

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ
DOĞRUSAL ELASTİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ ve P25 HIZLI
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Celal Ogün Karasu

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Programı: Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. F. Gülten Gülay

EYLÜL 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSININ DOĞRUSAL
ELASTİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ ve P25 HIZLI DEĞERLENDİRME
YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Celal Ogün KARASU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Eylül 2007

Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Eylül 2007

Tez Danışmanı : Doç.Dr. F. Gülten GÜLAY

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Semih TEZCAN (B.Ü.)

Doç.Dr. Ercan YÜKSEL (İ.T.Ü.)

EYLÜL 2007

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması boyunca, benden vaktini ve bilgisini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Gülten Gülay'a ve bugüne gelene kadar bana emeği geçen tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım. Tezin geliştirilmesini sağlayan İnş. Y. Müh. İ. Engin Bal ve 106M278 nolu proje kapsamında destek veren TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Ayrıca bugün bu noktaya gelebilmemi sağlayan asıl desteğim anam, babam ve tüm aileme bu çalışma ile az da olsa bir hediye verebildiğimi ümit ediyorum.

Celal Oğün Karasu

Kasım-2007

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. HIZLI DEĞERLENDİRME METODLARI	3
2.1 Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı	4
2.2 Sismik indeks yöntemi	5
2.3 Kolon ve duvar indeks yöntemi	6
2.4 Kapasite indeks yöntemi	8
2.5 DURTES yöntemi	9
2.6 Sokak taraması yöntemi (FEMA 154 ve FEMA 155)	10
3. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ	12
3.1 P25 Puanlama Yönteminin Doğuşu ve İlk Versiyonları	12
3.2 P25 Yöntemi ve Hesapta Kullanılan Parametreler	13
3.2.1 Yöntemin Hesap Adımları	13
3.2.2 Kolon, Perde, Dolgu Duvarların Alan ve Rijitlik İndekslerinin Bulunması	14
3.2.3 Yükseklik Parametresi t_0	15
3.2.4 Sonuç Puanın Hesabı	16
3.3 P25 Metodunun Güncel Versiyonu (P25 V2)	19
3.3.1 P25 V2 Yönteminin Esasları	20
4. DBYBHY'07 YÖNETMELİĞİNDE ÖNERİLEN DEPREM PERFORMANSI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ	28
4.1 Mevcut yapıların değerlendirilmesi	28

4.1.1	Kapsam ve tanımlar	28
4.1.2	Bilgi Düzeyleri	29
4.1.3	Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	33
4.1.4	Yapı Deprem Performansının Belirlenmesi	34
4.1.5	Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar	36
4.2	Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri	38
4.3	Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri	39
4.3.1	Artımsal Eşdeğer Deprem yükü ile İtme Analizi	40
4.3.2	Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi	41
4.3.3	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	41
4.4	Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yükü Kullanılması Durmunda Yapının Performans Değerlendirme İşlemi	41
5.	ÖRNEK YAPILAR ÜZERİNDE YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER	50
5.1	İncelenen Örnek Yapıların Tanıtımı ve Doğrusal Elastik Yöntem ile Performanslarının Belirlenmesi	53
5.1.1	İstanbul Örnek Binası	53
5.1.2	BKR_N_02 Örnek Binası	56
5.1.3	BKR_C_05 Örnek Binası	59
5.1.4	Denizli Örnek Binası	61
5.2	İncelenen Örnek Yapıların P25 V1 ve P25 V2 ile Performans Puanlarının Hesabı	63
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
7.	KAYNAKLAR	72
EKLER		75
EkA		76
EkB		77
EkC		81
EkD		82
EkE		84
EkF		85
EkG		87
EkH		88
ÖZGEÇMİŞ		91

KISALTMALAR

ABYYHY' 75 : 1975 Türk Deprem Yönetmeliği

ABYYHY' 98 : 1998 Türk Deprem Yönetmeliği

DBYBHY' 07 : 2007 Türk Deprem Yönetmeliği

ATC : Applied Technology Council

ATC 40 : Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings

CG : Can Güvenliği

ETABS : Extended 3d Analysis of Building Systems

FEMA : Federal Emergency Management Agency

FEMA 154, 155 : Rapid Visual Screening Method

GÇ : Göçme Sınırı

GÖ : Göçmenin Önlenmesi

GV : Güvenlik Sınırı

HK : Hemen Kullanım

MN : Minimum Hasar Sınırı

TS-500 : Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 3.1 Yapısal Karakteristik ile İlgili Düzeltme Katsayıları.....	16
Tablo 3.2 Zemin ve Temel Bilgileri ile İlgili Düzeltme Katsayıları.....	17
Tablo 3.3 Yapısal Düzensizlik Katsayıları (fi).....	22
Tablo 3.4 P2 – Kısa Kolon Puanlama Matrisi.....	23
Tablo 3.5 P4 – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı.....	24
Tablo 3.6 P5 – Çarpışma Puanı Matrisi.....	24
Tablo 3.7 P6 – Sıvılaşma Potansiyeli Puanları.....	25
Tablo 3.8 P7 –Toprak Hareketleri Puanı.....	25
Tablo 3.9 Çeşitli Puanlar İçin Ağırlık Oranları.....	26
Tablo 4.1 Bilgi Düzey Katsayıları.....	33
Tablo 4.2 Yapı Performans Hedefleri.....	36
Tablo 4.3 Kolon Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	46
Tablo 4.4 Kiriş Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	47
Tablo 4.5 Perde Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	47
Tablo 4.6 Güçlendirilmiş Dolgu Duvarlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları.....	47
Tablo 4.7 Görelî Kat Ötelemesi Sınırları.....	48
Tablo 5.1 60. Yıl İlköğretim Okulu Binası Yapı Bilgileri.....	55
Tablo 5.2 BKR-N-002 Binası Yapı Bilgileri.....	58
Tablo 5.3 BKR-C-005 Örnek Binası Yapı Bilgileri.....	60
Tablo 5.4 Denizli Örnek Binası Yapı Bilgileri.....	62
Tablo 5.5 Tüm Örnek Binalar İçin Eleman Hasar Seviyeleri.....	63
Tablo 5.6 P25 Düzeltme Faktörleri ve Sonuç Puanlar.....	64
Tablo 5.7 P25 V2 Düzeltme Faktörleri ve Sonuç Puanlar.....	65
Tablo 6.1 Her İki Yöntemin Sonuçları.....	66
Tablo 6.2 Denizli Binası Arttırılmış Malzeme Dayanımı Sonuçları.....	70

Tablo 6.3	“n” Değerine Göre “f15” Katsayısı.....	71
Tablo 8.1	İstanbul Örnek Binası Kritik Kirişleri Hasar Bölgeleri	76
Tablo 8.2	İstanbul Örnek Binası Kritik Kolonları Hasar Bölgeleri	78
Tablo 8.3	BKR_N_002 Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri	81
Tablo 8.4	BKR_N_002 Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri	82
Tablo 8.5	BKR_C_005 Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri	84
Tablo 8.6	BKR_C_005 Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri	85
Tablo 8.7	Denizli Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri	87
Tablo 8.8	Denizli Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri	89

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Hassan ve Sözen (1997) tarafından önerilen yöntemle ait sonuç grafiği.....	7
Şekil 3.1 : Yapı Boyutlarının Belirlenmesi.....	14
Şekil 3.2 : β Katsayısının Değişimi.....	26
Şekil 4.1 : Kesit Hasar Sınırları.....	34
Şekil 4.2 : Kolonlar için V_e değerinin hesabı.....	44
Şekil 4.3 : Kolon Moment Kapasitesinin Hesabı.....	45
Şekil 5.1 : Tek Donatılı Dikdörtgen Kesit.....	51
Şekil 5.2 : İstanbul Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	54
Şekil 5.3 : BKR_N_002 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	57
Şekil 5.4 : BKR_C_005 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	59
Şekil 5.5 : Denizli Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	61
Şekil 8.1 : İstanbul Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	75
Şekil 8.2 : BKR_N_002 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	80
Şekil 8.3 : BKR_C_005 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	83
Şekil 8.4 : Denizli Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı.....	86

SEMBOL LİSTESİ

A(T) : Spektral İvme Katsayısı
A₀ : Etkin yer ivmesi katsayısı, ABYYHY'98
A : Normal kattaki bina alanı
A_z : Zemin kattaki bina alanı
A_w : Bina kritik katındaki toplam dolgu duvarı alanı
A_{tr} : Bina kritik katında kat alanı
a_c : Kritik katta kolon alanı
a_{sx} : Kritik katta x yönünde çalışan perdenin alanı
a_{sy} : Kritik katta y yönünde çalışan perdenin alanı
a_{wx} : Kritik katta x yönünde çalışan dolgu duvarı alanı
a_{wy} : Kritik katta y yönünde çalışan dolgu duvarı alanı
a_{c,i} : i'inci katta kolon alanı
a_{s,i} : i'inci katta belirli bir yöndeki perde alanı
a_{w,i} : i'inci katta belirli bir yöndeki duvar alanı
a_{c,i+1} : i+1'inci katta kolon alanı
a_{s,i+1} : i+1'inci katta belirli bir yöndeki perde alanı
a_{w,i+1} : i+1'inci katta belirli bir yöndeki dolgu duvarı alanı
b_w : Kolon genişliği
C : Binanın beton kalitesi, MPa
C_{Ax} : Taşıyıcı sistem elemanlarının x yönündeki etkili kesme alanı indeksi
C_{Ay} : Taşıyıcı sistem elemanlarının y yönündeki etkili kesme alanı indeksi
C_A : Taşıyıcı sistem elemanlarının etkili kesme alanı indeksi
C_a : Bina düzensizliklerine bağlı 0 ile 1 arasında bir katsayı
C_m : Bina kalitesine bağlı 0 ile 1 arasında bir katsayı
C_{ix} : Taşıyıcı sistem elemanlarının etkili rijitlik indeksi, 'x' yönünde
C_{iy} : Taşıyıcı sistem elemanlarının etkili rijitlik indeksi, 'y' yönünde
C_i : Taşıyıcı sistem elemanlarının etkili bileşke rijitlik indeksi
CPI : Binanın kapasite indeksi, (Yakut ve diğerleri, 2005)
E_c : Beton elastisite modülü
(E)₀ : Kesit tam eğilme rijitliği
(E)_e : Çatlamış kesit eğilme rijitliği
E_m : Taşıyıcı olmayan dolgu duvar elastisite modülü
f_{cd} : Beton tasarım basınç dayanımı
f_{cm} : Mevcut beton karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk} : Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{ctm} : Mevcut beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yd} : Donatı çekme dayanımı
f_{ym} : Mevcut donatı çekme dayanımı
h : Kolon derinliği
I : Bina önem katsayısı, ABYYHY'98
L_x : Binanın normal katında 'x' dış gabari boyutu
L_y : Binanın normal katında 'y' dış gabari boyutu

I_{cx} : Kritik katta, 'x' yönündeki kolon atalet momenti
 I_{sx} : Kritik katta, 'x' yönündeki perde atalet momenti
 I_{wx} : Kritik katta, 'x' yönündeki dolgu duvarı atalet momenti
 I_{cy} : Kritik katta, 'y' yönündeki kolon atalet momenti
 I_{sy} : Kritik katta, 'y' yönündeki perde atalet momenti
 I_{wy} : Kritik katta, 'y' yönündeki dolgu duvarı atalet momenti
 I_{ci} : i'inci katta, zayıf yöndeki kolon atalet momenti
 I_{si} : i'inci katta, zayıf yöndeki perde atalet momenti
 I_{wi} : i'inci katta, zayıf yöndeki dolgu duvarı atalet momenti
 I_{ci+1} : i+1'inci katta, zayıf yöndeki kolon atalet momenti
 I_{si+1} : i+1'inci katta, zayıf yöndeki perde atalet momenti
 I_{wi+1} : i+1'inci katta, zayıf yöndeki dolgu duvarı atalet momenti
 I_{px} : Kritik kata ait 'x' yönü kat atalet momenti
 I_{py} : Kritik kata ait 'y' yönü kat atalet momenti
 I_x : Binada en çok tekrar eden kolonun y eksenine etrafındaki atalet momenti
 I_y : Binada en çok tekrar eden kolonun x eksenine etrafındaki atalet momenti
 I_b : Binada en çok tekrar eden kirişin atalet momenti
 H_b : Bina toplam yüksekliği, rijit kat veya katlar hariç
 h_n : Bina normal kat yüksekliği
 h_s : Bina yumuşak kat yüksekliği (yumuşak kat olmayan binalarda, h_n ile aynı)
 K : Duvar perde ve kolonların kesme alanları ve rijitlikleri ile bina yüksekliğine bağlı bir parametre
 m : Binanın kat sayısı
 M_A : Kesit artık moment kapasitesi
 M_{ri} : Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
 M_{rj} : Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti
 n : Hareketli yük katılım katsayısı, ABYYHY'98
 N_A : Kesit artık normal kuvvet taşıma kapasitesi
 N_D : Düşey yüklerden oluşan normal kuvvet değeri
 R : Yapı davranış katsayısı , ABYYHY'98
 $R_a(T)$: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
 r_a : Komşu iki kat arası etkili kesme alanı oranlarının en küçüğü
 r_{rx} : Komşu iki kat arası 'x' yönü rijitlik oranlarının en küçüğü
 r_{ry} : Komşu iki kat arası 'y' yönü rijitlik oranlarının en küçüğü
 r_r : Binanın komşu katlar arası rijitlik oranlarının en küçüğü
 r_s : Kesit etki/kapasite oranları
 S_m : Binanın dolgu duvarlı olarak modellenmesi ile bulunacak en büyük katarası görelî ötelenme
 $S(T)$: Spektrum katsayısı, ABYYHY'98
 $S_{ae}(T)$: Elastik spektral ivme [m/s^2]
 t : Bina yüksekliği azaltma üstel katsayısı
 T_1 : Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
 T_A, T_B : Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
 V_c : Beton kesme kuvveti taşıma değeri
 V_{dy} : Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
 V_e : ABYYHY'07 e göre hesaplanan kesme kuvveti değeri
 V_{cap} : Betonarme kolon ve perdelerin kesme kapasiteleri
 V_{code} : Deprem yönetmeliğinden bulunan taban kesme kuvveti
 V_i : Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat

kesme kuvveti

V_{kol} : Dügüm noktasının alt ve üst ucunda oluşan kesme kuvvetlerinden küçüğü

V_r : Kesit kesme kuvveti kapasitesi

V_t : Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nde gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yüğü (taban kesme kuvveti)

V_w : Etriye kesme kuvveti taşıma değeri

V_{wy} : Dolgu duvarlarının etkisi de dikkate alınarak hesaplanan kat kesme kuvveti kapasitesi

W : Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı

ΔF_N : Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yüğü

η_b : Burulma düzensizliği katsayısı

δ_{ij} : Göreli kat deplasmanı

MEVCUT BETONARME BİNALARIN DEPREM PERFORMANSLARININ DOĞRUSAL ELASTİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ ve P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen büyük ve yıkıcı depremler, elde bulunan yapı stoğunun depreme karşı ne düzeyde güvenli olduğu sorusunu akıllara getirmektedir. Bu soruya cevap verebilmek için tüm yapı stoğunun taranması gerekmektedir. Ancak bu sayede can kaybına sebep olması muhtemel binalar ayıklanıp gerekli önlemler alınabilir.

Bu sorun uzun bir süredir mevcuttur ve çözüm adına pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak şu güne kadar yapılan çalışmalar herhangi bir yönetmelik tarafından önerilen yöntemle göre yapılmamaktaydı. Bu eksikliğin giderilmesi için 2007 Mart ayında yürürlüğe giren DBYBHY'07 de mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için takip edilecek iki ana yöntem önerilmiştir. Bu sayede, detaylı sayısal analizler yapılarak mevcut yapıların deprem performansını belirlemek mümkün olmaktadır. Ancak böylesi analizlerin ülkede mevcut tüm yapılar üzerinde yapılabilmesi için, ülkenin içinde bulunduğu ekonomik durumda göz önüne alındığında, yeterli zaman olmaması ve gerekli maddi kaynağın temini bakımından neredeyse imkânsızdır.

Bu durumda yapılması gereken ise, daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşabilen ve verdiği sonuçlara güvenilebilecek bir yöntem geliştirmektir. Bu amaçla sadece ülkemizde değil tüm dünyada pek çok hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. İşte bunlardan biri de çalışmada konu edilen P25 Puanlama yöntemidir.

Bu tez çalışmasında amaç, DBYBHY'07 7. Bölümünde önerilen “Doğrusal Elastik Yöntemler” içerisinde yer alan “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” ile P25 hızlı değerlendirme yöntemini gerçek yapılar üzerinde uygulayarak, elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir. Altı bölüm halinde sunulan çalışmanın ilk bölümünde giriş,

Çalışmanın amacı ve kapsamı verilmektedir. İkinci bölümde daha önce öne sürölmüş hızlı değeriendirme yöntemleri kısaca açıklanmıştır. Daha sonraki bölümlerde yöntemin konusu olan “Doğrusal Elastik Yöntemi ile P25 Hızlı Değeriendirme Yöntemi” ayrı ayrı açıklanmıştır. Beşinci bölümde sayısal incelemelere yer verilmiş olup seçilen 4 ayrı gerçek betonarme yapının deprem güvenliği 2 ayrı yaklaşımla değeriendirilmiştir. Son olarak “Sonuç ve Öneriler” bölümünde yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar ve yöntemlerin birbiri ile ne derecede uyuştğı anlatılmıştır.

SEISMIC ASSESSMENT OF EXISTING REINFORCED CONCRETE BUILDINGS WITH CODE-BASED LINEAR ELASTIC AND P25 RAPID ASSESSMENT METHODS AND THEIR COMPARISON

SUMMARY

Extensive damages, occurred during the recent strong motion earthquakes in Turkey in last years, often reminds the question that how much strong the existing building stock is. It is necessary to search thoroughly all structural stock; in order to eliminate the buildings which have high collapse risk which will cause human death.

This problem has been existed for years and many studies have been performed in the name of the solution. However, none of them has been performed according to a line, suggested by a code. To debug the deficiency, in DBYBHY'07, issued and became valid in March 2007, the methods have been shown in two main titles to assess the earthquake safety of existing buildings. By using these methods, it becomes possible to assess the earthquake performance of the building with detailed 3D numeric analysis. However, such types of methods are almost impossible approaches among in all stock when the time limit and the economical status of the country considered.

A most practical approach is to perform a method which can show the results faster and of which results are more confidential. For this aim many rapid screening methods have been developed not only in our country but also in the entire world. A recent one of these is P25 Scoring Method, which is the subject of this study.

In this thesis study, P25 rapid assessment method and the 'linear elastic methods' prescribed in DBYBHY'07 have been performed on 4 different real buildings and obtained results have been evaluated. The thesis study has been performed as six chapters and the first one includes the introduction and the aim and the scope of the

study. Previous rapid assessment methods have been explained in the Second Chapter. The code based 'Linear Elastic Methods' and P25 Scoring Method and its new P25 v2 version have also been explained in third and fourth chapters. The fifth chapter presents the seismic performance evaluations of 4 different real reinforced concrete buildings with Linear Elastic Method' and P25 Scoring Methods v1 and v2. At the Sixth Chapter, the performance levels found with two approaches and the relations and consistency of the methods as well as the insufficiency of the structural systems have been discussed and suggestions for further study are also presented.

1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen depremlerin, nüfusun büyük kısmının yaşamakta olduğu bölgeleri tehdit etmesi ve oluşan depremlerin büyüklüklerine nispetle çok fazla mal ve can kaybına yol açması “Mevcut yapıların deprem güvenirliliğinin ne düzeyde olduğu?” sorusunu akıllara getirmektedir. Ne yazık ki son yıllarda yaşanan “Adana/Ceyhan” “Marmara” ve “Bolu/Düzce” depremleri kapanması zor yaralar açarak bu soruya ağır bir cevap vermektedir. Özellikle büyük şehirlerimizde göç kaynaklı çarpık ve güvensiz yapılaşma bu sorunun kaynağında bulunan sosyolojik neden olarak görülmektedir. İnşaat mühendisi olarak sorunun sosyolojik kısmı ile ilgili bir yaklaşım sürmekten ziyade, mevcut sorun ile ilgili mühendisçe bir yaklaşımın ne olabileceği asıl konumuz olmalıdır.

Ülkemizdeki betonarme yapıların pek çoğu ABYYHY’98 tarafından tanımlanan deprem güvenliğine sahip değildir, [1]. Bir yapının deprem karşısında can kaybına neden olmayacak düzeyde güvenliği veya performans düzeyi ne olmalıdır? İşte bu sorunun cevabı 6 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren DBYBHY’07 tarafından tanımlanmaktadır, [2]. Mart 2006 da ilk sürümün, sonrasında 6 Mart 2007 tarihli Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren yeni yönetmeliğin 7. bölümü mevcut yapıların deprem performansının nasıl belirlenmesi gerektiğini açıklamaktadır. Bu yönetmelikte yapının kullanım amacına göre farklılık arz eden performans düzeyleri tanımlanmıştır. Mevcut yapıdan toplanan bilgilere dayanarak ve yapı sisteminin, detaylı sayısal analizi yapılarak deprem performansını belirlemek mümkün olmaktadır.

Ancak ülkemizde deprem tehdidi altında bulunan yapı stoğunun çok büyük olması, her yapı için bu denli detaylı ve vakit alıcı yöntemlerin uygulanabilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu durumda yapılması gereken; daha hızlı şekilde sonuç verebilen ve en önemlisi verdiği sonuçlara güvenilebilecek bir yöntem ile yapı stoğunun hızlı bir şekilde elden geçirerek, öncelikle can kaybına neden olması muhtemel yapıları ayıklamak ve bu yapılar üzerinde acil önlem alınmasını sağlamaktır. Bu nedenle, söz

konusu amaca yönelik olarak toptan göçecek binaların hızlıca ayıklanabilmesi için literatürde çeşitli hızlı değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Mevcut bir yapının deprem performansının saptanması amacı ile 6 Mart 2007 den itibaren yürürlüğe giren DBYBHY'07 Bölüm 7 de 2 ayrı hesap yöntemi önerilmektedir: Bu başlıklar “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” ile “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri”dir, [2]. “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” kuvvet esaslı yöntemler olup, genel olarak yapıya etkimesi beklenen deprem kuvvetinin elemanlar tarafından karşılanıp karşılanmadığını sorgulamaktadır. “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri” ise deplasman esaslı olup yapının depremde ne kadar elastik ötesi şekildeğiştirme yapacağı araştırılarak bu elastik ötesi deplasmanın eleman plastik şekildeğiştirme kapasitesi tarafından karşılanıp karşılanmayacağını tahkik eder.

Gerek “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” olsun gerekse de “Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri” nin uygulanabilmesi için yapının malzeme özellikleri, oturduğu zemin karakteristikleri, statik projeleri ve yapı geometrisi hakkında detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da gerçeğe oldukça yakın sonuçlar veren bu yöntemlerin uygulamasında ciddi zaman ve paraya ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır.

Sunulan çalışmada kullanılan diğer bir yaklaşım olan P25 Puanlama Yöntemi ise ilk olarak 2005 ve 2006 yılında Bal ve diğerleri tarafından geliştirilmiş bir hızlı değerlendirme yöntemi olup, deprem performansını farklı bir şekilde yorumlamaktadır, [3]. Yöntem yapının deprem karşısında ne çeşit bir hasar seviyesi oluşturacağından ziyade, yapının toptan göçme ihtimali ya da can kaybına neden olup olmayacağı sorusuna cevap aramaktadır. Bu anlamda yöntem daha basitleştirilmiş ampirik yaklaşımlar ile diğer yöntemlerden daha az bilgiye ihtiyaç duyularak daha kısa zamanda sonuç elde etmeye çalışmaktadır.

Bu tez çalışmasında amaç DBYBHY'07 kapsamındaki “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri”nden “Eşdeğer Statik Deprem Yüğü” yöntemini kullanarak seçilen 4 ayrı örnek yapının performans seviyesini incelemek ve aynı yapıları P25 yöntemine uygulayarak bulunan sonuçları karşılaştırmaktır.

Çalışmada önce yapıların deprem güvencesini belirlenmesin için literatürde geliştirilmiş olan çeşitli yaklaşımlar, hızlı değerlendirme yöntemleri ve yönetmelikte önerilen yaklaşımlar açıklanacak, daha sonra halen 106M278 No.lu TUBITAK araştırma projesi kapsamında geliştirilip kalibre edilmekte olan P25 yönteminin ayrıntıları sunulacaktır. Çalışmanın sayısal incelemeler ile ilgili uygulama bölümünde ise birbirinden farklı 4 adet gerçek yapı örneği ele alınarak hem P25 Puanlama yöntemi hem de Yönetmelikte verilen ‘Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri’ kullanılarak söz konusu yapıların performans düzeyleri ve P25 yöntemi ile P performans puanları bulunarak sonuçlar değerlendirilecektir. Örnek olarak ele alınan mevcut yapılar birbirinden farklı zeminlerde bulunan farklı geometri ve kullanım amaçlarına sahip yapılardır. Bunlardan ikisi Prof. Dr. Semih Tezcan’ın arşivinden alınmış olup, yapılar 1999-Kocaeli depremine maruz kalmış ve yapılardan biri toptan göçerken, diğer yapı hiç hasar almamıştır. Diğer bir bina İ.T.Ü Uygar Merkezi arşivinden alınmış olup Denizli’de bir işyeri yapısıdır. Dördüncü yapı ise İstanbul’da bulunan bir ilköğretim okul yapısına aittir. Söz konusu yapıların böyle bir tez çalışmasında kullanılması bir yandan P25 Yöntemi için bir değerlendirme olacak, öte yandan henüz yürürlüğe girmiş olan yeni deprem yönetmeliğinde açıklanıp önerilen ‘Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi’ için de bir uygulama örneği teşkil edecektir.

2. HIZLI DEĞERLENDİRME METODLARI

Ülkemizde deprem tehdidine maruz mevcut yapıların tamamının ayrıntılı bir şekilde 3D analizlerinin yapılarak incelenmesi ve deprem performanslarının saptanması, konunun aciliyeti ve gerek maddi kaynaklar düşünüldüğünde imkânsız denecek kadar uzun, zor ve maliyetli bir işlemdir. Özellikle nüfusun yoğun olarak bulunduğu büyük şehirlerin aktif deprem kuşakları üzerinde olması bu sorunu bir kat daha arttırmaktadır.

Bu bölümde bu soruna belki de bir çözüm olabilecek mevcut yapıların deprem güvenliğini belirlemekte kullanılan daha önce geliştirilmiş hızlı değerlendirme metodları kısaca açıklanmaya çalışılacaktır. Açıklama yapılacak yöntemler sırası ile

- “Sıfır Can Kaybı” yaklaşımı
- Sismik indeks yöntemi
- Kolon ve duvar indeksleri yöntemi
- Kapasite indeks yöntemi
- DURTES yöntemi
- Sokak taraması yöntemi (FEMA 154 ve FEMA 155)

şeklinde olacaktır. Yukarıda adı geçen her yöntem kendi için bir yaklaşımla genel ampirik veya analitik formüller ile mevcut bir yapının deprem performansını değerlendirmektedir.

