

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEVCUT BETONARME YAPILARIN
İTME ANALİZİ İLE HESABI
VE
JAPON SİSMİK İNDİS YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Veli BAŞARAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman
Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN

AFYONKARAHİSAR
2006

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MEVCUT BETONARME YAPILARIN İTME ANALİZİ İLE HESABI VE JAPON SİSMİK İNDİS YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Veli BAŞARAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN

Ülkemizde meydana gelen son depremler sonucu mevcut yapıların deprem dayanıklılığı açısından yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle deprem riski taşıyan bölgelerde mevcut yapı stoğunun deprem güvenliğinin belirlenmesi konusunda çalışmalar başlamıştır.

Deprem riski bulunan bölgelerdeki mevcut yapıların detaylı yapısal analizinin yapılması mümkün değildir. Bu nedenle hızlı değerlendirme ile yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir. Hızlı değerlendirme, yapıların depreme dayanıklılığını ortaya koymaktan ziyade binaların mevcut durumu ile kullanıma devam edilebileceği ve hangi binaların detaylı incelemesinin gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada konut olarak kullanılan 3 farklı betonarme binaların ABYYHY 98 deprem yönetmeliğinde öngörülen tasarım deprem yüklerine göre SAP2000 programı ile pushover analizi (itme analizi) yapılarak performans seviyeleri belirlenmiş ve hızlı değerlendirme yöntemlerinden birisi olan Japon Sismik İndis Yöntemi sonuçları ile karşılaştırılması yapılmıştır.

2006, 132 sayfa

Anahtar Kelimeler: Betonarme Binalar, İtme Analizi, Japon Sismik İndis Yöntemi, SAP2000.

ABSTRACT

Ms.Sc

COMPARISON OF THE RESULTS OBTAINED BY PUSHOVER ANALYSIS AND SEISMIC INDEX METHOD FOR EXISTING BUILDINGS

Veli BAŞARAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Structure Education

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ali ERGÜN

Last earthquakes indicate that, many existing structures in Turkey do not have sufficient seismic safety. Workings began to determine the building's seismic safety.

It's practically impossible to examine all buildings by detailed structural analysis. So, it's necessary to determine the seismic safety of buildings with a quick evaluation method. It's inevitable to utilize a quick evaluation method for deciding which buildings need further detailed structural analysis, and which buildings can be used with their existing seismic safety levels.

In this study, three reinforced concrete buildings are examined with Pushover Analysis, considering the seismic design loads by the Turkish Earthquake Resistant Design Code and to compare Japanese Seismic Index Method, which is between the most accepted quick seismic safety evaluation.

2006, 132 pages

Key Words: Reinforced Concrete Buildings, Pushover Analysis, Japanese Seismic Index Method, SAP2000.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Japon Sismik İndis Yöntemi	5
2.1.1. Birinci İnceleme Seviyesi	7
2.2. Performansa Dayalı Tasarım Ve Değerlendirme	15
2.2.1. Performans Hedefi	15
2.2.2. Performans Seviyeleri	15
2.2.2.1. Taşıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri.....	16
2.2.2.2. Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri.....	17
2.2.3. Bina Performans Seviyeleri	18
2.2.4. Deprem Hareketi	19
2.2.5. Yapısal Kapasite.....	20
2.2.6. Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri	21
2.2.6.1. Kapasite Spektrum Yöntemi	21
3. MATERYAL METOD	28
3.1. Örnek 1a	28
3.1.1. Bina Bilgileri	29
3.1.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	30
3.1.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	33

3.1.4. Deprem Analizi	34
3.1.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	35
3.1.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	36
3.2. Örnek 1b	39
3.2.1. Bina Bilgileri	40
3.2.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	41
3.2.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	44
3.2.4. Deprem Analizi	45
3.2.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	45
3.2.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	47
3.3. Örnek 1c	49
3.3.1. Bina Bilgileri	50
3.3.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	51
3.3.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	53
3.3.4. Deprem Analizi	55
3.3.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	55
3.3.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	57
3.4. Örnek 2a	59
3.4.1. Bina Bilgileri	60
3.4.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	61
3.4.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	64
3.4.4. Deprem Analizi	65
3.4.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	65
3.4.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	67
3.5. Örnek 2b	69
3.5.1. Bina Bilgileri	70
3.5.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	71
3.5.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	74
3.5.4. Deprem Analizi	75
3.5.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	75

3.5.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	77
3.6. Örnek 2c	79
3.6.1. Bina Bilgileri	80
3.6.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	81
3.6.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	84
3.6.4. Deprem Analizi	85
3.6.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	85
3.6.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	87
3.7. Örnek 3a	89
3.7.1. Bina Bilgileri	90
3.7.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	91
3.7.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	92
3.7.4. Deprem Analizi	93
3.7.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	94
3.7.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	96
3.8. Örnek 3b	98
3.8.1. Bina Bilgileri	99
3.8.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	100
3.8.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	102
3.8.4. Deprem Analizi	102
3.8.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	104
3.8.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	105
3.9. Örnek 3c	107
3.9.1. Bina Bilgileri	108
3.9.2. Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi	109
3.9.3. Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri	110
3.9.4. Deprem Analizi	111
3.9.5. Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme	112
3.9.6. İtme Analizi İle Değerlendirme	114

4. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	116
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	126
6. KAYNAKLAR	128
TEŞEKKÜR.....	131
ÖZGEÇMİŞ	132

SİMGELER VE KISALTMALAR

a_1	: Japon Sismik İndis Yönteminde yer değiştirme faktörü
a_2	: Japon Sismik İndis Yönteminde yer değiştirme faktörü
a_3	: Japon Sismik İndis Yönteminde yer değiştirme faktörü
A_c	: Kolon ve perdenin brüt kesit alanı
A_{c1}	: Temiz yükseklik / kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı
A_{c2}	: Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı
A_o	: Deprem katsayısı (TDY 1998)
A_{sc}	: Kısa kolonların toplam kesit alanı
A_{w1}	: İki tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı
A_{w2}	: Bir tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı
A_{w3}	: Başlıksız perdelerin toplam kesit alanı
B_{eq}	: Yüzde olarak ifade edilen etkili sönüm oranı
B_o	: Eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönümü
b_w	: Kirişin gövde genişliği
C_c	: Japon Sismik İndis Yönteminde kolonların taşıma gücü indisi
C_o	: Deprem katsayısı (TDY 1975)
CP	: Göçmenin önlenmesi, taşıyıcı eleman performans seviyesi
C_{sc}	: Japon Sismik İndis Yönteminde kısa kolon taşıma gücü indisi
C_w	: Japon Sismik İndis Yönteminde perdelerin taşıma gücü indisi
d	: Kirişin ve kolonun faydalı yüksekliği
d_{pi}	: Kapasite spektrum yönteminde başlangıçta seçilen yer değiştirme
E_o	: Temel yapısal performans indisi
E_s	: Yapı için temel sismik karar indisi
f_{cd}	: Betonun tasarım basınç dayanımı
f_{cm}	: Mevcut kolon dayanımı
f'_c	: Mevcut betonun çekme dayanımı

F_{sc}	: Japon Sismik İndis Yönteminde kısa kolon süneklik indisi
F_w	: Japon Sismik İndis Yönteminde perdelerin süneklik indisi
G	:Yapı zemin etkileşim faktör indisi
G_1	: Zeminin türüyle ilgili faktör
G_2	: Topoğrafik etkilere bağlı faktör
G_3	: Zemin yapı etkileşimiyle ilgili faktör
G_i	: Japon Sismik İndis Yönteminde her inceleme maddesi hakkındaki değerleri ifade eder
H	: Japon Sismik İndis Yönteminde uçurumun düşey yüksekliği
H_i	: Yapının i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda i'inci katın zemin kat döşemesi üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
I	: Yapı önem katsayısı
IO	: Hemen kullanım, taşıyıcı eleman performans seviyesi
I_s	: Yapı sismik performans indisi
I_{so}	: Yapı sismik karar indisi
i	: Japon Sismik İndis Yönteminde göz önüne alınan kat
K	: Yapı tipi katsayısı
L	: Japon Sismik İndis Yönteminde Uçurumun kenarından binanın merkezine olan yatay mesafe
L_o	: Japon Sismik İndis Yönteminde uçurumun etkilediği alanın mesafesi
LS	: Can güvenliği, taşıyıcı eleman performans seviyesi
n	: Japon Sismik İndis Yönteminde bodrum katı hariç bir binanın kat sayısı
N	: İtme analizinde binanın kat sayısı
N_D	: Düşey yükler altında kolonda oluşan aksenal kuvvet
(PF_1)	: Modal katılım çarpanı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_i	: Japon Sismik İndis Yönteminde binanın sismik performansına her maddenin etki derecesi

$R_a(T)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S_a	: Spektral ivme
S_d	: Spektral yer değiştirme
S_D	: Yapı taşıyıcı sistem tasarım ve boyutlama indisi
SR_A	: Spektrum sabit ivme bölgesindeki spektral indirgeme katsayısı
SR_V	: Spektrum sabit hız bölgesindeki spektral indirgeme katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
T	: Bina doğal titreşim periyodu
T	: Japon Sismik İndis Yönteminde yapının zamana bağlı bozulma indisi
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları
V_i	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti
V_S	: Japon Sismik İndis Yönteminde kesme dalgalarının hızı
V_t	: Gözönüne alınan deprem doğrultusunda binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü
V_T	: İtme analizinde taban kesme kuvveti
U	: Yapı kullanımıyla ilgili faktör indisi
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
w_i	: Yapının i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
Z	: Sismik bölge faktör indisi
Φ	: Japon Sismik İndis Yönteminde uçurumun eğim açısı
ρ	: Çekme donatısı oranı
ρ'	: Basınç donatısı oranı
δ_{maks}	: İtme analizinde maksimum tepe yer değiştirmesi
α_1	: Birinci doğal moda ait modal kütle sayısı
$\Phi_{i,1}$	: Birinci moda ait (i) nolu kattaki genlik
$\Phi_{tepe,1}$	: Birinci normal moda ait en üst kattaki genlik
κ	: Yapının taşıyıcı sisteminin davranışı ile depremin süresine bağlı

olarak belirlenen katsayı

ABYYHY 98 : 1998, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik

ATC : Applied Technology Council

FEMA : Federal Emergency Management Agency

İBBAY : İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Afet Yönetimi

İTÜ : İstanbul Teknik Üniversitesi

TDY 75 : 1975, Türk Deprem Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1	Kapasite Eğrisinde Performans Seviyeleri ve Performans Aralıkları.. 17
2.2	Kapasite Eğrisi..... 22
2.3	Kapasite Spektrum Yöntemi İle Performans Noktasının Belirlenmesi 22
2.4	Histerik Sönüme Eşdeğer Viskoz Sönümün Belirlenmesi..... 25
2.5	İndirgenmiş İstem Spektrumunun Elde Edilmesi 26
3.1	Örnek 1a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı 28
3.2	Örnek 1a'ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 37
3.3	Örnek 1a'ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 37
3.4	Örnek 1b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı 39
3.5	Örnek 1b'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 47
3.6	Örnek 1b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 48
3.7	Örnek 1c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı 49
3.8	Örnek 1c'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 57
3.9	Örnek 1c'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 57
3.10	Örnek 2a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı 59
3.11	Örnek 2a'ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 67
3.12	Örnek 2a'ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 68
3.13	Örnek 2b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı 69
3.14	Örnek 2b'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 77
3.15	Örnek 2b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 78
3.16	Örnek 2c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı 79
3.17	Örnek 2c'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 87
3.18	Örnek 2c'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 88
3.19	Örnek 3a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı 89
3.20	Örnek 3a'ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)..... 96
3.21	Örnek 3a'ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)..... 96
3.22	Örnek 3b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı 98

