4. kat	0.64
AR	1.5/0.6 = 2.5	
P <sub>0</sub> = a x b x C14	210 ton	
ρ <sub>1</sub>	1	
P	42 ton	
P/P <sub>0</sub>	0.2	
A <sub>g</sub> (0.25*0.6)	0.15	
A <sub>c</sub> (0.2*0.55)	0.11	
A <sub>g</sub> /A <sub>c</sub> =1.36	1.20	
a	0.6	
b	0.25	
a/b=2.4	2	
Şekil 2 grafikten bulunan dr	1.01	

1.01>0.73 kolonun ötelenme kapasite değeri talep değerinden büyüktür.

2.92>1.01 kolonun ötelenme kapasite değeri büyütülmüş görel ötelenme talebinden değerinden küçüktür. Bu durumda binada güçlendirme öngörülür. Kolonun süneklik kapasite değeri Şekil 2.9 dan 4.7 olarak bulunmuştur. Burada süneklik kapasite değerinin yüksek çıkması örnek bina B2 türü çerçeve olarak seçilmiştir. Örnek binanın B2 türünden farkı zemin kat yüksekliğinin 3m olmasıdır. Buna göre AR değeri küçülmektedir.

## 4.2. Japon Sismik İndeks Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi

Japon Sismik İndeks Yöntemi ile Örnek bina incelendiğinde,  $E_s=0.80$  [6], Z bölge katsayısı örnek bina 1. Derece deprem bölgesinde olduğundan 1 alınmıştır [36].

G zemin koşulları değeri yöntemde 1.00 ile 1.10 arasında değişmektedir [6]. Zemin koşulları kötüleştikçe G değeri büyüdüğünden ve örnek bina Z2 sınıfında yer aldığından [36], doğrusal enterpolasyon yapılarak  $G=1.025$  olarak alınmıştır.

U yapının kullanım katsayısı olup yöntemde konutlar için 1 alınmaktadır [6]. Buradan karşılaştırma indeksi Denklem (2.4)'ten  $I_{s0}=0.82$  olarak bulunur (Denklem 2.4).

$E_0$  hesaplanırken yapıda kısa kolon bulunmadığından Denklem (2.6) ile hesaplanmaktadır. Burada n örnek bina 4 katlı olduğundan ve zemin kat hesaba katılmadığından 3.0 olarak alınır. i ise incelenen kat zemin kat olduğundan 1.0 olarak alınmıştır. Örnek binada perde bulunmadığından  $C_w$  perdelerin taşıma gücü sıfır olarak alınmıştır.  $C_w$ ' nin sıfır olduğu durumda  $a_1$  1.0 olarak alınır [6].  $F_w$  perde sünekliğine bağlı katsayıda 1.0 olarak kabul edilmiştir. Burada  $f_{cd}$  140 kgf/cm<sup>2</sup> [36],  $A_{c1}$  ve  $A_{c2}$  değerleri sırasıyla 1603cm<sup>2</sup> ve 940cm<sup>2</sup> dir. W göz önüne alınan kat zemin kat olduğundan  $[2*4600]+3300$  üzerindeki bina ağırlığı 12500 kN hesaplanmaktadır. Tüm değerler Denklem (2.9)'da yerine konulduğunda kolonların taşıma gücü  $C_c= 0.013$ ,  $E_0=0.013$  sonucuna ulaşılır. Örnek bina yaklaşık simetrik bir plana sahip olduğundan  $S_D$  katsayısı 1 olarak alınır [6]. Zamana bağlı etki katsayısı  $T=1$  kabul edilmiştir. Denklem (2.5)'e göre  $I_s= 0.013$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.2.** Japon Sismik İndeks Yöntemi Değerleri

Es	0.8
Z (1. derece deprem bölgesi)	1
G (Z2)	1.025
U (Konut tipi)	1
Is0=Es.Z.G.U	0.82
n (Kat adedi)	4
i (Gözönüne alınan kat)	1
Cw (Perde taşıma gücü)	0
Cc(Kolon taşıma gücü)	0.013
Ac1 (Eleman temiz yüksekliği/Kesit derinliği<6)	1603
Ac2 (Eleman temiz yüksekliği/Kesit derinliği≥6)	940,00
fcd (kg-f/cm <sup>2</sup> )	140
W	125 10 <sup>4</sup>
Fw (Perde sünekliğine bağlı kat sayısı)	1
A1(Yer değiştirme uyum kat sayısı Cw=0 ise A1=1)	1
E0(Kısa kolon yok)	0.013
SD (Yapının fiziksel özellik katsayısı, yaklaşık simetrik plan)	1
T (Zamana bağlı etki katsayısı)	1
Is=E0.SD.T	0.013
Is/Is0	0.016

$I_s < I_{s0}$  deprem güvenliği belirsiz yapı.