2.1 Sıfır Can Kaybı Yaklaşımı

“Sıfır Can Kaybı” yaklaşımı deprem tehdidi altındaki tüm yapıları tek tek detaylı bir şekilde yönetmeliklerce uygun görülmüş değerlendirme koşulları veya yapıların doğrusal ötesi davranışlarının saptandığı statik itme analizleri gibi yöntemler ile incelenmesinin ülke koşullarında zaman ve ekonomik sınırlamalar nedeniyle gereksiz olduğunu savunmaktadır, [4]. Ülkemizin mevcut ekonomik ve sosyal

durumu ve yaklaşan deprem tehdidi düşünüldüğünde bu denli detaylı analizler için ne zaman ne de maddi olanaklar yeterli olduğu söylenebilir.

Bu durumda tüm yapı stokunun incelenmesi yerine bir öncelik sıralaması yapmak uygun görülmektedir. Öncelikli olarak depremde “güvensiz” daha doğru can kaybına neden olabilecek yapıların tespiti ve bu yapıları üzerinde daha derin ve detaylı analizler yaparak can kaybını azaltmak hatta sıfıra indirgemek amaçlanmaktadır. Öncelik sıralaması yapılırken bir noktadan sonrası “depremde yıkılmaya karşı güvenli” veya “toptan göçmez” şeklinde tanımlanmaktadır ve bu şekilde tanımlanan yapıların değerlendirilmesi mal sahibinin isteğine bırakılmaktadır, [5].

2.2 Sismik indeks yöntemi

Bu yöntem özellikle Japonya’da yaygın olarak kullanılan bir performans değerlendirme yöntemidir. Sismik İndeks Yöntemi giderek daha gerçekçi sonuç veren ancak daha çok zaman alan üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşaması bu çalışmada da konu alınan hızlı değerlendirme aşamasıdır.

Yöntemin 30 yaşın üzerinde olan, büyük fiziksel bozuklukları bulunmayan, malzeme dayanımı düşük olan veya taşıyıcı sistemi alışılmışın dışında olan yapılarda kullanılması önerilmemektedir, [6]. Yöntemin ilk aşaması yapının taşıyıcı sisteminin, yaşının ve fiziksel durumunun incelenmesini içermektedir. Bu incelemeler sonucu elde edilen veriler ışığında yapının deprem performans indeksi I_s elde edilir. Bu değer yine yapı özellikleri göz önünde bulundurarak belirlenen bir karşılaştırma indeks değeri I_{so} ile karşılaştırılarak yapı deprem karşısında güvenlidir ($I_s > I_{so}$) veya deprem performansı belirsizdir ($I_{so} > I_s$) sonucu elde edilir, [7].

I_s ve I_{so} değerleri

$$I_s = E_o * S_d * T \quad (2.1)$$

$$I_{so} = E_s * Z * G * U \quad (2.2)$$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Denklem (2.1)'de kullanılan E_o , yapıda kısa kolon bulunup bulunmamasına göre farklı şekilde hesaplanan indeks değeridir. S_d katsayısı yapının planda düzensizlikleri, bodrum katın varlığı, yumuşak kat varlığı, döşeme süreksizlikleri ve dışmerkezlilik gibi yapısal özellikler değerlendirilerek bulunmaktadır. T ise zamana bağlı etki katsayısı olarak adlandırılmış ve kolon ve perdelerdeki çatlak durumuna ve yangın geçirmiş olması durumuna göre belirlenmektedir.

Denklem (2.2)'de kullanılan E_s , ana karşılaştırma indeksi olarak tanımlanmaktadır. Z bölge katsayısıdır ve yapının bulunduğu bölgenin depremselliği ile belirlenir. G zemin katsayısıdır. U ise yapının kullanım amacı ile ilgili bir katsayıdır, [7].

2.3 Kolon ve duvar indeks yöntemi

Bu yöntemde yapı boyutları, taşıyıcı elemanları ve dolgu duvarların boyutları kullanılarak bir değerlendirme sağlanmaya çalışılmıştır, [8]. 13 Mart 1992 Erzincan depreminde ($M_s = 6.8$) hasar almış toplam 46 bina üzerinde yöntem uygulanmıştır. Yöntem genel olarak çok sık deprem olmayan bölgelerdeki bina stoku ile ilgili üst seviye bir hesaplama yerine, daha düşük seviyeli bir hesap yöntemi sunulmaktadır.

Çalışma sırasında kullanılan toplam 46 binanın 5 tanesi 2 katlı, 20 tanesi 3 katlı, 8 tanesi 4 katlı ve 3 tanesi de 5 katlıdır. Normal kat yükseklikleri 2.75 m ile 3.60 m arasında değişmektedir. Binalardan bazılarında betonarme perdeler de mevcuttur. Bu betonarme perdelerin kesit alanlarının kat alanına oranı % 0.0 ile % 1.0 arasında değişmektedir.

Binalardan beton karot numuneleri alınmış ve Schmidt çekici okumaları yapılmıştır. Ortalama beton kalitesinin BS 16 civarında olduğu görülmüştür.

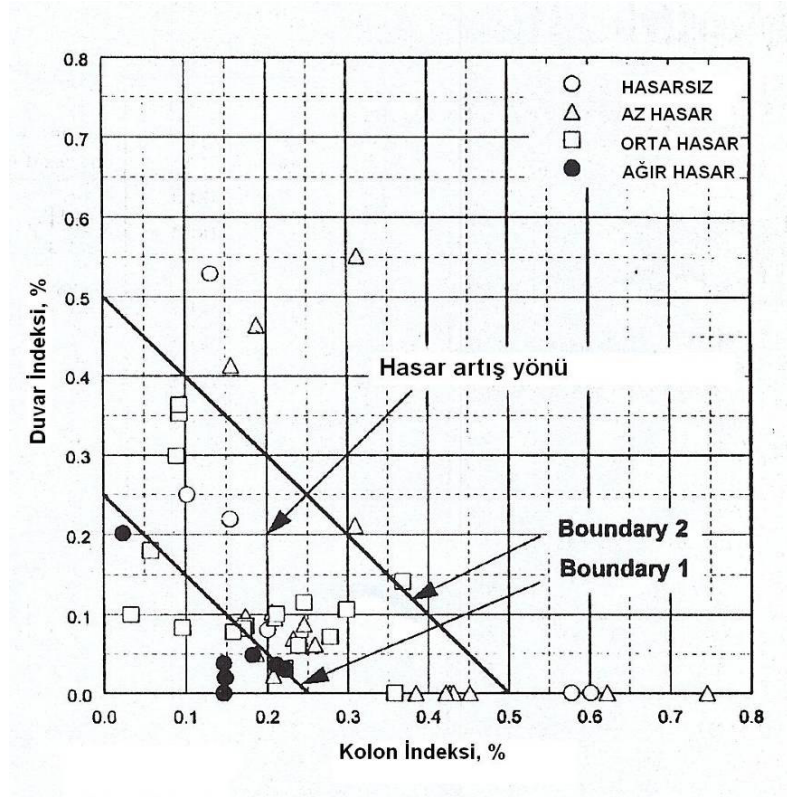
Binalara ait çizimlerde duvar kalınlığı belirtilmemesine rağmen, yöredeki diğer binalardan elde edilen gözlemsel bir yaklaşımla duvar kalınlıkları 25 cm olarak kabul edilmiştir.

Bu yöntemde sadece düşey taşıyıcıların ve dolgu duvarlarının etkili kesme alanlarına bağlı indeksler bulunarak sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. Buna göre A_s : Etkili betonarme perde kesme alanları, A_w : dolgu duvarı alanları, A_c : kolon alanlarının yarısı, WI : duvar indeksi ve CI : kolon indeksi olmak üzere;

$$WI = \frac{A_s + 0.1(A_w)}{A_z} \times 100 \quad (2.3)$$

$$CI = \frac{A_c}{A_z} \times 100 \quad (2.4)$$

Denklem (2.3) ve (2.4)'den elde edilen değerler, Şekil 2.1'de verildiği gibi bir eksen takımına oturtularak 'Boundary 1' ve 'Boundary 2' isimli iki adet sınır çizgisi tarif edilmektedir. Buna göre; 'Boundary 1' ile 'x' ve 'y' aksları arasında kalan binalar, 'Boundary 2'nin dışında kalan binalara nazaran daha riskli, iki sınır arasında kalan binalar ise şüpheli olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.1: Hassan ve Sözen (1997) tarafından önerilen yönteme ait sonuç grafiği

Ayrıca, yine aynı çalışmada bir de 'priority index' adı verilen bir öncelik indeksi tarif edilmiştir. Buna göre priority indeksi;

$$PI = WI + CI \quad (2.5)$$

olarak tarif edilmektedir. PI indeksi düştükçe, binanın risk seviyesinin de arttığı kabul edilmektedir.

Orijinal makaledeki (Hassan ve Sözen, 1997) yazarlardan birinin de içinde bulunduğu bir grup tarafından yapılan daha yeni çalışmalarda ise (Gülkan ve Sözen, 1999, ayrıca Gülkan ve Utkutuğ, 2003 ile Gülkan ve diğerleri, 1997), taşıyıcı elemanlar ve dolgu duvarlarının atalet momentleri ile kat yüksekliklerinin nasıl hesaba dahil edileceği araştırılmış, yöntem aşağıdaki parametreler kullanılacak şekilde yeniden düzenlenmiştir;

- Kat sayısı,
- Binanın birim alana düşen kütlesi,
- Duvar ve betona ait malzeme özellikleri,
- Dolgu duvarlarının tipi ve mesnetlenme koşulları,
- Kolon ve kirişlerin birbirlerine göre, görelî boyutları ile mesnetlenme koşulları,
- Kolon burkulma katsayıları (λ) ve duvar geometrisi,
- Ortalama kat yüksekliği,
- Zemin ve temel tipi,
- Kolon alanlarının kat alanına oranı,
- Dolgu duvarı alanlarının kat alanına oranı

2.4 Kapasite indeks yöntemi

Bu yöntemde kritik kat için ampirik olarak her kolon ve betonarme perde için hesaplanan kesme kuvveti kapasiteleri, bina taban kesme kuvveti ile karşılaştırılmaktadır, [9]. V_{cap} dolgu duvar, kolon ve perde duvarların kesme kapasiteleri, V_{code} deprem yönetmeliği ile bulunan taban kesme kuvveti, C_m ve C_a binanın karakteristik değerlerine ve düzensizlik durumlarına bağlı katsayılarıdır. Tüm boyutların mm ve MPa alınması durumunda $\alpha=0,65$, f_{ctk} beton karakteristik çekme dayanımı, b_w ve h kolon boyutları ve m kat adedi olmak üzere;

$$V_{cap} = \sum 0.65 \alpha f_{ctk} b_w h \quad (2.6)$$

$$V_{wy} = \frac{V_{cap}}{0.95 e^{0.125m}} (46 \frac{A_w}{A_{ef}} + 1) \quad (2.7)$$

$$CPI = C_a C_m \frac{V_{wy}}{V_{code}} \quad (2.8)$$

CPI değerinin 1.5’den küçük olması durumunda yapının göçme riskinin yüksek olduğu yargısına varılır, [9,10].

2.5 DURTES yöntemi

İÜ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü tarafından İstanbul ili Bakırköy ilçesinde bulunan yapı stokunun deprem güvenliğinin analizi kapsamında yapılan çalışmada yaklaşık olarak on bin adet bina üzerinde yapı durum tespiti ile ilgili detaylı incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında hızlı değerlendirme yapan bir algoritma ve bilgisayar programı kullanılmış ve geliştirilmiştir, [11].

Bu çalışmada, öncelikle incelenen binanın, matematiksel esasa göre değerlendirilebilmesi için gerekli olan optimum bilgiler belirlenmiş ve bu doğrultuda bu bilgilerin yer aldığı bir anket formu hazırlanmıştır. Bu anket formundaki bilgilerin yerinde doldurulması ve bu bilgilerin söz konusu algoritmayı kullanan “DURTES” (DURum TESbit programı) adlı bilgisayar programına aktarılması sayesinde binaların maruz kalacağı deprem yükü, taşıyabileceği deprem yükü ve mukavemeti gibi özellikler çok hızlı bir şekilde belirlenebilmektedir.

Geliştirilen bu programın amacı binaların inceleme sonuçlarının hızlı bir biçimde ve doğruya en yakın şekilde verilmesini sağlamaktır. Farklı tecrübeler ve vizyona sahip uzmanların görüşlerinde yapılabilecek hataları en aza indirmek için bina ile ilgili değerlendirme ve yorumlar tamamen matematiksel prensiplerle yapılmakta ve raporlar program tarafından otomatik olarak hazırlanmaktadır. Program, yapıda oluşabilecek taban kesme kuvvetini deprem şartnamesinde öngörülen kesin yöntemlere göre belirlemektedir. Ancak eğilme momenti, eksenel kuvvet gibi kesit tesiri dağılımlarını belli parametreler üzerine kurulmuş formüllerle hesaplamaktadır.

“DURTES” in izlediği yöntem kısaca şöyledir; Binanın malzeme özelliğini de göz önüne alarak, farklı özelliklerde olsalar bile maruz kaldıkları yüklere karşılık, birim alan için sahip olması gerekli olan, yapısal eleman büyüklüklerini belirleyerek bir katsayı elde etmekte (K1: mukavemet puanı) ve bu katsayıya göre binaları gruplandırmaktadır. Her binanın mevcut durumuna göre ayrıca bir puan verilmektedir (K2: kusur puanı). K1 katsayısı yönetmeliklerdeki kriterlere göre, K2 katsayısı ile yapının mevcut durumunu göz önüne alan yaklaşık olarak 100 adet parametreye göre belirlenmektedir.

Söz konusu parametrelere karşılık gelen puan ise, program kullanıldıkça ve verdiği sonuçlar kesin çözüm yöntemlerinin sonuçları ile kıyaslandıkça kalibre edilmektedir. Bu kesin çözüm yöntemleri ile kıyaslama örnekleri çoğaldıkça ve parametrelere karşılık gelen puanlar kalibre edildikçe programın verdiği sonuçlar gerçeğe daha da yaklaşmaktadır. Kaldı ki, yapılan çalışmalarda, detaylı analizler yapılarak incelenen bazı yapıların sonuçları ile “DURTES” in verdiği sonuçların oldukça uyduğu görülmüştür, [11].

2.6 Sokak taraması yöntemi (FEMA 154 ve FEMA 155)

Hızlı değerlendirme metotları arasında ilk olarak sayılabilecek ve literatüre hızlı değerlendirme metodu kavramının yerleşmesini sağlayan en önemli yöntemlerden biri de Sokak taraması yöntemidir. Yöntem ilk olarak ATC 21 (*Applied Technology Council*) adı ile yayınlanmış sonrasında FEMA 154 ve FEMA 155 (*Federal Emergency Management Agency*) olarak çevrilmiştir. FEMA 154 asıl yöntemi ve değerlendirme kriterlerini açıklamakta, FEMA 155 ise yardımcı doküman olarak sunulmaktadır, [12].

FEMA 154 yapının deprem performansını, genel olarak 5 ana kategoride ile değerlendirmektedir. Bu başlıklar

- Yapının önemi ve kullanım amacı
- Ulusal ve yerel deprem riski
- Yapı taşıyıcı sistemi
- Yapının yaşı
- Yapının özel yükleri ve kusurların tespiti

şeklinde sıralanmaktadır. Bu başlıklardan elde edilen veriler bir “Hızlı, görsel değerlendirme çalışma sayfası” adlı bir veri formuna işlenmektedir. Bu form ile yapının değerlendirmesi ve deprem riski bulunmaktadır, [13].

Bu çeşit bir çalışma yine “Sokak taraması yöntemi” adı altında farklı bir bakış açısı ile Türkiye’de de uygulanmaya çalışılmıştır. Sucuoğlu tarafından 2004 yılında, 1-7 katlı betonarme binalar ile 1-5 katlı yığma binalar için sokak taraması yolu ile değerlendirme yapmaya olanak sağlayan iki yöntem önerilmiştir. Betonarme binalar için önerilen yaklaşımda kullanılan parametreler aşağıda sıralanmıştır;

- Kat adedi,
- Yumuşak kat,
- Ağır çıkmalar,
- Görünen yapı kalitesi,
- Kısa kolon,
- Çarpışma etkisi,
- Tepe / Yamaç etkisi,
- Yerel zemin koşulları ve deprem etkisi,

Sokaktan gözlenen parametreleri elde edilen ve coğrafi koordinatları bilinen 1-7 katlı betonarme bir binanın deprem puanı hesaplanmaktadır.

Belirlenen değerler ön değerler olup, yapılacak daha ileri çalışmalarla geliştirilecekleri belirtilmiştir, [14].

3. P25 HIZLI DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

P25 metodu basit gözlem ve ölçümler ile fazla vakit almayan ve karmaşık olmayan bir düzen içinde bulunan bir dizi hesap yapılarak bir yapının bulunduğu bölgede olması muhtemel deprem karşısında güvenilir veya güvensiz olduğunu saptamaya yarayan bir hızlı değerlendirme metodudur. Çalışmanın bu bölümünde P25 metodu hakkında bilgi verilecektir. Öncelikle yöntemin doğuşu ve gelişim süreci açıklanacak, sonrasında yöntemin işleyişi ve hesap yöntemleri anlatılmaya çalışılacaktır. Son olarak P25 metodunun en güncel hali sunulacaktır.

3.1 P25 Puanlama Yönteminin Doğuşu ve İlk Versiyonları

Ülkemizde çok sayıdaki bina stoğunun deprem güvenliğinin hızlıca incelenerek öncelikli olarak can güvenliğini sağlanması amacı taşıyan ön çalışmalar Tezcan ve Bal'ın "Sıfır Can Kaybı" [4] yaklaşımı adı altında bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaç için ilk olarak binanın göçme riskini belirlemeye yarayacak ve P25 metodunun temellerini oluşturacak P5 metodu [5] önerilmiştir.

Daha sonra P5 esas alınarak daha gelişmiş ve uygunluğu test edilmiş bir yöntem türetmek için 2005 yılında İhsan Engin Bal tarafından Doç. Dr. Gülten Gülay danışmanlığı ve Prof. Dr. Semih Tezcan'ın katkıları ile İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Deprem Mühendisliği programında P24 metodu olarak tariflenen hızlı değerlendirme metodu üzerine bir yüksek lisans tezi yapılmıştır, [3]. P24 ismi yapı güvenliğini belirlenmesinde kullanılan 24 ayrı parametreden gelmektedir. Bu çalışmada gerçekten depreme maruz kalmış, yıkılmış, orta hasarlı ve hasar almamış 26 bina üzerinde yöntem uygulanmıştır, [3]. Yöntem bir yapı hakkında 3 ayrı yargıya ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu yargılar

- I. Bina ikinci bir incelemeye gerek duyulmadan mevcut hali ile kullanılabilir. Yapı olası depremden hasar alabilir, ancak can kaybına sebebiyet verecek göçme durumu gerçekleşmeyecektir.

- II. Bina güvenlik düzeyi hakkında şüphe duyulmaktadır. Daha detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.
- III. Bina güvenlik düzeyi herhangi bir ikinci incelemeye gerek duyulamayacak kadar düşüktür. En kısa zamanda boşaltılmalı, ya yıkılmalı ya da güçlendirilmelidir.

şeklinde açıklanabilir.

Bu yaklaşım 2006 yılı içinde 106M278 nolu TÜBİTAK projesi çalışması ve ECEES Konferans bildirisi ile daha gelişmiş ve bu çalışmada da kullanılan P25 metodu adını almıştır,[15]. Yöntem daha sonra İ.T.Ü Uygur Merkezi arşivindeki binalarla daha da geliştirilerek P25 V2. yöntemi oluşturulmuştur, [16].

3.2 P25 Yöntemi ve Hesapta Kullanılan Parametreler

P25 yöntemi, en basit şekilde açıklanacak olursa, bir yapı için performans puanı olarak tariflenen “P” puanını hesaplar ve hesaplanan puanı daha önceki çalışmalar ile belirlenmiş puan sınırları ile kıyaslayarak yapı hakkında bir değerlendirme yapar. “P” puanı, kritik katta bulunan kolon, perde ve dolgu duvar alan ve rijitliklerine bağlı bir indeks ve yapı zemin özellikleri, yapısal karakteristiklerine göre belirlenen 25 adet düzeltme katsayılarının katılımı ile elde edilir.

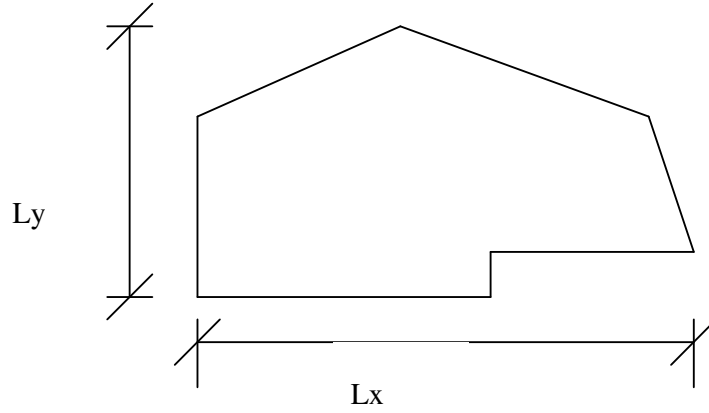
3.2.1 Yöntemin Hesap Adımları

Yöntemde hesaba başlanırken öncelikle seçilen bina ortogonal bir kartezyen sisteminde oturtulmalıdır. Dış akslarından itibaren alınan ölçülerle binanın x ve y yönünde boyutları L_x , L_y değerleri belirlenir. Bu değerler kullanılarak kat alanı A_p ve kat atalet değerleri I_{px} ve I_{py} değerleri bulunur.

$$A_p = L_x \times L_y \quad (3.1)$$

$$I_{px} = \frac{L_x L_y^3}{12} \quad (3.2)$$

$$I_{py} = \frac{L_y L_x^3}{12} \quad (3.3)$$



Şekil 3.1: Yapı Boyutlarının Belirlenmesi

Bu değerler kritik kat olarak tanımlanan kattan alınmalıdır. Kritik kat yöntem tarafından çepeçevre bodrum perdeleri ile çevrilmiş kat harici en alt kattır. Yani bodrum kata sahip bir yapının kritik katı bu bodrumun üzerindeki zemin kat olmaktadır. Ancak bir yapıda bodrum kat perdeler ile çevrilmemiş ise kritik kat bodrum kat olacaktır. Bodrum katın bulunmasında şüphe duyulduğunda her kat için ayrı ayrı hesap yapılmalı ve bulunan en küçük değer yapı puanı olarak alınmalıdır.

3.2.2 Kolon, Perde, Dolgu Duvarların Alan ve Rijitlik İndekslerinin Bulunması

Yöntem binada bulunan kolon, perde ve dolgu duvarların tamamını hesaba katmaktadır. Kolon, perde ve dolgu duvar alanlarının her iki asal eksen doğrultusunda belli katsayılar ile çarpılarak toplanmasından C_{Ax} C_{Ay} elde edilmektedir. Bunun yanı sıra yine bu elemanların atalet momentlerinden her iki asal eksen doğrultusunda C_{Ix} ve C_{Iy} değerleri elde edilir.

$$C_{Ax} = 9.0 \times 10^5 \frac{\sum_{i=1}^n a_c + \sum_{j=1}^m a_{sx} + 0,15 \sum_{k=1}^p a_{wx}}{A} \quad (3.4)$$

$$C_{Ay} = 9.0 \times 10^5 \frac{\sum_{i=1}^n a_c + \sum_{j=1}^m a_{sy} + 0,15 \sum_{k=1}^p a_{wy}}{A} \quad (3.5)$$

$C_{A,min} = \min (C_{Ax}, C_{Ay})$ ve $C_{A,max} = \max (C_{Ax}, C_{Ay})$ olmak üzere;

$$C_A = \sqrt{(0.87C_{A,min})^2 + (0.5C_{A,max})^2} \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde geçen a_c , a_s ve a_w parametreleri sırasıyla kolon, perde ve dolgu duvarı etkili kesme alanlarını göstermektedir. A ise kat alanını temsil etmektedir.

$$C_{Ix} = 9.0 \times 10^5 \left(\frac{\sum_{i=1}^n I_{cx} + \sum_{j=1}^m I_{sx} + 0.15 \sum_{k=1}^p I_{wx}}{I_{px}} \right)^{0.4} \quad (3.7)$$

$$C_{Iy} = 9.0 \times 10^5 \left(\frac{\sum_{i=1}^n I_{cy} + \sum_{j=1}^m I_{sy} + 0.15 \sum_{k=1}^p I_{wy}}{I_{py}} \right)^{0.4} \quad (3.8)$$

$C_{I,min} = \min (C_{Ix}, C_{Iy})$ ve $C_{I,max} = \max (C_{Ix}, C_{Iy})$ olmak üzere;

$$C_I = \sqrt{(0.87C_{I,min})^2 + (0.5C_{I,max})^2} \quad (3.9)$$

Yukarıda verilen formüller ile rijitlik indeksleri hesaplanır. Burada I_c , I_s ve I_w sırasıyla kolon, perde ve dolgu duvarı atalet momentlerini göstermektedir. I_p ise kat atalet momentini temsil etmektedir.

3.2.3 Yükseklik Parametresi t_0

Yapı yüksekliği hem kat sayısını, hem de deprem yükü moment kolunu arttıracakı düşünüldüğünde önemli bir parametre olduğu ortaya çıkmaktadır. Yöntem yapı toplam yüksekliğini t_0 adlı bir parametre ile hesaba katmaktadır. Bu değer bina yüksekliğine bağlı ikinci derecede ampirik bir formül ile hesaplanmaktadır.

$$t_0 = 90 + 40H + 0.7H^2 \quad (3.10)$$

Burada H yapı toplam yüksekliğini gösterilmektedir.

3.2.4 Sonuç Puanın Hesabı

Yukarıda verilen tüm bu formüllerden elde edilen değerler sonuç puanın hesabı için kullanılacaktır. Sonuç bina performans puan aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P = [(C_{Ar} + C_{Ir}) / t_0] \prod_{i=1}^{25} f_i \quad (3.11)$$

Burada adı belirtilen C_{Ar} , C_{Ir} ve t_0 parametreleri yukarıda tariflenmektedir. f_i katsayıları ise bina yapısal karakteristiği ve zemin parametrelerinin hesaba katılmasını sağlayan 1 veya 1'den küçük 25 adet değerdir. Bu değerler aşağıda Tablo 3.1 de verilmektedir.