3.23	Örnek 3b'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü).....	105
3.24	Örnek 3b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü).....	106
3.25	Örnek 3c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı	107
3.26	Örnek 3c'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü).....	114
3.27	Örnek 3c'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü).....	114
4.1	Örnek 1'e ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	117
4.2	Örnek 1'e ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	117
4.3	Örnek 1'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	117
4.4	Örnek 1'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	118
4.5	Örnek 2'ye ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	119
4.6	Örnek 2'ye ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	119
4.7	Örnek 2'ye ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	120
4.8	Örnek 2'ye ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	120
4.9	Örnek 3'e ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	121
4.10	Örnek 3'e ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	122
4.11	Örnek 3'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (x yönü).....	122
4.12	Örnek 3'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü).....	122
4.13	Yapı Sistemlerinin Is/Iso Değerleri.....	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
2.1 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması.....	7
2.2 F Süneklik İndisi Değerleri.....	8
2.3 S_D İndisinin Hesabı İçin G_i ve R_i Faktörleri.....	11
2.4 T Zamana Bağlı Bozulma İndisi Değerleri.....	12
2.5 Taşıyıcı Elemanların Performans Seviyeleri.....	16
2.6 Bina Yapısal Performans Seviyeleri.....	19
2.7 Betonarme Kirişlerde Çeşitli Performans Seviyeleri İçin Plastik Dönme Sınırları.....	27
2.8 Betonarme Kolonlarda Çeşitli Performans Seviyeleri İçin Plastik Dönme Sınırları.....	27
3.1 Örnek 1a'ya ait Kolon Boyutları	29
3.2 Örnek 1a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu.....	30
3.3 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	33
3.4 Örnek 1a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	35
3.5 Örnek 1a'ya ait İndis Bilgileri.....	35
3.6 Örnek 1a'ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	36
3.7 Örnek 1a'ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	36
3.8 Örnek 1a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	36
3.9 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	38
3.10 Örnek 1b'ye ait Kolon Boyutları	40
3.11 Örnek 1b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	41
3.12 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	44
3.13 Örnek 1b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	45
3.14 Örnek 1b'ye ait İndis Bilgileri.....	46
3.15 Örnek 1b'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	46

3.16	Örnek 1b'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	46
3.17	Örnek 1b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	47
3.18	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	48
3.19	Örnek 1c'ye ait Kolon Boyutları	50
3.20	Örnek 1c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	51
3.21	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	54
3.22	Örnek 1c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	55
3.23	Örnek 1c'ye ait İndis Bilgileri.....	56
3.24	Örnek 1c'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	56
3.25	Örnek 1c'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	56
3.26	Örnek 1c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	57
3.27	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	58
3.28	Örnek 2a'ya ait Kolon Boyutları	60
3.29	Örnek 2a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu.....	61
3.30	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	64
3.31	Örnek 2a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	65
3.32	Örnek 2a'ya ait İndis Bilgileri.....	66
3.33	Örnek 2a'ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	66
3.34	Örnek 2a'ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	66
3.35	Örnek 2a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	67
3.36	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	68
3.37	Örnek 2b'ye ait Kolon Boyutları	70
3.38	Örnek 2b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	71

3.39	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	74
3.40	Örnek 2b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	75
3.41	Örnek 2b'ye ait İndis Bilgileri.....	76
3.42	Örnek 2b'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	76
3.43	Örnek 2b'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	77
3.44	Örnek 2b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	77
3.45	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	78
3.46	Örnek 2c'ye ait Kolon Boyutları	80
3.47	Örnek 2c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	81
3.48	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	84
3.49	Örnek 2c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	85
3.50	Örnek 2c'ye ait İndis Bilgileri.....	86
3.51	Örnek 2c'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	86
3.52	Örnek 2c'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	87
3.53	Örnek 2c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	87
3.54	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	88
3.55	Örnek 3a'ya ait Kolon Boyutları	90
3.56	Örnek 3a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu.....	91
3.57	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	93
3.58	Örnek 3a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	94
3.59	Örnek 3a'ya ait İndis Bilgileri.....	95
3.60	Örnek 3a'ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	95
3.61	Örnek 3a'ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	95

3.62	Örnek 3a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	96
3.63	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	97
3.64	Örnek 3b'ye ait Kolon Boyutları	99
3.65	Örnek 3b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	100
3.66	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	103
3.67	Örnek 3b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	103
3.68	Örnek 3b'ye ait İndis Bilgileri.....	104
3.69	Örnek 3b'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	104
3.70	Örnek 3b'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	105
3.71	Örnek 3b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	105
3.72	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	106
3.73	Örnek 3c'ye ait Kolon Boyutları	108
3.74	Örnek 3c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu.....	109
3.75	Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri.....	111
3.76	Örnek 3c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı.....	112
3.77	Örnek 3c'ye ait İndis Bilgileri.....	113
3.78	Örnek 3c'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesabı.....	113
3.79	Örnek 3c'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı.....	113
3.80	Örnek 3c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi.....	114
3.81	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı.....	115
4.1	Taban Kesme Kuvvetinin Yapı Ağırlığına Oranı.....	123
4.2	Taban Kesme Kuvvetinin Tasarım Depremine Oranı.....	124

1. GİRİŞ

Ülkemizde meydana gelen son depremler, mevcut betonarme yapıların yeterince deprem güvenliğine sahip olmadığını sergiledi. Bunun başlıca nedenleri arasında malzeme sınıfının düşük ve işçilik kalitesinin yetersiz olması, taşıyıcı sistem düzenlenmesindeki hatalar, konstruktif detayların uygulanmaması ve tasarım deprem yükünün yetersiz olması yer almaktadır (Celep vd. 2004) .

Ülkemizde meydana gelen depremlerde oluşan yapısal hasar nedenleri hepsinde aynı şekilde kendisini göstermektedir. Bu gösterge, deprem riski bulunan bölgelerdeki yapı stokunun büyük çoğunluğunun deprem güvenliği açısından yetersizliğini gözler önüne sermektedir (Ergün 2005).

Buna bağlı olarak deprem bölgesinde bulunan mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi konusunda bölgesel çalışmalar başlamıştır. Çalışmaların ilkini İstanbul Büyükşehir Belediyesi başlatmış ve İstanbul için deprem master planı hazırlamıştır. Mevcut binaların detaylı analizinin yapılması pratikte mümkün değildir. Bu nedenle hızlı değerlendirme yöntemleri ile binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi gerekmektedir (İDMP 2003).

Bu çalışmalar, mevcut yapıların birçoğu için detaylı yapısal çözümleme yapmadan hızlı değerlendirme ile binaların deprem güvenliğinin tahmin edilmesini amaçlamaktadır. Mevcut yapıların deprem güvenliğinin hızlı değerlendirilmesi konusunda dünyada değişik yöntemler ortaya konulmuştur. Bunlardan biriside İBBAY master planında İTÜ tarafından Türkiye için adepte edilen Japon Sismik İndis yöntemidir.

Japon Sismik İndis yönteminde, yapının her katı ve her iki eksen doğrultusu için sismik performans indisi I_s ve sismik karar indisi I_{SO} tespit edilmektedir. $I_s > I_{SO}$ durumunda bina öngörülen deprem yer hareketine karşı gerekenden daha fazla sismik

performansa sahip olduğundan güvenli sayılmaktadır. Bu durumda sonuç, binada hiç yapısal hasar olmayacağı anlamına değil, binada toptan göçmenin olmayacağı anlamına gelmektedir. $I_s < I_{SO}$ durumunda ise bina öngörülen deprem yer hareketine karşılık sismik performans için kararsız kabul edilmektedir (İlki vd. 2003, Kasımozade vd. 2005).

İlki vd.'nin (2003) yapmış olduğu çalışmada dört farklı tipik betonarme yapının mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına göre sismik indis yöntemi ve yapısal çözümleme sonuçları karşılaştırılmıştır. İncelenen binaların herhangi bir kritik katta, performans indisi / karşılaştırma indisi oranının 0,4'den küçük olması durumunda daha ayrıntılı bir incelemenin gerekli olduğu, bu oranın 0,4'den büyük olması durumunda ise daha ileri düzey bir inceleme gerek olmaksızın kullanıma devam edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Kasımozade vd.'nin (2005) yapmış olduğu çalışmada yöntemin kullanılmasında kolaylık sağlayacak bir program oluşturulmuş ve lise binaları için uygulanmıştır. Uygulama ile hızlı değerlendirme sonucu sağlam gözüken az sayıda bina sonlu elemanlar metodu ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda bu yöntemin daha önce belirtilen pozitif yönleri ışığında, ön sismik değerlendirmede başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

İrtem vd.'nin (2004) yaptığı çalışmada Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedefleri lineer olmayan statik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada Türk Deprem Yönetmeliğinin (ABYYHY 98) ana ilkesi olarak öngörülen performans hedeflerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için az ve orta katlı çerçeve ve çok katlı perde-çerçeve yapıları temsil eden üç tip betonarme yapı seçilerek lineer olmayan analiz yöntemlerinden Kapasite Spektrum Yöntemi ve Deplasman Katsayıları Yöntemi ile dört farklı deprem tehlike seviyesine göre FEMA 356 ve ATC 40'da tanımlanan performans kriterlerinden yararlanarak performans düzeyleri belirlenmiştir. Yönetmeliğe göre tasarlanmış her üç yapının da aynı

kriterlere göre değerlendirilmesine rağmen performanslarında önemli farklılıklar görölmüştür.

Öncü vd.'nin (2005) betonarme yapıların deprem performansının değerlendirilmesi için yapılan çalışmada çerçeve ve perde+çerçeve sistemi şeklinde olmak üzere iki ayrı şekilde tasarlanmış yedi katlı betonarme bir binanın doğrusal olmayan statik analizi SAP 2000 programı ile yapılmış ve Kapasite Spektrum Yöntemi ile performans noktalarının bulunmuştur.

Bayülke vd.'nin (2003) yapmış olduğu çalışmada, yapıların yatay yük ötelenme ilişkisini belirlemek, yatay yük düzeyine katkısı olan faktörlerin, dolgu duvarlar, yatay yük etki biçimi ve mafsallaşma özelliklerinin etkilerini incelemek, yapıların deprem hasarları ile itme analizinden bulunan yatay yük dayanım düzeylerini karşılaştırarak hasar ve yıkılma nedenlerini açıklamak, yapının limit yatay yük ile elastik ivme spektrumundan hesaplanan yatay düzeyi karşılaştırılarak olası R katsayısını analitik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. 1975 yönetmeliğine göre projesi yapılmış ve 1992 Erzincan depreminde hemen hiç hasarı olmayan 5 katlı perde duvarlı bir sosyal konut bloğu, 3 Şubat 2002 Çay (Afyonkarahisar) depreminde yıkılmış iki katlı bir sanayi yapısı ve 1968 deprem yönetmeliğine göre tasarlanmış ve inşa edilmiş üç betonarme yapıya artan tek yönlü yanal yükler altındaki yatay yük – ötelenme ilişkisinin çıkarılmasında kullanılan doğrusal olmayan itme analizi uygulanmıştır.

Almaç'ın (2004) yapmış olduğu çalışmada, dört katlı betonarme bir binanın yönetmelik koşullarına göre deprem güvenliği seviyesini saptamak amacıyla, lineer çözümlemeler ile birlikte, lineer olmayan çözümleme yöntemleri de kullanılmıştır. Lineer olmayan davranışın hesaba katıldığı çözümlemelerde, bölme duvarlarının pandül çubuklar olarak modele dahil edilerek, taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Süneklik katsayısı olarak TDY 75'in öngördüğü değer esas alınarak yapılan lineer çözümlemelere göre, yapıda yönetmeliğin

öngördüğü taşıma gücünün olmadığı görülmüştür. Lineer olmayan analizlerde yapı, yönetmeliğin öngördüğü taban kesme kuvveti yakalayamadığı gibi, yapının süneklik katsayısı olarak tespit edilen değer de, yönetmelik değerinin çok altında kaldığı belirtilmiştir.

Kürklü'nün (2005) yapmış olduğu çalışmada, mevcut betonarme binaların deprem güvenliğinin belirlenmesi için izlenecek aşamalar verilmiştir. Yapı veya bileşenlerindeki sertleşmiş betonun basınç dayanımının tahmin edilmesinde kullanılan karotların basınç dayanımlarına etki eden faktörler deneysel olarak araştırılmış ve bu faktörlere bağlı olarak değişik şartlar için ampirik bağıntılar elde edilmiştir.

Japon Sismik İndis yönteminin Türkiye'deki tipik konut binaları için ne kadar sağlıklı sonuç verdiğini karşılaştırmak için, ABYYHY 98'de öngörülen tasarım deprem yüklerine göre pushover analizi (itme analizi) yapılarak performans seviyeleri ortaya konulmalı ve Japon Sismik İndis Yöntem ile uyumu sergilenmelidir. Gerekli görüldüğünde kalibrasyon yapılmalıdır.