$I_s / I_{s0} = 0.016 < 0.4$  ayrıntılı inceleme gereksinimi.

Japon Sismik İndeks yöntemi ile 1999 Kocaeli depreminde orta hasar almış olan örnek bina incelendiğinde deprem güvenliğinin belirsiz olduğu ve ayrıntılı incelemenin gerekli olduğu sonucu çıkmaktadır.

### 4.3. Kanada Sismik Tarama Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi

1 ile 5 arasında değişen depremsellik faktörü A 1.derece deprem bölgesinde bulunan örnek bina için 5 alınmıştır.

Çok zayıf gevşek zeminlerde 1.50 olmak üzere 1 ile 1.50 arasında değişen değerler alan B zemin faktörü, örnek binanın oturduğu zemin Z2 sınıfında yer aldığından ve olduğu için doğrusal enterpolasyonla bu yöntem için 1.25 olarak alınmıştır.

Taşıyıcı sistemle ilgili olan C katsayısı depreme dayanıklı sünek sistemlerde düşük, tersi durumunda yüksek değer almaktadır. Bu değer 1 ile 3.50 arasında değişmektedir. Örnek bina 1999 Kocaeli depreminde orta hasar almıştır. Maruz kaldığı deprem enerjisini deplasman ile sönmüleyemediğinden yapı için sünektir denilemez [37]. Bu yüzden bu değer 3.50 olarak alınmıştır.

Döşeme sistem katsayı olan D değeri hesaplamalarda 1 olarak alınmıştır. D değeri 1 ile 2 arasında değişmektedir. Örnek bina kirişli diyafram özelliği gösteren bir döşeme yapısına sahiptir.

Yapısal düzensizlik faktörü E değeri hesaplamalarda 1 olarak alınmıştır. Örnek bina 1999 Kocaeli depreminde yapısal hasara uğradığı için sadece bu düzensizlik değerlendirmeye alınmıştır.

Binada yaşayan kişi sayısı 48 olarak kabul edilmiştir.  $F=1.5$  olarak hesaplamalara katılmıştır.

Denklem (2.1)'den  $SI=32.81$  hesaplanmaktadır. NSI Denklem (2.2) ile hesaplandığında 7.5 olarak bulunmaktadır. Denklem (2.3)'den hesaplanan SPI değeri 40.31 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 4.3.** Kanada Sismik Tarama Yöntemi Değerleri

A (Depremsellik faktörü) (1. derece deprem bölgesi)	5
B (Zemin Faktörü) (Z2)	1.25
C (Taşıyıcı sistem katsayısı) (Orta hasarlı gevrek yapı)	3.5
D (Döşeme sistem katsayısı) (Hafif diyafra)	1
E (Yapısal düzensizlik katsayısı) (Orta hasarlı yapı)	1
F (Binada yaşayanların katsayısı) (N=3 daire*4 kat*4 kişi=48)	1.5
G (Binanın bugünkü durumu) (Sorunlu)	4
H (Yapısal olmayan faktörler)	1
SI=A*B*C*D*E*F	32.81
NSI=B*F*G*H	7.5
SPI=SI+NSI	40.31

SPI>30 çok tehlikeli bina, 1999 Kocaeli depreminde orta hasar almış hali incelenmiştir.

#### 4.4. P25 Yöntemi İle Örnek Binanın İncelenmesi

Bu tez çalışması kapsamında örnek binaya uygulanan P25 yönteminde kritik kat olarak zemin kat seçilmiştir. Buna göre efektif kat alanı  $A_e=17.5*17.5=360.25 \text{ m}^2$  dir.