Tablo 3.1: Yapısal Karakteristik ile İlgili Düzeltme Katsayıları

Katsayı	Tanım	Az riskli	Yüksek Riskli
f_1	Burulma Düzensizliği	az: 0.98	çok: 0.96
f_2	Döşeme Süreksizliği	kısmen varsa: 0.98	daha geniş alandaysa: 0.96
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	bölgesel: 0.84-0.92	geniş alanda: 0.60-0.68-0.74
f_4	Kütle Düzensizliği	bölgesel: 0.99	geniş alanda: 0.98
f_5	Korozyon	bölgesel: 0.98	yaygın korozyon: 0.96
f_6	Kısa Kolon Bulunması	bölgesel: 0.96	her tarafta: 0.92
f_7	Ağır Cephe Elemanları	bölgesel: 0.98	yaygın: 0.96
f_8	Asma Kat Bulunması	kat alanının %25'inden az: 0.95	kat alanının %25'inden çok: 0.90
f_9	Çarpışma İhtimali	düşük risk: 0.90	yüksek risk: 0.80
f_{10}	Farklı Düzeyde Kat Döşemesi	bölgesel: 0.90	yaygın: 0.80
f_{11}	Beton Kalitesi	C10 ile C16 arasında: 0.90	C10 dan düşük: 0.80

Tablo 3.2: Zemin ve Temel Bilgileri ile İlgili Düzeltme Katsayıları

Katsayı	Tanım	Az riskli	Yüksek Riskli
f_{17}	Zemin Tipi	Z2, Z3, Z4 zemin tipi: 0.96	Z1 zemin tipi: 0.92
f_{18}	Zemin Oturma Olasılığı	düşük risk: 0.98	yüksek risk: 0.96
f_{19}	Sıvılaşma Olasılığı	düşük risk: 0.98	yüksek risk: 0.96
f_{20}	Heyelan Olasılığı	düşük risk: 0.98	yüksek risk: 0.96
f_{21}	Zemin Büyütme Olasılığı	düşük risk: 0.90	yüksek risk: 0.75
f_{22}	Topografik Etkiler	yamaçta: 0.90	tepe üstünde: 0.80
f_{23}	Temel Tipi	sürekli temel: 0.98	tekil temel (bağ kirişli-bağ kirişsiz) 0.96-0.94
f_{24}	Temel Derinliği	1.0-4.0 m arası: 0.98	1.0 m den az: 0.96
f_{25}	Yeraltı Su Derinliği	5.0-10.0 m arasında: 0.99	5.0 m den az: 0.98

Bu katsayıların yanı sıra basit hesaplar sonucu bulunabilen 5 adet katsayı daha vardır. Bu katsayıların tanımı hesap yöntemi aşağıda verilmektedir.

Zayıf ve/veya Yumuşak Kat Katsayı, f_{12} : Yapının deprem etkisindeki performansını büyük ölçüde etkileyen parametrelerden ikisi: yapıda kat bazında dayanım düzensizliği (*zayıf kat*) veya rijitlik düzensizliği (*yumuşak kat*) bulunması ile ilgilidir. Zayıf kat ABYYHY'97 de herhangi bir kattaki etkili kesme alanın, bir üst kattaki etkili kesme alanının 0.80'inden küçük olması durumu olarak tariflenmektedir. Yumuşak kat ise i'inci kattaki ortalama görelî kat ötelemelerinin bir üst kattaki ortalama görelî kat ötelemelerine oranının 1.5'ten büyük olması durumudur.

Yöntemde yapıda zayıf kat bulunması durumu aşağıdaki formül ile hesaba katılmaktadır.

$$f_{12} = \left[\alpha_a r_f (h_{i+1} / h_i)^3 \right]^{p.15} \leq 1.00 \quad (3.12)$$

α_a ve r_f değerleri sırası ile etkili kesme alanı ve eğilme rijitlik parametreleridir. Aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir.

$$r_a = \left(\sum A_{ef} \right)_i / \left(\sum A_{ef} \right)_{i+1} \leq 1.00 \quad (3.13)$$

$$r_f = \left(\sum I_{ef} \right)_i / \left(\sum I_{ef} \right)_{i+1} \leq 1.00 \quad (3.14)$$

$$\alpha_a = 1 + 0.4(r_a - 1) \quad (3.15)$$

Yumuşak kat durumunun yöneme dahil edilebilmesi için görelî kat ötelemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak görelî kat ötelemelerinin bulunması ayrıntılı analizler yapılması gerekmektedir ki, bu yöntemin genel ilkesi olan basit yaklaşıma ters düşmektedir. Bunun yerine ortalama görelî kat ötelemesi değeri tamamen eleman rijitlikleri ile ilgili olduğundan, eleman rijitlikleri ile yöneme dahil edilmeye çalışılmıştır. Eleman eğilme rijitlikleri, etki kesme alanına 0.4 katsayısı ile çarpılarak çevrilmiştir. Bunun nedeni elastisite modülünün yaklaşık olarak kayma modülünün 0.4 katı olmasıdır.

Zayıf Kolon Bulunması ile İlgili Katsayı, f_{13} : Sünek tasarımın bir şartı da kolonların kirişlerden güçlü olması ve plastik mafsalların kolonlar yerine kirişlerde oluşmasıdır. Bu yöntemde kolonlar ve bunlara bağlı kirişlerin atalet momentlerine bakılarak bu koşul yöneme aktarılmaya çalışılmıştır. Bunun için yapıda en çok bulunan kolon boyutu ile en çok bulunan kiriş boyutu aşağıdaki formül ile kıyaslanmaktadır.

$$f_{13} = \left[(I_x + I_y) / 2I_b \right]^{0.15} \leq 1.00 \quad (3.16)$$

Etriye Aralığı ile İlgili Katsayı, f_{14} : Yöntemde yapı etriye aralığı bir katsayı ile hesaba katılmıştır. Bu katsayı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$f_{14} = (10/s)^{0.25} \geq 0.60 \quad (3.17)$$

Bina Önem Katsayısı ile İlgili Katsayı, f_{15} : Yapı kullanım amacına göre ABYYHY'97 de tariflenen “Bina Önem Katsayısı” yöntemde hesaplara doğrudan girmektedir.

$$f_{15} = I^{-1} \quad (3.18)$$

Deprem Yüğü Talep Katsayısı, f_{16} : ABYYHY'97 de tariflenen “Etkin Yer İvmesi” binanın bulunduğu deprem bölgesini tanımlanmaktadır. P25 yönteminde bu değeri f_{16} katsayısı ile hesaplara dahil edilmiştir.

$$f_{16} = (0.4 / A_0) \quad (3.19)$$

Tüm bu katsayılar tespit edildikten sonra sonuç bina puanı “P” elde edilmiş olur. Ancak puanın kıyaslaması neye göre yapılmalıdır? Yani yapı puanı hangi sınır değerler için “güvenli” veya “güvensiz” denebilir. İşte bu sınır değerler, çeşitli depremlerde hasar almamış, orta hasarlı veya toptan göçmüş 26 bina üzerinde daha önce yapılan incelemeler sonucu belirlenmiştir. Yöntemin bu hali için sınır değerler şöyle verilmektedir,[3].

$P < 15$ için: Bina yüksek risk bölgesindedir. Acilen yıkılması veya güçlendirilmesi gerekmektedir.

$15 \leq P < 40$ için: Bina hakkında kesin bir tespit yapılamamıştır. Daha detaylı inceleme yapılması gerekmektedir.

$40 \leq P$ için: Bina düşük risk bölgesindedir. Bu bölgeye düşen binalar için diğer iki bölgeye nazaran daha az hasar alacağı düşünülmektedir. Yapının can kaybına sebep olma ihtimali çok düşüktür.

3.3 P25 Metodunun Güncel Versiyonu (P25 V2)

Yukarıda da açıklandığı gibi P25 geliştirilmekte olan bir yöntemdir. Bu tez çalışması süresince de geliştirilmiş ve ileride açıklanacak bu en güncel haline kavuşmuştur. P25 Yönteminin bu yeni şeklinde de, önceki versiyonundan benzer şekilde, 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 puanına ulaşılmaktadır. Bu noktadan sonra yöntem farklılık göstermektedir. Binanın değişik göçme modlarını da göz önüne 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 kapsamlı inceleme yapılarak gerekirse yıkılması veya güçlendirilmesi önerilmektedir.

3.3.1 P25 V2 Yönteminin Esasları

P25 yönteminin geliştirilmiş hali olan hızlı değerlendirme yönteminde binanın P-sonuç puanını hesaplayabilmek için öncelikle söz konusu 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 β -çarpanı bulunur.

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

Önceki versiyonda da olduğu gibi yöntem, kritik katın seçilmesi ve bir kartezyen eksenine oturtulması ile başlamaktadır. Sonrasında en kesit alan ve atalet momenti endeksleri hesaplanır. Bu değerler biraz değişiklik göstermekle beraber esas olarak önceki yöntem ile benzerdir. Bu değerler aşağıda verilen formüller ile hesaplanmaktadır,[16].

$$C_{Ax} = 2(10^5) A_{ef,x} / A_e \quad (3.20)$$

$$C_{Ay} = 2(10^5) A_{ef,y} / A_e \quad (3.21)$$

$$A_{ef,x} = A_c + A_{sx} + (E_m/E_c)A_{wx} \quad (3.22)$$

$$A_{ef,y} = A_c + A_{sy} + (E_m/E_c)A_{wy}$$

Bu alan endekslerinin küçüğüne ‘minimum’, büyüğüne ‘maksimum’ bileşen gözü ile bakılarak C_A – Alan Endeksi Bileşkesi için ağırlıklı bir ortalama endeks hesaplanır:

$$\begin{aligned} C_{A,min} &= \min (C_{Ax}, C_{Ay}) \\ C_{A,max} &= \max (C_{Ax}, C_{Ay}) \end{aligned} \quad (3.23)$$

$$C_A = \sqrt{(0.87C_{A,min})^2 + (0.50C_{A,max})^2} \quad (3.24)$$

Her iki yöndeki biraz değişiklik göstermekle beraber, atalet momenti endeksleri ve bunların bileşkeleri olan C_I –Atalet Momenti Endeksi Bileşkesi aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_{Ix} = 2(10^5)(I_{ef,x}/I_x)^{0.2} \quad (3.25)$$

$$C_{Iy} = 2(10^5)(I_{ef,y}/I_y)^{0.2} \quad (3.26)$$

$$\left. \begin{aligned} I_{ef,x} &= I_{cx} + I_{sx} + (E_m/E_c) I_{wx} \\ I_{ef,y} &= I_{cy} + I_{sy} + (E_m/E_c) I_{wy} \end{aligned} \right\} \quad (3.27)$$

$$\left. \begin{aligned} C_{I,min} &= \min(C_{Ix}, C_{Iy}) \\ C_{I,max} &= \max(C_{Ix}, C_{Iy}) \end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

$$C_I = \sqrt{(0.87C_{I,min})^2 + (0.50C_{I,max})^2} \quad (3.29)$$

C_A ve C_I alan ve atalet momenti endekslerinin bileşkeleri, depremin binanın zayıf yönüne 30° açı ile geldiği yaklaşımla dayanılarak hesaplanmaktadır.

Binanın taşıyıcı sistem özelliklerini yansıtan P_0 – puanı aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$P_0 = (C_A + C_I)/h_0 \quad (3.30)$$

Burada h_0 bina yüksekliği ile ilgili bir düzeltme çarpanıdır. h_0 – çarpanı, H =bina toplam yüksekliğine bağlı olarak Denklem (3.31) ‘de verilmiştir:

$$h_0 = -0.6 H^2 + 39.6 H - 13.4 \quad (3.31)$$

Bu formül 3m yükseklikte tek katlı bir binada $h_0 = 100$ değerini, 15m yükseklikte 5 katlı bir binada $h_0 = 446$ ve 30m yükseklikte 10 katlı bir binada $h_0 = 635$ değerini vermektedir.

Tablo 3.3’de P25 V2 yönteminde P_0 puanını hesabında kullanılan parametreler verilmektedir;

Tablo 3.3: Yapısal Düzensizlik Katsayıları (f_i)

Katsayı	Tanım	Risk Seviyesi		
		Yüksek	Az	Yok
f_1	Burulma Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
f_2	Düşeme Süreksizliği	0.90	0.95	1.00
f_3	Düşey Doğrultuda Süreksizlik	0.67	0.88	1.00
f_4	Kütle Düzensizliği	0.90	0.95	1.00
f_5	Korozyon Mevcudiyeti	0.90	0.95	1.00
f_6	Ağır Cephe Elemanları	0.90	0.95	1.00
f_7	Asma Kat Mevcudiyeti (γ =Asma kat / Kat alanı)	0.90 $\gamma \geq 0.25$	0.95 $0 < \gamma < 0.25$	1.00 $\gamma = 0$
f_8	Katlarda Seviye Farkı veya Kısmi Bodrum	0.80	0.90	1.00
f_9	Beton Kalitesi	$f_9 = (f_c / 20)^{0.5}$		
f_{10}	Zayıf Kolon-Kuvvetli Kiriş	$f_{10} = [(I_x + I_y) / 2 I_b]^{0.15} \leq 1.0$		
f_{11}	Etriye Sıklığı	$f_{11} = 0.60 \leq (10 / s)^{0.25} \leq 1.0$		
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)

Sonrasında aşağıdaki formülle Temel Yapısal Puan hesaplanır:

$$P_I = P_0 \left(\prod_{i=1}^{14} f_i \right) \quad (3.32)$$

Bu aşamadan sonra yöntem geçmiş versiyonlarına göre farklılık göstermektedir. Yukarıda tariflenen Temel Yapısal Puanın yanı sıra 6 ayrı puan daha hesaplamak gerekmektedir. Bu puanlar sırası ile aşağıda verilmiştir:

P_2 – Kısa Kolon Puanı: Binada kısa kolon bulunma oranı ve kolon serbest boyunun kat yüksekliğine oranı bilgilerine dayanılarak hesaplanan P_2 – Kısa Kolon Puanının puanlama sistemi Tablo 3.4’de sunulmuştur.

Tablo 3.4: P_2 – Kısa Kolon Puanlama Matrisi

<i>Kısa Kolonların Bulunma Oranı</i>	<i>Kısa Kolon boyu / Kat Yüksekliği</i>			
	<i>(0.75-1.00)h</i>	<i>(0.40-0.75)h</i>	<i>(0.15-0.40)h</i>	<i>(0.00-0.15)h</i>
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

P_3 – ‘Yumuşak Kat’ ve ‘Zayıf Kat’ Puanı: Daha önceki ilk versiyona benzer şekilde kritik katın rijitlik veya dayanım düzensizliğini ifade eden P_3 – ‘Yumuşak’ kat ve ‘Zayıf’ kat Puanı

$$P_3 = 100 [r_a r_r (h_{i+i} / h_i)^3]^{0.60} \quad (3.33)$$

denklemini ile ifade edilmektedir. Burada h_i ve h_{i+1} kritik kat ve bir üst katın yüksekliklerini göstermekte olup, kritik katın göreceli yatay yerdeğiştirmesini temsilen eklenmiştir. Parantezin 0.60 ıncı kuvvetini almak suretiyle P_3 –puanı 0 ila 100 arasında değişen mantıksal bir değere oturmaktadır.

Denklem (3.34) ve (3.35) ifadeleriyle verilen r_a ve r_r kritik kat ve bir üstündeki katın kolon, perde ve dolgu duvarlarının efektif alan ve efektif atalet momenti cinsinden birbirlerine oranlarını göstermektedir. r_a ve r_r değerleri x ve y yönleri için ayrı ayrı bulunur ve ortalamaları alınır. Burada A_{ef} ve I_{ef} değerleri Denklem (3.22) ve (3.27) yardımı ile bulunabilir.

$$r_a = (A_{ef,i} / A_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (3.34)$$

$$r_r = (I_{ef,i} / I_{ef,i+1}) \leq 1 \quad (3.35)$$

P_4 – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı: Yapılan çalışmada çıkmaların ve çerçeve düzensizliğin binalarda % 4 ila % 54 arasında dayanım kaybına sebebiyet verdiği saptanmıştır, [17]. Binadaki çıkmalar ve bu nedenle oluşturulan çerçeve süreksizliği puanı, P_4 , Tablo 3.5’den alınmaktadır.

Tablo 3.5: P_4 – Çıkmalar ve Çerçeve Süreksizliği Puanı

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

P_5 – Çarpışma Puanı: Bitişik nizam iki binanın çarpışma riskini temsil eden P_5 – Çarpışma Puanı Tablo 3.6. ‘dan alınabilir. Yapılan çalışmalarda, özellikle bitişik bina dizisinin en sonundaki binanın çok riskli olduğu saptanmıştır. 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, [18]. Bitişik iki binanın plandaki ağırlık merkezlerini birleştiren çizgi, iki binanın çarpışacağı ortak çizginin ortasından geçiyorsa, buna ‘merkezi’ çarpışma, geçmiyorsa ‘dış merkezli ‘ çarpışma denir.

Tablo 3.6: P_5 – Çarpışma Puanı Matrisi

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

P_6 – Sıvılaşma Potansiyeli Puanı: Sıvılaşma potansiyeli puanları yeraltı su seviyesine (YASS) göre Tablo 3.7’de verilmiştir. Sıvılaşma potansiyeli çeşitli zemin parametrelerine bağlı olarak ‘az’, ‘orta’ ve ‘yüksek’ olarak tayin edilmelidir.

Tablo 3.7: P_6 – Sıvılaşma Potansiyeli Puanları

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

P_7 – Toprak Hareketleri Puanı: Çeşitli toprak hareketleri için puanlama matrisi Tablo 3.8’de verilmiştir. Bu tabloya girebilmek için, her şeyden önce zemin parametrelerinin tayin edilmesi ve bu parametrelerin ışığında

- a) büyük oturmalar
- b) yanal dağılma,
- c) heyelan
- d) istinat duvarı göçmesi

gibi 4 ayrı cins zemin hareketinden herhangi birinin olup olamayacağı saptanmalıdır. Herhangi bir toprak hareketi ihtimali saptanmışsa yeraltı su seviyesine (YASS) göre, Tablo 3.8 ‘den uygun P_7 – puanı seçilir.

Tablo 3.8: P_7 –Toprak Hareketleri Puanı

Zemin Sınıfı	YASS (m)	P_7 - Puanı
Z_1, Z_2	–	100
Z_3	YASS $\leq$ 5.0	25
	YASS > 5.0	35
Z_4	YASS $\leq$ 5.0	10
	YASS > 5.0	20

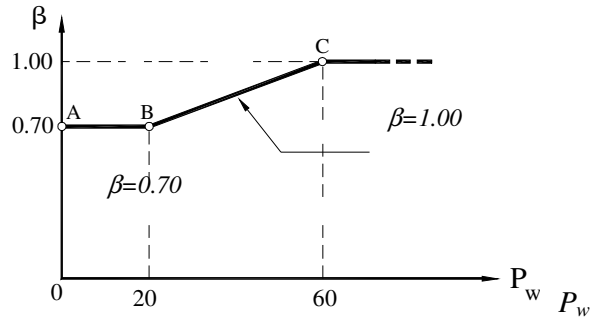
α – Düzeltme Çarpanı: P_i puanları arasından seçilen $P_{\min}$ minimum puanının α – çarpanı ile düzeltilmesi gerekmektedir. α – çarpanı; bina önem katsayısı I , deprem bölgesine göre tayin edilen efektif ivme katsayısı A_0 , hareketli yük çarpanı n ve topoğrafik konum katsayısı t gözönüne alınarak Denklem (3.36) yardımı ile hesaplanır;

$$\alpha = (I / I_0)(1.4 - A_0) [1/(0.4n+0.88)] t \quad (3.36)$$

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.

β – Düzeltme Çarpanı: Binanın sonuç performans puanı daha önce hesaplanan 7 adet P_i puanın 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 3.9.'da verilen ağırlık puanları ile çarpılarak Denklem (3.37) yardımı ile ağırlıklı ortalama puanı P_w saptanır. Ağırlıklı ortalama puanı P_w kullanılarak Şekil 3.2. yardımı ile bir β – Düzeltme çarpanı elde edilir.

$$P_w = \sum (w_i P_i) / \sum w_i \quad (3.37)$$



Şekil 3.2: β Katsayısının Değişimi

Tablo3.9: Çeşitli Puanlar İçin Ağırlık Oranları

Ağırlık Puanı	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	$P_{\min}$
w	4	1	3	2	1	3	2	4

P - Sonuç Puanı: Yukarıda hesaplanan α ve β – çarpanları yardımı ile binanın performansını belirleyen P sonuç puanı Denklem (3.38) ile verilmektedir:

$$P = \alpha \beta P_{min} \quad (3.38)$$

Burada P_{min} birbirinden bağımsız olarak hesaplanan ve yukarda ayrıntıları ile açıklanan 7 adet P_i değerlendirme puanı arasından en küçüğüdür. Elde edilen puan göçme limiti olarak saptanan 30 puan ile değerlendirilmektedir, [16]. Diğer bir deyişle, 30 puanın altındaki binalar risk bölgesinde olup, ayrıntılı incelemeye tabii tutulmalıdır.

4. DBYBHY'07 YÖNETMELİĞİNDE ÖNERİLEN DEPREM PERFORMANSI DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Çalışmanın bu bölümünde DBYBHY'07 tarafından önerilen deprem performansı değerlendirme yöntemleri açıklanmaya çalışılacaktır. Önerilen yöntemler “Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemleri” ve “Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri” olarak ikiye ayrılmaktadır. Her iki yöntem içinde kapsam ve hesaplarda kullanılacak bazı tanımlar ortak olarak verilmektedir. Bu aşamada öncelikle kapsam ve tanımlar hakkında bilgi verilecek, daha sonra her iki yöntem açıklanacaktır. Bölümün sonunda çalışmada kullanılan “Doğrusal Elastik Değerlendirme Yöntemleri” için hesapta izlenen yol tariflenmektedir.

4.1 Mevcut yapıların değerlendirilmesi

4.1.1 Kapsam ve tanımlar

Ülkemizde özellikle son yıllarda yaşanan büyük depremler sonrası, mevcut yapıların deprem güvenliğinin tespiti çok önem kazanmıştır. Ancak bugüne kadar gerçekleştirilen incelemeler bir düzen dahilinde yapılmamıştır. İşte bu eksikliğin doldurulması amacı ile ülkemizde ilk defa bu yönetmelikte betonarme, çelik ve yığma yapı türleri için; “mevcut yapıların değerlendirilmesi” izah edilmekte ve uygulamaya yönelik yöntemler sunulmaktadır. Ayrıca değerlendirme sonucu yetersiz görülen yapılar için güçlendirme yöntemleri ile ilgili açıklamalar da verilmiştir.

Bu kapsam dâhilinde bazı tanımlar yapılmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesinde uygulamaya yönelik pek çok belirsizlik bulunacağı düşünülürse bu tip tanımlar yapmak kaçınılmazdır. Mevcut bir yapının değerlendirilebilmesi için öncelikle yapı hakkında temin edilebilecek ne kadar veri varsa toplanmalıdır. Toplanması gereken bilgiler şu şekildedir:

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin hesaplanmasında ve deprem dayanımlarının değerlendirilmesinde kullanılacak eleman detayları ve boyutları, taşıyıcı sistem geometrisine ve malzeme özelliklerine ilişkin bilgiler, binaların projelerinden ve raporlarından, binada yapılacak gözlem ve ölçümlerden, binadan alınacak malzeme örneklerine uygulanacak deneylerden elde edilecektir.

Binalardan bilgi toplanması kapsamında yapılacak işlemler, yapısal sistemin tanımlanması, bina geometrisinin, temel sisteminin ve zemin özelliklerinin belirlenmesi, varsa mevcut hasarın ve evvelce yapılmış olan değişiklik ve/veya onarımların belirlenmesi, eleman boyutlarının ölçülmesi, malzeme özelliklerinin saptanması, sahada derlenen tüm bu bilgilerin binanın varsa projesine uygunluğunun kontrolüdür, [19].

Ancak her yapı için tüm bu bilgilere ulaşmak mümkün olmayabilir. Kullanım süresi içinde deprem ve benzeri dış etkilere ve değişikliklere maruz kalması muhtemel olan mevcut yapıların taşıyıcı sistemindeki belirsizlikleri yeni yapılacak binalara oranla daha fazladır. Tüm bu belirsizlikler, yapıdan derlenen verilerin kapsamına göre tanımlanan *bilgi düzeyi katsayıları* ile hesap yöntemlerine yansıtılmaktadır, [19].

4.1.2 Bilgi Düzeyleri

Binaların incelenmesinden elde edilecek mevcut durum bilgilerinin kapsamına göre her bina türü için bilgi düzeyi ve buna bağlı olarak DBYBHY'07 7.1.6'da belirtilen bilgi düzeyi katsayıları tanımlanmaktadır. Bilgi düzeyleri sırasıyla *sınırlı*, *orta* ve *kapsamlı* olarak sınıflandırılacaktır. Elde edilen bilgi düzeyleri taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Sınırlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değildir. Taşıyıcı sistem özellikleri binada yapılacak ölçümlerle belirlenir.

Orta bilgi düzeyi'nde eğer binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcut değilse, sınırlı bilgi düzeyine göre daha fazla ölçüm yapılır. Eğer proje mevcut ise sınırlı bilgi düzeyinde belirtilen ölçümler yapılarak proje bilgileri doğrulanır.

Kapsamlı bilgi düzeyi'nde binanın taşıyıcı sistem projeleri mevcuttur. Proje bilgilerinin doğrulanması amacıyla yeterli düzeyde ölçümler yapılır.