Bu çalışmada konut olarak kullanılan her biri, 1975 depremsiz, 1975 ve 1998 depremleri projelendirilmiş 3 farklı tipik betonarme binaların yeni deprem yönetmeliğinde öngörülen tasarım depremi yüklerine göre SAP2000 programı ile pushover (itme) analizi yapılarak, ATC 40'a göre performans düzeyleri belirlenmiş ve üç aşamadan oluşan Japon Sismik İndis yönteminin birinci aşaması olan hızlı değerlendirme sonuçlarına göre ortaya çıkan değerlendirme kriterleri ile karşılaştırılması yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Japon Sismik İndis Yöntemi

Japon Sismik İndis Yöntemi mevcut betonarme yapıların sismik performansının ön değerlendirmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntem mevcut binalar üzerinde herhangi bir ön inceleme gerektiğinde incelenen binalar arasında olumlu veya olumsuz birbirinden ayırma amacı taşımaktadır. Bu yöntem kullanılarak yapı hakkında elde edilen sonuç sismik yapının sismik performansının derecesini ve seviyesini göstermez, sadece bir deprem tehlikesine karşı yapının muhtemel sismik performansının nitel olarak tespitini sağlar (Kasımzade vd. 2005).

Bu yöntem kat sayısı 6' dan az betonarme çerçeve, perde-çerçeve veya sadece perdelerden oluşan taşıyıcı sisteme sahip bina türü yapılarda uygulanabilmektedir. Alışılmamış taşıyıcı sisteme sahip yapılar, malzeme dayanımı düşük olan yapılar, 30 yılın üzerinde yaşı olan ve şiddetli derecede bozulmaya sahip çok eski yapılar ile yangın geçirmiş yapılar için kullanılması önerilmemektedir.

Bu yöntemde yapının sismik performansını belirlemek amacı ile I_s “Sismik Performans İndisi” ve I_{SO} “Yapının Sismik Karar İndisi” tanımlanmaktadır. $I_s > I_{SO}$ durumunda bina öngörülen deprem yer hareketine karşı gerekenden daha fazla sismik performansa sahip olduğundan güvenli sayılmaktadır. Bu durumda sonuç binada hiç yapısal hasar olmayacağı anlamına değil, binada toptan göçmenin olmayacağı anlamına gelmektedir. $I_s < I_{SO}$ durumunda ise bina öngörülen deprem yer hareketine karşılık sismik performans için kararsız kabul edilmektedir (İlki vd. 2003, Kasımzade vd. 2005).

Yöntem, daha gerçekçi sonuç veren ve daha çok zaman alan kademeli üç farklı aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaların her birinde de (2.1) ve (2.2) bağıntılarında gösterilen I_s ve I_{SO} indisleri bulunarak karşılaştırma yapılır.

$$I_s = E_o \times S_D \times T \quad (2.1)$$

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

Burada;

I_s : Yapı sismik performans indisi

I_{so} : Yapı sismik karar indisi

E_o : Temel yapısal performans indisi

S_D : Yapı taşıyıcı sistem tasarım ve boyutlama indisi

T : Yapının zamana bağlı bozulma indisi

E_s : Yapı için temel sismik karar indisi

Z : Sismik bölge faktör indisi

G : Yapı zemin etkileşim faktör indisi

U : Yapı kullanımıyla ilgili faktör indisi.

Birinci inceleme seviyesinde çerçevelerin taşıma gücü, kolon, perde gibi düşey taşıyıcı elemanların kesit alanlarından faydalananarak, S_D ve T indisleri de benzer şekilde basitçe hesaplanır. Bu seviyedeki inceleme perdelerin nispeten çok olduğu binaların değerlendirilmesi için uygundur. Perdesiz çerçevelerden oluşan bir yapının deprem davranışı gerçek davranışın oldukça altında tahmin edilebilir. Çünkü perde sünekliğinin çerçeve sünekliğini önemli ölçüde etkilediği kabul edilir. Perdesiz sistemlerde bu durumla karşılaşılabileceği göz önüne alınarak bu seviyedeki bir incelemeyle yetinmeyip diğer seviyelerde de incelenmesi gerekebilir.

İkinci inceleme seviyesinde kolon ve perdelerin taşıma gücü ve süneklik kapasiteleri taşıma gücü esasları kullanılarak hesap edilir. S_D ve T indisleri birinci seviyeye göre daha ayrıntılı hesaplarla bulunur. Bu inceleme seviyesi özellikle zayıf kolon–güçlü kiriş sistemlere uygundur. İnceleme sonucu birinci seviyeden elde edilene kıyasla daha güvenlidir. Bu safhada çerçeveyi oluşturan kirişlerin rijit olduğu kabul edilebilir. E_o ana indeksi, düşey taşıyıcı elemanların göçme türü göz önüne alınarak elde edilir.

Üçünü inceleme seviyesinde E_o ana indeksinin hesabında düşey taşıyıcı elemanların göçme türlerinin yanı sıra kirişlerin davranışı ve perde temelindeki dönme de dahil

olmak üzere yapının mümkün olan tüm göçme mekanizmaları göz önüne alınır. S_D ve T hesabı ikinci seviyede olduğu gibidir (Kürklü 2005).

2.1.1 Birinci İnceleme Seviyesi

Temel Yapısal Performans İndisi E_O 'ın Hesaplanması

Yapının taşıyıcı sistemindeki düşey elemanlar Çizelge 2.1'deki gibi üç farklı sınıfa ayrılmaktadır. E_O indisinin hesabında kullanılan bağıntı, yapının taşıyıcı sistemindeki düşey elemanlar arasında kısa kolon olup olmamasına bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Çizelge 2.1 Düşey Taşıyıcı Elemanların Sınıflandırılması

ELEMAN	TANIM
Kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği > 2
Kısa kolon	Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≤ 2
Perde	Başlıklı veya başlıksız perde

Kısa Kolonu Olmayan Yapılarda E_O İndisinin Hesabı

Kısa kolunu olmayan bir yapının E_O indisi (2.3) bağıntısı ile hesaplanır.

$$E_O = \frac{(n+1)}{(n+i)} (C_w + a_1 \cdot C_c) \cdot F_w \quad (2.3)$$

Bağıntıda;

n : Bodrum katı hariç bir binanın kat sayısı

i : Göz önüne alınan kat

C_w : Perdelerin taşıma gücü indisi, (2.5) bağıntısı ile hesaplanır.

C_c : Kolonların taşıma gücü indisi, (2.6) bağıntısı ile hesaplanır.

a_1 : Yer değiştirme faktörü

F_w : Perdelerin süneklik indisi (Çizelge 2.2).

a_1 genellikle 0.7 olarak kabul edilir. $C_w = 0$ durumunda ise $a_1 = 1.0$ alınır.

Çizelge 2.2 F Süneklik İndisi Değerleri

ELEMAN	F indisi değeri
Kolon	1.0
Kısa kolon	0.8
Perde	1.0

Kısa Kolonlu Yapılarda E_0 İndisinin Hesabı

Kısa kolonlu bir yapının E_0 indisi (2.4) bağıntısı ile hesaplanır.

$$E_0 = \frac{n+1}{n+i} (C_{sc} + a_2 \cdot C_w + a_3 \cdot C_c) F_w \quad (2.4)$$

Bağıntıda;

C_{sc} : Kısa kolon taşıma gücü indisi, (2.7) ifadesiyle hesaplanır.

a_2 ve a_3 : Yer değiştirme faktörleri, sırasıyla 0.7 ve 0.8 olarak alınabilir.

F_{sc} : Kısa kolon süneklik indisi (Çizelge 2.2).

Kısa kolon, deprem davranışı açısından istenmeyen ve tehlikeli bir durumdur. Bu elemanlarda eğilme kapasitesine ulaşılmadan kesme kuvveti dayanımlarının sona ermesiyle oluşan ani ve gevrek kırılma durumu gözlenir.

Kısa kolonların dikkate alınmasıyla (2.4) ifadesi hesaplanır. Daha sonra kısa kolonlar ihmal edilerek (2.3) ifadesi hesaplanır. E_0 indisi olarak elde edilen değerlerin büyüğü alınır.

Eğer bir kısa kolon aynı zamanda “riskli bir kolon” olarak tespit edilmişse, E_0 indisi yalnızca (2.4) ifadesi ile hesaplanmalıdır. Bir kolonun taşıma gücünü kaybetmesiyle kolon civarındaki yapı kısımlarında örneğin döşemede herhangi bir göçme durumunun oluşması söz konusu ise bu kolon “riskli kolon” olarak dikkate alınmalıdır.

Taşıma Gücü İndisi C' nin Hesabı

Taşıma gücü indisi C'nin hesabı (2.5), (2.6) ve (2.7) bağıntıları kullanılarak her kat ve doğrultuda ayrı ayrı yapılır.

$$C_w = \frac{fcd}{200W} (30A_{w1} + 20A_{w2} + 10A_{w3}) \quad (2.5)$$

$$C_c = \frac{fcd}{200W} (10A_{c1} + 7A_{c2}) \quad (2.6)$$

$$C_{sc} = \frac{fcd}{200W} (15A_{sc}) \quad (2.7)$$

Bağıntılarda;

C_w : Perdelerin taşıma gücü indisi

C_c : Kolonların taşıma gücü indisi

C_{sc} : Kısa kolon taşıma gücü indisi

A_{w1} : İki tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm²)

A_{w2} : Bir tarafı başlıklı perdelerin toplam kesit alanı (cm²)

A_{w3} : Başlıksız perdelerin toplam kesit alanı (cm²)

A_{c1} : Temiz yükseklik / kesit yüksekliği < 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

A_{c2} : Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≥ 6 olan kolonların toplam kesit alanı (cm²)

A_{sc} : Kısa kolonların (Temiz yükseklik / kesit yüksekliği ≤ 2) toplam kesit alanı (cm²)

f_{cd} : Betonun proje basınç hesap gerilmesi (kgf / cm²), eğer beton dayanımı malzeme deneyleri sonucunda elde edilmişse proje basınç hesap gerilmesi yerine deney dayanımı kullanılır.

W : Göz önüne alınan kat üzerindeki bina ağırlığı (kgf), genellikle birim döşeme alanı için 1200 kgf/m² alınır.

Başlıklı perde, perde uçlarında kolon şeklinde bir eleman düzenlenmiş düşey yapı elemanıdır. Perde uçlarında oluşacak büyük eğilme momentlerini karşılamak amacıyla düzenlenen bu kolon elemanların deprem davranışına olumlu etkisi olduğu

vardır. (2.5) ifadesinden de görüldüğü gibi iki tarafı başlıklı perdelerin etkisi aynı alandaki başlıksız perdelerle göre üç kat artırılmıştır.

Yapı Taşıyıcı Sisteminin Özelliğini Belirten S_D İndisinin Hesabı

S_D indisi (2.8), (2.9) ve (2.10) bağıntıları kullanılarak hesaplanır.

$$S_D = q_{1a} \times q_{1b} \dots \times q_{1f} \quad (2.8)$$

$$q_{1i} = (1.0 - (1.0 - G_i) R_i) \quad i = a, b, c, d, f \quad (2.9)$$

$$q_{1i} = (1.2 - (2.0 - G_i) R_i) \quad i = e \quad (2.10)$$

Bağıntıda;

a : Binanın plandaki düzenliliği

a₁: Yaklaşık olarak simetrik düzen ve simetriden ayrılma toplam kat alanının % 10'undan daha küçük

a₂ : L, T veya U şeklinde plan veya simetriden ayrılma toplam kat alanının % 30'undan daha küçük

a₃ : a₂' de tanımlanandan daha karışık plan

b : Binanın plandaki uzun kenarının kısa kenarına oranı

c : Binanın plandaki genişliklerinden en küçük olanının ana genişliğine oranı

d : Genleşme derzi aralığının katın zeminden yüksekliğine oranı

e : Bodrum katındaki döşeme alanının 1. kattaki döşeme alanına oranı

f : Üst katların kat yüksekliğinin dikkat edilen kat yüksekliğine oranı, eğer en üst kattaysa değer olarak tersi alınır.

Çizelge 2.3 de G_i ve R_i faktörleri verilmektedir. G_i her inceleme maddesi hakkındaki değerleri, R_i bir binanın sismik performansına her maddenin etki derecesini göstermektedir .