Örnek binada dolgu duvar ve perde bulunmadığından enkesit alanı endeksi bileşkesi hesaplanırken bu değerler hesaba katılmamaktadır. Kritik kattaki kolon enkesit alanları toplamı  $A_c=2.25\text{m}^2$  dir.  $A_{ef,x}$  ve  $A_{ef,y}$  perde ve dolgu duvar bulunmadığından birbirine  $A_c$  ' ye eşit olacaktır. Bu durumda  $C_{Ax}$  ve  $C_{Ay}$  birbirine eşittir.  $C_{Ay}= 1472$  (Denklem 2.12)  $C_{Amaks}=C_{Amin}$ .  $C_A=1477$  (Denklem 2.15)

Bina taban alanını içine alan dikdörtgenin atalet momenti Denklem (2.18)'den  $I_x=I_y=17.5*17.5^3/12=7815.75 \text{ m}^4$  olarak bulunur. Zemin kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı  $I_{cx}= 22.96 \text{ m}^4$ , y yönüne göre atalet momentleri toplamı  $I_{cy}=46.95 \text{ m}^4$  tür [36]. Atalet momenti endeksi bileşkesi hesaplanırken perde ve dolgu duvar hesaba katılmamaktadır. Bu durumda  $I_{efx}=22.96 \text{ m}^4$ ,  $I_{efy}=46.95 \text{ m}^4$  olarak hesaplanmaktadır (Denklem 2.19).  $C_{ix}=62320.40$  (Denklem 2.16) ve  $C_{iy}=71907.18$  (Denklem 2.17) bulunur. Buna göre  $C_I=65056.38$  olarak (Denklem 2.21) hesaplanmaktadır.

Denklem (2.23)'ten hesaplanan  $h_0$  bina yüksekliği düzeltme çarpanı, her katı 3 m olan 4 katlı binada  $H=12$  m olduğundan 375.4 olarak hesaplanmaktadır. Buna göre  $P_0$  taşıyıcı sistem puanı Denklem (2.22)'den 177.78 olarak hesaplanır.

Örnek binada burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği, düşey doğrultuda süreksizlik, kütle düzensizliği, korozyonun bulunması, ağır cephe elemanlarının varlığı, asma kat bulunması, katlarda seviye farkı bulunmamaktadır [36]. Buna göre  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8$  katsayılarının her biri 1 olarak alınmıştır (Tablo 2.1).

Beton kalitesi C14 olduğundan  $f_9$  Tablo 2.1'den 0.83 olarak hesaplanmıştır.

Kritik kattaki kolonların ortalama boyutu 25x50 cm (temsili kolon boyutları) ve en çok tekrar eden kiriş 20x60 cm [36] olduğundan Tablo 2.1'den  $f_{10}=0.88$  olarak hesaplanmıştır.

Örnek binada etriye sıklığı 20 cm olarak kabul edilmiştir. Buna göre Tablo 2.1'den  $f_{11}=0.84$  olarak bulunmuştur.

Kaynak [36]'da belirtildiği gibi örnek bina Z2 sınıfı zemine oturduğu için Tablo 2.1'den  $f_{12}=1.00$  olarak alınmaktadır.

Temel tipi sürekli temel olarak kabul edilmiştir. Buna göre  $f_{13}=0.95$  olarak hesaba katılmıştır (Tablo 2.1).

Temel derinliğinin 1 m den az olduğu kabul edilerek  $f_{14}=0.90$  olarak alınmıştır (Tablo 2.1).  $P_1$  temel yapısal puanı Denklem 2.24'ten 2382.25 olarak hesaplanmıştır.

$P_2$  kısa kolon puanı yapıda kısa kolon bulunmadığından [36] sıfır olarak hesaplara katılmıştır [33].

$A_{efi}=A_{efi+1}=2.25$  ise  $r_a=1$ ,  $I_{efi}=I_{efi+1}=46.95$  ise  $r_r=1$  örnek binada zayıf olan y yönünde inceleme yapıldığından değerleri bulunmuştur (Denklem 2.13, 2.26, 2.27). Buna göre yumuşak kat ve zayıf kat puanı  $P_3$  Denklem 2.25'ten 100 olarak hesaplanmaktadır.

Örnek binanın 4 cephesinde de çıkma bulunmadığından [36] çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı  $P_4 = 50$  (Tablo 2.3) alınmaktadır.

Örnek bina bitişik nizam olmadığından [36]  $P_5$  çarpışma puanı 0 olarak hesaba katılmaktadır.

Örnek binanın oturduğu zeminde sıvılaşma olmadığı kabul edilmiştir. Buna göre  $P_6$  sıvılaşma potansiyeli puanı 100 olarak alınmaktadır [33].