4.1.2.1 Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem plan rölevesi çıkarılacaktır. Mimari projeler mevcut ise, röleve çalışmalarına yardımcı olarak kullanılır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, eksen açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir ve binanın hesap modelinin oluşturulması için yeterli olmalıdır. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya uygulama çizimleri mevcut değildir. Betonarme elemanlardaki donatı miktarı ve detaylarının binanın yapıldığı tarihteki minimum donatı koşullarını sağladığı varsayılır. Bu varsayımın doğrulanması veya hangi oranda gerçekleştiğinin belirlenmesi için her katta en az birer adet olmak üzere kolonların her birinden %10 ve kirişlerin her birinden %5 oranında elemanın pas payları sıyrılarak donatı ve donatı bindirme boyu tespiti yapılacaktır. Sıyırma işlemi kolonların ve kirişlerin uzunluğunun açıklık ortasındaki üçte birlik bölümde yapılmalı, ancak donatı bindirme boyunun tespiti amacıyla en az üç kolonda bindirme bölgelerinde yapılmalıdır. Sıyrılan yüzeyler daha sonra yüksek dayanımlı tamir harcı ile kapatılacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Donatı tespiti yapılan betonarme kolon ve kirişlerde bulunan mevcut donatının minimum donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her katta kolonlardan veya perdelerden TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde en az iki adet beton örneği (karot) alınarak deney yapılacak ve örneklerden elde edilen en düşük basınç dayanımı *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

4.1.2.2 Betonarme Binalarda Orta Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcut ise, binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projesine uygunluğu kontrol edilir. Proje yoksa saha çalışması ile binanın taşıyıcı sistem rölevesi çıkarılacaktır. Elde edilen bilgiler tüm betonarme elemanların ve bölme duvarların her kattaki yerini, açıklıklarını, yüksekliklerini ve boyutlarını içermelidir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Binanın komşu binalarla olan ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut değil ise DBYBHY'07 7.2.4.2'deki koşullar geçerlidir, ancak donatı kontrolü yapılacak kolon ve kirişlerin sayısı her katta en az ikişer adet olmak üzere o kattaki toplam kolon sayısının %20'sinden ve kiriş sayısının %10'undan az olmayacaktır. Betonarme projeler veya imalat çizimleri mevcut ise donatı kontrolü için DBYBHY'07 7.2.4.2'de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 400 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan görsel

inceleme ile tespit edilecek, bu sınıftaki çeliğin karakteristik dayanımı eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

4.1.2.3 Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcuttur. Binada yapılacak ölçümlerle mevcut geometrinin projelere uygunluğu kontrol edilir. Projeler ölçümler ile önemli farklılıklar gösteriyor ise proje yok sayılır ve bina orta bilgi düzeyine uygun olarak incelenir. Binadaki kısa kolonlar ve benzeri olumsuzluklar kat planına ve kesitlere işlenecektir. Komşu binalarla ilişkisi (ayrık, bitişik, derz var/yok) belirlenecektir. Bina geometrisi bilgileri, bina kütlesinin hassas biçimde tanımlanması için gerekli ayrıntıları içermelidir. Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.

Eleman Detayları: Binanın betonarme detay projeleri mevcuttur. Donatının projeye uygunluğunun kontrolü için DBYBHY'07 **7.2.5.2'**de belirtilen işlemler, aynı miktardaki betonarme elemanda uygulanacaktır. Ayrıca pas payı sıyrılmayan elemanların %20'sinde enine ve boyuna donatı sayısı ve yerleşimi donatı tespit cihazları ile belirlenecektir. Proje ile uygulama arasında uyumsuzluk bulunması halinde, betonarme elemanlardaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranını ifade eden *donatı gerçekleşme katsayısı* kolonlar ve kirişler için ayrı ayrı belirlenecektir. Eleman kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan bu katsayı 1'den büyük olamaz. Bu katsayı donatı tespiti yapılmayan diğer tüm elemanlara uygulanarak donatı miktarları belirlenecektir.

Malzeme Özellikleri: Her kattaki kolonlardan veya perdelerden toplam üç adetten az olmamak üzere ve binada toplam 9 adetten az olmamak üzere, her 200 m²'den bir adet beton örneği (karot) TS-10465'de belirtilen koşullara uygun şekilde alınarak deney yapılacaktır. Elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında, örneklerden elde edilen (ortalama-standart sapma) değerleri *mevcut beton dayanımı* olarak alınacaktır. Beton dayanımının binadaki dağılımı, karot deney sonuçları ile uyarlanmış beton çekici okumaları veya benzeri hasarsız inceleme araçları ile kontrol edilebilir. Donatı sınıfı, yukarıdaki paragrafta açıklandığı şekilde sıyrılan yüzeylerde yapılan inceleme

ile tespit edilecek, her sınıftaki çelik için (S220, S420, vb.) birer adet örnek alınarak deney yapılacak, çeliğin akma ve kopma dayanımları ve şekildeğiştirme özellikleri belirlenerek projeye uygunluğu saptanacaktır. Projesine uygun ise, eleman kapasite hesaplarında projede kullanılan çeliğin karakteristik akma dayanımı *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Uygun değil ise, en az üç adet örnek daha alınarak deney yapılacak, elde edilen en elverişsiz değerler eleman kapasite hesaplarında *mevcut çelik dayanımı* olarak alınacaktır. Bu incelemede, donatısında korozyon gözlenen elemanlar planda işaretlenecek ve bu durum eleman kapasite hesaplarında dikkate alınacaktır.

Bu tanımlara uygun mevcut yapı bilgi düzeyine göre “Bilgi Düzeyi Katsayıları” elde edilir ve malzeme dayanımları bu katsayılar ile çarpılarak mevcut malzeme dayanımı saptanmış olur. “Bilgi Düzeyi Katsayıları” Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Bilgi Düzey Katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Orta	0.90
Kapsamlı	1.00

4.1.3 Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

Yönetmelikte verilen bir başka tarifte yapı elemanlarında hasar sınırları ve bölgeleridir. Yöntemin uygulandığı yapı, elemanlarının hangi hasar bölgesinde olduklarına bakılarak değerlendirilmektedir. Bu hasar bölge ve sınırları şu şekilde tariflenmektedir.

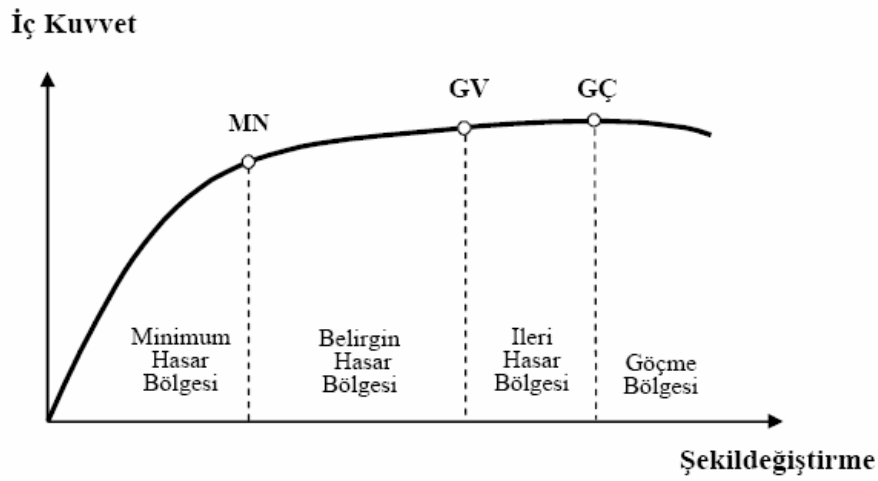
4.1.3.1 Kesit Hasar Sınırları

Sünek elemanlar için kesit düzeyinde üç sınır durum tanımlanmıştır. Bunlar *Minimum Hasar Sınırı* (MN), *Güvenlik Sınırı* (GV) ve *Göçme Sınırı* (GÇ)’dır. Minimum hasar sınırı kritik kesitte elastik ötesi davranışın başlangıcını, güvenlik

sınırı kesitin dayanımını güvenli olarak sağlayabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, göçme sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır. Gevrek elemanlar için elastik ötesi davranışın oluşmasına izin verilmez.

4.1.3.2 Kesit Hasar Bölgeleri

Kritik kesitleri MN' ye ulaşmayan elemanlar *Minimum Hasar Bölgesi*'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar *Belirgin Hasar Bölgesi*'nde, GV ve GÇ arasında kalan elemanlar *İleri Hasar Bölgesi*'nde, GÇ' yi aşan elemanlar ise *Göçme Bölgesi*'nde kabul edilecektir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Kesit Hasar Sınırları

DBYBHY'07 7.5 ve 7.6. da tanımlanan yöntemlerle hesaplanan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin, Şekil 4.1 de tanımlanan sınır değerler ile karşılaştırılması sonucunda kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilecektir.

4.1.4 Yapı Deprem Performansının Belirlenmesi

Binaların deprem performansı, uygulanan deprem etkisi altında binada oluşması beklenen hasarların durumu ile ilişkilidir ve dört farklı hasar durumu esas alınarak tanımlanmıştır. Bu hasar durumları aşağıda tanımlanmaktadır.

I- HK: Hemen Kullanım Performans durumu: Kirişlerin maks. % 10 u belirgin hasar durumuna geçebilir (>MN). Diğer taşıyıcıların tamamı minimum hasar bölgesinde

olmalı. (Gevrek hasar durumunda olan elemanların hemen güçlendirilmesi koşulu ile)

II- CG: Can Güvenliği Performans durumu: Her bir deprem doğrultusu için herhangi bir katta kirişlerin maks. % 30 u ileri hasar durumuna geçebilir (>GV). İleri hasar bölgesinde olan kolonların kattaki taşıyan kesme kuvvetlerine katkısı %20 yi aşamaz.(En üst katta %40) Yapının diğer taşıyıcılarının tümü MN ve/veya GV bölgesinde olabilir.

Ayrıca herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin her ikisinde birden >MN (belirgin hasar bölgesinde bulunan) kolonlar tarafından taşıyan kesme kuvvetlerinin o kattaki kat kesme kuvvetine oranı % 30 u aşmamalıdır. Not: Kolonun alt ve üst düğüm noktalarında kapasite koşulu (DBYBHY'07 Denklem 3.3)ün sağlandığı kolonlar için bu hesabı yapmaya gerek yoktur.

III- GÖ: Göçme Öncesi Performans durumu: Herhangi bir katta bir doğrultuda gelen depremde kirişlerin en fazla %20 si göçme bölgesine geçebilir (>GÇ). Yapının diğer taşıyıcılarının tümü minimum, belirgin ve/veya ileri hasar bölgesinde olabilir.

Ancak herhangi bir katta alt ve üst kesitlerinin her ikisinde birden >MN (belirgin hasar bölgesinde bulunan) kolonlar tarafından taşıyan kesme kuvvetlerinin o kattaki kat kesme kuvvetine oranı % 30 u aşmamalıdır. Not: Kolonun alt ve üst düğüm noktalarında kapasite koşulu (DBYBHY'07 Denklem 3.3)ün sağlandığı kolonlar için bu hesabı yapmaya gerek yoktur.

Gevrek hasar gören tüm elemanlar göçme bölgesindedir. Bu elemanların hemen güçlendirilmesi gerekir. Yapının kullanımı can güvenli bakımından sakıncalıdır.

IV- Göçme Durumu: Yapı GÖ durumunu sağlamıyorsa göçme durumundadır ve yapı can güvenli bakımından sakıncalıdır.

Belirlenen bu hasar durumları yapı kullanım amacına göre değişiklik gösteren performans hedef değerleri ile karşılaştırılarak yapının deprem güvenliği belirlenir. Yapı performans hedefleri için yönetmelikte 3 ayrı deprem durumu tanımlanmaktadır. Bu deprem durumları:

- (a) 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem (yeni yapılacak yapılar için önerilen tasarım depremi)

- (b) 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan deprem (tasarım depreminin yaklaşık yarısı)
- (c) 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem (tasarım depreminin yaklaşık 1.5 katı)

Bu deprem durumları ve yapı kullanım amaçları göz önüne alınarak yapıların sağlaması gereken minimum hasar sınırları aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Tablo 4.2: Yapı Performans Hedefleri

<i>Binanın Kullanım Amacı ve Türü</i>	<i>Deprem Aşılma Olasılığı</i>		
	<i>50 yılda %50</i>	<i>50 yılda %10</i>	<i>50 yılda %2</i>
Deprem Sonrası Kullanımı Gereken Binalar Hastaneler, sağlık tesisleri, itfaiye binaları, haberleşme ve enerji tesisleri, ulaşım istasyonları, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, afet yönetim merkezleri, vb	–	HK	CG
İnsanların Uzun Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar Okullar, yatakhaneler, yurtlar, pansiyonlar, askeri kışlalar, cezaevleri, müzeler, vb	–	HK	CG
İnsanların Kısa Süreli ve Yoğun Olarak Bulunduğu Binalar Sinema, tiyatro, konser salonları, kültür merkezleri, spor tesisleri	HK	CG	–
Tehlikeli Madde İçeren Binalar: Toksik, parlayıcı ve patlayıcı özellikleri olan maddelerin bulunduğu ve depolandığı binalar	–	HK	GÖ
Diğer Binalar: Yukarıdaki tanımlara girmeyen diğer binalar (konutlar, işyerleri, oteller, turistik tesisler, endüstri yapıları, vb.)	–	CG	–

4.1.5 Deprem Hesabına İlişkin Genel İlke ve Kurallar

Bu bölümde her iki yöntem içinde geçerli ilke ve kurallar yönetmelikçe tanımlandığı şekilde maddeler halinde verilecektir:

1) Deprem etkisinin tanımında, DBYBHY'07 **2.4**'de verilen elastik (azaltılmamış) ivme spektrumu kullanılacak, ancak farklı aşılma olasılıkları için bu spektrum üzerinde DBYBHY'07 **7.8**'e göre yapılan değişiklikler göz önüne alınacaktır. Deprem hesabında DBYBHY'07 **2.4.2**'de tanımlanan bina önem katsayısı uygulanmayacaktır ($I=1.0$).

2) Binaların deprem performansı, yapıya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkilerinin birleşik etkileri altında değerlendirilecektir. Hareketli düşey yükler, DBYBHY'07 **7.4.7**'ye göre deprem hesabında göz önüne alınan kütleler ile uyumlu olacak şekilde tanımlanacaktır.

Deprem kuvvetleri binaya her iki doğrultuda ve her iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir.

3) Deprem hesabında kullanılacak zemin özellikleri DBYBHY'07 Bölüm 6'ya göre belirlenecektir.

4) Binanın taşıyıcı sistem modeli, deprem etkileri ile düşey yüklerin ortak etkileri altında yapı elemanlarında oluşacak iç kuvvet, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirmeleri hesaplamak için yeterli doğrulukta hazırlanacaktır.

Deprem hesabında göz önüne alınacak kat ağırlıkları DBYBHY'07 2.7.1.2'ye göre hesaplanacak, kat kütleleri kat ağırlıkları ile uyumlu olarak tanımlanacaktır.

5) Döşemelerin yatay düzlemde rijit diyafram olarak çalıştığı binalarda, her katta iki yatay yerdeğiştirme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınacaktır. Kat serbestlik dereceleri her katın kütle merkezinde tanımlanacak, ayrıca ek dışmerkezlik uygulanmayacaktır.

6) Mevcut binaların taşıyıcı sistemlerindeki belirsizlikler, binadan derlenen verilerin kapsamına göre DBYBHY'07 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyi katsayıları aracılığı ile hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.

7) DBYBHY'07 3.3.8'e göre kısa kolon durumuna düşürülmüş olan kolonlar, taşıyıcı sistem modelinde gerçek serbest boyları ile tanımlanacaktır.

8) Bir veya iki eksenli eğilme ve eksenel kuvvet etkisindeki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramlarının tanımlanmasına ilişkin koşullar aşağıda verilmiştir:

(a) Analizde beton ve donatı çeliğinin DBYBHY'07 7.2'de tanımlanan bilgi düzeyine göre belirlenen mevcut dayanımları esas alınacaktır.

(b) Betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirmesi 0.003, donatı çeliğinin maksimum birim şekildeğiştirmesi ise 0.01 alınabilir.

(c) Etkileşim diyagramları uygun biçimde doğrusallaştırılarak çok doğrulu veya çok düzlemli diyagramlar olarak modellenebilir.

9) Betonarme sistemlerin eleman boyutlarının tanımında birleşim bölgeleri sonsuz rijit uç bölgeleri olarak göz önüne alınacaktır.

10) Eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri $(EI)_e$ kullanılacaktır. Daha kesin bir hesap yapılmadıkça, etkin eğilme rijitlikleri için aşağıda verilen değerler kullanılacaktır:

(a) Kirişlerde: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

(b) Kolon ve perdelerde,

$N_D / (A_c f_{cm}) < 0.10$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.40 (EI)_o$

$N_D / (A_c f_{cm}) > 0.40$ olması durumunda: $(EI)_e = 0.80 (EI)_o$

Eksenel basınç kuvveti N_D 'nin ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılabilir. N_D , deprem hesabında esas alınan toplam kütlelerle uyumlu yüklerin göz önüne alındığı ve çatlamamış kesitlere ait $(EI)_o$ eğilme rijitliklerinin kullanıldığı bir ön düşey yük hesabı ile belirlenecektir. Deprem hesabı için başlangıç durumunu oluşturan düşey yük hesabı ise, yukarıda belirtildiği şekilde elde edilen etkin eğilme rijitliği $(EI)_e$ kullanılarak, deprem hesabında esas alınan kütlelerle uyumlu yüklere göre yeniden yapılacaktır. Deprem hesabında da aynı rijitlikler kullanılacaktır.

11) Betonarme tablalı kirişlerin pozitif ve negatif plastik momentlerinin hesabında tabla betonu ve içindeki donatı hesaba katılacaktır.

12) Betonarme elemanlarda kenetlenme veya bindirme boyunun yetersiz olması durumunda, kesit kapasite momentinin hesabında ilgili donatı akma gerilmesi kenetlenme veya bindirme boyundaki eksikliği oranında azaltılacaktır.

13) Zemindeki şekil değiştirmelerin yapı davranışını etkileyebileceği durumlarda zeminin şekil değiştirme özellikleri yapı modeline yansıtılacaktır.

4.2 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri

Yönetmelikte, “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” kapsamında “Eşdeğer deprem yükü yöntemi” ve “Mod birleştirme yöntemi” olarak adlandırılan iki farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler deprem yükünün hesabı ve yapıya etki şekli olarak

birbirinden farklılık gösterirken performans değerlendirmesi kuvvet bazlı olup, etki/kapasite oranları üzerinden eleman hasar seviyelerini elde etmektedir.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, bodrum üzerinde toplam yüksekliği 25 metreyi ve toplam kat sayısı 8'i aşmayan, ayrıca ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği katsayısı $\eta_{bi} < 1.4$ olan binalara uygulanması önerilmektedir. Toplam eşdeğer deprem yükünün (taban kesme kuvveti) DBYBHY'07 Denk.(2.4)'e göre hesabında $R_a=1$ alınacak ve denklemin sağ tarafı λ katsayısı ile çarpılacaktır. λ katsayısı bodrum hariç bir ve iki katlı binalarda 1.0, diğerlerinde 0.85 alınacaktır.

Mod Birleştirme Yöntemi ile hesapta DBYBHY'07 Denk.(2.13)'de $R_a=1$ alınacaktır. Uygulanan deprem doğrultusu ve yönü ile uyumlu eleman iç kuvvetlerinin ve kapasitelerinin hesabında, bu doğrultuda hakim olan modda elde edilen iç kuvvet doğrultuları esas alınacaktır.

Her iki yöntemde de tüm yapı elemanları kırılma türlerine göre “sünek” ve “gevrek” olarak sınıflandırılmaktadır. Kırılma türü gevrek olan elemanlar güçlendirilmelidir. Kırılma türü “sünek” olan yapı elemanlarının, düşey yüklerden arta kalan moment kapasiteleri dikkate alınarak, etki/kapasite değerleri hesaplanır. Bu değerler üzerinden yönetmelikçe verilmiş tablolardan yararlanarak eleman hasar seviyelerine ulaşılır. Ayrıca yapının görelî kat ötelemelerinde ayrı bir tablo ile hesaba katılmaktadır. Kritik kat elemanları için bulunan hasar seviyelerine ve görelî kat ötelemelerine bakılarak yapı performans değeri bulunur.

4.3 Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleri

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır. Daha sonra bu istem büyüklükleri, yönetmelikçe tanımlanmış bulunan şekil değiştirme ve iç kuvvet kapasiteleri ile karşılaştırılarak, kesit ve bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılacaktır, [2].

Yönetmelik kapsamında yer alan doğrusal elastik olmayan analiz yöntemleri, Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'dir. İlk iki yöntem, bu Yönetmelikte doğrusal olmayan deprem performansının belirlenmesi ve güçlendirme hesapları için temel alınan Artımsal İtme Analizi'nde kullanılacak olan yöntemlerdir.

4.3.1 Artımsal Eşdeğer Deprem yüğü ile İtme Analizi

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin amacı, birinci (deprem doğrultusunda hakim) titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde, deprem istem sınırına kadar monotonik olarak adım adım arttırılan eşdeğer deprem yüklerinin etkisi altında doğrusal olmayan itme analizi'nin yapılmasıdır. Düşey yük analizini izleyen itme analizinin her bir adımında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bunlara ait birikimli (kümülatif) değerler ve son adımda deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanacaktır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik göz önüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütlelerine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur.

Artımsal itme analizi sırasında, eşdeğer deprem yüğü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı yapılabilir. Bu durumda yük dağılımı, analizin başlangıç adımında doğrusal elastik davranış için hesaplanan birinci (deprem doğrultusundaki hakim) doğal titreşim mod şekli genliği ile ilgili kütlelerin çarpımından elde edilen değerle orantılı olacak şekilde tanımlanacaktır. Kat döşemeleri rijit diyafram olarak idealleştirilen binalarda, birinci (hakim) doğal titreşim mod şeklinin genlikleri olarak her katın kütle merkezindeki birbirine dik iki yatay öteleme ile kütle merkezinden gelen düşey eksen etrafındaki dönme göz önüne alınacaktır.

4.3.2 Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ile İtme Analizi

Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemin davranışını temsil eden yeteri sayıda doğal titreşim mod şekli ile orantılı olacak şekilde monotonik olarak adım adım arttırılan ve birbirleri ile uygun biçimde ölçeklendirilen modal yerdeğiştirmeler veya onlarla uyumlu modal deprem yükleri esas alınarak Mod Birleştirme Yöntemi'nin artımsal olarak uygulanmasıdır. Bu itme adımlarında taşıyıcı sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvet artımları ile bu büyüklüklere ait birikimli değerler ve son itme adımında deprem istemine karşı gelen maksimum değerler hesaplanır.

4.3.3 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi'nin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yerdeğiştirme, plastik şekildeğiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır.

4.4 Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü Kullanılması Durmunda Yapının Performans Değerlendirme İşlemi

Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Eşdeğer Deprem Yüğü ile performans değerlendirilmesi hesap adımları aşağıda verilmektedir:

- 1) Hesap Yönteminin seçimi: Eşdeğer Statik Deprem Yöntemi: $H < 25m$ veya en fazla 8 katlı olan ve dışmerkezlik olmaksızın hesaplanan burulma düzensizliği $\eta_b < 1.4$ olan binalarda kullanılır. Bu koşullar sağlanmazsa Mod Birleştirme yöntemi kullanılır.
- 2) Yapı türü ve kullanım amacına göre binanın performans hedefi/leri belirlenir. Yönetmelikçe öngörülen minimum performans hedefine göre, tek veya çoklu ise her iki durum için de ayrı ayrı belirlenen $S(T)$ Spektrum değerleri alınarak hesaplanan deprem yüküne göre güvenlik kontrolü yapılır.
- 3) Binanın bilgi düzeyi saptanır. Beton ve donatı çeliğinin mevcut dayanımları yapının bilgi düzeyine göre bilgi düzeyi katsayısı ile (0.75, 0.90 veya 1.00)

çarpılarak azaltılır. Binada ölçümler sonucu elde edilen malzeme dayanımları ve boyut bilgileri ile (malzeme güvenlik katsayıları alınmadan) hesap yapılmalıdır.

4) Tayin edilen zemin cinsine göre (zemin raporu) Zemin parametreleri ve T_A, T_B bulunur.

5) Deprem 50 yılda aşılma olasılığına göre (%2-10 veya 50) ve T_A, T_B değerlerine göre deprem hesabında kullanılacak spektrum belirlenir. Bina önem katsayısı (I) 1.0 alınır. Kat ağırlıkları w_i ve toplam ağırlık hesabında yapı türüne uygun n hareketli yük katsayısı kullanılır.

Hesaplarda çatlamış kesit rijitlikleri alınır:

$$\text{Kirişlerde: } (EI)_e = 0.40 (EI)_o$$

Kolonlarda:

$$N_D / A_c f_{cm} \leq 0.10 \text{ ise : } (EI)_e = 0.40 (EI)_o \quad (4.1)$$

$$N_D / A_c f_{cm} \geq 0.40 \text{ ise : } (EI)_e = 0.80 (EI)_o \quad (4.2)$$

(ara değerlerde ise enterpolasyon yapılır)

Açıklama: N_D ilk önce çatlamamış kesit alınarak düşey yükleri altında bulunan normal kuvvetlerdir. Daha sonra çatlamış kesitler alınarak N_D tekrar hesaplanır. Deprem yüklerine göre hesapta da çatlamış kesitler göz önüne alınır.

6) Kısa kolon varsa hesaplarda tam boyları ile hesaba katılır.

7) Hesaplarda deprem her iki doğrultuda ve iki yönde ayrı ayrı etki ettirilecektir. (x yönü ayrı, y yönü ayrı). Yapı analizinde ek dışmerkezlilik göz önüne alınmayacaktır. ($e_x=e_y= 0.00$) Serbestlik derecesi kütle merkezinde tanımlanacaktır.

V_t Deprem yükü hesaplanırken $R_a=1.0$ alınır ve binanın katsayısı bodrum hariç >2 ise denkleminin sağ tarafı $\lambda=0.85$ ile çarpılır. Kat sayısı 2 ve 2den küçükse $\lambda=1.00$ alınır:

$$V_t = W A(T) \lambda \quad (4.3)$$

Yapı bilgisayar ortamında modellenerek düşey ve deprem etkileri altında çözümlenir. Burada kütle hesabına uygun şekilde $g+nq$ düşey yükler, yük katsayıları alınmadan kullanılacaktır.

8) Taşıyıcı elemanlarda kırılma türleri belirlenir. Sünek veya gevrek olarak elemanların belirlenebilmesi için kesme kuvveti değerlerine bakılmalıdır:

Kesme dayanımı (sünek- gevrek olma koşulu): Hesaplarla kolon, kiriş ve perde elemanlarının kritik kesitlerinde hesaplanan kesme kuvvetleri V_e değerlerinin V_r (TS 500 Denk. 8.5 göre hesaplanan V_r ($V_r = V_c + V_w$)) değerlerini aşıp aşmadığı kontrol edilir, [20].

Burada V_r değeri betonarme eleman kesitinin kesme kuvveti kapasitesidir. Bu değer V_c beton kesme kapasitesi ve V_w donatı (etriye) kesme kapasitelerinin toplamıdır.

$$V_c = 0.8(0.65 f_{ctd} b_w d) \quad (4.4)$$

$$V_w = (A_{sw}/s) f_{ywd} d \quad (4.5)$$

Kirişlerde V_e değeri; Denk. 4.6 'da belirtildiği üzere

$$V_e = V_{dy} \pm (M_{pi} + M_{pj}) / \ell_n \quad (4.6)$$

M_{pi} = Kirişin sol ucu i'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan pozitif veya negatif taşıma gücü momenti

M_{pj} = Kirişin sağ ucu j'deki kolon veya perde yüzünde f_{cd} ve f_{yd} 'ye göre hesaplanan negatif veya pozitif taşıma gücü momenti

V_{dy} = Kirişin kolon yüzünde düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti

Burada moment kapasiteleri hesaplanırken pekleşme göz önüne alınmamalıdır. Yani $M_{pi}=M_{ri}$ şeklindedir.