Çizelge 2.3 S_D İndisinin Hesabı İçin G_i ve R_i Faktörleri

MADDELER	G _i Değeri			R _i Değeri
	1,0	0,9	0,8	R _i
a. Düzgünlük	a ₁	a ₂	a ₃	1,0
b. Uzunluk/Genişlik	b<5	5<b<8	8<b	0,5
c. Genişlik düzgünlüğü	c>0,8	0,8>c>0,5	0,5>c	0,5
d. Genleşme derzi	d>1/100	1/100>d>1/200	1/200>d	0,5
e. Bodrum/Birinci Kat Alanı	e>1,0	1,0<e<0,5	0,5>e	1,0
f. Kat Yüksekliği	f>0,8	0,8>f>0,7	0,7>f	0,5

Zamana Bağlı Bozulmayı Belirten T İndisinin Hesaplanması

T'nin hesabı arazi kontrolleri sonucunda Çizelge 2.4'e göre yapılmaktadır. Hesap sonunda bulunan en küçük T değeri tüm yapı için hesaplarda kullanılmaktadır.

Tüm İnceleme Seviyeleri İçin I_{SO} Deprem Davranış Karşılaştırma İndisinin Hesaplanması

I_{SO} indisi (2.11) bağıntısı ile hesaplanır.

$$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U \quad (2.11)$$

(2.11) bağıntısında E_s yapı için ana karar indeksi, inceleme seviyesine göre belirlenen bir indekstir ve birinci inceleme seviyesi için 0,8; ikinci ve üçüncü inceleme seviyeleri için ise 0,6 dır.

Sismik Bölge Faktör İndisi Z'nin Belirlenmesi

Z indisi zemin türüne göre Z₁ için 0,7, Z₂ için 0,8, Z₃ için 0,9, Z₄ için 1,0 alınabilir. Z indisi 0,7'den az 1,0'dan büyük olamaz.

Çizelge 2.4 T Zamana Bağlı Bozulma İndisi Değerleri

Maddeler	Dikkat Edilen Derece	T
Şekil ve yer değiştirme	Binada düşeyden sapma veya farklı oturma etkileri var	0,7
	Bina dolgu zemine oturuyor	0,9
	Kiriş veya kolonlarda gözle görülebilir şekil değiştirmeler var	0,9
	Şekil ve yer değiştirme yok	1,0
Duvarlarda veya kolonlarda çatlak	Yağmur sızıntısı var, donatılarda paslanma gözleniyor	0,8
	Kolonlarda gözle görülebilir eğik çatlaklar var	0,9
	Perdelerde çok miktarda gözle görülebilir çatlaklar var	0,9
	Yağmur sızıntısı var ama donatıda paslanma yok	0,9
	Duvarlarda veya kolonlarda çatlak yok	1,0
Yangın	Bina yangın geçirmiş fakat onarım görmemiş	0,7
	Bina yangın geçirmiş ve onarılmış	0,8
	Yangın durumu yok	1,0
Kullanım durumu	Kimyasal maddeler söz konusu	0,8
	Kimyasal maddeler söz konusu değil	1,0
Binanın yaşı	30 yıldan fazla	0,8
	20 yıldan fazla	0,9
	20 yıldan az	1,0
Sıva ve kaplama	Dış duvarlarda fazla bozulma var	0,9
	İç duvarlarda fazla bozulma var	0,9
	Bozulma söz konusu değil	1,0

Zemin Yapı Etkileşim Faktörü İndisi G'nin Hesabı

Zemin Yapı Etkileşim Faktörü G İndisi topoğrafik etkiler için genel olarak 1, dik kaya, kısmen tepe, engebeli yüzey tabakası için 1,1 alınır. Ancak Sismik Eleme Standardında 1,1 yerine 1,25 alınması tavsiye edilmektedir. Yokohoma şehrinin sismik eleme üzerine standardı, G değerinin (2.12) bağıntısı ile hesaplanmasını önermektedir.

$$G = G_1.G_2.G_3 \quad (2.12)$$

Bağıntıda;

G_1 : Zeminin türüyle ilgili faktördür ve 1,0 alınabilir.

G_2 : Topoğrafik etkilere bağlı faktördür ve (2.13) bağıntısıyla hesaplanabilir.

G_3 : Zemin yapı etkileşimiyle ilgili faktördür ve 1,0 alınabilir.

$$G_2 = \left(\frac{1-L}{L_o} \right) A + \left(\frac{L}{L_o} \right) \quad (L < L_o \text{ için}) \quad (2.13)$$

$$G_2 = 1,0 \quad (L > L_o \text{ için})$$

Bağıntıda;

L : Uçurumun kenarından binanın merkezine olan yatay mesafe

L_o : 2H olarak alınabilen uçurumun etkilediği alanın mesafesi

H : Uçurumun düşey yüksekliği

A : (2.14) bağıntısıyla hesaplanmaktadır.

$$A = 7 \left(\frac{\phi}{45-1} \right) \left(\frac{H}{V_s} \right) + 1 \quad (H > 3 \text{ metre ve } \Phi < 45^\circ \text{ için}) \quad (2.14)$$

$$A = 1,0 \quad (H < 3 \text{ metre ve } \Phi < 45^\circ \text{ için})$$

Bağıntıda;

Φ : Uçurumun eğim açısı

V_s : Kesme dalgalarının hızı

Yapı Kullanımıyla İlgili Faktör İndisi U'nun Belirlenmesi

Deprem tehlikesine karşı; idare merkezi, tahliye merkezi yada tehlikeli maddeleri depolama merkezi ise değer olarak 1,25; konut ve benzeri yapılarda 1,0 alınması önerilmektedir.

Yapının sismik performansını belirlemek amacı ile hesaplanan I_s “Sismik Performans İndisi” ve I_{s0} “Yapının Sismik Karar İndisi” karşılaştırılır. $I_s > I_{s0}$ durumunda bina öngörülen deprem yer hareketine karşı gerekenden daha fazla sismik performansa sahip olduğundan güvenli sayılmaktadır. Bu durumda sonuç, binada hiç yapısal hasar olmayacağı anlamına değil, binada toptan göçmenin olmayacağı anlamına gelmektedir. $I_s < I_{s0}$ durumunda ise bina öngörülen deprem yer hareketine karşılık sismik performans için kararsız kabul edilmektedir (İlki vd. 2003, Kasımcı vd. 2005, Kürklü 2005).

Bu yöntemin Türkiye’de kullanılabilirliği ile ilgili Boduroğlu vd.’nin (2004) yapmış olduğu çalışmada $I_s/I_{s0} \leq 0,40$ olması durumunda yapının deprem güvenliği açısından yetersiz olduğu, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olması durumunda ise deprem güvenliği açısından yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Boduroğlu vd. 2004).

2.2 Performansa Dayalı Tasarım Ve Değerlendirme

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinin deprem bölgelerindeki mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi ve yeterli güvenlikte olmayan yapıların güçlendirilmeleri çalışmaları sırasında yer değiştirmeye bağlı performans kriterlerini esas alan yapısal değerlendirme ve tasarım kavramı önem kazanmıştır. Deprem etkileri altında yeterli bir dayanımı öngören performans kriterlerine alternatif olarak, yer değiştirmeye bağlı daha gerçekçi performans kriterlerini esas alan yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Bu amaçla Applied Technology Council (ATC) tarafından “Guidelines and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings (ATC 40)” ve Federal Emergency Management Agency (FEMA) tarafından NEHRP “Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 273, FEMA 356)” ön standart olarak yayınlanmıştır. Ülkemizde ise 2006 yılında yayınlanan “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’in Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve Güçlendirilmesi (Bölüm 7)” bölümünde bu konuya detaylı olarak yer verilmiştir (Özer 2005).

2.2.1 Performans Hedefi

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri ile yapısal performans tanımlanır. Bir yapı için, birden fazla yer hareketi altında farklı performans hedefleri değerlendirilebilir. Buna çok seviyeli performans hedefi denir (Özer 2005).

2.2.2 Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri verilen bir yapı için, belirli bir deprem hareketi altında

öngörülen hasar miktarının sınır durumları olarak tanımlanır. Hasar miktarının sınır durumları, yapıdaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturmamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve ekonomik kayıplara bağlı olarak değerlendirilir. Bir yapı için performans seviyesi, taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin birleşimi olarak belirlenir (Özer 2005).

2.2.2.1 Taşıyıcı Elemanlar İçin Performans Seviyeleri

Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri ve performans aralıkları Çizelge 2.5’de tanımlanmış ve aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 2.5 Taşıyıcı Elemanların Performans Seviyeleri

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	Kod
Hemen kullanım (immediate occupancy)		S-1
	Hasar kontrol (damage control)	S-2
Can güvenliği (life safety)		S-3
	Sınırlı güvenlik (limited safety)	S-4
Göçmenin önlenmesi (collapse prevention)		S-5

Hemen Kullanım Performans Seviyesi

Mevcut yapının deprem öncesindeki dayanımı, rijitliği ve sünekliği aynen korunmaktadır. Taşıyıcı sistemde oluşan hasar çok azdır.

Hasar Kontrol Performans Aralığı

Yapıda oluşan hasar, hemen kullanım performans seviyesi ile can güvenliği performans seviyesi arasındadır.

Can Güvenliği Performans Seviyesi

Taşıyıcı sistemde önemli hasar oluşabilir. Ancak bölgesel veya toptan göçme oluşmaz. Deprem sırasında yapısal hasarla ilgili olmayan yaralanmalar olabilir.

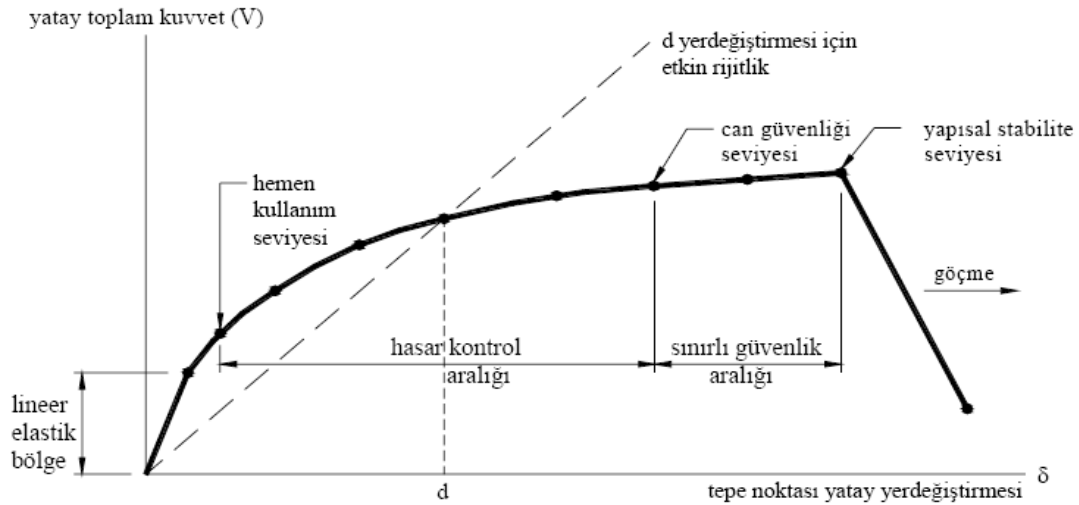
Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı

Yapıda oluşan hasar can güvenliği performans seviyesi ile göçmenin önlenmesi performans seviyesi arasındadır. Ancak taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir.

Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi

Bu seviyede taşıyıcı elemanlarda büyük hasarlar olmuş, dayanım ve rijitliklerde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Önemli oranda can güvenliği riski bulunmakla birlikte yapının taşıma kapasitesi düşey yükleri taşımaya devam etmek için yeterlidir.

Yukarıda tanımlanan performans seviyeleri ve performans aralıkları Şekil 2.1’de kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam yatay kuvvet – tepe noktası yatay yer değiştirmesi ($V-\delta$) diyagramı üzerinde gösterilmiştir (Özer 2005).



Şekil 2.1 Kapasite Eğrisinde Performans Seviyeleri ve Performans Aralıkları

2.2.2.2 Taşıyıcı Olmayan Elemanlar İçin Performans Seviyeleri

Taşıyıcı olmayan elemanlar için performans seviyeleri ve performans aralıkları aşağıda açıklanmıştır.

Kullanıma Devam Performans Seviyesi (N-A)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşmaz veya ihmal edilebilecek kadar az hasar oluşur. Bu hasar, yapının ve ekipmanın kullanımını engellemez.