Tablo 2.6'dan  $P_7$  toprak hareketleri puanı Z2 için 100 olarak hesaba katılmaktadır.

$t=1$  topografik katsayı [33],  $I=1$  bina önem katsayısı [37],  $A_0=0.4$  efektif ivme katsayısı [36],  $n=0.3$  hareketli yük çarpanı [37] buna göre  $\alpha=1$  (Denklem 2.28)

$P_{\min}=P_4=50$ ,  $w=4$  minimum P puanı ağırlık katsayısı 4 ile çarpılır, diğer  $P_i$  puanları Tablo 2.7'de verilen ağırlık puanları ile çarpıldığında ağırlıklı ortalama puan  $P_w = 585.05$  olarak Denklem (2.29) ile bulunur. Şekil 2.4  $\beta$  katsayısının değişim grafiğinden  $\beta=1$  olarak hesaplanır.

Denklem (2.30) yardımı ile P sonuç puanı 50 olarak bulunmuştur.



**Tablo 4.4.** P25 Yöntemi Değerleri

Kritik kat seçimi	Zemin kat
$A_c$ (Kritik kat kolon en kesit alanları toplamı)	$2.25 \text{ m}^2$
$A_{sx}$ (kritik kat betonarme perde duvar en kesit alan toplamı)	0
$A_{wx}$ (Kritik kat dolgu duvar en kesit alan toplamı)	0
$E_m/E_c$ (Dolgu duvar elastisite modülünün beton elastisite modülüne oranı)	0
$A_{efy}$	2.25
$A_e=a*b$ (Efektif kat alanı= $17.5*17.5$ )	$306.25 \text{ m}^2$
$C_{Ay}$ (Alan endeksi)	1472
$C_{A_{max,min}}$ (Dolgu duvar ve perde duvar olmadığı için x ve y yönünde)	1472
$C_A$ (Alan endeksi bileşkesi)	1477
$I_x=I_y$ (Taban alanını içine alan dikdörtgenin x ve y yönündeki atalet)	$7815.75 \text{ m}^4$
$I_{cx}$ (Kritik kat kolonlarının x yönüne göre atalet momentleri toplamı)	$22.96 \text{ m}^4$
$I_{cy}$ (Kritik kat kolonlarının y yönüne göre atalet momentleri toplamı)	$46.95 \text{ m}^4$
$I_{sx}=I_{sy}$ (Betonarme Perde yok)	0
$I_{wx}=I_{wy}$ (Dolgu duvar yok)	0
$I_{efx}$	22.96
$I_{efy}$	46.95
$C_{ix}$	62320.40
$C_{iy}$	71907.18
$C_{imin}$	62320.40
$C_{imax}$	71907.18
$C_i$ (Atalet momenti endeksi bileşkesi)	65056.38
H (Bina yüksekliği)	12

**Tablo 4.4.** P25 Yöntemi Değerleri (Devam ediyor)

h <sub>0</sub> (Bina yüksekliği düzeltme çarpanı)	375.40
P <sub>0</sub> (Taşıyıcı sistem puanı)	177.78
f <sub>1</sub> (Burulma düzensizliği yok)	1
f <sub>2</sub> (Döşeme süreksizliği yok)	1
f <sub>3</sub> (Düşey doğrultuda süreksizlik yok)	1
f <sub>4</sub> (Kütle düzensizliği yok)	1
f <sub>5</sub> (Korozyon yok)	1
f <sub>6</sub> (Ağır cephe elemanları yok)	1
f <sub>7</sub> (Asma kat yok)	1
f <sub>8</sub> (Katlarda seviye farkı yok)	1
f <sub>9</sub> (Beton kalitesi C14)	0.83
f <sub>10</sub> (Zayıf kolon-kuvvetli kiriş) (Temsili kolon25/50, kiriş 20/60)	0.88
f <sub>11</sub> (Etriye sıklığı) (20 cm kabul edildi)	0.84
f <sub>12</sub> (Zemin Sınıfı Z2)	1
f <sub>13</sub> (Temel tipi Sürekli temel)	0.95
f <sub>14</sub> (Temel derinliği 1m den az)	0.90
P <sub>1</sub> (Temel yapısal puanı)	2382.25
P <sub>2</sub> (Kısa kolon puanı)	0
P <sub>3</sub> (Yumuşak kat zayıf kat puanı)	100
P <sub>4</sub> (Çıkmalar ve çerçeve süreksizliği puanı)	50
P <sub>5</sub> (Çarpışma puanı)	0
P <sub>6</sub> (Sıvılaşma potansiyeli puanı sıvılaşma yok)	100
P <sub>7</sub> (Toprak hareketleri puanı, YASS yokken Z2 için)	100
I (Bina önem katsayısı)	1
A <sub>0</sub> (Deprem bölgesine göre efektif ivme katsayısı 0.4 g)	0.4
n (Hareketli yük çarpanı DBYYHY)	0.3
t (tografik konum katsayısı)	1
α düzeltme çarpanı	1
P <sub>min</sub> =P <sub>4</sub>	50
w (Ağırlık katsayısı)	4
Ağırlık puanı P <sub>1</sub> =2382.75*4	9531
Ağırlık puanı P <sub>2</sub> =0*1	0
Ağırlık puanı P <sub>3</sub> =100*3	300
Ağırlık puanı P <sub>5</sub> =0*1	0
Ağırlık puanı P <sub>6</sub> =100*3	300
Ağırlık puanı P <sub>7</sub> =100*2	200
Σ(w <sub>i</sub> P <sub>i</sub> )	10531
Σw <sub>i</sub>	18
P <sub>w</sub> (Ağırlıklı ortalama puan)	585.05
P <sub>sonuç</sub> =α*β*P <sub>min</sub>	50