Kolonlarda V_e değeri; ℓ_n kolon net açıklığı olmak üzere Denk. 4.7 de belirtilmiştir:

$$V_e = (M_a + M_u) / \ell_n \quad (4.7)$$

Burada kolonların kirişlerden güçlü olup olmaması durumuna göre aşağıdaki tabloda M_a ve M_u değerleri açıklanmaktadır.

Kat No.	$M_{\bar{u}}$ 'nın hesaplanması		M_o 'nın hesaplanması	
	Kolon üst ucunda Denk. 3.3' ün sağlanması durumu	Kolon üst ucunda Denk. 3.3' ün sağlanmaması durumu	Kolon alt ucunda Denk. 3.3' ün sağlanmaması durumu	Kolon alt ucunda Denk. 3.3' ün sağlanması durumu
$i+1$				
i				
$i-1$				
	$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj}$ $M_u = \frac{M_{hu(i)}}{M_{hu(i)} + M_{hu(i+1)}} \sum M_p$			$\sum M_p = M_{pi} + M_{pj}$ $M_o = \frac{M_{ho(i)}}{M_{ho(i)} + M_{hu(i-1)}} \sum M_p$

Şekil 4.2: Kolonlar için V_e değerinin hesabı

V_e , yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti V_d 'den daha küçük olmayacaktır ve ayrıca DBYBHY'07'de verilen Denklem (3.7) koşullarını sağlayacaktır.

Bu koşullar sonucu elde edilen V_e değeri ayrıca aşağıdaki koşulları da sağlamalıdır.

Kolonda: $(V_e \leq 0.22 A_w f_{cd})$ ve (4.8)

Kirişte: $(V_e \leq 0.22 b_w d f_{cd})$, ve (4.9)

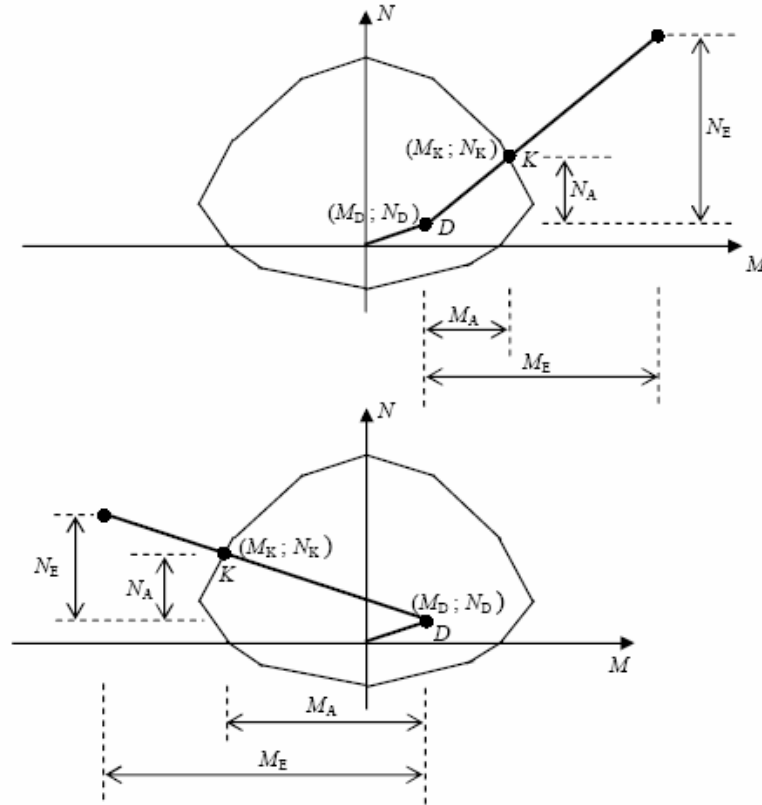
Perdede: $(V_e \leq 0.22 A_{ch} f_{cd})$ (4.10)

Kesme dayanımları yetersi olan elemanlar gevrek hasar gören elemanlar olarak tespit edilir.

Not: Burada f_{cd} bilgi düzeyi katsayısına göre azaltılmış mevcut malzeme dayanımını (f_{cm}) göstermektedir.

9) Eğilme dayanımı (sünek elemanlarda): Sünek kolon, kiriş ve perde elemanlarının her iki uçları için: depremin x ve y doğrultusunda + ve – yönlerine göre kesit eğilme kapasiteleri hesaplanır:

Kolon kapasitelerinin hesabı: Doğrusallaştırılmış M-N (Moment - eksenel kuvvet) etkileşim diyagramı üzerinde (Şekil 4.3) $R=1$ alınarak $g+nq$ düşey yüklerinden dolayı $N_D - M_D$ çiftine karşı gelen D noktası ve $g+nq \pm e$ yüklerinden dolayı $N_E - M_E$ çiftine karşı gelen E noktası (depremin (+) ve (-) yönleri için ayrı ayrı) bulunur. Bu iki noktayı birleştiren doğrunun etkileşim diyagramını kestiği K noktalarına karşı gelen M ve N değerleri kolon veya perde elemanının M_K moment kapasitesi ve buna karşı gelen normal kuvvet değeridir.



Şekil 4.3: Kolon Moment Kapasitesinin Hesabı

Kolon artık kapasiteleri:

$$M_A = M_K - M_D \text{ ve} \quad (4.11)$$

$$N_A = N_K - N_D \text{ ile hesaplanır.} \quad (4.12)$$

Not: Yukarıdaki yaklaşım yerine DBYBHY'07 7.A.1.3.de önerilen ardışık yaklaşım da kullanılabilir. Her bir kolonun her iki ucu için iki doğrultuda ve iki yönde (8 tane) r hesaplanır. (Kolon donatısı simetrikse 4 tane) Tablo 4.3 te verilen kolondaki $N_K / A_c f_{cm}$ değerleri, sargılama durumu ve $V_e / (b_w d f_{ctm})$ değerine göre r katsayıları hesaplanır ve tablodaki r_s değerlerine göre elemanın hasar durumu saptılır:

Tablo 4.3: Kolon Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Kolonlar			Hasar Sınırı		
$\frac{N_K}{A_c f_{cm}}^{(1)}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(2)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.1	Var	≤ 0.65	3	6	8
≤ 0.1	Var	≥ 1.30	2.5	5	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≤ 0.65	2	4	6
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Var	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≤ 0.1	Yok	≤ 0.65	2	3.5	5
≤ 0.1	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	3.5
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≤ 0.65	1.5	2	3
≥ 0.4 ve ≤ 0.7	Yok	≥ 1.30	1	1.5	2
≥ 0.7	–	–	1	1	1

Kiriş artık kapasiteleri:

$$M_A = M_K - M_D = (M_{cap} - M_{g+nq}) \text{ ile hesaplanır.} \quad (4.13)$$

Her bir kiriş elemanın sargılama durumuna, çekme ve basınç donatı oranlarına ($\rho - \rho'$)/ ρ_b ve $V_e / b_w d f_{ctm}$ değerine göre ve her bir eleman için (+) ve (-) bölgelerde ve kirişin her iki ucunda r katsayıları hesaplanır ve tablodaki r_s sınır değerlerine göre hasar durumu saptılır. (Tablo 4.4)

Tablo 4.4: Kiriş Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Kirişler			Hasar Sınırı		
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_b}$	Sargılama	$\frac{V_e}{b_w d f_{ctm}}^{(1)}$	MN	GV	GÇ
≤ 0.0	Var	≤ 0.65	3	7	10
≤ 0.0	Var	≥ 1.30	2.5	5	8
≥ 0.5	Var	≤ 0.65	3	5	7
≥ 0.5	Var	≥ 1.30	2.5	4	5
≤ 0.0	Yok	≤ 0.65	2.5	4	6
≤ 0.0	Yok	≥ 1.30	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≤ 0.65	2	3	5
≥ 0.5	Yok	≥ 1.30	1.5	2.5	4

Ayrıca perdeler ve güçlendirilmiş dolgu duvarlar için de r_s değerlerini gösteren tablolar verilmiştir.(Tablo 4.5 ve Tablo 4.6)

Tablo 4.5: Perde Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

Sünek Perdeler	Hasar Sınırı		
Perde Uç Bölgesinde Sargılama	MN	GV	GÇ
Var	3	6	8
Yok	2	4	6

Tablo 4.6: Güçlendirilmiş Dolgu Duvarlar İçin Hasar Sınırlarını Tanımlayan Etki/Kapasite Oranları

ℓ_{duvar} / h_{duvar} oranı aralığı 0.5 - 2.0	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
Etki/Kapasite Oranı (r_s)	1	2	-
Görelî Kat Ötelemesi Oranı	0.0015	0.0035	-

10) Kolon-kiriş Birleşim Bölgelerinin Kontrolü:

Birleşim bölgesindeki kesme dayanımının kontrolü için

$$V_e = 1.25 f_{yk} (A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (4.14)$$

ile hesaplanan kesme dayanımının

(a) Kuşatılmış birleşimlerde:

$$V_e \leq 0.60 b_j h f_{cd} \quad (4.15)$$

(b) Kuşatılmamış birleşimlerde:

$$V_e \leq 0.45 b_j h f_{cd} \quad (4.16)$$

değerlerini aşmaması gerekir. V_{kol} düğüm noktasının üstünde ve altında DBYBHY'07 Bölüm 3'e göre hesaplanan kolon kesme kuvvetlerinin küçük olanıdır. V_e değeri aşıyorsa kolon-kiriş birleşim bölgesi gevrek hasar gören bölge olarak tanımlanır.

Not: Burada f_{cd} bilgi düzeyi katsayısına göre azaltılmış mevcut malzeme dayanımını göstermektedir.

11) Göreli kat yerdeğiştirmelerinin kontrolü:

Yapını her deprem doğrultusu için (x ve y yönünde) g+q+e yükleri altında göreli kat yerdeğiştirme oranları: δ_{ji} / h_{ji} hesaplanarak (her bir eleman için) Tablo. 4.7'ye göre hasar düzeyi saptanır.

Not: Kolon ve perde elemanlarının bulunan hasar durumuna göre göreli kat deplasmanları verilen sınır değerleri aşmamalıdır. Performans hedefini sağlamıyorsa, diğer kriterlere bakmaya gerek yoktur.

Tablo 4.7: Göreli Kat Ötelemesi Sınırları

Görelî Kat Ötelemesi Oranı	Hasar Sınırı		
	MN	GV	GÇ
δ_{ji} / h_{ji}	0.01	0.03	0.04

Bütün bu kriterler doğrultusunda gevrek hasar gören kolon ve kiriş elemanları ve birleşim bölgeleri belirlenir. Gevrek hasar gören tüm elemanlar göçme bölgesinde kabul edilir ve göçmenin önlenmesi için mutlaka güçlendirilmelidir.

Sünek davranışlı kolon ve kirişler için ise (kolonlar için 8 adet r, kirişler için 4 adet r değerinin en elverişsiz olanına bakılarak hasar durumu saptanır.) Daha sonra bakılan göreli kat ötelenmelerine göre değişiklik varsa hasar durumu yenilenir.

Tüm sistemdeki taşıyıcı elemanların hasar durumuna bakılarak yapının hedeflenen performans düzeyini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir.

Yapının performans durumu hedeflenen performans değerleri ile karşılaştırılır ve yapının deprem güvenliği tespit edilir. Yapı kullanım amacına göre bir veya birden fazla performans hedefi tanımlanmış olabilir. Eğer yapı için birden fazla performans hedefi öngörülmüşse her deprem durumu için ayrı hesap yapılarak performans hedef değerlerinin sağlanıp sağlamadığına bakılmalıdır.

5. ÖRNEK YAPILAR ÜZERİNDE YAPILAN SAYISAL İNCELEMELER

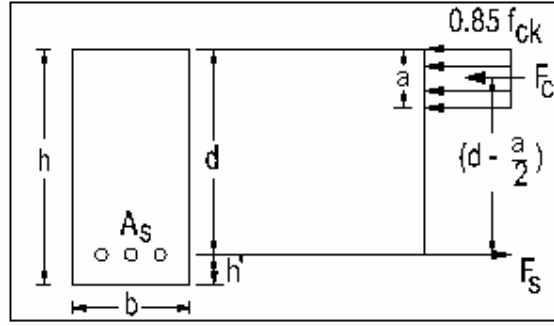
Bu bölümde, tez çalışması kapsamın da betonarme yapıların deprem güvenliğinin tespiti konusunda yapılan sayısal örnekler açıklanacaktır. Birbirinden farklı özelliklere sahip dört adet gerçek verilere dayalı örnek yapı üzerinde hem “Doğrusal Elastik Yöntem” ile çözümlenmiş hem de P25 hızlı değerlendirme yöntemi ile değerlendirilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Örnek binalarda Eşdeğer Deprem Yüğü etkilerek Doğrusal Elastik Yöntem ile deprem performansları değerlendirilmiştir. Örnek binaların tüm katları değerlendirmeye alınmamış, sadece kritik kat olarak düşünülen zemin katta etki/kapasite oranları hesaplanmıştır. Bu değerler ışığında yapının performans hedefini ne kadar sağladığına bakılmıştır.

P25 yöntemi için, 3. bölümde yöntem ayrıntılı bir şekilde açıklandığından yöntemin uygulama örnekleri verilirken sadece bina bilgileri tablolar halinde verilecektir. Her örnek bina için öncelikle kolon, perde ve dolgu duvarların kartezyen eksenine göre boyut ve adetleri tablosu, sonrasında yöntemde kullanılan bina bilgileri ve bina düzeltme faktörleri tablosu verilecektir. Tablolar daha önce Bal İ.E. tarafından tez çalışmasında da kullanılan Ms Excel programından alınmıştır, [3].

Bu çalışma kapsamında her örnek bina için yapılan hesaplar ilgili Ekler halinde sunulmuştur. Tüm örnek yapılar ETABS bilgisayar programında her katta döşemelerin rijit diyafram olarak çalıştığı kabulü ile modellenmiş ve gerek düşey yükler ve gerekse de deprem yükleri için statik çözümlemesi bu program yardımı ile yapılmıştır.

Çalışmada gerek, kiriş gerekse de kolon moment kapasitelerinin hesaplanması gerekmektedir. Kiriş moment kapasitelerinin hesabı için yaklaşık olarak tek eksenli eğilme etkisi altında tek donatılı dikdörtgen kesitten faydalanılabilir;



Şekil 5.1: Tek Donatılı Dikdörtgen Kesit

$$F_c = 0.85 \times f_{ck} \times a \times b \quad (5.1)$$

$$F_s = A_s \times f_{yk} \quad (5.2)$$

$F_c = F_s$ yatay kuvvet dengesinden;

$$a = \frac{A_s \times f_{yd}}{0.85 \times f_{cd} \times b} \quad (5.3)$$

a değeri bulunduktan sonra kiriş moment kapasitesi

$$M_{cap} = A_s \times f_{yd} \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (5.4)$$

Kolon moment kapasitesi ise belli bir normal kuvvet değeri için bulunabilir. Normal kuvvet değeri düşey yükler için belirlenebilir. Ancak eleman için r_s katsayısı ve bu değere bağlı olan deprem etkilerinden gelecek normal kuvvet katkısı belirsiz olduğundan normal kuvvet değerine ulaşmak için ara işlemler yapılması gerekmektedir. Yönetmelik bu ara işlemler için iki ayrı yöntem vermektedir.

Her iki yöntemde Bölüm 4.4.de tariflenmeye çalışılmıştır. Ancak bu çalışmada tablo halinde çalışması kolay olduğu için ardışık yaklaşım yöntemi kullanılmıştır.

Bu yöntemde öncelikle sadece düşey yüklerden bulunan normal kuvvet değeri ile kolon moment kapasitesi hesaplanır ve eleman etki/kapasite (r_s)oranı bulunur. $R_a=1$ için bulunan deprem yüklerinden oluşan normal kuvvet değeri bu etki/kapasite (r_s)oranı ile bölünür. Elde edilen bu değer düşey yük normal kuvvetine eklenerek

yeni bir normal kuvvet değeri bulunmuş olur. Bu aşamada ardışık yaklaşım başa dönmüş olur ve yeni normal kuvvet değeri ile yukarıda tariflenen işlemler tekrarlanır. Ardışık iki adımda bulunan normal kuvvet ve r_s değerleri çok yakın olduğunda hesap tamamlanmış olur. Bu çalışmada 2 veya 3 döngü yapıldıktan sonra hesap adımlarından elde edilen değerlerin çok yakınlaştığı tespit edilmiştir.

Moment kapasitesi hesaplanırken boyutsuz normal kuvvetin aldığı değerlere göre değişiklik gösteren aşağıdaki formüllerden faydalanmaktadır. Ancak formüllerin TS500’de önerilen malzeme katsayıları ile çalışması nedeni ile mevcut malzeme dayanımları 1.15 ve 1.5 ile arttırılmalıdır.

$$n = \frac{N_d}{bh f_{ck}} \quad (5.5)$$

$$m_x = \frac{M_{cap}}{bh^2 f_{ck}} \quad (5.6)$$

$$\mu = \frac{A_s}{bh} \frac{f_{yk}}{f_{ck}} \quad (5.7)$$

$$A_s = k_1 k_2 \mu b h \frac{f_{ck}}{f_{ky}} \quad (5.8)$$

1) $n=0.2$ hali için

$$m = (\mu - 2.92n^2 + 1.48n) / 2.86 \quad (5.9)$$

2) $0.2 \leq n < 0.3$ hali için

$$m = (\mu + 0.192) / 2.92 \quad (5.10)$$

2) $0.3 \leq n$ hali için

$$m = (\mu - 0.62n^2 - 0.254n + 0.32) / 2.92 \quad (5.11)$$

Bu formüllerde, b ve h dikdörtgen kolon kesitinin en kesit boyutlarını, A_s toplam boyuna donatı alanını, k_1 ve k_2 donatı yerleşimi ve paspayı oranları ile ilgili düzeltme katsayılarını göstermektedir. Bu çalışmada k_1 1 ve k_2 1.2 olarak alınmıştır. Bu formüller kullanılarak yapılan ardışık yaklaşım sonucu kolon moment kapasiteleri hesaplanabilir, [21].

5.1 İncelenen Örnek Yapıların Tanıtımı ve Doğrusal Elastik Yöntem ile Performanslarının Belirlenmesi

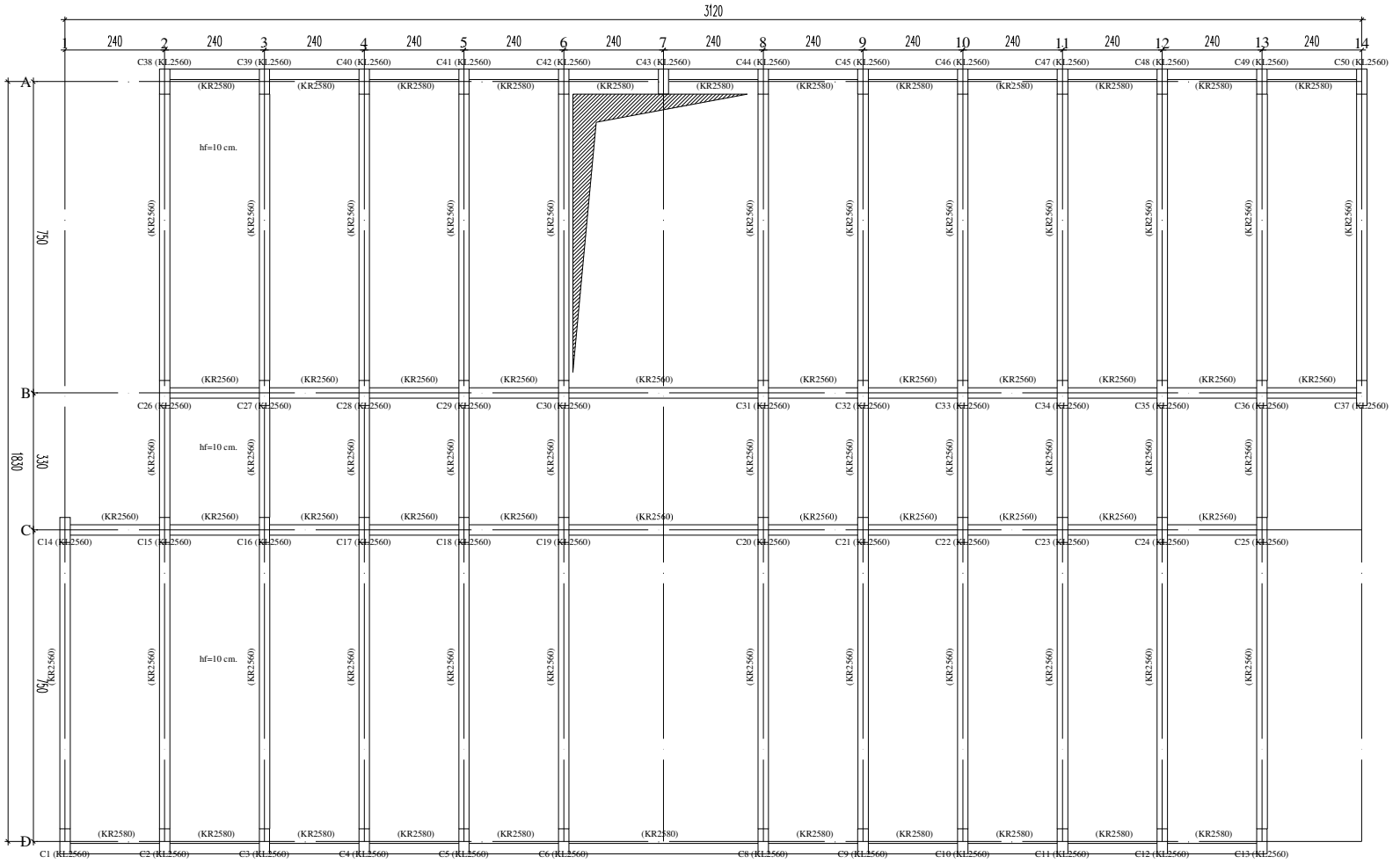
Sayısal incelemeler için birbirinden farklı özellikler gösteren dört adet gerçek yapı örneği seçilmiştir. Bu mevcut yapılardan ikisi İzmit/Bekirpaşa, biri İstanbul ve diğer yapı ise Denizli’de bulunmaktadır. Bekirpaşa’da bulunan yapılar için BKR_N_002 ve BKR_C_005 şeklinde isimlendirilmektedir. Bu yapılar Bal İ.E. tarafından yüksek lisans tezinde de [3] incelenen yapılar olup yapı kod isimleri de bu çalışmada aynen kullanılmaktadır. Denizli binası ve İstanbul yapıları ise bulundukları şehir ile adlandırılacaktır. Şimdi bu yapılar daha ayrıntılı bir şekilde tanıtılmaya çalışılacaktır.

5.1.1 İstanbul Örnek Binası

Yapı 1988 yılında inşa edilen 60. Yıl İlköğretim Okulu Binasıdır ve İstanbul/Acıbadem’de bulunmaktadır. Yapı; bir kısmi bodrum kat, bir zemin ve bir de normal kata sahiptir. Yapı düzgün bir geometriye sahiptir ve her iki asal eksene göre simetrik sayılabilir.

Yapının mimari projesi temin edilmiş ancak statik projeleri bulunamamıştır. 1997 yılında yapıya ek kat yapılmasının uygunluğunun tespiti isteği ile İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Anabilim Dalı’na başvurulmuştur. Bu istek doğrultusunda röleve çalışması ve yapının deprem dayanıklılığı konusunda 1975 Yönetmeliği koşullarına göre yapılan ayrıntılı bir inceleme raporu hazırlanmıştır, [22]. Ayrıca Kadıköy Belediyesi tarafından 2006 yılında yapılmış bir zemin etüdü bulunmaktadır, [23]. Tüm bu rapora ek olarak bizzat yerinde yapılan gözlem ve ölçümler ile röleveller doğrulanmaya çalışılmıştır. Gözlemler sırasında yapı bodrum katında kolon alt uçlarında derin çatlaklar ve tüm yapıda ciddi bir korozyon problemi tespit edilmiştir.