Hemen Kullanım Performans Seviyesi (N-B)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı eleman ve ekipmanın onarılması ve/veya değiştirilmesi gerekebilir.

Can Güvenliği Performans Seviyesi (N-C)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Yapının içinde veya dışındaki ağır elemanlarda, yaralanmalara neden olabilecek kopmalar ve düşmeler söz konusu değildir.

Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi (N-D)

Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar oluşabilir. İnsanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz.

Performansın Dikkate Alınmadığı Seviye (N-E)

Yapı davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir (Özer 2005).

2.2.3 Bina Performans Seviyeleri

Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyelerinin toplamı binanın toplam yapısal performans seviyesini göstermektedir. Çizelge 2.6'da olası bina performans seviyeleri tanımlanmış ve aşağıda açıklanmıştır. Ö ile ifade edilen performans seviyeleri önerilmemektedir.

Çizelge 2.6 Bina Yapısal Performans Seviyeleri

Taşıyıcı Olmayan Eleman Performans Seviyeleri	Taşıyıcı Eleman Performans Seviyeleri				
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
N-A	1-A	2-A	Ö	Ö	Ö
N-B	1-B	2-B	3-B	Ö	Ö
N-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C
N-D	Ö	2-D	3-D	4-D	5-D
N-E	Ö	Ö	3-E	4-E	5-E

1-A Kullanıma Devam Performans Seviyesi (S1 + NA)

Yapı deprem öncesi dayanım, rijitlik ve sünekliğini korumaktadır. Bina hasar yoktur veya onarılabilecek seviyede hasar vardır. Yapı kullanıma devam edilebilir.

1-B Hemen Kullanım Performans Seviyesi (S1 + NB)

Yapısal hasar ve deprem sırasında yaralanma riski oldukça azdır. Yapı deprem öncesi dayanım, rijitliğini önemli ölçüde korumaktadır.

3-C Can Güvenliği Performans Seviyesi (S3 + NC)

Yapı deprem öncesi dayanım, rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Yapı onarılmalıdır ve onarılmadan kullanılması uygun değildir.

5-E Göçmenin Önlenmesi Performans Seviyesi (S5 + NE)

Binanın kullanılmaması gerekmektedir. Yapının taşıma kapasitesi sadece düşey yükleri taşımaya yeterlidir (Özer 2005).

2.2.4 Deprem Hareketi

Deprem hareketleri genel olarak, 50 yıllık bir süreç içindeki aşılma olasılıkları ve benzer depremlerin oluşumu arasındaki dönüş periyodu ile tanımlanır. Yapıda bir deprem hareketi için tek bir performans hedefi belirlenebileceği gibi, birden fazla yer hareketi için çok seviyeli performans hedefleri de belirlenebilir. ATC 40' da üç farklı

seviyede deprem hareketi tanımlanmış ve aşağıda açıklanmıştır.

Servis Depremi (SE)

50 yılda aşılma olasılığı % 50 ve yaklaşık dönüş periyodu 72 yıl olan yer hareketidir. Deprem etkisi tasarım depreminin yarısı kadardır.

Tasarım Depremi (TD)

50 yılda aşılma olasılığı % 10 ve dönüş periyodu 475 yıl olan yer hareketidir.

En Büyük Deprem (ME)

50 yılda aşılma olasılığı % 5 ve dönüş periyodu 1000 yıl olan yer hareketidir. Deprem etkisi tasarım depreminin 1,25 – 1,50 katıdır (Özer 2005).

2.2.5 Yapısal Kapasite

Talep ve kapasite performansına dayalı tasarımın iki temel ögesidir. Talep (istem) yapıya etkileyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını ifade eder. Yapısal kapasite, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin bir birleşimidir.

Yapısal kapasite, taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilen kapasite eğrisi ile ifade edilir. Yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay yükler altında taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanarak kapasite eğrisi elde edilir.

Yapı davranışında birinci doğal titreşim modunun etkin olduğu varsayılır. Bu mod esas alınarak belirlenen eşdeğer statik deprem kuvvetleri altında yapılan hesap ile kapasite eğrisi belirlenir. Özel periyodu $T=1$ sn den küçük olan yapılar için birinci doğal titreşim modunun etkin olduğu varsayılabilir. Ancak $T=1$ sn yi aşan yapılarda daha yüksek modların etkilerinin gözönüne alınması gerekmektedir (Özer 2005).

2.2.6 Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri

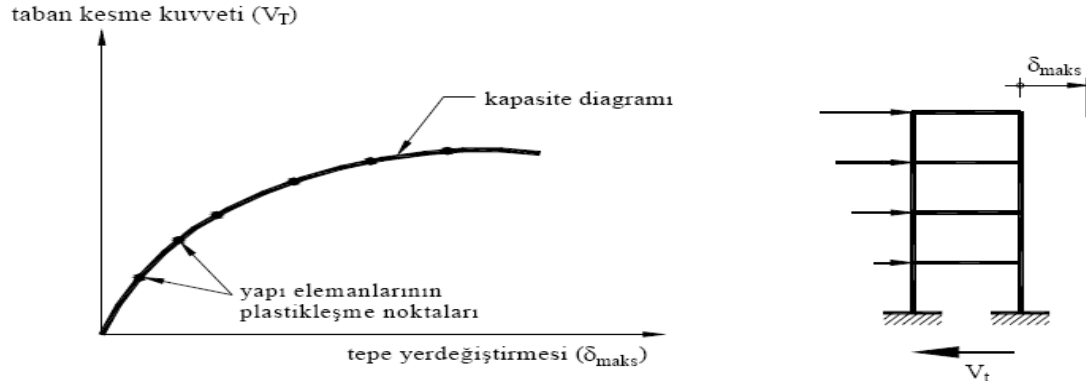
Lineer olmayan statik analiz yöntemleri yapı sisteminin yatay kuvvetler altındaki kuvvet-yatay yerdeğiştirme ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisinden yararlanarak yapının zayıf elemanları, bu elemanların yerleri ile oluşması muhtemel bölgesel veya toptan göçme mekanizmaları belirlenebilir.

Yapı performansının değerlendirilmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılmaktadır. Dayanım bazlı değerlendirme ,yapıya uygulanan yatay deprem yükleri yönetmeliklerde öngörülen seviyeye ulaştığında, dayanım, yer değiştirme ve şekil değiştirme bakımından yapıdan istenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Yer değiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirme ise, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için yapıdaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir (Özer 2005).

Yapı performansının değerlendirilmesinde lineer olmayan statik analiz yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılanları Kapasite Spektrum Yöntemi ve Yer Değiştirme Katsayısı Yöntemidir. Bu çalışmada Kapasite Spektrum Yönteminden yararlanılmıştır.

2.2.6.1 Kapasite Spektrum Yöntemi

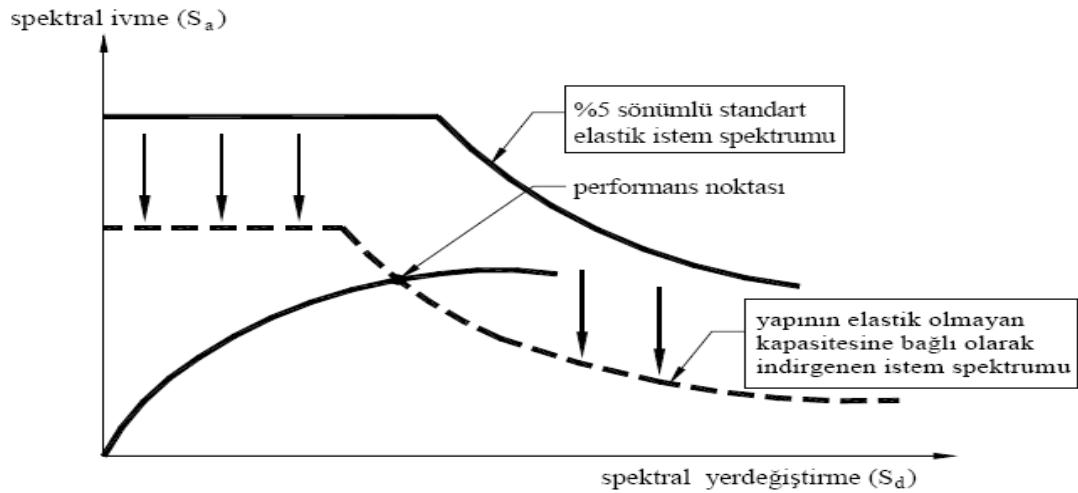
Bu yöntemde yapının kapasitesi yapıdaki deprem talebi ile karşılaştırılmaktadır. Yapının kapasitesi, taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilen kapasite eğrisi ile temsil edilmektedir. Kapasite eğrisi şekil 2.2’de ifade edildiği gibidir. İtme analizinden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve tepe deplasmanları eşdeğer tek serbestlik dereceli bir sistemin spektral ivmelerine ve spektral yer değiştirmelerine (S_a - S_d) dönüştürülür.



Şekil 2.2 Kapasite Eğrisi (Özer 2005)

Bu spektral değerler kapasite spektrumunu tanımlar. Deprem talepleri de yüksek sönümlü elastik spektrum ile tanımlanmaktadır. Bu spektrumda spektral ivme-spektral yer değiştirme formatında ifade edilir. Aynı grafik üzerinde çizilen talep ve kapasite spektrumlarının kesişimi (performans noktası), elastik olmayan dayanım ve yer değiştirme talebini verir (İrtem vd. 2004).

Şekil 2.3’de ifade edilen performans noktasından, yapıdan istenen performans hedefininin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bu yöntemde kapasite, yer değiştirme talebi ve performans noktasının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 2.3 Kapasite Spektrum Yöntemi İle Performans Noktasının Belirlenmesi

Yukarıda açıklandığı gibi kapasite eğrisinin, istem spektrumu ile karşılaştırılabilmesi için spektral formata dönüştürülmesi gereklidir. Bu işlem, birinci doğal moda ait modal kütle sayısı (α_1) ve modal katılım çarpanı (PF_1) kullanılarak (2.15), (2.16), (2.17) ve (2.18) bağıntıları ile yapılır.

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{1i} / g) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i / g) \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{1i}^2 / g) \right]} \quad (2.15)$$

$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad (2.16)$$

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{1i} / g)}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{1i}^2 / g)} \quad (2.17)$$

$$S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \quad (2.18)$$

Bu bağıntılarda;

S_a : Spektral ivme.

S_d : Spektral yer değiştirme.

V_T : Toplam taban kesme kuvveti.

δ_{maks} : Yapının tepe noktası yatay yer değiştirmesi.

W : Yapının toplam ağırlığı.

$\Phi_{tepe,1}$: Birinci normal moda ait en üst kattaki genlik.

$\Phi_{i,1}$: Birinci moda ait (i) nolu kattaki genlik.

N : Binanın kat sayısı.

w_i/g : (i) numaralı katın kütlesi.

Ayrıca talep spektrumunun da spektral formata dönüştürülmesi için (2.19) bağıntısından yararlanılır.

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4\pi^2} \quad (2.19)$$

Bu bağıntıda T, yapı sisteminin birinci doğal periyodunu göstermektedir.

Kapasite ve elastik talep spektrumları aynı spektral ivme ve spektral yer değiştirme koordinat sisteminde ifade edildikten sonra, deprem etkileri altında yapı sisteminde oluşan lineer olmayan şekil değiştirmeler nedeniyle artan sönüm oranına bağlı olarak, elastik istem spektrumunun etkili sönüm yüzdesinden yararlanarak indirgenmesi gerekir.

Etkili sönüm yüzdesi, histeretik ve viskoz sönüm toplamının kritik sönüme oranı olarak tanımlanır. Histerik sönüm eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilir ve kapasite spektrumunu içeren histerezin alanı ile ilgilidir. Viskoz sönüm ise %5 olarak alınmaktadır.

Şekil 2.4'den yararlanarak, kapasite spektrumunun iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesi halinde, etkili sönüm yüzdesi için (2.20) bağıntısı yazılabilir.