22<50<78 P<sub>sonuç</sub> orta hasar bandında yer almaktadır. Bu sonuç 1999 Kocaeli depreminde örnek binanın orta hasar aldığını doğrulamaktadır.

## 5. SONUÇLAR

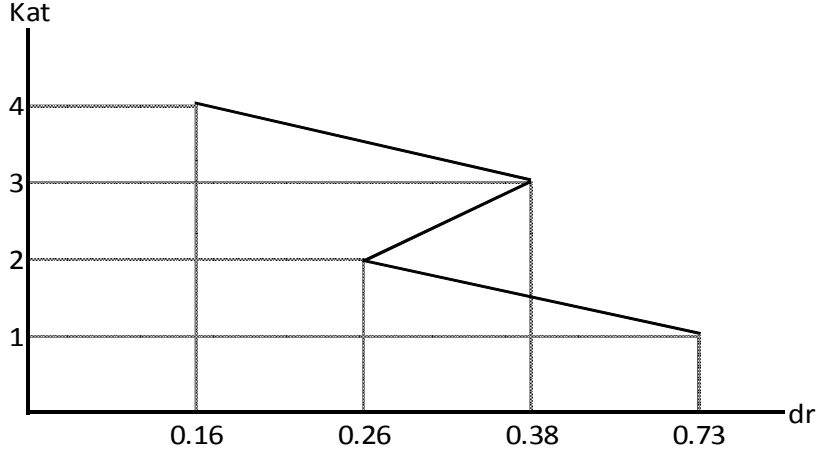
1. Örnek binada dolgu duvar ve betonarme perde bulunmamaktadır. P25 yöntemi dolgu duvarları da hesaba katmaktadır. Bu tez kapsamında P25 yöntemi ile örnek binada dolgu duvar endeksleri hesaba katılmadan yapılan incelemede, Psonuç puanı 50 çıkmıştır. Bu puan 22 ile 78 puan arasındaki orta hasarlı bina bandının içinde kalmaktadır.

Örnek bina 1999 Kocaeli depreminde orta hasar almıştır. Bu durumda P25 yöntemi dolgu duvar endeksleri hesaba katılmadığı halde [33] analizi ile benzer sonuç vermiştir. Ayrıca orta hasar aldığını da doğrulamaktadır. Ancak yöntemde birçok parametrenin bulunması sonuca ulaşırken geçen sürenin diğer incelenen yöntemlere göre uzun olmasını sağlamaktadır.

2. Yapısal olmayan faktörleri de hesaba katan Kanada Sismik Tarama yöntemi ile 1999 Kocaeli depreminde örnek binanın orta hasar almış durumu incelendiğinde yapı çok tehlikeli sınıfına girmektedir. Yapının 1999 Kocaeli depreminde orta hasar alması gevrek bir taşıyıcı yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum taşıyıcı sistem katsayısının yüksek olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca binada yaşayan kişi sayısı Türkiye şartları düşünüldüğünde yöntemin sonuç değerlerini yükseltmektedir. Bu durum Kanada'ya göre Türkiye'de binaların deprem açısından daha fazla riskli olma durumunu ortaya çıkarmaktadır.