Zemin kat kalıp planı Şekil 5.2’de görülmektedir:



Şekil 5.2: İstanbul Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Yapı genel bilgileri Tablo 5.1’de verilmektedir:

Tablo 5.1: 60. Yıl İlköğretim Okulu Binası Yapı Bilgileri

Yapı Adı	60. yıl İlköğretim Okulu	
Kat Sayısı	3	
Zemin kat yüksekliği	3.1m	
Normal kat yüksekliği	3.1m	
Yapı Toplam Yüksekliği	10 m	
Yapı Boyutları	L_x	31.2 m
	L_y	18.3 m
Taşıyıcı Sistem	Betonarme Çerçeve	
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z1	
Bina Önem Katsayısı	1.4	
Toplam Yapı Kütlesi	18324 kN	
Bina Bilgi Düzeyi	Orta	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı(MPa)	7.9 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇI	
Etriye Aralığı	Kolon	$\Phi 8/20-30$
	Kiriş	$\Phi 8/30$
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden HK ve 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremden CG	

Hesap Sonucu Elde Edilen Bilgiler		
Yapı Hakim Periyodu	T_{1x}	0.4893 sn.
	T_{1y}	0.3116 sn.
Taban Kesme Kuvveti	V_{tx}	16427 kN
	V_{ty}	19634 kN
Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı	δ_x/h_i	0.0054
	δ_y/h_i	0.0056

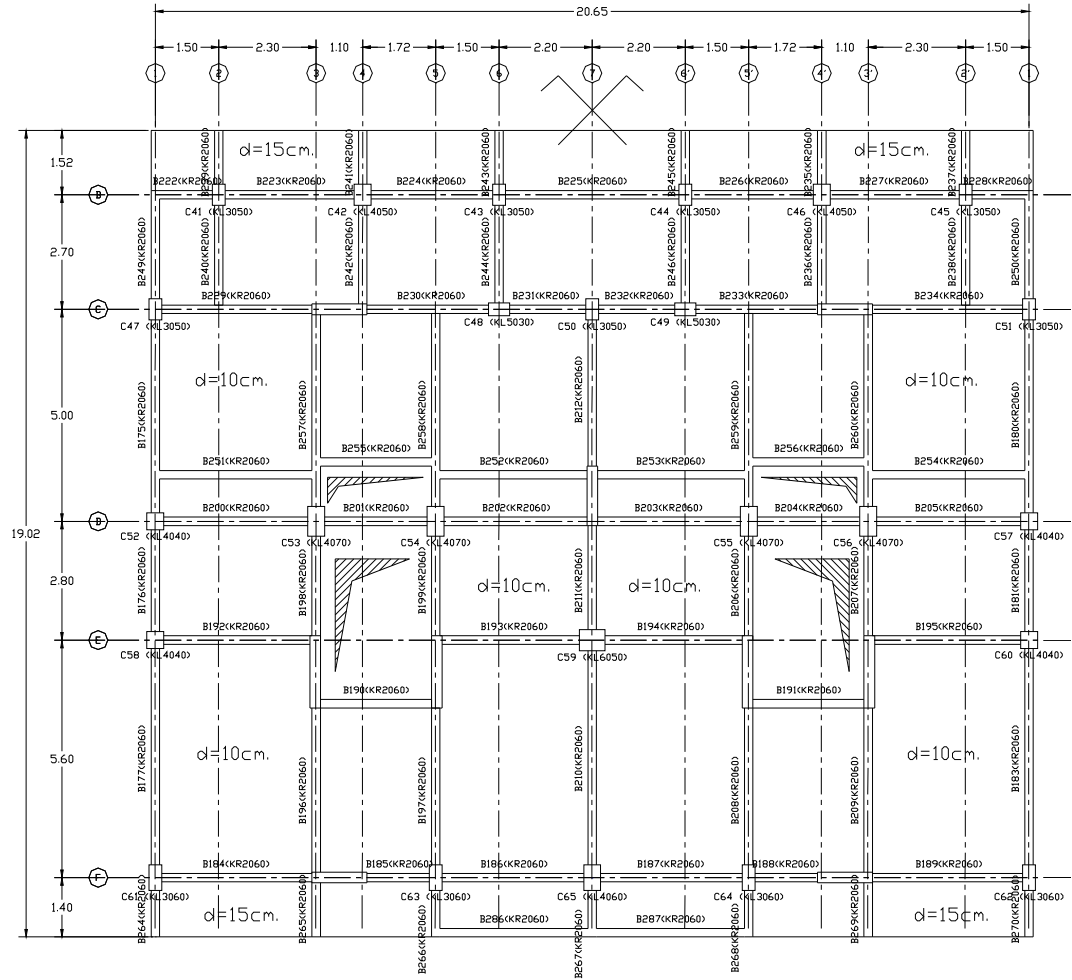
İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı Anabilim Dalı tarafından yapılan incelemeler sonucu yapının mevcut haline ek yapılmasının mümkün olmadığı ayrıca güçlendirmesi gerektiği bildirilmiştir, [22]. Ayrıca okul idaresi tarafından 2006 yılında “Deprem Güvenliğinin Tespiti” için tekrar İ.T.Ü.’ye başvurulmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda binanın mevcut durumu ile kullanılamayacağı sonucuna varılmış ve acil yıkılma veya güçlendirilmesi gerektiği bildirilmiştir, [24]. Bu yapının tez çalışmasında kullanılmasının amacı diğer örnek yapılarda Mümkün olmayan yerinde gözlem ve ölçümlerin bu bina aracılığı ile uygulanabilir kılmaktır. Bu sayede tezin kâğıt üzerin kalmaması ve uygulamaya dönük bir çalışma olabilmesi hedeflenmektedir.

İstanbul Örnek Binası, Eşdeğer Deprem Yüğü etkiletilerek Doğrusal Elastik Yöntem ile değlerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan tablolar Ek B’de detaylı şekilde verilmektedir. Bina değlerlendirmesi sonucu X yönünde toplam 50 adet kolonunun 8 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 7 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* diğler 35 adet kolon ise *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve üzerinde bir hasar seviyesine sahip olduğı görölmektedir. Y yönünde ise kritik kat kolonlarının tamamı *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* değlerlerinin üzerindedir ve yönetmelikçe tariflenen performans hedefini sağlamaktan çok uzak bir noktadadır.

5.1.2 BKR_N_02 Örnek Binası

Yapı İzmit/Bekirpaşa’da bulunmaktadır ve 1992 yılında konut kullanım amacı ile inşa edilmiştir. Zemin kat planı Şekil 5.3’te verilmiştir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Ancak yapının yerinde incelemeleri yapılamamıştır. Bu nedenle yapının sınırlı bilgi düzeyinde olduğı kabul edilmektedir.

Yapının bu tez çalışmasında kullanılmasının en önemli nedeni 1999 depreminden hasar almadan çıkmış olmasıdır. Teorik olarak yapılan hesapların ve göz önüne alınan kabullerin, gerçekte yaşanmış bir deprem senaryosu ile kıyaslanacağı noktasında bu özellik çalışmanın can damarını oluşturmaktadır.



Şekil 5.3: BKR_N_002 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Yapı genel bilgileri Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2: BKR-N-002 Binası Yapı Bilgileri

Yapı Adı	BKR-N-002	
Kat Sayısı	6	
Zemin kat yüksekliği	4.0m	
Normal kat yüksekliği	2.8m	
Yapı Toplam Yüksekliği	18 m	
Yapı Boyutları	L_x	20.65 m
	L_y	17.10 m
Taşıyıcı Sistem	Betonarme Çerçeve	
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z2	
Bina Önem Katsayısı	1.0	
Toplam Yapı Kütlesi	28549 kN	
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı(MPa)	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	$\Phi 8/20$
	Kiriş	$\Phi 10/15-20$
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Hesap Sonucu Elde Edilen Bilgiler		
Yapı Hakim Periyodu	T_{1x}	1.0845 sn.
	T_{1y}	0.9725 sn.
Taban Kesme Kuvveti	V_{tx}	12854 kN
	V_{ty}	14018 kN
Maksimum Görelî Kat Öteleme Oranı	δ_x/h_i	0.0054
	δ_y/h_i	0.0096

BKR-N-002 Binası, Eşdeğer Deprem Yüğü etkiletilerek Doğrusal Elastik Yöntem ile değerdendirilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan tablolar Ek D’de detaylı şekilde verilmektedir. Bina değerdendirmesi sonucu X yönünde toplam 14 adet kolonunun 2 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 12 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* hasar seviyesine sahip olduğu görülmektedir. Y yönünde ise kritik kat kolonlarının tamamı 1 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 13 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* hasar seviyesine sahiptir. Kirişlerde ise toplam 35 adet kirişten 26 adedi (*Minimum Hasar Bölgesi*) 9 adedi *GV (Belirgin Hasar Bölgesi)* hasar seviyesindedir. Bu değerdler ışığında DBYBHY’07 tanımlanan performans düzeyi sağlanmaktadır.

Bu yapıda İzmit/Bekirpaşa’da bulunmaktadır ve 1998 yılında konut kullanım amacı ile inşa edilmiştir. Yapı köşe parselde bulunmaktadır ve bazı aksları ana doğrultulara paralel değildir. Zemin kat kalıp planı Şekil 5.4’te verilmiştir. Yapının mimari ve statik projeleri temin edilmiştir. Ancak yapı yerinde incelemeleri yapılamamıştır. Bu nedenle yapı sınırlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmektedir.

59

Yapı genel bilgileri Tablo5.3.'de verilmektedir.

Tablo 5.3: BKR-C-005 Örnek Binası Yapı Bilgileri

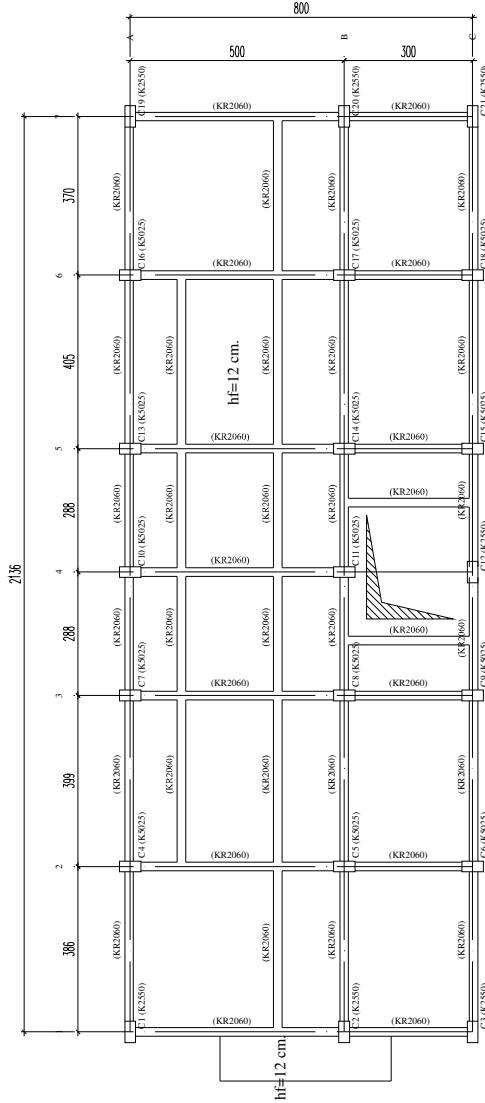
Yapı Adı	BKR-C-005	
Kat Sayısı	7	
Zemin kat yüksekliği	2.9m	
Normal kat yüksekliği	2.5m	
Yapı Toplam Yüksekliği	17.9m	
Yapı Boyutları	L_x	18.42m
	L_y	17.55m
Taşıyıcı Sistem	Betonarme Çerçeve	
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z2	
Bina Önem Katsayısı	1.0	
Toplam Yapı Kütlesi	25208 kN	
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı(MPa)	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	$\Phi 8/10-20$
	Kiriş	$\Phi 8/10-20$
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Hesap Sonucu Elde Edilen Bilgiler		
Yapı Hakim Periyodu	T_{1x}	1.4591 sn.
	T_{1y}	1.3476 sn.
Taban Kesme Kuvveti	V_{tx}	8952 kN
	V_{ty}	9640 kN
Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı	δ_x/h_i	0.0081
	δ_y/h_i	0.0080

BKR-C-005 Binası, Eşdeğer deprem yükü etkiletilerek Doğrusal Elastik Yöntem ile değerlendirilmiştir. Kullanılan tablolar Ek F'de detaylı şekilde verilmektedir. Bina değerlendirmesi sonucu X yönünde toplam 21 adet kolonunun 1 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* 1 adedi *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve 19 adedinin de *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesine sahip olduğu görülmektedir. Y yönünde ise kritik kat kolonlarının 1 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 1 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* 2 adedi *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve 17 adedinin de *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesine sahiptir. Kirişlerde ise toplam 32 adet kirişten 15 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 5 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* 3 adedi *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve 8 adedinin ise *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesindedir. Ayrıca 1 adet kirişte göçme türü “Gevrek” olarak saptanmıştır. Sonuç olarak DBYBHY’07 tanımlanan performans düzeyinin sağlanamadığı tespit edilmiştir.

5.1.4 Denizli Örnek Binası

Yapı Denizli/Merkez’de bulunmaktadır ve 1982 yılında konut kullanım amacı ile inşa edilmiştir. Şu an özel bir bankanın şubesi olarak hizmet vermektedir. Zemin kat kalıp planı Şekil 5.5’de verilmiştir. Yapının mimari ve statik projeleri bulunamamıştır. Ancak yapı 2000 yılında yapı sahibinin isteği üzerine İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi tarafından incelenmiştir,[25]. Bu incelemelerde yerinde yapılan röleve ve ölçümler yapılmış ve elde edilen değerler bu çalışmada da kullanılmıştır. Tüm bu çalışmalara rağmen yapı mimari ve statik projelerinin olmamasından dolayı yapının sınırlı bilgi düzeyinde olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 5.5: Denizli Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Yapı bilgileri Tablo 5.4. 'da verilmektedir.

Tablo 5.4: Denizli Örnek Binası Yapı Bilgileri

Yapı Adı	Denizli Binası	
Kat Sayısı	2	
Zemin kat yüksekliği	3.5m	
Normal kat yüksekliği	2.9m	
Yapı Toplam Yüksekliği	6.4m	
Yapı Boyutları	L_x	8.00m
	L_y	24.15m
Taşıyıcı Sistem	Betonarme Çerçeve	
Deprem Bölgesi	1°	
Zemin Tipi	Z2	
Bina Önem Katsayısı	1.0	
Toplam Yapı Kütlesi	3894 kN	
Bina Bilgi Düzeyi	Sınırlı	
Ortalama Beton Basınç Dayanımı(MPa)	14.0 MPa	
Beton çeliği sınıfı	BÇIII	
Etriye Aralığı	Kolon	$\Phi 6/20-30$
	Kiriş	$\Phi 6/30$
Hedeflenen Performans Düzeyi	50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremden CG	

Hesap Sonucu Elde Edilen Bilgiler		
Yapı Hakim Periyodu	T_{1x}	0.2859 sn.
	T_{1y}	0.2508 sn.
Taban Kesme Kuvveti	V_{tx}	3894 kN
	V_{ty}	3894 kN
Maksimum Görelî Kat Ötelemesi Oranı	δ_x/h_i	0.0057
	δ_y/h_i	0.0081

İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Uygulama Araştırma Merkezi tarafından yapılan incelemeler sonucu yapının herhangi bir güçlendirme uygulanmadan mevcut hali ile kullanılabileceği kararına varılmıştır. Ancak çalışma 2000 yılında yapıldığından şu anda bahsi geçen mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi hakkındaki yöntemler mevcut değildi. Bu yapının tez çalışmasında kullanılmasının amacı geometri olarak nispeten basit bir yapı üzerinde DBYBHY önerilen yöntemin uygulanabilirliğini test etmek ve daha önce profesyonel bir ekip tarafından yapılmış performans belirleme uygulamalarının yönetmelikte sunulan yöntem ile uyumunu belirlemektir.

Denizli Binası, Eşdeğer Deprem Yüğü etkiletilerek Doğrusal Elastik Yöntem ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan tablolar Ek H'de detaylı şekilde

verilmektedir. Bina değerlendirmesi sonucu X yönünde toplam 21 adet kolonun tamamı *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesine sahip olduğu görülmektedir. Y yönünde ise kritik kat kolonlarının tamamı 2 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 1 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* 3 adedi *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve 15 adedinin de *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesine sahiptir. Kirişlerde ise toplam 43 adet kirişten 9 adedi *MHB (Minimum Hasar Bölgesi)* 1 adedi *BHB (Belirgin Hasar Bölgesi)* 3 adedi *İHB (İleri Hasar Bölgesi)* ve 30 adedinin ise *GB (Göçme Bölgesi)* hasar seviyesindedir. Bu değerler ışığında DBYBHY'07 tanımlanan performans düzeyi yapı tarafından sağlanamamaktadır.

Tablo 5.5: Tüm Örnek Binalar İçin Eleman Hasar Seviyeleri

Bina Adı	Eleman Adedi	Eleman	Hasar Seviyesi								
			MHB		BHB		İHB		GB		
			Adet	Kesme Kuvveti Oranı	Adet	Kesme Kuvveti Oranı	Adet	Kesme Kuvveti Oranı	Adet	Kesme Kuvveti Oranı	
İstanbul Binası	50	Kolon	x	8	16%	7	14%	9	18%	26	52%
			y	0	0%	0	0%	0	0%	50	100%
	83	Kiriş		40	-----	15	-----	6	-----	22	-----
BKR_N_002	14	Kolon	x	2	16%	12	84%	0	-----	0	-----
			y	1	4%	13	96%	0	-----	0	-----
	35	Kiriş		26	-----	9	-----	0	-----	0	-----
BKR_C_005	21	Kolon	x	0	0%	1	10%	1	7%	19	83%
			y	1	9%	1	6%	2	14%	17	71%
	32	Kiriş		15	-----	5	-----	3	-----	8	-----
Denizli Binası	21	Kolon	x	0	0%	0	0%	0	0%	21	100%
			y	2	5	1	4	3	12,50%	14	78,50%
	43	Kiriş		9	-----	1	-----	3	-----	30	-----

5.2 İncelenen Örnek Yapıların P25 V1 ve P25 V2 ile Performans Puanlarının Hesabı

İncelenen örnek yapıların performans değerlendirilmesi bir de P25 V1 ve P25 V2 yöntemlerine uygulanarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar analitik değerlendirme sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Tüm örnek yapıları P25 ve P25 V2 ile ilgili kullanılan ve hesaplanan parametreler ve binaların sonuç puanları Tablo 5,6'da ve Tablo 5,7'de verilmektedir:

Tablo 5.6: P25 V1 Düzeltme Faktörleri ve Sonuç Puanlar

Düzeltme Faktörleri	İstanbul Binası	BKR-N-002	BKR-C-005	Denizli Binası
f_1	1,00	1,00	0,98	1,00
f_2	1,00	1,00	0,96	1,00
f_3	0,92	1,00	1,00	1,00
f_4	1,00	1,00	1,00	1,00
f_5	0,96	1,00	1,00	1,00
f_6	0,92	1,00	0,96	1,00
f_7	1,00	1,00	1,00	1,00
f_8	1,00	1,00	1,00	1,00
f_9	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{10}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{11}	0,80	0,90	0,90	0,90
f_{12}	1,00	0,75	0,86	0,92
f_{13}	0,92	1,00	1,00	0,89
f_{14}	0,71	0,71	0,84	0,71
f_{15}	0,71	1,00	1,00	1,00
f_{16}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{17}	0,92	0,96	0,92	1,00
f_{18}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{19}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{20}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{21}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{22}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{23}	0,96	1,00	0,98	1,00
f_{24}	0,96	1,00	0,98	1,00
f_{25}	1,00	0,98	0,98	1,00
Hesaplanan Değerler	İstanbul Binası	BKR-N-002	BKR-C-005	Denizli Binası
C_A	14489,32	15927,12	10974,94	12950,20
C_I	23422,08	23926,26	13841,08	20715,90
t_0	420,00	583,20	583,20	317,33
Sonuç Puan	23	61	22	52

Tablo 5.7: P25 V2 Düzeltme Faktörleri ve Sonuç Puanlar

Düzeltilme Faktörleri	İstanbul Binası	BKR-N-002	BKR-C-005	Denizli Binası
f_1	1,00	1,00	0,95	1,00
f_2	1,00	1,00	0,90	1,00
f_3	0,90	1,00	1,00	1,00
f_4	1,00	1,00	1,00	1,00
f_5	0,90	1,00	1,00	1,00
f_6	1,00	1,00	1,00	1,00
f_7	1,00	1,00	0,90	1,00
f_8	0,90	1,00	1,00	1,00
f_9	0,63	0,84	0,84	0,84
f_{10}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{11}	0,71	0,84	0,84	0,71
f_{12}	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{13}	0,85	0,85	0,85	0,85
f_{14}	0,92	0,95	0,95	0,95
Hesaplanan Değerler	İstanbul Binası	BKR-N-002	BKR-C-005	Denizli Binası
P_0	114	82	63	142
P_1	29	47	27	68
P_2	30	100	60	100
P_3	100	100	100	100
P_4	100	100	100	100
P_5	100	100	100	100
P_6	100	100	100	100
P_7	100	100	100	100
C_A	3364	4239	2545	2789
C_I	33422	37147	29101	27907
h_0	323	505	505	215
Sonuç Puan	29	47	27	68

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında, dört adet gerçek bina verisi ele alınarak 6 Mart 2007’de yürürlüğe giren DBYBHY’07 de önerilen “Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleri” ile deprem güvenliklerinin belirlenmesine yönelik sayısal uygulamalar yapılmıştır. Aynı binalar P25 Hızlı Değerlendirme yöntemi ile de ayrıca değerlendirmeye alınmış ve iki yöntemde de elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Örnek binalardan ikisi 1999 Marmara depremine maruz kalmış biri hasarsız, diğeri tamamen yıkılmış yapılardır, dolayısıyla bu iki yapının gerçek deprem performansı bilinmektedir. Her iki yöntem sonuçları ve gerçek durumlar aşağıda verilen Tablo 6.1 de özetlenmiştir.

Tablo 6.1: Her İki Yöntemin Sonuçları

Bina Adı	Gerçek Durum veya Daha Önce Yapılmış İncelemelerin Sonucu	DBYBHY’07 Yöntemi Sonucu	P25 Yöntemi Puanı	P25 V2 Yöntemi Puanı
İstanbul Örnek Binası	1975 Yönetmeliğine göre depreme karşı güvenli değil	Gerekli Performans Hedefini Sağlayamamaktadır	23	29
BKR_N_002	1999 Marmara depremi sonucu hasar almamış	Gerekli Performans Hedefini Sağlamaktadır	61	47
BKR_C_005	1999 Marmara depremi sonucu yıkılmış	Gerekli Performans Hedefini Sağlayamamaktadır	22	27
Denizli Örnek Binası	1997 Yönetmeliğine göre depreme karşı güvenli	Gerekli Performans Hedefini Sağlayamamaktadır	52	68

Tablo 6.1’de verilen sonuçlar her örnek bina için tek tek ele alınarak yorumlanacaktır.

İstanbul Örnek Binası:

Bina 1997 yılında İ.T.Ü Yapı Anabilim Dalı Öğretim Üyeleri tarafından incelenmiş, verilen teknik raporda binanın 1975 yönetmeliğini bile karşılamaktan uzak olduğu belirtilmiş ve güçlendirme önerisinde bulunulmuştur. Aynı şekilde DBYBHY'07 yönetmeliğinde önerilen yöntemle bakıldığında yapının gerekli performans hedefinden çok uzak bir noktada olduğu görülmüştür. P25 V1 yöntemi ile yapılan hesaplamalar sonucu yapı sonuç puanı 23 olarak bulunmuş ve güvenlik düzeyinin düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır. Ayrıca P25 V2 puanı ise 29 olarak hesaplanmıştır ki bu değerinde güvenlik sınırı olarak belirtilen 30 değerinin altındadır.

Ancak geometri bakımından ilk bakışta düzgün, eleman boyutları ve yerleşimi iyi sayılabilecek böyle bir yapının her üç yöntemde de benzer sonuç vermesinin nedenini belirlemek gerekmektedir. İlk neden kesinlikle bina beton kalitesinin düşük olmasıdır. DBYBHY'07'de mevcut beton dayanımı eleman kapasitelerini doğrudan etkilediği için, düşük beton dayanımı yüksek r_s katsayılarına neden olmaktadır. Bu da bina performansını düşüren en önemli etkidir. P25 yönteminde ise C10 beton sınıfının altında beton dayanımına sahip (bu binada olduğu gibi) binalarda f_{11} düzeltme katsayısı 0.80 alındığı için yapı toplam puanı önemli oranda azalmaktadır.

Bunun yanı sıra binada düşey eleman süreksizliği, korozyon ve yaygın şekilde kısa kolon bulunması gibi yapısal kusurların yanı sıra binanın periyodu ile uyumlu bir zemine oturması, tekil temellere sahip olması ve temel derinliğinin az olması gibi zemine durumuna bağlı kusurlara sahiptir. Bu kusurlar her iki yöntemde de hesabı etkilemektedir. Bina kullanım amacının okul olması nedeni ile bina önem katsayısı P25 hesaplarında kullanılmaktadır. Ancak yönetmelikte hem seçilen spektrum eğrisinin değişmesi, hem de kütle hesabında hareketli yük katılım katsayısının (n) yüksek bir değer alması, bina kullanım amacının yönetmelikte daha baskın şekilde hesabı etkileyebileceğini göstermektedir.

BKR_N_002 Örnek Binası:

Bu bina 1999 Marmara depremini yaşamış ve hasar almadan çıkmıştır. Bu nedenle yapı nasıl bir yöntemle incelenirse incelensin yapının gerekli deprem performansına sahip olduğu sonucunun elde edilmesi beklenmektedir. Tablo 6.1.'e bakıldığında

gerek DBYBHY'07 gerekse de P25 V1 ve p25 V2 için yapının gerçek durumla uyumlu bir sonuç verdiği açık şekilde ortadadır.

Bina düzgün bir geometriye sahip olup, y eksenine göre simetrik. Yapıda herhangi bir yapısal düzensizlik bulunmamaktadır. Bina beton kalitesi ülkemiz koşulları ve bina yaşı düşünüldüğünde ortalama değerleri yakalamaktadır. Zemin koşulları kötü ve yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olması P25 yönteminde puan kaybetmesine neden olmuştur. Tabi DBYBHY'07'de zemin sınıfı bir parametre olarak hesaplarda kullanılmasına rağmen yeraltı su seviyesinin düşük olması bu yöntemde göz ardı edilmektedir.

BKR_C_005 Örnek Binası:

Zemin koşulları ve malzeme değerleri BKR_N_002 örnek binasına çok yakın olmasına karşın BKR_C_005 örnek binası 1999 Marmara depreminde ne yazık ki yıkılmıştır. Bu nedenle yapı nasıl bir yöntemle incelenirse incelensin yapının gerekli deprem performansına sahip olmadığı sonucunun elde edilmesi beklenmektedir. Tablo 6.1.'e incelendiğinde DBYBHY'07 tarafından yapılan incelemede yapının beklenen performans düzeyini sağlamadığı bulunurken, P25 ile elde edilen sonuç bu kadar net değildir. Bina P25 puanı 15 ile 40 aralığına düştüğünden yapı belirsiz bölgededir ve daha detaylı incelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak P25 V2 yönteminde yapı puanı 27 olarak saptanmış ve güvenlik sınırı olarak tariflenen 30 puanın altında kalmıştır.

Zemin koşulları ve malzeme değerleri açısından birbirine çok benzeyen iki binadan biri hasar almazken neden BKR_C_005 yıkılmıştır? Bu sorunun yanıtı P25'te kullanılan düzeltme katsayılarıdır. Binada burulma çeşitli düzensizlikler –özellikle düzensizliği vardır. Ancak bu düzensizlik “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılamayacak seviyede değildir. Yapıda ilk katta döşemede büyük galeri boşlukları mevcuttur. Bu nedenle yapının rijit diyafram olarak çalışması bozulmuştur. Ayrıca yine ilk katta kısa kolonlar bulunmaktadır. Döşemede süreksizlikler bulunması ve yapının ilk katının yassı kirişler ile teşkil edilmiş olması ve diğer katlarda ise kolonların her iki doğrultuda kirişler ile tutulmaması gerçek bir çerçeve oluşmamasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmada binanın asıl göçme

nedeninin bu tip düzensizlikler olduğu tahmin edilmektedir. Sonuçta her iki yöntem de bu durumu saptayabilmektedir.

Denizli Örnek Binası:

Denizli örnek binası Temmuz 2000'de İ.T.Ü Uygulama Araştırma Merkezi tarafından incelenmiş ve sonuç olarak bir teknik rapor hazırlanmıştır, [25]. Bu teknik raporda bina hem 1975 hem de 1997 yönetmeliklerine uygun şekilde incelenmiştir. 1975 yönetmeliğine göre yapılan hesaplarda, tüm kolonların normal kuvvet, eğilme momenti ve kesme kuvveti taşıma kapasitelerinin yeterli olduğu belirtilmektedir. 1997 yönetmeliğine göre $R=6$ alınarak x yönünde etkiyen deprem kuvvetleri altında yapılan hesaplarda, eğilme momenti taşıma kapasiteleri %20 üstünde aşmış olan kolon sayısı tüm kolonların %26'sını kapsamakta olduğu, y yönünde ise bu değerin %15 olduğu saptanmıştır. Bu değerler ışığında yapının mevcut durumu ile kullanılabileceği sonucuna varılmaktadır.