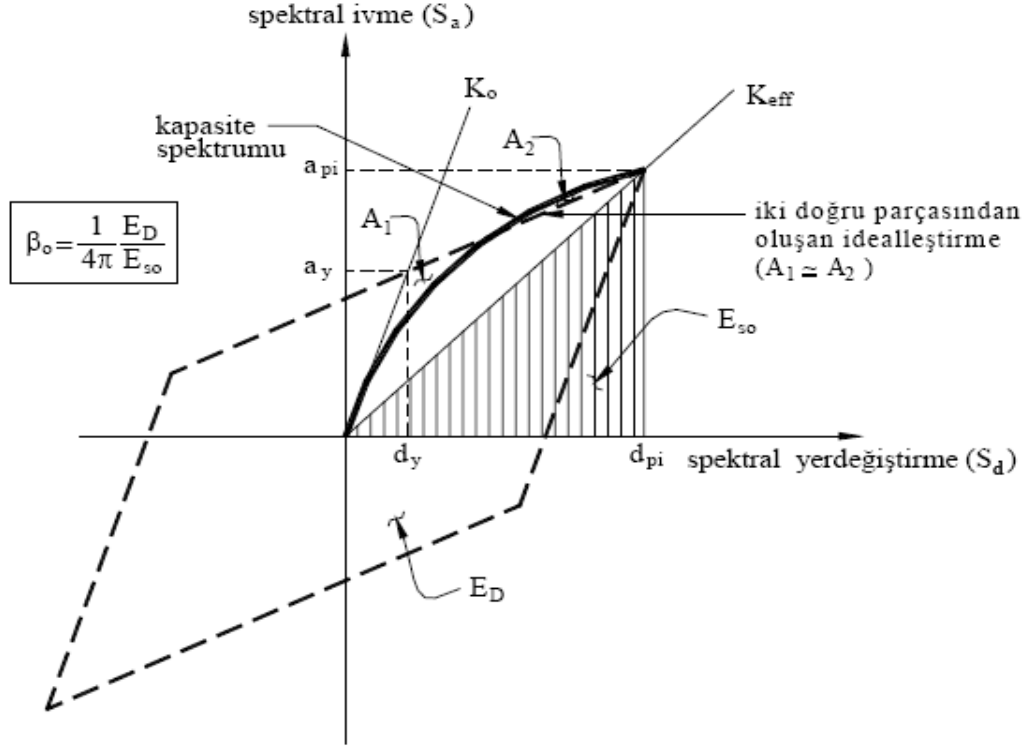
$$\beta_{eq} = \kappa \beta_o + 5 = \frac{63.7 \kappa (a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (2.20)$$

Bu bağıntıda;

β_{eq} : Yüzde olarak ifade edilen etkili sönüm oranı.

β_o : Eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilen histeretik sönümü.

κ : Yapının taşıyıcı sisteminin davranışı ile depremin süresine bağlı olarak belirlenen katsayı ($0,33 < \kappa < 1,00$).



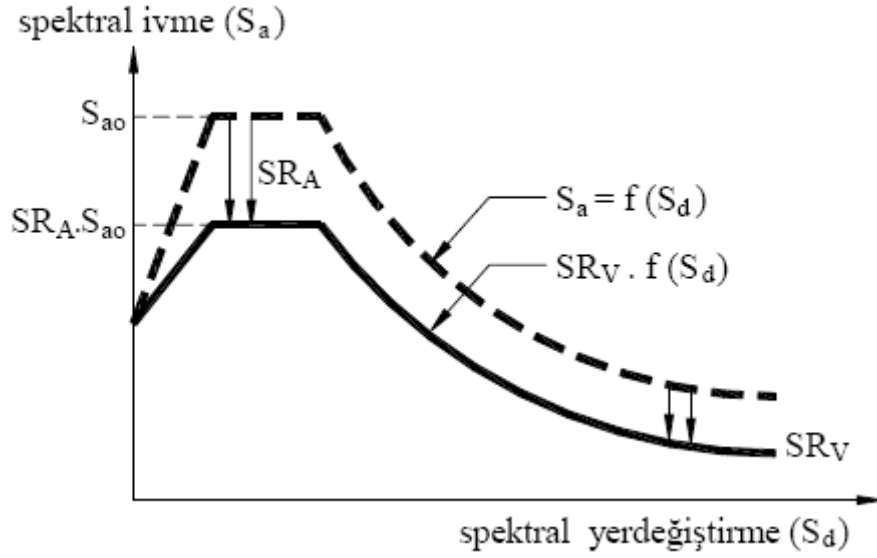
Şekil 2.4 Histerik Sönüme Eşdeğer Viskoz Sönümün Belirlenmesi

Spektral ivme ve spektral yer değiştirme koordinat sisteminde ifade edilen elastik istem spektrumunun yatay koluna ve azalan bölümüne uygulanacak indirgeme katsayıları Şekil 2.5’de ifade edildiği gibi, β_{eq} etkili sönüm oranına bağlı olarak (2.21) ve (2.22) bağıntıları ile hesaplanır.

$$SR_A \approx \frac{3,21 - 0,68 \ln(\beta_{eq})}{2,12} \geq SR_{A, \min} = 0,33 - 0,56 \quad (2.21)$$

$$SR_V \approx \frac{2,31 - 0,41 \ln(\beta_{eq})}{1,65} \geq SR_{V, \min} = 0,50 - 0,67 \quad (2.22)$$

Kapasite spektrum yönteminde performans noktasının bulunması için ardışık yaklaşım yolu izlenir. Başlangıçta seçilen d_{pi} yer değiştirmesi ile hesap sonucunda bulunan değer birbirine eşit veya yeterince yakın olması durumunda performans noktası bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilmiş olur (Özer 2005).



şekil 2.5 İndirgenmiş İstem Spektrumunun Elde Edilmesi

Kapasite spektrumu ile indirgenmiş istem spektrumunun kesim noktası, öngörölen deprem etkisi altında yapının performans noktasını vermektedir. Yapının performans noktası bu şekilde bulunduktan sonra, performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Yer değiştirmeler, plastik şekil değiştirmeler vb. sisteme ait büyüklüklerin performans noktasındaki değerleri kendilerine ait sınır değerler ile karşılaştırılır. Bu sınır değerler, belirli bir deprem hareketi altında öngörölen performans seviyesinin gerçekleşebilmesi için, yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyelerinin üst sınırlarını vermektedir (Özer 2005).

ATC 40'da betonarme kirişlerde çeşitli performans seviyeleri için öngörölen plastik dönme sınır değerleri izelge 2.7'de, betonarme kolonlarda çeşitli performans seviyeleri için öngörölen plastik dönme sınır değerleri izelge 2.8'de verilmiştir.

Çizelge 2.7 Betonarme Kirişlerde Çeşitli Performans Seviyeleri İçin Plastik Dönme Sınırları

Eğilme etkisindeki kirişler			IO	Taşıyıcı eleman		Taşıyıcı olmayan	
				LS	CP	LS	CP
$\frac{\rho - \rho'}{\rho_{denge'}}$	Sarılma Bölgesi	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
$\leq 0,0$	Var	≤ 3	0,005	0,02	0,025	0,02	0,05
$\leq 0,0$	Var	≥ 6	0,005	0,01	0,02	0,02	0,04
$\geq 0,5$	Var	≤ 3	0,005	0,01	0,02	0,02	0,03
$\geq 0,5$	Var	≥ 6	0,005	0,005	0,015	0,015	0,02
$\leq 0,0$	Yok	≤ 3	0,005	0,01	0,02	0,02	0,03
$\leq 0,0$	Yok	≥ 6	0,0	0,005	0,01	0,01	0,015
$\geq 0,5$	Yok	≤ 3	0,005	0,01	0,01	0,01	0,015
$\geq 0,5$	Yok	≥ 6	0,0	0,005	0,005	0,005	0,01

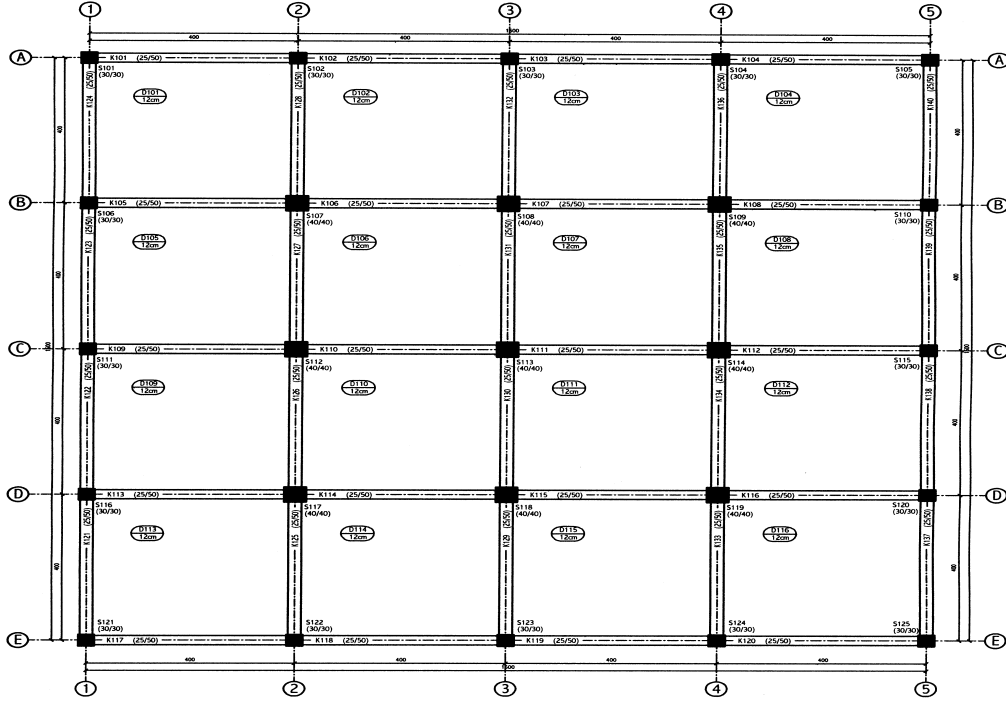
Çizelge 2.8 Betonarme Kolonlarda Çeşitli Performans Seviyeleri İçin Plastik Dönme Sınırları

Betonarme kolonlar			IO	Taşıyıcı eleman		Taşıyıcı olmayan	
				LS	CP	LS	CP
$\frac{N}{A_c f_c}$	Sarılma Bölgesi	$\frac{V}{b_w d \sqrt{f'_c}}$					
$\leq 0,1$	Var	≤ 3	0,005	0,01	0,02	0,015	0,03
$\leq 0,1$	Var	≥ 6	0,005	0,01	0,015	0,01	0,025
$\geq 0,4$	Var	≤ 3	0,0	0,005	0,015	0,01	0,025
$\geq 0,4$	Var	≥ 6	0,0	0,005	0,01	0,005	0,015
$\leq 0,1$	Yok	≤ 3	0,005	0,005	0,005	0,005	0,015
$\leq 0,1$	Yok	≥ 6	0,005	0,005	0,01	0,01	0,005
$\geq 0,4$	Yok	≤ 3	0,0	0,0	0,005	0,0	0,005
$\geq 0,4$	Yok	≥ 6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3. MATERYAL METOD

3.1 Örnek 1a

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınmadan projelendirilmiştir. Örnek 1a'ya ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Örnek 1a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.1.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4,0
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,0
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Örnek 1a’ya ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1 KAT 2 KAT 3	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 110, S 116, S 120, S 121, S 122, S 123, S 124, S 125	30 cm x 30 cm
KAT 4 KAT 5	S 107, S 108, S 109, S 112, S 113, S 114, S 117, S 118, S119	40 cm x 40 cm