Bu yöntem Türkiye'deki bina stoğunu deprem riski bakımından sıralandırmaya yönelik bir yöntem olarak düşünülebilir ve diğer yöntemlere göre bina stoğunu eritmek için ilk adım olarak kullanılabilir. Tablo 2.10'da görüldüğü gibi yöntem gözlemsel parametreler içermektedir.

### 3.



Şekil 5.1 Göreli Katlar Arası Ötelenme Talebi

Kapasite-Talep Oranı Yöntemi ile örnek bina incelendiğinde görelî katlar arası ötelenme değerleri [36]'da yapılan doğrusal olmayan dinamik çözümleme sonuçlarına göre oluşan görelî yer değiştirme grafiği ile benzer kısımlar yaptığı görölmüştür.

Örnek binanın zemin katında kapasite talep oranı yöntemi ile incelenen kolonun 1.01 olarak bulunan ötelenme kapasite değeri, 0.73 olarak bulunan talep değeriinden büyüktür. Ancak 2.92 olarak bulunan büyütölmüş görelî talep değeriinden küçüktür. Bu durumda incelenen kolon göçme riski taşımaktadır. Kaynak [36]'da yapılan dinamik analiz sonucunda Şekil 3.4'te yapının zemin katındaki tüm kolonlarda mafsallaşma gözükmesi kapasite talep oranı yöntemi ile incelenen kolonun göçme riski taşıması ile örtüşmektedir.

İncelenen kolonun süneklik kapasitesi Şekil 2.6'dan 4.7 olarak hesaplanmıştır. Bu değeri yapının dinamik analizleri sonucunda hesaplanan yapının yer değiştirme süneklik değeriinden ( $\mu_1 = 1.53$  ve  $\mu_2 = 2.00$ ) [36] büyüktür.

Kapasite-Talep Oranı Yöntemi ile örnek binanın incelenmesi sonucunda bulunan görelî katlar arası ötelenme talep değeriinden binanın 2. ve 3. Katları arasında görölen sıçrama [36]'daki doğrusal olmayan dinamik çözümleme sonuçları ile örtüşmektedir.

Kapasite-Talep Oranı yönteminde tüm parametreler analitik olarak değerlendirilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda en kısa sürede en doğru sonuçları vermiştir.

4. Kaynak [36] sonuçlarında AIJ tarafından önerilen  $S_{BG}$  indeksleri sonucuna göre yapının depreme karşı dayanıksız olduğu ve orta hasar alma durumu ile uyumluluğu belirtilmektedir.

Bu tez kapsamında Japon sismik indeks yöntemine göre performans indeksi ve karşılaştırma indeksi incelenmiş ve yapının deprem güvenliğinin belirsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Kaynak [36]'daki  $S_{BG}$  indeksleri ile sonuçları örtüşmektedir.

5. İleri çalışma önerisi olarak, Kanada Sismik Tarama Yöntemi Türkiye şartlarına göre düzenlenerek bina stoğunu deprem riski bakımından sıralandırmaya yönelik bir yöntem olarak kullanılabilir.

Tablo 5.1 Örnek Bina İçin Sonuçlar Tablosu

Yöntemin Adı	Sonuç	Açıklama	Yöntemin Uygulama Süresi
Kanada Sismik Tarama Yöntemi	$SPI > 30$	Çok Tehlikeli Bina	~ 30 dk
P25 Yöntemi	$22 < 50 < 78$	Orta Hasarlı Bina	~ 180 dk
Japon Sismik İndeks Yöntemi	$I_s < I_{s0}$	Deprem Güvenliği Belirsiz	~ 120 dk
Kapasite-Talep Oranı Yöntemi	$2.92 > 1.01$	Binada Güçlendirme Öngörülür	~ 60 dk