Tez çalışmasında DBYBHY'07'ye göre $R=1$ alınarak yapılan hesaplarda ise bina kolonlarını alabileceği en büyük r_s değeri, sargılama olmaması nedeni ile 5'dir. Bu nedenle önceki çalışma ile bu çalışma birbiri ile kesit tesirleri açısından uyuşmakta fakat tesirlerin yorumlanması konusunda farklılık göstermektedir. DBYBHY'07'ye göre yapılan hesaplarda yapının performans hedefini sağlayamadığı görülmektedir. Bu sonuç Doğrusal Elastik yaklaşımın biraz muhafazakâr yönde olduğunu göstermektedir. Ancak binanın P25 V1 puanı için 52 gibi P25 V2 için 68 gibi, oldukça yüksek bir değer bulunmuştur. Bunun nedeni yapıda ciddi bir düzensizlik olmaması ve bina toplam yüksekliğinin az olmasıdır.

Buna karşın yapının malzeme kalitesi düşüktür ve gerek kolonlarında gerekse de kirişlerinde etriye aralıkları yeterli değildir. Bir de yapının bilgi düzeyinin sınırlı olduğu göz önüne alınırsa, mevcut malzeme dayanımları oldukça düşük değerlerde seyretmektedir. Bu nedenle yapı DBYBHY'07'ye göre güvensiz çıkmaktadır. Malzeme kalitesi ve sargılama gibi değerler yönetmelikte sonucu ciddi etkileyen parametrelerdir. Ancak P25 için bu denli etkin değillerdir.

Parametrik bir çalışma olarak Denizli Binasının malzeme kalitesinin C20 ve S420 olduğunu düşünelim. Bu durumda kolonlar için elde edilen sonuç değerler Tablo 6.2. de verilmektedir.

Tablo 6.2. Denizli Binası Arttırılmış Malzeme Dayanımı Sonuçları

Kolon No	rs katsayıları		Oran	Kolon No	rs katsayıları		Oran
	C14/BÇ1	C20/BÇIII			C14/BÇ1	C20/BÇIII	
C1	8,6	5,6	1,55	C12	10,3	6,6	1,56
C2	7,2	4,8	1,49	C13	6,7	4,6	1,45
C3	8,6	5,5	1,58	C14	7,3	4,4	1,63
C4	6,7	4,6	1,44	C15	6,5	4,4	1,47
C5	7,4	4,5	1,66	C16	6,9	4,7	1,44
C6	6,5	4,5	1,45	C17	6,5	4,4	1,49
C7	6,9	4,7	1,45	C18	6,6	4,5	1,45
C8	7,3	4,6	1,61	C19	10,2	6,3	1,62
C9	7,0	4,6	1,51	C20	9,6	5,9	1,62
C10	7,1	4,9	1,45	C21	9,6	6,0	1,60
C11	7,4	5,0	1,50	Ortalama			1,53

Bu tür bir malzeme artırımında kolon r_s katsayıları ortalama %53 oranda değiştiği görülmektedir. Yani kaba bir ifade ile yapı “DBYBHY’07’ye göre %53 oranında daha güvenli bir hale gelmektedir.” yorumu yapılabilir. Ancak P25 yönteminde aynı artım yapılacak olursa P puanında, f_{II} katsayısındaki değişimden dolayı, ancak %11 gibi bir artış söz konusu olacaktır.

Her iki yönteme de bakıldığı zaman P25 yönteminin binayı daha geniş bir açıdan değerlendirdiği söylenebilir. Bir binanın yapısal özelliklerinden heyelan riskine kadar geniş bir yelpazede tanımlanan düzeltme katsayıları sayesinde, yapının deprem performansı hakkında gerçek durum ve yönetmelikçe öngörülen değerlere yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu çalışmada ele alınan örnek binalarda, bölge sınırlarında yapılacak küçük düzeltmeler ile Denizli örnek binası hariç, diğer örnek binalar için gayet uygun sonuçlar verdiği saptanmıştır. Denizli örnek binasında ise kanımca yapı yüksekliğinin az olması P25 notunun yükselmesine neden olmaktadır.

Ayrıca P25 yöntemi için DBYBHY’07’de tariflenen *Hareketli Yük Katılım Katsayısı* “n” değerinin hesap yöntemine eklemesi önerilebilir. Hareketli yük bina toplam kütlelerini ve dolayısıyla deprem yükünü doğrudan etkilemektedir. Normal bir betonarme binada zati yüklerin hareketli yüklere oranı yaklaşık olarak 2’dir. Yani bir binada n değerinin 0,3 değil de 0.6 olması yapı toplam kütlelerini yaklaşık olarak %15

oranında arttırmaktadır. Aynı şekilde n değerinin 0.3 yerine 0.8 olması yapı kütlelerini yaklaşık olarak %20 oranında arttırmaktadır. Bu artış ise doğrudan deprem yükünü etkilemektedir. P25 V1 yönteminde kullanılan f_{15} katsayısı bina önem katsayısını kullanarak hesaplanmaktadır. Bu katsayı aşağıdaki tabloda verilen şekilde n değerine göre azaltılabilir.

Tablo 6.3: “ n ” Değerine Göre “ f_{15} ” Katsayısı

“ n ” Değeri	f_{15}
0,3	I^{-1}
0,6	$(1,15 I)^{-1}$
0,8	$(1,20 I)^{-1}$

Bu değerler İstanbul Örnek Binasında kullanıldığında P25 puanı 23’den 20’ye düşmektedir ve bu durum yapı göçme sınır değerine daha da yaklaşmış olacaktır. Tez çalışması süresince yapılan bu öneri 106M273 nolu TÜBİTAK Projesi araştırmacıları tarafından kabul görmüş ve Bölüm 3’de açıklandığı üzere P25 V2’de α katsayısı içine katılmıştır.

7. KAYNAKLAR

- [1] **ABYYHY, 1998** “*Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- [2] **DBYBHY, 2007** “*Afet Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*” Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara
- [3] **Bal, İ. E., 2005** “*Deprem Etkisindeki Betonarme Binaların Göçme Riskinin Hızlı Değerlendirme Yöntemleri İle Belirlenmesi*” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Mayıs 2005, İstanbul.
- [4] **Tezcan, S. S., Bal, İ. E., 2005** “*Sıfır Can Kaybı Projesi İstanbul’ un Kurtuluş Reçetesi*” Yapı Denetim Dergisi, Sayı 2005/03, Yapı Denetim Kuruluşları Birliği Derneği, Mart 2005, İstanbul.
- [5] **Tezcan, S. S., Gürsoy, M., Kaya, E., 2002** “*Depremde Can Kaybını Önleme Projesinin Tek Sorumlusu Devlettir*” Dünya İnşaat Dergisi, Sayı 2002-07, s. 107-111, Temmuz 2002.
- [6] **İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C. ve Şirin, S., 2003** “*Mevcut ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi ve Yapısal Çözümleme Sonuçlarının Karşılaştırılması*” Bildiri No. AT-119, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- [7] **Yağcıoğlu, A. A., 2003** “*Mevcut Bir Betonarme Binanın Yapısal Çözümlemesi ve Sismik İndeks Yöntemine Göre İncelenmesi*” Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Haziran 2003, İstanbul.
- [8] **Hassan, A. F., Sözen, M. A., 1997** “*Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes*” ACI Structural Journal, V. 94, No. 1, January-February 1997, pp. 31-39.
- [9] **Gülkan, P., Yakut, A., 1994** “*Mühendislik Hizmeti Görmüş Yapılar İçin Hasar Tespit Formu Hazırlanması*” ODTÜ Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi, Rapor No. 94-01, Ankara.

- [10] **Özdemir, P., Taşkın, B., Vatansever, C., Sezen, A., İlki, A., Güney, D., Boduroğlu, H., Taşkın, S., 2003** “*Kaynaşlı’ daki Bina Türü Yapılarda Düzce Depremi Sonrası Oluşan Hasarın İstatistiksel Değerlendirmesi*” Bildiri No. AT-120, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- [11] **Temur R., Öztörün N.K., 2005** “ *Hızlı Durum Tespit Yöntemi*” II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi 17-19 Kasım 2005, İstanbul
- [12] **FEMA 154, 1988** “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : A Handbook” *Federal Emergency Managment Agency*, Washington D.C., USA.
- [13] **FEMA 155, 1988** “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards : Supporting Documantation” *Federal Emergency Managment Agency*, Washington D.C., USA.
- [14] **Sucuoğlu H., Gür T., Günay M.S., 2004** “*Performans-Based Seismic Rehabilitation of Damaged Reinforced Concrete Buildings*” Journal of Structural Engineering © ASCE / October 2004 / 1485
- [15] **Bal İ. E., Tezcan S. S., Gülay G., 2006** “*P25 Scoring Method as a Rapid Assessment Technique for Defining the Collapse Vulnerability of Reinforced Concrete Buildings: Developing the Method*” Engineering Structures, (paper in progress to be published in Engineering Structures Journal)
- [16] **Bal İ.E., Tezcan S.S., Gülay F.G., 2007** “*Betonarme Binaların Göçme Riskinin Belirlenmesi İçin P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi*” Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı 16-20 Ekim 2007
- [17] **Bal İ.E., Özdemir Z., 2006** “*The Adverse Effects of Perimeter Frame Discontinuity on Earthquake Response of RC Buildings*”, Proceedings of the 7th International Congress on Advances in Civil Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey, 11-13 October.
- [18] **Tezcan S S and Akbaş R., 1996** “Deflection Criteria for Aseismic Design of Tall Buildings”, *Engineering Structures*, Elsevier Publications, (18)12: 957-966.
- [19] **TS 10465, “Betonarme Deney Metodları”** Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[20] TS 500, 2000 “Betoanarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[21] Çakıroğlu, A. ve Özer, E., 1990 Dikdörtgen ve daire betonarme kesitlerde taşıma gücü formülleri ve yaklaşık mertebeleri, *İ.M.O. Teknik Dergi*, 1, 1, 25-48.

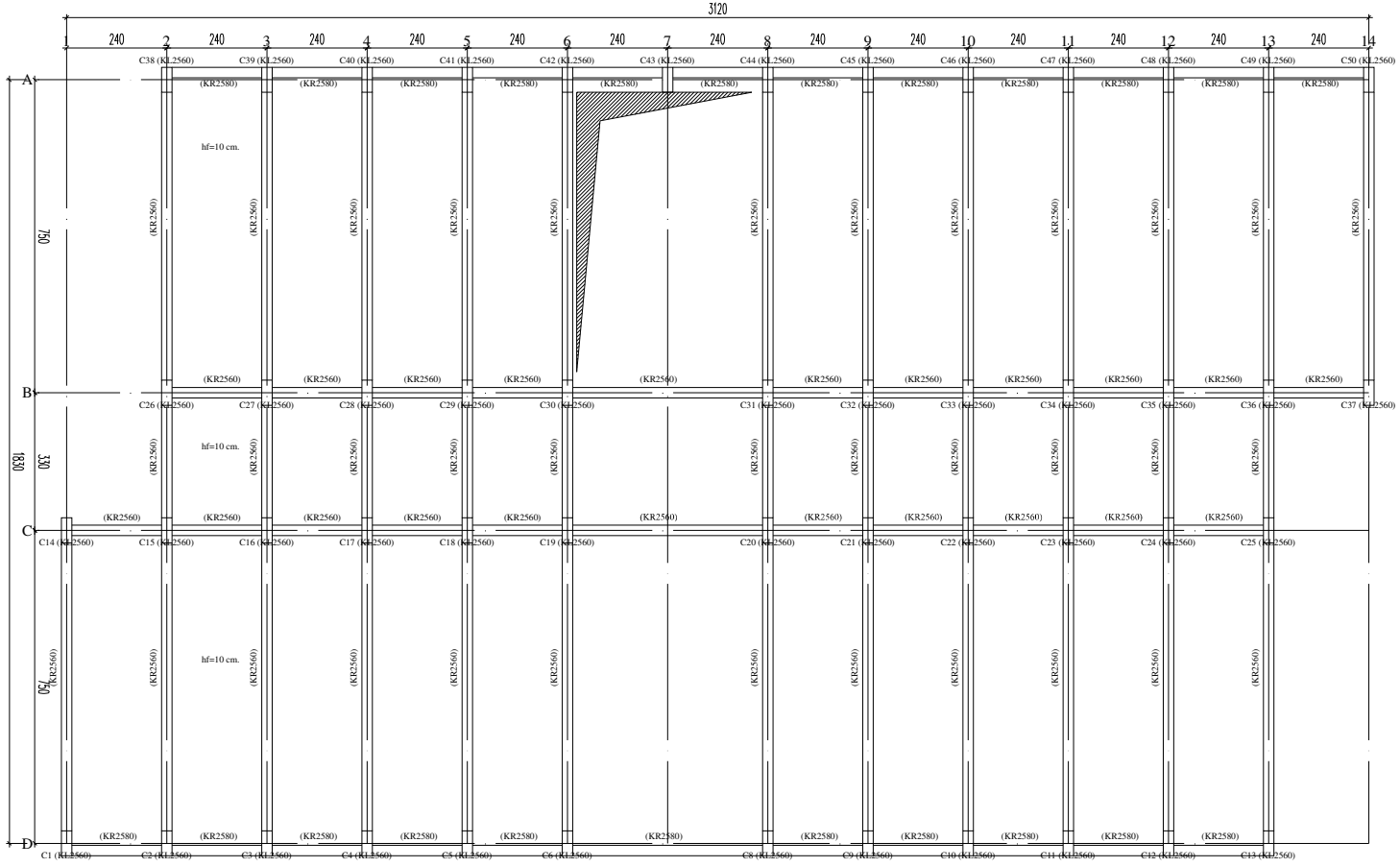
[22] Aydoğan M., Altan M., Özkul H. 1997 “İstanbul Kadıköy 60. Yıl Anadolu İlköğretim Okulu’na Yapılacak Kat İlavesi Hakkında Teknik Rapor” İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Yapı Ana Bilim Dalı.

[23] Kadıköy İlçesi Belediye Başkanlığı Çevre Koruma Müdürlüğünce Hazırlanan Zemin Etüt Raporu, Temmuz 2006

[24] Gülay G. 2007 “60. Yıl Anadolu İlköğretim Okulu A Blok Yapısının Deprem Güvenliği Konusunda Teknik Rapor” İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Yapı Ana Bilim Dalı.

[25] Hasgür Z., Taşkın B. 2000 “Türkiye İş Bankası Şube ve Hizmet Binalarının Deprem Güvenliği Tespiti Projesi” Bina Referans no. İ.T.Ü-20-141

EKLER



Şekil 8.1: İstanbul Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Ek_B

Tablo 8.1: İstanbul Örnek Binası Kritik Kirişleri Hasar Bölgeleri

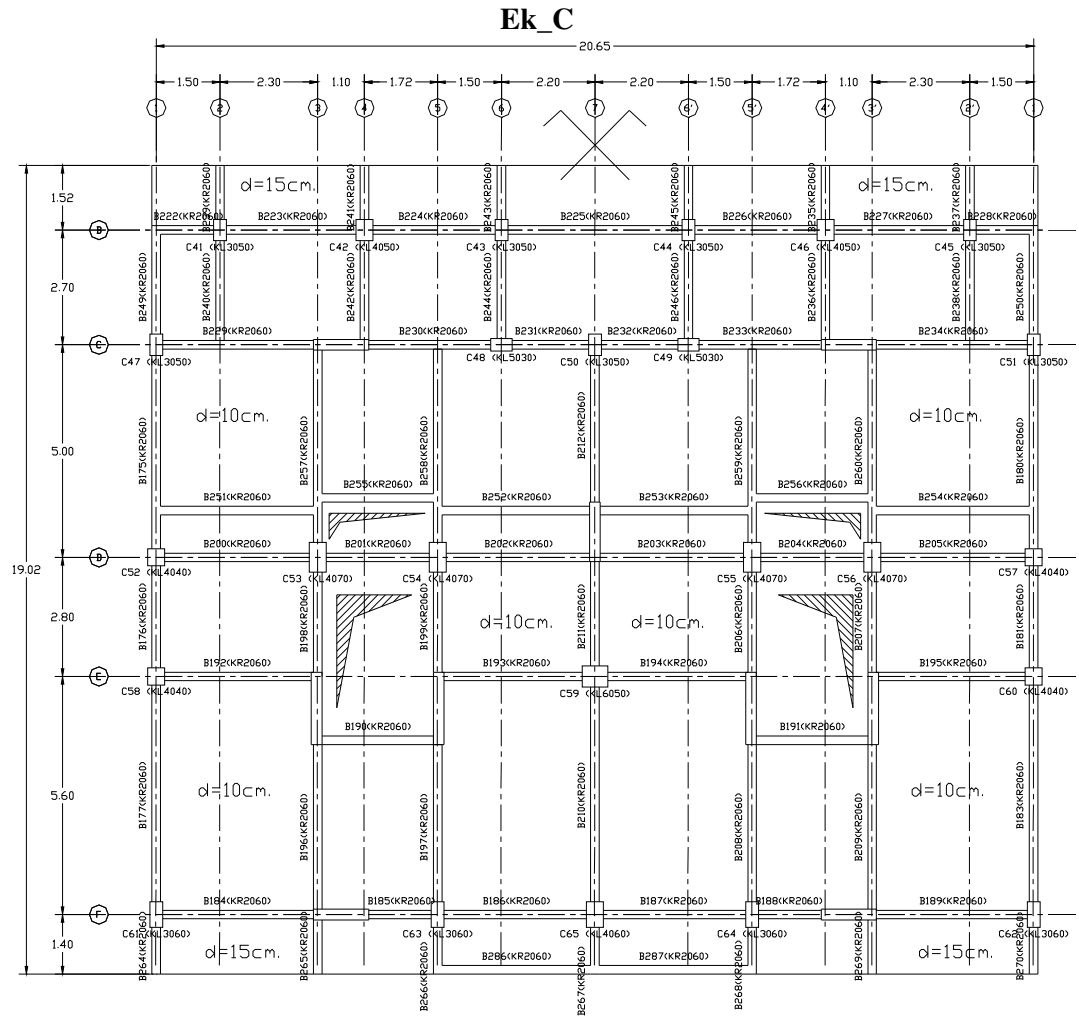
Kat	Kiriş	b (mm)	d (mm)	Sağ uç		Sol uç		Kiriş sönüklülüğü	Sargılama	ρ_p/ρ_b	V _{el} /b ³ d ³ /cm	r	Hasar Bölgesi
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B1	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	2,0	GV
Zemin kat	B2	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,6	MN
Zemin kat	B3	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,7	MN
Zemin kat	B4	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,6	MN
Zemin kat	B5	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,21	2,3	GV
Zemin kat	B6	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,30	2,0	MN
Zemin kat	B7	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,25	2,0	MN
Zemin kat	B8	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,21	2,3	GV
Zemin kat	B9	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,6	MN
Zemin kat	B10	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,7	MN
Zemin kat	B11	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,6	MN
Zemin kat	B12	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	2,0	GV
Zemin kat	B14	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,12	3,1	GV
Zemin kat	B15	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,0	MN
Zemin kat	B16	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,0	MN
Zemin kat	B17	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,0	MN
Zemin kat	B18	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,15	3,4	GV
Zemin kat	B21	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,15	3,4	GV
Zemin kat	B22	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,0	MN
Zemin kat	B23	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,0	MN
Zemin kat	B24	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,0	MN
Zemin kat	B25	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,8	GV
Zemin kat	B28	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,4	GV
Zemin kat	B29	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B30	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B31	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,0	MN
Zemin kat	B34	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	2,0	MN
Zemin kat	B35	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B36	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B37	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B38	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,13	1,6	MN
Zemin kat	B39	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,12	2,5	GV
Zemin kat	B41	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,6	MN
Zemin kat	B42	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,0	MN
Zemin kat	B43	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B44	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B45	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,0	MN
Zemin kat	B46	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B47	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B48	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B49	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B50	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	0,0	MN
Zemin kat	B51	250	800	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	Yok	0,25	0,18	1,0	MN

Kat	Kırık	b (mm)	d (mm)	Sağ uç		Sol uç		Kırık sönüklü	Sargılama	ρ % γ_{sb}	V _{el} /b _w *d* γ_{olm}	r	Hasar Sınıfı >GÇ
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B52	250	600	3ø16	2ø14+3ø16	3ø16	2ø14+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,18	1,5	MN
Zemin kat	B53	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,09	18,1	>GÇ
Zemin kat	B56	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	36,1	>GÇ
Zemin kat	B57	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,10	7,0	>GÇ
Zemin kat	B58	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,09	8,5	>GÇ
Zemin kat	B59	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	31,2	>GÇ
Zemin kat	B60	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,11	7,2	>GÇ
Zemin kat	B61	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	26,8	>GÇ
Zemin kat	B62	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	27,0	>GÇ
Zemin kat	B63	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,11	6,2	>GÇ
Zemin kat	B64	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	23,3	>GÇ
Zemin kat	B65	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	23,0	>GÇ
Zemin kat	B66	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,11	5,3	GÇ
Zemin kat	B67	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	19,9	>GÇ
Zemin kat	B68	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	19,6	>GÇ
Zemin kat	B69	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,11	4,7	GÇ
Zemin kat	B70	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,09	5,8	>GÇ
Zemin kat	B71	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,15	27,5	MN
Zemin kat	B74	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	11,1	>GÇ
Zemin kat	B75	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,05	2,6	GV
Zemin kat	B76	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,22	3,2	GV
Zemin kat	B77	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	6,8	>GÇ
Zemin kat	B78	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,05	1,5	MN
Zemin kat	B79	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,21	5,6	>GÇ
Zemin kat	B80	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	5,4	GÇ
Zemin kat	B81	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,05	1,3	MN
Zemin kat	B82	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,20	5,1	GÇ
Zemin kat	B83	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	7,4	>GÇ
Zemin kat	B84	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,05	1,8	MN
Zemin kat	B85	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,24	7,0	>GÇ
Zemin kat	B86	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,14	9,3	>GÇ
Zemin kat	B87	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,05	2,3	GV
Zemin kat	B88	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,28	9,0	>GÇ
Zemin kat	B89	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,09	3,0	GÇ
Zemin kat	B90	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,04	2,7	GV
Zemin kat	B91	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,31	10,9	>GÇ
Zemin kat	B94	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,09	3,7	GÇ
Zemin kat	B96	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,19	3,1	GV
Zemin kat	B97	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,11	1,4	MN
Zemin kat	B98	250	600	3ø16	2ø10+3ø16	3ø16	2ø10+3ø16	Sönük	yok	0,25	0,06	0,7	MN

Tablo 8.2: İstanbul Örnek Binası Kritik Kolonları Hasar Bölgeleri

Kat	Kolon	b _x (mm)	b _y (mm)	Kolon Donatısı			kolon sönüklüğü	Sargılama	Nk/Ac *10m	Val/bw*d ³ /fct m	α	γ_y	Hasar Sınıfı	
													x yönü	y yönü
Zemin kat	C1	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,11	0,28	50,8	12,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C2	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,12	0,28	58,4	9,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C5	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,18	0,31	44,3	12,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C6	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	7,7	7,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C7	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,19	0,32	7,9	6,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C8	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,17	0,31	2,9	5,3	GV	>GÇ
Zemin kat	C9	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,18	0,31	59,3	12,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C10	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,30	0,33	5,7	7,6	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C11	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,27	0,34	5,4	6,5	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C12	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,23	0,34	2,6	5,0	GV	>GÇ
Zemin kat	C13	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,18	0,31	34,2	12,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C14	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,30	0,34	4,9	7,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C15	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,27	0,34	7,2	6,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C16	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,24	0,34	2,2	4,9	GV	>GÇ
Zemin kat	C17	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,15	0,30	50,9	12,8	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C18	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,27	0,34	4,0	7,6	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C19	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	6,0	6,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C20	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,24	0,34	1,6	4,9	MN	>GÇ
Zemin kat	C21	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,20	0,34	22,1	12,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C22	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,30	0,27	4,7	13,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C23	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,34	0,31	5,9	9,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C24	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	0,7	5,0	MN	>GÇ
Zemin kat	C28	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,14	0,29	1,7	5,7	MN	>GÇ
Zemin kat	C29	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,20	0,34	12,5	12,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C30	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,41	0,26	2,4	14,0	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C31	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,34	0,31	2,4	9,6	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C32	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	0,4	5,0	MN	>GÇ
Zemin kat	C33	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,15	0,30	9,9	12,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C34	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,20	0,34	1,0	7,6	MN	>GÇ
Zemin kat	C35	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,26	0,34	1,6	6,4	MN	>GÇ
Zemin kat	C36	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,20	0,32	1,1	5,2	MN	>GÇ
Zemin kat	C37	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,18	0,31	6,6	12,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C38	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,27	0,34	1,6	7,6	MN	>GÇ
Zemin kat	C39	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	2,6	6,3	GV	>GÇ
Zemin kat	C40	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,19	0,32	1,9	5,3	GV	>GÇ
Zemin kat	C41	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,18	0,31	5,6	12,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C42	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,27	0,34	2,2	7,6	GV	>GÇ
Zemin kat	C43	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	2,6	6,3	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C44	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,19	0,32	2,7	5,3	GV	>GÇ
Zemin kat	C45	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,19	0,32	10,5	12,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C46	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,20	0,34	2,7	7,6	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C47	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,25	0,34	4,6	6,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C48	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,19	0,32	3,5	5,3	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C49	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,13	0,29	12,7	12,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C50	250	600	8	Ø	16	S0nek	yok	0,17	0,31	3,5	6,0	GÇ	>GÇ

Kat	Kolon	bx (mm)	by (mm)	Kolon Donatısı	kolon sönüklüğü	Sargılama	NK/As ⁺ /cm	V _e /bw*d ² /t ² /m	α	η _y	Hasar Sınırı	
											x yönü	y yönü
Zemin kat	C51	250	600	8 φ 16	Sönük	yok	0,22	0,34	5,8	6,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C52	250	600	8 φ 16	Sönük	yok	0,19	0,32	4,2	5,3	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C55	250	600	8 φ 16	Sönük	yok	0,14	0,29	4,2	6,9	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C56	250	600	8 φ 16	Sönük	yok	0,16	0,31	3,7	5,3	GÇ	>GÇ