3.1.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Örnek 1a’ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	4,52	2,26	6,78	2,26	K201	4,52	2,26	6,78	2,26
K102	6,78	2,26	6,78	4,52	K202	6,78	2,26	6,78	4,52
K103	6,78	4,52	6,78	2,26	K203	6,78	4,52	6,78	2,26
K104	6,78	2,26	4,52	2,26	K204	6,78	2,26	4,52	2,26
K105	4,52	2,26	7,91	2,26	K205	4,52	2,26	7,91	2,26
K106	7,91	2,26	7,91	4,52	K206	7,91	2,26	7,91	4,52
K107	7,91	4,52	7,91	2,26	K207	7,91	4,52	7,91	2,26
K108	7,91	2,26	4,52	2,26	K208	7,91	2,26	4,52	2,26
K109	4,52	2,26	7,91	2,26	K209	4,52	2,26	7,91	2,26
K110	7,91	2,26	7,91	4,52	K210	7,91	2,26	7,91	4,52
K111	7,91	4,52	7,91	2,26	K211	7,91	4,52	7,91	2,26
K112	7,91	2,26	4,52	2,26	K212	7,91	2,26	4,52	2,26
K113	4,52	2,26	7,91	2,26	K213	4,52	2,26	7,91	2,26
K114	7,91	2,26	7,91	4,52	K214	7,91	2,26	7,91	4,52
K115	7,91	4,52	7,91	2,26	K215	7,91	4,52	7,91	2,26
K116	7,91	2,26	4,52	2,26	K216	7,91	2,26	4,52	2,26
K117	4,52	2,26	6,78	2,26	K217	4,52	2,26	6,78	2,26
K118	6,78	2,26	6,78	4,52	K218	6,78	2,26	6,78	4,52
K119	6,78	4,52	6,78	2,26	K219	6,78	4,52	6,78	2,26
K120	6,78	2,26	4,52	2,26	K220	6,78	2,26	4,52	2,26
K121	4,52	2,26	6,78	2,26	K221	4,52	2,26	6,78	2,26
K122	6,78	2,26	6,78	4,52	K222	6,78	2,26	6,78	4,52
K123	6,78	4,52	6,78	2,26	K223	6,78	4,52	6,78	2,26
K124	6,78	2,26	4,52	2,26	K224	6,78	2,26	4,52	2,26
K125	4,52	2,26	7,91	2,26	K225	4,52	2,26	7,91	2,26
K126	7,91	2,26	7,91	4,52	K226	7,91	2,26	7,91	4,52
K127	7,91	4,52	7,91	2,26	K227	7,91	4,52	7,91	2,26
K128	7,91	2,26	4,52	2,26	K228	7,91	2,26	4,52	2,26
K129	4,52	2,26	7,91	2,26	K229	4,52	2,26	7,91	2,26
K130	7,91	2,26	7,91	4,52	K230	7,91	2,26	7,91	4,52
K131	7,91	4,52	7,91	2,26	K231	7,91	4,52	7,91	2,26
K132	7,91	2,26	4,52	2,26	K232	7,91	2,26	4,52	2,26
K133	4,52	2,26	7,91	2,26	K233	4,52	2,26	7,91	2,26

Çizelge 3.2 (Devam) Örnek 1a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	7,91	2,26	7,91	4,52	K234	7,91	2,26	7,91	4,52
K135	7,91	4,52	7,91	2,26	K235	7,91	4,52	7,91	2,26
K136	7,91	2,26	4,52	2,26	K236	7,91	2,26	4,52	2,26
K137	4,52	2,26	6,78	2,26	K237	4,52	2,26	6,78	2,26
K138	6,78	2,26	6,78	4,52	K238	6,78	2,26	6,78	4,52
K139	6,78	4,52	6,78	2,26	K239	6,78	4,52	6,78	2,26
K140	6,78	2,26	4,52	2,26	K240	6,78	2,26	4,52	2,26
K301	4,52	2,26	6,78	2,26	K401	4,52	2,26	6,78	2,26
K302	6,78	2,26	6,78	4,52	K402	6,78	2,26	6,78	4,52
K303	6,78	4,52	6,78	2,26	K403	6,78	4,52	6,78	2,26
K304	6,78	2,26	4,52	2,26	K404	6,78	2,26	4,52	2,26
K305	4,52	2,26	7,91	2,26	K405	4,52	2,26	7,91	2,26
K306	7,91	2,26	7,91	4,52	K406	7,91	2,26	7,91	4,52
K307	7,91	4,52	7,91	2,26	K407	7,91	4,52	7,91	2,26
K308	7,91	2,26	4,52	2,26	K408	7,91	2,26	4,52	2,26
K309	4,52	2,26	7,91	2,26	K409	4,52	2,26	7,91	2,26
K310	7,91	2,26	7,91	4,52	K410	7,91	2,26	7,91	4,52
K311	7,91	4,52	7,91	2,26	K411	7,91	4,52	7,91	2,26
K312	7,91	2,26	4,52	2,26	K412	7,91	2,26	4,52	2,26
K313	4,52	2,26	7,91	2,26	K413	4,52	2,26	7,91	2,26
K314	7,91	2,26	7,91	4,52	K414	7,91	2,26	7,91	4,52
K315	7,91	4,52	7,91	2,26	K415	7,91	4,52	7,91	2,26
K316	7,91	2,26	4,52	2,26	K416	7,91	2,26	4,52	2,26
K317	4,52	2,26	6,78	2,26	K417	4,52	2,26	6,78	2,26
K318	6,78	2,26	6,78	4,52	K418	6,78	2,26	6,78	4,52
K319	6,78	4,52	6,78	2,26	K419	6,78	4,52	6,78	2,26
K320	6,78	2,26	4,52	2,26	K420	6,78	2,26	4,52	2,26
K321	4,52	2,26	6,78	2,26	K421	4,52	2,26	6,78	2,26
K322	6,78	2,26	6,78	4,52	K422	6,78	2,26	6,78	4,52
K323	6,78	4,52	6,78	2,26	K423	6,78	4,52	6,78	2,26
K324	6,78	2,26	4,52	2,26	K424	6,78	2,26	4,52	2,26
K325	4,52	2,26	7,91	2,26	K425	4,52	2,26	7,91	2,26
K326	7,91	2,26	7,91	4,52	K426	7,91	2,26	7,91	4,52
K327	7,91	4,52	7,91	2,26	K427	7,91	4,52	7,91	2,26
K328	7,91	2,26	4,52	2,26	K428	7,91	2,26	4,52	2,26
K329	4,52	2,26	7,91	2,26	K429	4,52	2,26	7,91	2,26
K330	7,91	2,26	7,91	4,52	K430	7,91	2,26	7,91	4,52
K331	7,91	4,52	7,91	2,26	K431	7,91	4,52	7,91	2,26
K332	7,91	2,26	4,52	2,26	K432	7,91	2,26	4,52	2,26
K333	4,52	2,26	7,91	2,26	K433	4,52	2,26	7,91	2,26

Çizelge 3.2 (Devam) Örnek 1a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	7,91	2,26	7,91	4,52	K434	7,91	2,26	7,91	4,52
K335	7,91	4,52	7,91	2,26	K435	7,91	4,52	7,91	2,26
K336	7,91	2,26	4,52	2,26	K436	7,91	2,26	4,52	2,26
K337	4,52	2,26	6,78	2,26	K437	4,52	2,26	6,78	2,26
K338	6,78	2,26	6,78	4,52	K438	6,78	2,26	6,78	4,52
K339	6,78	4,52	6,78	2,26	K439	6,78	4,52	6,78	2,26
K340	6,78	2,26	4,52	2,26	K440	6,78	2,26	4,52	2,26
K501	4,52	2,26	6,78	2,26	K521	4,52	2,26	6,78	2,26
K502	6,78	2,26	6,78	4,52	K522	6,78	2,26	6,78	4,52
K503	6,78	4,52	6,78	2,26	K523	6,78	4,52	6,78	2,26
K504	6,78	2,26	4,52	2,26	K524	6,78	2,26	4,52	2,26
K505	4,52	2,26	6,78	2,26	K525	4,52	2,26	6,78	2,26
K506	6,78	2,26	6,78	4,52	K526	6,78	2,26	6,78	4,52
K507	6,78	4,52	6,78	2,26	K527	6,78	4,52	6,78	2,26
K508	6,78	2,26	4,52	2,26	K528	6,78	2,26	4,52	2,26
K509	4,52	2,26	6,78	2,26	K529	4,52	2,26	6,78	2,26
K510	6,78	2,26	6,78	4,52	K530	6,78	2,26	6,78	4,52
K511	6,78	4,52	6,78	2,26	K531	6,78	4,52	6,78	2,26
K512	6,78	2,26	4,52	2,26	K532	6,78	2,26	4,52	2,26
K513	4,52	2,26	6,78	2,26	K533	4,52	2,26	6,78	2,26
K514	6,78	2,26	7,91	4,52	K534	6,78	2,26	7,91	4,52
K515	6,78	4,52	6,78	2,26	K535	6,78	4,52	6,78	2,26
K516	6,78	2,26	4,52	2,26	K536	6,78	2,26	4,52	2,26
K517	4,52	2,26	6,78	2,26	K537	4,52	2,26	6,78	2,26
K518	6,78	2,26	6,78	4,52	K538	6,78	2,26	6,78	4,52
K519	6,78	4,52	6,78	2,26	K539	6,78	4,52	6,78	2,26
K520	6,78	2,26	4,52	2,26	K540	6,78	2,26	4,52	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

30 cm x 30 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → $2 \times 3\Phi 14 + 2 \times 1\Phi 14$

40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → $2 \times 4\Phi 14 + 2 \times 2\Phi 14$

3.1.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.3'de verilmiştir. Aşağıdaki bağıntılarda yer alan eksenel basınç kuvveti N_D düşey yükler altında hesaplanmıştır.

Çizelge 3.3 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S 101	0,70	S 201	0,60	S 301	0,50	S 401	0,40	S 501	0,40
S 102	0,80	S 202	0,80	S 302	0,60	S 402	0,50	S 502	0,40
S 103	0,80	S 203	0,80	S 303	0,70	S 403	0,50	S 503	0,40
S 104	0,80	S 204	0,80	S 304	0,60	S 404	0,50	S 504	0,40
S 105	0,70	S 205	0,60	S 305	0,50	S 405	0,40	S 505	0,40
S 106	0,80	S 206	0,80	S 306	0,60	S 406	0,50	S 506	0,40
S 107	0,80	S 207	0,80	S 307	0,70	S 407	0,50	S 507	0,40
S 108	0,80	S 208	0,80	S 308	0,70	S 408	0,50	S 508	0,40
S 109	0,80	S 209	0,80	S 309	0,70	S 409	0,50	S 509	0,40
S 110	0,80	S 210	0,80	S 310	0,60	S 410	0,50	S 510	0,40
S 111	0,80	S 211	0,80	S 311	0,70	S 411	0,50	S 511	0,40
S 112	0,80	S 212	0,80	S 312	0,70	S 412	0,50	S 512	0,40
S 113	0,80	S 213	0,80	S 313	0,60	S 413	0,50	S 513	0,40
S 114	0,80	S 214	0,80	S 314	0,70	S 414	0,50	S 514	0,40
S 115	0,80	S 215	0,80	S 315	0,70	S 415	0,50	S 515	0,40
S 116	0,80	S 216	0,80	S 316	0,60	S 416	0,50	S 516	0,40
S 117	0,80	S 217	0,80	S 317	0,70	S 417	0,50	S 517	0,40
S 118	0,80	S 218	0,80	S 318	0,70	S 418	0,50	S 518	0,40
S 119	0,80	S 219	0,80	S 319	0,70	S 419	0,50	S 519	0,40
S 120	0,80	S 220	0,80	S 320	0,60	S 420	0,50	S 520	0,40
S 121	0,70	S 221	0,60	S 321	0,50	S 421	0,40	S 521	0,40
S 122	0,80	S 222	0,80	S 322	0,60	S 422	0,50	S 522	0,40
S 123	0,80	S 223	0,80	S 323	0,70	S 423	0,50	S 523	0,40
S 124	0,80	S 224	0,80	S 324	0,60	S 424	0,50	S 524	0,40
S 125	0,70	S 225	0,60	S 325	0,60	S 425	0,40	S 525	0,40

$$\text{Kirişlerde} : 0,40 EI_o \quad (3.1)$$

$$\text{Kolon ve perdelerde} : N_D/(A_c f_{cm}) \leq 0,10 \text{ olması durumunda } 0,40 EI_o \quad (3.2)$$

$$N_D/(A_c f_{cm}) \geq 0,40 \text{ olması durumunda } 0,80 EI_o$$

Bağıntılarda;

N_D : Düşey yükler altında kolonda oluşan eksenel kuvvet

A_c : Kolon ve perdenin brüt kesit alanı

f_{cm} : Mevcut kolon dayanımı ifade eder.