## KAYNAKLAR

- [1] Çelik C. O., İlki A., Yalçın C., Yüksel E., (2007), “Doğu ve Batı Avrupa Kentlerinde Değişik Tip Binaların Deprem Riskinin Hızlı Değerlendirmesi Üzerine Bir Deneyim”, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul.
- [2] Standart For Evaluation of Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings (1990). “Japan Building Disaster Prevention Association, Tokyo.
- [3] Ohkubo, M., (1990). The Method For Evaluating Seismic Performance of Existing Reinforced Concrete Buildings, Seminar in Structural Engineering, Dept. of AMES Universty of California, San Diego.
- [4] Hirosava, M., Sugano S., Kaminosono T. (1995). Essentials of Current Evaluation and Retro Fitting for Existing Buildings in Japan, IISEE, Building Research Institute, Tsukuba, Japan, TBIC JR 94-21.
- [5] Kaminosono, T., (2002). Evaluation Method for Seismic Capacity of Existing Reinforced Concrete Buildings in Japan, Proceedings of Int. Conf. on Earthquake Loss Estimation and Risk Reduction, Bucharest, Romania.
- [6] İlki A., Boduroğlu H., Özdemir P., Baysan F., Demir C. Şirin S., (2003). “Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması”, 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- [7] Spence, R. (ed.) (2007), "Earthquake Disaster Scenario Predictions and Loss Modelling for Urban Areas", LESSLOSS Risk Mitigation for Earthquakes and Landslides, Report:2007/7, IUSS Press, Pavia, Italy.

- [8] Tezcan S. S. ve Bal İ. E., (2003) "İstanbul'un Kurtuluş Reçetesi", İstanbul Dergisi, (11) 86-90, Ekim- Aralık.
- [9] Shiga T, Shibata, A. and Takahashi, T. (1968) "Earthquake Damage and Wall Index of Reinforced Concrete Buildings", Proceedings of Tohoku District Symposium, Architectural Institute of Japan, No. 12, December, pp 29-32 (in Japanese).
- [10] FEMA 154 ATC-21 (1988) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, SW Washington, D.C.
- [11] FEMA 155 ATC-21-1 (1988) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency; FEMA 500 C Street, SW Washington, D.C.
- [12] Tezcan S. S. and Akbaş R., (1996) "Deflection Criteria for Aseismic Design of Tall Buildings", Engineering Structures, Elsevier Publications, (18)12: 957-966.
- [13] Hassan A. F. and Sözen M. A., (1997) "Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes", ACI Structural Journal, 94(1): 31-39
- [14] Gülkan P. and Sözen M. A., (1999) 'Procedure for Detennining Seismic Vulnerability of Building Structures', ACI Structural Journal, 96(3): 336 - 342.
- [15] Pay A. C., (2001) "New Methodology for the Seismic Vulnerability Assessment of Existing Buildings in Turkey", Master Thesis, METU, Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, August 2001, Ankara, Turkey.
- [16] Baysan F. F., (2002) "Mevcut Bir Binanın Yapısal Analiz ve Japon Sismik İndex Yöntemleri ile Değerlendirilmesi", Bitirme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, İnş. Müh. Bölümü.

- [17] Boduroğlu H., Özdemir P., İlki A., Şirin S., Demir C. and Baysan F. (2004) " Towards a Modified Rapid Screening Method for Existing Medium Rise RC Buildings in Turkey ", Proceedings of the 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August.
- [18] Yakut A. (2004) "A. Preliminary Seismic Assessment Procedure for Reinforced Concrete Buildings in Turkey", Proceedings of the 13<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 13 WCEE, Vancouver, BC, Canada, 1-6 August.
- [19] Yakut A., Gülkan P., Bakır B. S., and Yılmaz M. T. (2005) "Re-examination of Damage Distribution in Adapazarı: Structural Considerations ", Engineering Structures, Elsevier Publications, 27 : 990-1001
- [20] Yakut A., Özcebe G., Yüçemen M. S. (2006) "Seismic Vulnerability Assessment Using Regional Empirical Data" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35:1187-1202.
- [21] Tezcan S. S., Gürsoy M., Kaya E. ve Bal İ. E., (2003) " Depremde Can Kaybını Önleme Projesi", Kocaeli-99 Acil Durum Konferansı, İstanbul Teknik Üniversitesi, 16-17 Ocak 2003, İstanbul.
- [22] Bal İ. E., (2005) "Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ([www.enginbal.net/dosvalar/tez.zip](http://www.enginbal.net/dosvalar/tez.zip)).
- [23] Gülkan P. and Yakut A., (1994) "An Expert System for Reinforced Concrete Structural Damage Quantification", in Wight JK, Kreger ME, (ed.) ACI SP-162, Mete A. Sözen Symp.:1994: 53-71.
- [24] Sucuoğlu H. and Yazgan U., (2003) "Simple Survey Procedures for Seismic Risk Assessment in Urban Building Stocks" in: Wasti ST, Ozcebe G (ed.)



of Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings, Earth and Environmental Sciences, (29): 97-118.