Şekil 8.2: BKR_N_002 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Ek_D

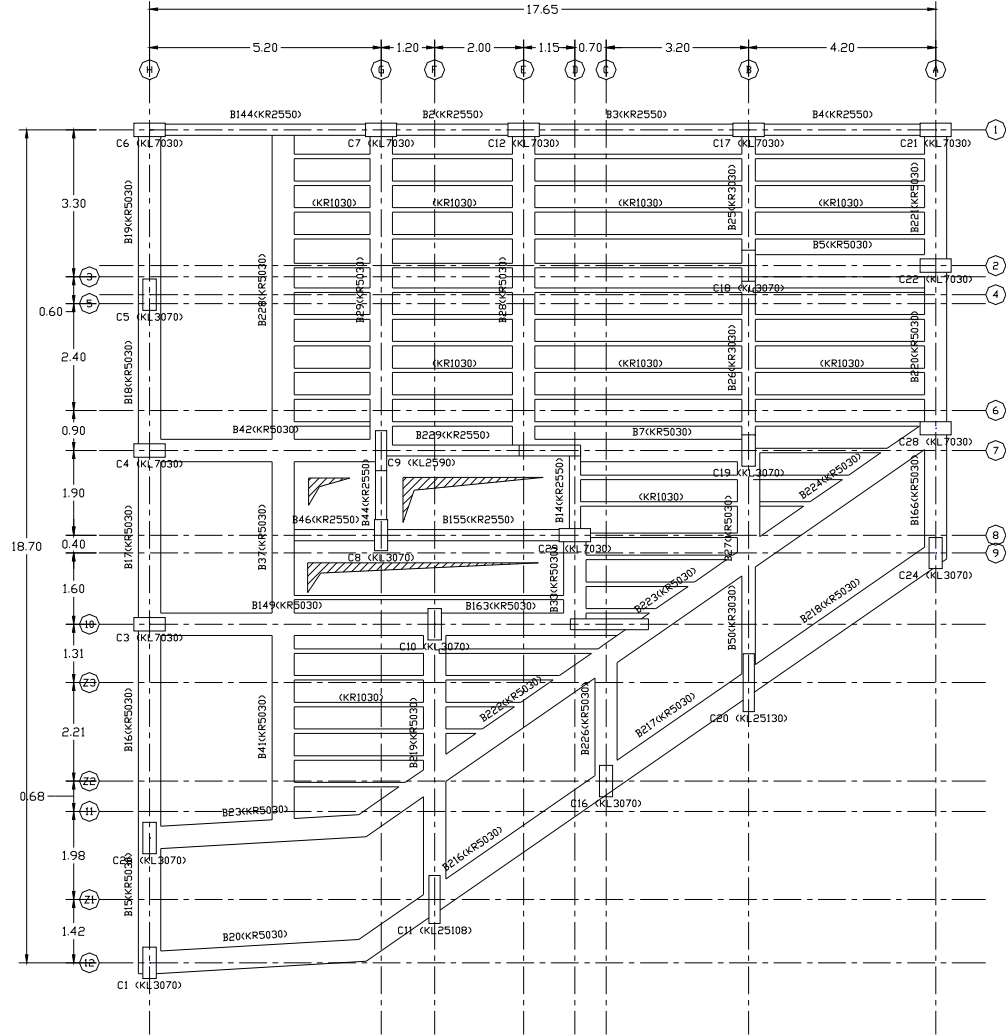
Tablo 8.3: BKR_N_002 Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri

Kat	Kiriş	b (mm)	d (mm)	Sağ uç		Sol uç		Kiriş sünekliği	Sargılama	ρ_{Tpb}	V _{bw} /d'İctm	r	Hasar Sınırı
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B175	200	600	7ø12+3ø16	4ø14+2ø16	2ø12+2ø16	4ø12+4ø16	Sünek	var	0,33	0,20	0,9	MN
Zemin kat	B176	200	600	2ø12+3ø16	5ø12+3ø16	4ø12+3ø16	7ø12+3ø16	Sünek	var	0,27	0,25	1,2	MN
Zemin kat	B177	200	600	2ø12+3ø16	4ø12+2ø16	4ø12+2ø16	5ø12+3ø16	Sünek	var	0,20	0,16	1,5	MN
Zemin kat	B184	200	600	2ø12+3ø16	4ø12+3ø16	3ø12	4ø12	Sünek	var	0,11	0,16	4,1	GV
Zemin kat	B185	200	600	3ø12	4ø12	3ø12+1ø16	4ø12+4ø16	Sünek	var	0,20	0,28	3,8	GV
Zemin kat	B186	200	600	3ø12+1ø16	4ø12+4ø16	4ø12	8ø12	Sünek	var	0,20	0,12	1,2	MN
Zemin kat	B190	200	600	3ø12	4ø12	2ø12	4ø12	Sünek	var	0,11	0,12	3,4	GV
Zemin kat	B192	200	600	2ø12+7ø16	4ø12+7ø16	2ø12+5ø16	3ø12+5ø16	Sünek	var	0,42	0,24	1,0	MN
Zemin kat	B193	200	600	2ø12+5ø16	3ø12+5ø16	4ø12+3ø16	4ø12+3ø16	Sünek	var	0,31	0,26	1,3	MN
Zemin kat	B196	200	600	2ø12+2ø16	3ø12+2ø16	2ø12+3ø16	4ø12+3ø16	Sünek	var	0,18	0,18	3,9	GV
Zemin kat	B197	200	600	2ø12+2ø16	3ø12+5ø16	2ø12+3ø16	3ø12+3ø16	Sünek	var	0,31	0,21	2,4	MN
Zemin kat	B198	200	600	2ø12+3ø16	4ø12+3ø16	2ø12+3ø16	4ø12+4ø16	Sünek	var	0,30	0,25	3,1	GV
Zemin kat	B199	200	600	2ø12+3ø16	3ø12+3ø16	4ø12	5ø12+5ø16	Sünek	var	0,22	0,25	2,7	MN
Zemin kat	B200	200	600	2ø12+7ø16	3ø12+7ø16	2ø12+4ø16	6ø12+5ø16	Sünek	var	0,41	0,24	1,1	MN
Zemin kat	B201	200	600	2ø12+4ø16	6ø12+5ø16	2ø12+5ø16	6ø12+5ø16	Sünek	var	0,41	0,28	1,3	MN
Zemin kat	B202	200	600	2ø12+5ø16	6ø12+5ø16	2ø12+2ø16	3ø12+2ø16	Sünek	var	0,43	0,19	1,6	MN
Zemin kat	B210	200	600	2ø12+5ø16	2ø12+4ø16	4ø12+3ø16	5ø12+5ø16	Sünek	var	0,35	0,23	1,0	MN
Zemin kat	B211	200	600	4ø12+3ø16	5ø12+5ø16	2ø12	4ø12	Sünek	var	0,50	0,28	2,4	MN
Zemin kat	B212	200	600	2ø12	4ø12	2ø12+4ø16	3ø12+5ø16	Sünek	var	0,13	0,17	3,7	GV
Zemin kat	B223	200	600	2ø12+2ø16	3ø12+3ø16	2ø12+2ø16	4ø12+3ø16	Sünek	var	0,26	0,19	1,3	MN
Zemin kat	B224	200	600	2ø12+2ø16	4ø12+3ø16	4ø12	4ø12	Sünek	var	0,29	0,16	2,8	MN
Zemin kat	B225	200	600	4ø12	4ø12	4ø12	4ø12	Sünek	var	0,13	0,12	2,0	MN
Zemin kat	B229	200	600	4ø12+3ø16	3ø12+3ø16	2ø12+3ø16	4ø12+3ø16	Sünek	var	0,26	0,19	3,5	GV
Zemin kat	B230	200	600	2ø12+3ø16	4ø12+3ø16	3ø12+5ø16	3ø12+3ø16	Sünek	var	0,29	0,30	4,2	GV
Zemin kat	B231	200	600	3ø12+6ø16	3ø12+8ø16	7ø16	4ø12+3ø16	Sünek	var	0,54	0,33	0,9	MN
Zemin kat	B240	200	600	2ø12	3ø12	2ø12+4ø16	3ø12+5ø16	Sünek	var	0,11	0,18	4,9	GV
Zemin kat	B242	200	600	2ø12+2ø16	3ø12+2ø16	2ø12+1ø16	3ø12+1ø16	Sünek	var	0,22	0,15	2,8	MN
Zemin kat	B244	200	600	3ø12	3ø12+3ø16	2ø12+5ø16	3ø12+8ø16	Sünek	var	0,27	0,25	1,6	MN
Zemin kat	B249	200	600	2ø12+2ø16	4ø12+4ø16	2ø12	3ø12	Sünek	var	0,37	0,16	0,5	MN
Zemin kat	B251	200	600	3ø12	4ø12	2ø12	4ø12	Sünek	var	0,14	0,12	0,9	MN
Zemin kat	B252	200	600	3ø12	3ø12	4ø12	4ø12	Sünek	var	0,10	0,11	2,2	MN
Zemin kat	B255	200	600	2ø12	3ø12	2ø12	3ø12	Sünek	var	0,09	0,09	0,7	MN
Zemin kat	B257	200	600	2ø12+2ø16	4ø12+4ø16	2ø12+4ø16	2ø12+4ø16	Sünek	var	0,26	0,24	1,0	MN
Zemin kat	B258	200	600	4ø12	5ø12+5ø16	2ø12	2ø12+3ø14	Sünek	var	0,43	0,22	2,1	MN
Zemin kat	B286	200	600	2ø12	3ø12	4ø12	3ø12	Sünek	var	0,25	0,03	0,3	MN

Tablo 8.4: BKR_N_002 Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri

Kat	Kolon	bx (mm)	by (mm)	Kolon Donatısı			kolon sönüklülü	Sargılama	NNAo *lcm	V _o /b _w *d*lcm	rx	ry	Hasar Sınıfı	
													x yönü	y yönü
Zemin kat	C41	300	500	10	⊕	14	Sönük	var	0,56	0,19	3,1	4,9	GV	GV
Zemin kat	C42	400	500	10	⊕	16	Sönük	var	0,47	0,18	3,2	3,8	GV	GV
Zemin kat	C43	500	500	10	⊕	16	Sönük	var	0,41	0,22	1,7	1,6	MH	MH
Zemin kat	C47	300	500	10	⊕	16	Sönük	var	0,55	0,17	4,6	3,7	GV	GV
Zemin kat	C48	500	300	12	⊕	16	Sönük	var	0,53	0,26	2,0	4,4	MH	GV
Zemin kat	C50	300	500	14	⊕	16	Sönük	var	0,48	0,31	2,7	3,0	GV	GV
Zemin kat	C52	400	400	12	⊕	16	Sönük	var	0,55	0,16	3,1	3,6	GV	GV
Zemin kat	C53	400	700	14	⊕	16	Sönük	var	0,46	0,28	4,4	4,4	GV	GV
Zemin kat	C54	400	700	14	⊕	16	Sönük	var	0,43	0,31	3,9	3,9	GV	GV
Zemin kat	C58	400	400	12	⊕	16	Sönük	var	0,51	0,18	2,8	2,9	GV	GV
Zemin kat	C59	500	500	20	⊕	16	Sönük	var	0,34	0,35	2,6	3,0	GV	GV
Zemin kat	C61	300	500	10	⊕	16	Sönük	var	0,50	0,27	2,9	3,7	GV	GV
Zemin kat	C63	300	500	10	⊕	16	Sönük	var	0,68	0,24	3,5	5,5	GV	GV
Zemin kat	C65	400	500	16	⊕	16	Sönük	var	0,49	0,30	2,5	3,6	GV	GV

Ek_E



Şekil 8.3: BKR_C_005 Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

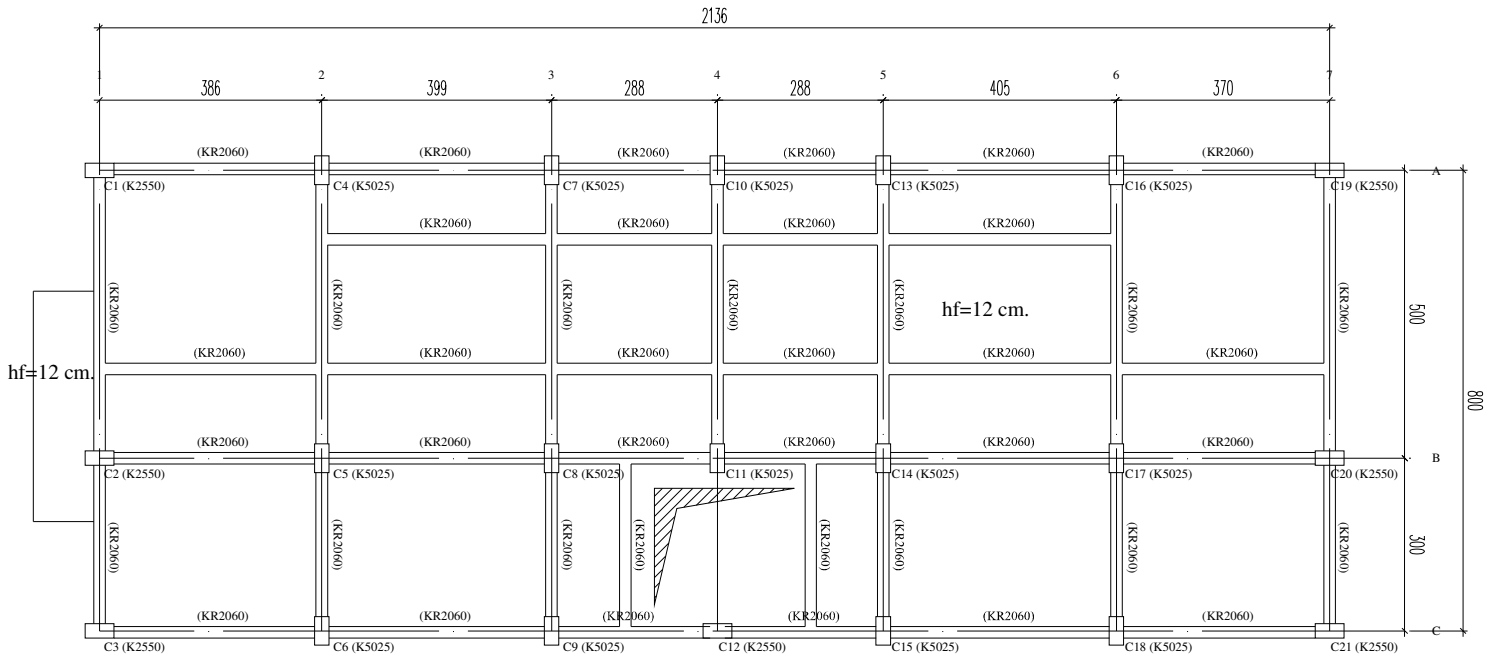
Ek_F

Tablo 8.5: BKR_C_005 Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri

Kat	Kiriş	b (mm)	d (mm)	Sağ uç		Sol uç		Kiriş sönümlüğü	Sargılama	ρ_p/ρ_b	$V_u/bw'd' \cdot \cot \theta$	r	Hasar Sınıfı
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B2	250	500	6ø12	5ø12+1ø14	7ø12	8ø12	Sönük	var	0,19	0,14	3,2	GV
Zemin kat	B3	250	500	7ø12	8ø12	4ø12+1ø14	9ø12	Sönük	var	0,24	0,12	2,1	MH
Zemin kat	B4	250	500	4ø12+1ø14	9ø12	6ø12	8ø12	Sönük	var	0,27	0,12	3,0	MH
Zemin kat	B5	250	500	2ø12+2ø14	2ø12+3ø14	6ø12	2ø12+3ø14	Sönük	var	0,18	0,11	0,8	MH
Zemin kat	B7	500	300	4ø12	5ø12	4ø12	5ø12	Sönük	var	0,15	0,05	3,8	GV
Zemin kat	B14	250	500	8ø12	5ø12	4ø12	2ø12+1ø14	Sönük	var	0,15	0,13	5,2	GV
Zemin kat	B15	500	300	2ø12	4ø12	4ø12	8ø12	Sönük	var	0,12	0,06	9,6	>GÇ
Zemin kat	B16	500	300	4ø12	8ø12	2ø12	4ø12	Sönük	var	0,23	0,07	11,5	>GÇ
Zemin kat	B17	500	300	2ø12	4ø12	2ø12	4ø12	Sönük	var	0,11	0,06	11,0	>GÇ
Zemin kat	B18	500	300	5ø12	4ø12+2ø14	8ø12	4ø12+5ø14	Sönük	var	0,19	0,09	5,6	GV
Zemin kat	B19	500	300	8ø12	4ø12+7ø14	8ø12	4ø12+7ø14	Sönük	var	0,37	0,11	2,8	MH
Zemin kat	B20	500	300	4ø12+6ø14	10ø12+4ø14	2ø12+5ø14	3ø12+5ø14	Sönük	var	0,44	0,10	2,7	MH
Zemin kat	B25	300	300	4ø12	8ø14	6ø12	4ø12+2ø14	Sönük	var	0,32	0,15	1,7	MH
Zemin kat	B26	300	300	6ø12	5ø12+4ø14	4ø12	8ø14	Sönük	var	0,31	0,16	1,2	MH
Zemin kat	B28	500	300	3ø14	3ø12+2ø14	3ø14	5ø12+3ø14	Sönük	var	0,17	0,13	2,0	MH
Zemin kat	B29	500	300	7ø12	11ø14+7ø14	9ø12	5ø12	Sönük	var	0,49	0,13	6,6	GÇ
Zemin kat	B33	500	300	4ø12	2ø12+1ø14	8ø12	5ø12	Sönük	var	0,11	0,08	5,8	GV
Zemin kat	B42	500	300	4ø12	6ø12+4ø14	2ø12	6ø12	Sönük	var	0,35	0,09	1,2	MH
Zemin kat	B43	250	500	4ø12+1ø14	5ø14	4ø12+4ø14	8ø14	Sönük	var	0,21	0,13	2,7	MH
Zemin kat	B44	250	500	4ø12	5ø12	7ø12	11ø12+4ø14	Görnek	var	0,15	0,48	5,1	Görnek
Zemin kat	B46	250	500	2ø12	6ø14	2ø12	6ø14	Sönük	var	0,24	0,14	1,7	MH
Zemin kat	B120	500	300	4ø12+1ø14	12ø12	4ø12+6ø14	10ø12+4ø14	Sönük	var	0,14	0,09	7,4	GÇ
Zemin kat	B144	250	500	4ø12	5ø12+6ø14	6ø12	5ø12+1ø14	Sönük	var	0,34	0,12	1,7	MH
Zemin kat	B149	500	300	4ø12	7ø12+6ø14	4ø12+1ø14	12ø12	Sönük	var	0,45	0,10	1,5	MH
Zemin kat	B155	250	500	2ø12	7ø12+6ø14	2ø12+2ø14	6ø14	Sönük	var	0,27	0,10	2,3	MH
Zemin kat	B166	500	300	6ø12	8ø14	4ø12+1ø14	2ø12+2ø14	Sönük	var	0,36	0,09	6,2	GÇ
Zemin kat	B216	500	300	4ø12	3ø14	4ø12	2ø14	Sönük	var	0,15	0,03	35,6	>GÇ
Zemin kat	B217	500	300	2ø12	4ø12	2ø12	4ø12	Sönük	var	0,13	0,06	15,3	>GÇ
Zemin kat	B218	500	300	2ø14	2ø12+3ø14	2ø14	2ø12+2ø14	Sönük	var	0,14	0,06	8,7	>GÇ
Zemin kat	B219	500	300	2ø12+5ø14	2ø12+11ø14	2ø12+5ø14	2ø12+9ø14	Sönük	var	0,44	0,12	1,6	MH
Zemin kat	B220	500	300	2ø12	4ø12	4ø12	8ø12	Sönük	var	0,17	0,10	17,8	>GÇ
Zemin kat	B221	500	300	4ø12	8ø12	2ø12	4ø12	Sönük	var	0,25	0,09	8,7	>GÇ

Tablo 8.6: BKR_C_005 Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri

Kat	Kolon	bx (mm)	by (mm)	Kolon Donatısı			kolon sünekli(ö)	Sargılama	M _u /Ac *fcm	V _u /b*w*d*fcm	rx	ry	Hasar Sınırı	
													x yönü	y yönü
Zemin kat	C1	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,47	0,39	19,1	21,7	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C3	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,61	0,18	32,5	36,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C4	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,54	0,28	18,9	7,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C5	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,35	0,32	14,6	1,0	>GÇ	MH
Zemin kat	C6	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,39	0,47	9,2	8,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C7	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,50	0,34	14,2	11,8	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C8	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,53	0,30	17,8	6,9	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C9	250	900	16	⊕	14	Sünek	var	0,55	0,33	31,7	4,0	>GÇ	GV
Zemin kat	C10	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,60	0,20	27,1	16,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C11	250	1080	18	⊕	14	Sünek	var	0,61	0,25	51,6	33,5	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C12	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,51	0,34	9,3	12,9	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C16	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,52	0,35	8,2	14,5	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C17	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,50	0,29	3,2	8,6	GV	>GÇ
Zemin kat	C18	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,54	0,29	9,9	5,2	>GÇ	GÇ
Zemin kat	C19	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,62	0,17	19,8	10,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C20	250	1300	24	⊕	16	Sünek	var	0,42	0,77	12,9	7,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C21	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,44	0,45	6,0	8,1	GÇ	>GÇ
Zemin kat	C22	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,51	0,33	9,8	6,8	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C24	300	700	16	⊕	14	Sünek	var	0,49	0,35	15,9	6,6	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C26	300	700	14	⊕	14	Sünek	var	0,43	0,43	18,3	11,4	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C28	700	300	14	⊕	14	Sünek	var	0,50	0,34	10,8	4,4	>GÇ	GÇ



Şekil 8.4: Denizli Örnek Binası Normal Kat Kalıp Planı

Ek_H

Tablo 8.7: Denizli Örnek Binası Kritik Kat Kirişleri Hasar Bölgeleri

Kat	Kiriş	b (mm)	d (mm)	Sağ uç		Sol uç		Kiriş eksenli	Sargılama	ρ_{Tpb}	Vel/bw'd'icm	r	Hasar Sınırı
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B50	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	1,1	MH
Zemin kat	B51	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,02	0,3	MH
Zemin kat	B52	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,03	0,6	MH
Zemin kat	B53	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	1,0	MH
Zemin kat	B54	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,03	43,2	>GÇ
Zemin kat	B55	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	11,5	>GÇ
Zemin kat	B107	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,08	28,8	>GÇ
Zemin kat	B108	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	1,4	MH
Zemin kat	B109	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,04	0,4	MH
Zemin kat	B110	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,03	0,6	MH
Zemin kat	B111	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	0,9	MH
Zemin kat	B112	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	1,2	MH
Zemin kat	B113	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,07	7,4	>GÇ
Zemin kat	B114	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,11	11,9	>GÇ
Zemin kat	B115	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	40,3	>GÇ
Zemin kat	B116	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,11	26,5	>GÇ
Zemin kat	B117	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,07	243,7	>GÇ
Zemin kat	B118	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,10	280,2	>GÇ
Zemin kat	B119	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	4,1	GÇ
Zemin kat	B120	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,10	285,7	>GÇ
Zemin kat	B121	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	22,6	>GÇ
Zemin kat	B122	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,12	44,1	>GÇ
Zemin kat	B123	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	34,2	>GÇ
Zemin kat	B124	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	24,9	>GÇ
Zemin kat	B125	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,03	116,3	>GÇ
Zemin kat	B127	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,08	32,3	>GÇ
Zemin kat	B128	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,09	3,1	GÇ
Zemin kat	B129	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	30,3	>GÇ
Zemin kat	B130	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,06	26,9	>GÇ
Zemin kat	B131	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,09	2,4	GV
Zemin kat	B132	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,08	21,1	>GÇ
Zemin kat	B133	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,09	17,4	>GÇ
Zemin kat	B134	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,0758	6,33	>GÇ
Zemin kat	B135	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	80nek	yok	0,25	0,072	7,79	>GÇ

Kat	Kiriş	b (mm)	d (mm)	Sol uç		Sağ uç		Kiriş sönüklülüğü	Sargılama	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	Velvet'd'leim	r	Hazar Sınırı
				Alt Donatı	Üst Donatı	Alt Donatı	Üst Donatı						
Zemin kat	B136	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,072	6,26	>GÇ
Zemin kat	B137	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0779	6,08	>GÇ
Zemin kat	B138	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0798	57	>GÇ
Zemin kat	B141	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0454	48,4	>GÇ
Zemin kat	B142	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0596	3,68	GÇ
Zemin kat	B143	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0555	12,3	>GÇ
Zemin kat	B144	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0476	11,4	>GÇ
Zemin kat	B145	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0559	6,77	>GÇ
Zemin kat	B146	200	600	2ø14	2ø12+2ø14	2ø14	2ø12+2ø14	60nek	yok	0,25	0,0492	61,3	>GÇ

Tablo 8.8: Denizli Örnek Binası Kritik Kat Kolonları Hasar Bölgeleri

Kat	Kolon	bx (mm)	by (mm)	Kolon Donatısı	kolon sDnok(i)	Sargılama	NKAo "lcm	V _{elbw} "d'fcm	α	ry	Hasar Sınıfı	
											x yönü	v yönü
Zemin kat	C1	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,15	0,28	11,5	18,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C2	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,24	0,31	7,3	16,6	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C3	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,14	0,27	6,4	17,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C4	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,24	0,31	7,8	15,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C5	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,25	0,31	5,5	18,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C6	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,28	0,31	4,2	14,9	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C7	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,19	0,29	8,3	10,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C8	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,22	0,31	5,4	11,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C9	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,18	0,29	4,7	10,2	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C10	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,17	0,28	8,5	5,9	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C11	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,15	0,27	6,3	7,0	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C12	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,11	0,25	7,3	4,0	>GÇ	GÇ
Zemin kat	C13	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,19	0,29	8,4	1,8	>GÇ	MN
Zemin kat	C14	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,19	0,29	5,9	2,1	>GÇ	GV
Zemin kat	C15	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,16	0,28	4,9	1,9	>GÇ	MN
Zemin kat	C16	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,22	0,31	7,8	4,2	>GÇ	GÇ
Zemin kat	C17	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,24	0,31	5,6	4,8	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C18	500	250	8 Φ 16	SDnok	yok	0,18	0,29	4,7	4,4	>GÇ	GÇ
Zemin kat	C19	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,12	0,26	12,3	8,3	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C20	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,12	0,26	8,7	9,1	>GÇ	>GÇ
Zemin kat	C21	250	500	8 Φ 16	SDnok	yok	0,11	0,25	6,8	8,4	>GÇ	>GÇ

ÖZGEÇMİŞ

Celal Ogün Karasu; 1981 Sivas'ta tarihinde doğmuştur. İlk ve orta öğrenimini sırası ile Ziya Gökalp İlkokulu ve Sivas Selçuk Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 1998 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümüne girmiştir. 2000 yılında bu bölümünden ayrılarak İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazanmıştır. 2005 yılında inşaat mühendisliği öğretimini tamamlamış ve İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Mühendisliği programında Yüksek Lisansa başlamıştır.