[25] Bal İ. E. and Özdemir Z., (2006) "The Adverse Effects of Perimeter Frame Discontinuity on Earthquake Response of RC Buildings", Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Congress on Advances in Civil Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, 11-13 October.

[26] Anonymous (1986) "The Mexican earthquake of 19 September 1985", EEFIT- Earthquake Engineering Field Investigation Team, SECED- Society for Earthquakes and Civil Engineering Dynamics, The Institution of Civil Engineers, Great George Street, London SW1 P3 AA England.

[27] Athanassiadou C. J., Penelis G G, and Kappos A. J., (1994) "Seismic Response of Adjacent Buildings with Similar or Different Dynamic Characteristics", Earthquake Spectra, 10(2):293-317

[28] Tezcan S. S. and İpek M., (1996) " A Reconnaissance Report- October 1, 1995 Dinar, Turkey Earthquake" Engineering Structures, Elsevier Publications, Vol.18, No:12, pp 906-916.

[29] Youd T. L., Idriss I. M., Andrus R. D., Arango I., Castro G., Christian J. T., Dobry R., Liam Finn W. D., Harder L. F., Hynes M. E., Ishihara K., Koester J. P., Liao S. S. C., Marcuson II. W. F., Martin G. R., Mitchell J. K., Moriwaki Y., Power M. S., Robertson P. K., Seed R. B., and Sotokoe K. H., (2001) "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(10):817-833.

[30] Tezcan S. S. ve Özdemir Z., (2004) Liquefaction Risk Analysis and Mapping Techniques, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayınları, Etiler, İstanbul.

[31] Sholtis S. E. and Stewart J. P. (1999) "Topographic Effects on Seismic Ground Motions Above and Below A Cut Slope in Sand", Research Report, University of California, Department of Civil and Environmental Engineering.

[32] Çelebi M.,(1987) "Topographical and Geological Amplifications Determined from Strong-Motion and Aftershock Records of the 3 March 1985 Chile Earthquake", Bulletin of Seismological Society of America, 77(4): 1147-1167.

[33] Bal İ. E., Tezcan S. S., Gülay F. G., (2007) "Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi" 16-20 Ekim 2007, İstanbul.

[34] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (1998), TDY 98 "Türk Deprem Yönetmeliği 98", Ankara.

[35] Yalçın C., Özdemir U., (2003), "Mevcut Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Tespiti İçin Geliştirilmiş Bir Yöntem", Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2003 İstanbul.

[36] Hasgür Z., Taşkın B., (2008) "Betonarme Konut Binasında Doğrusal Olmayan Yöntemlerle Nicel Gösterim-Hasar İndeksleri İlişkisinin İrdelenmesi" İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yapı Anabilim Dalı, 2008, İstanbul.

[37] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, (2007), "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik", 2007, Ankara

[38] Aoyama, H., Osava, Y. ve Matsushita, K. (1971). On the Earthquake Resisting Capacity of Reinforced-Concrete School Buildings Subjected to 1968 Tokachi-Oki Earthquake. Proc. US-Japan Seminar on Earthquake Engineering with the Emphasis on Safety of School Buildings, Tokyo, Japan.

[39] Mochzuki, T. ve Goto, N. (1983). Structural System of Buildings in Turkey and Emprical Evaluation of Their Seismic Strength. Comprehensive Study on Earthquake Disasters in Turkey in View of Seismic Risk Reduction, Edited by: Ohla, Y., Japan.

[40] Taşkın, B., Yılmaz, E. ve Toker, A., (2007). Evaluation of the Performance of a Moderately Damaged and Strengthened RC Building, Proc.3<sup>rd</sup> International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation, Cape Town-South Africa, 10-12 September.

[41] Lee, D., Song, J.K. ve Yun, C.B., (1997) Estimation of System-Level Ductility Demands for Multi-Story Structures. Engineering Structures, 19(12), 1025-1035.

[42] Tezcan S., Bal E., Karakoç C., Gülay G., Yalçın C.,(2007) “Binaların Depremde Göçme Risklerini Tayine Yarayan Hızlı Puanlama Yöntemleri Mukayeseli Değerlendirme Raporu”, Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ekim 2007, İstanbul.