3.1.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,820$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak $S(T) = 1,94$ bulunur.

$$S(T) = 2,50 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0,8} \quad (3.3)$$

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_e , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 269,59 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.4'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 Örnek 1a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H _i	w _i	w _i x H _i	(w _i x H _i) /Σ (w _i x H _i)	V _i
5	3	15	20,18	302,7	0,249382	67,23
4	3	12	30,37	364,44	0,300247	80,94
3	3	9	30,37	273,33	0,225185	60,71
2	3	6	30,37	182,22	0,150124	40,47
1	3	3	30,37	91,11	0,075062	20,24

3.1.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 1a projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.5'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Çizelge 3.5 Örnek 1a'ya ait İndis Bilgileri

A _{w1}	0	n	5
A _{w2}	0	i	1
A _{w3}	0	a ₁	1
A _{c1}	0	a ₂	-
A _{c2}	28800	a ₃	-
A _{sc}	0	F _w	1
f _c	160	F _{sc}	-
W	1091754	T	1
E _s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Temel yapısal performans indisi E_o, Çizelge 3.6'da gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.6 Örnek 1a'ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o 'ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,147726
C_{sc}	0
E_o	0,147726

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.7'de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.7 Örnek 1a'ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

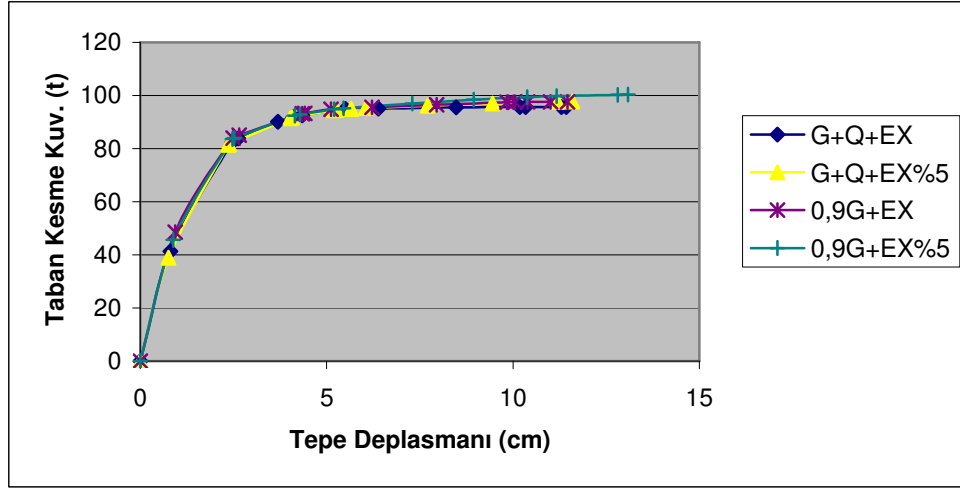
Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.8'de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.8 Örnek 1a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

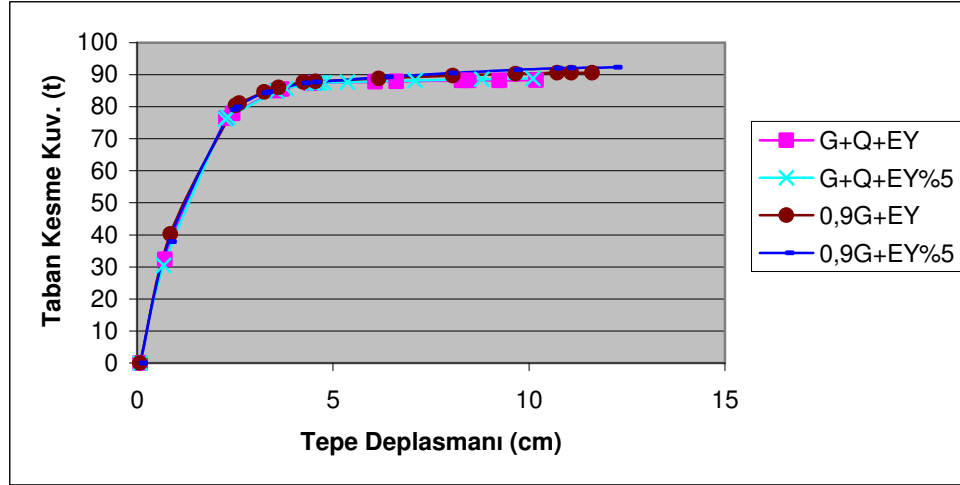
$I_s = E_o \times S_D \times T$	0,132953
$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U$	0,72
I_s / I_{SO}	0,18465

3.1.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği, Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Örnek 1a'ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.3 Örnek 1a'ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.4'de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.3'e göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans

düzeylerine göre, Çizelge 3.9’da kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur. Ancak itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü belirlenmiştir.

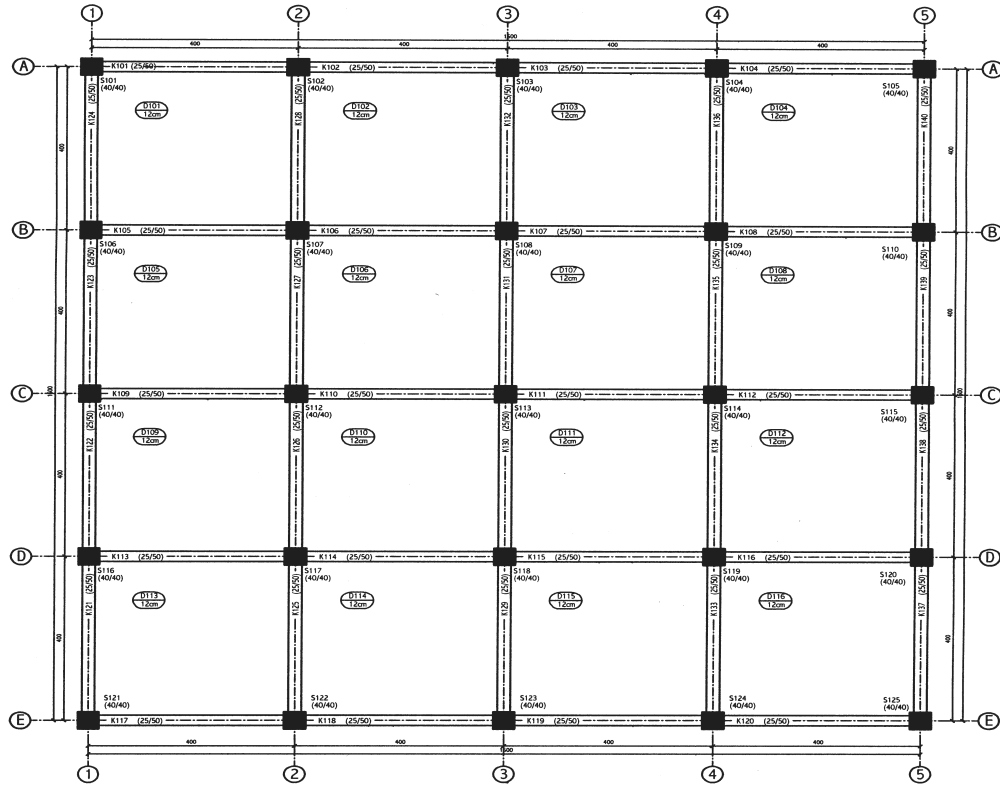
Çizelge 3.9 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	340	14	46	-	213	12	25	-
Y	341	19	40	-	213	12	25	-

3.2 Örnek 1b

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 1b'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.4'de verilmiştir.

Şekil 3.4 Örnek 1b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı



Şekil 3.4 Örnek 1b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.2.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,1
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10 Örnek 1b'ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 107,	40 cm x 40 cm
KAT 2	S108, S 109, S 110, S 111, S 112, S 113, S 114,	
KAT 3	S 115, S 116, S 117, S 118, S119, S 120, S 121,	
KAT 4	S 122, S 123, S 124, S 125	
KAT 5		

3.2.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.11’de verilmiştir.

Çizelge 3.11 Örnek 1b’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	14,92	10,30	13,16	8,29	K201	14,92	8,29	13,16	8,29
K102	13,16	8,29	12,22	9,14	K202	13,16	10,55	13,16	9,14
K103	12,22	9,14	13,16	8,29	K203	13,16	9,14	13,16	10,55
K104	13,16	8,29	14,92	10,30	K204	13,16	8,29	14,92	8,29
K105	16,93	10,30	15,17	8,29	K205	16,93	8,29	13,16	8,29
K106	15,17	8,29	13,16	9,14	K206	13,16	8,29	13,76	8,54
K107	13,76	9,14	15,17	8,29	K207	13,76	8,54	13,16	8,29
K108	15,17	8,29	16,93	10,30	K208	13,16	8,29	16,93	8,29
K109	16,93	10,30	13,76	6,88	K209	14,92	8,29	13,16	6,88
K110	13,76	6,88	13,16	8,54	K210	13,16	6,88	13,16	8,54
K111	13,16	8,54	13,76	6,88	K211	13,16	8,54	13,16	9,14
K112	13,76	6,88	16,93	10,30	K212	13,16	6,88	14,92	8,29
K113	16,93	10,30	15,17	8,29	K213	16,93	8,29	13,16	8,29
K114	15,17	8,29	13,76	9,14	K214	13,16	8,29	13,76	8,54
K115	13,76	9,14	15,17	8,29	K215	13,76	8,54	13,16	8,29
K116	15,17	8,29	16,93	10,30	K216	13,16	8,29	16,93	8,29
K117	14,92	10,30	13,16	8,29	K217	14,92	8,29	12,16	8,29
K118	13,16	8,29	12,22	9,14	K218	13,16	10,55	13,16	9,14
K119	12,22	9,14	13,16	8,29	K219	13,16	9,14	13,16	8,29
K120	13,16	8,29	14,92	10,30	K220	13,16	8,29	14,92	8,29
K121	14,92	8,42	13,16	8,29	K221	14,92	8,29	13,16	8,29
K122	13,16	8,29	12,22	9,14	K222	13,16	8,29	13,16	9,14
K123	12,22	9,14	13,16	8,29	K223	13,16	9,14	13,16	8,29
K124	13,16	9,42	14,92	10,30	K224	13,16	8,29	14,92	8,29
K125	16,93	10,30	15,17	8,29	K225	16,93	8,29	13,16	8,29
K126	15,17	8,29	13,76	9,14	K226	13,16	8,29	13,76	8,54
K127	13,76	9,14	15,17	8,29	K227	13,76	8,54	13,16	8,29
K128	15,17	8,29	16,93	10,30	K228	13,16	8,29	16,93	8,29
K129	16,93	10,30	13,76	6,88	K229	14,92	8,29	13,16	6,88
K130	13,76	6,88	13,16	8,54	K230	13,16	6,88	13,16	8,54
K131	13,16	8,29	13,76	6,88	K231	13,16	8,54	13,16	6,88
K132	13,76	6,88	16,93	10,30	K232	13,16	6,88	14,92	8,29
K133	16,93	10,30	15,17	8,29	K233	16,93	8,29	13,16	8,29

Çizelge 3.11 (Devam) Örnek 1b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	15,17	8,29	13,76	9,14	K234	13,16	8,29	13,76	9,14
K135	13,76	9,14	15,17	6,28	K235	13,76	8,54	13,16	8,29
K136	15,17	8,29	16,93	10,30	K236	12,16	8,29	16,93	8,29
K137	14,92	10,30	13,16	8,29	K237	14,92	8,29	13,16	8,29
K138	13,16	8,29	12,22	9,14	K238	13,16	8,29	13,16	9,14
K139	12,22	9,14	13,16	8,29	K239	13,16	9,14	10,68	8,29
K140	13,16	8,29	14,92	10,30	K240	13,16	8,29	14,92	8,29
K301	12,91	6,28	10,68	5,34	K401	9,96	2,26	10,27	2,26
K302	10,68	5,34	11,15	7,60	K402	10,27	2,26	9,14	4,52
K303	11,15	7,60	10,68	5,34	K403	10,27	4,52	10,27	2,26
K304	10,68	5,34	12,91	6,28	K404	10,27	2,26	9,96	2,26
K305	14,92	6,28	12,22	5,34	K405	11,50	2,26	10,27	2,26
K306	12,22	5,34	12,22	6,78	K406	10,27	2,26	10,68	4,52
K307	12,22	6,78	12,22	5,34	K407	10,68	4,52	10,27	2,26
K308	12,22	5,34	14,92	6,28	K408	10,27	2,26	11,50	2,26
K309	14,92	5,34	12,22	5,34	K409	11,50	2,26	10,27	2,26
K310	12,22	6,28	12,22	6,53	K410	10,27	2,26	10,27	4,52
K311	12,22	6,53	12,22	5,34	K411	10,27	4,52	10,27	2,26
K312	12,22	5,34	14,92	5,34	K412	10,27	2,26	11,50	2,26
K313	14,92	6,28	12,22	5,34	K413	11,50	2,26	10,27	2,26
K314	12,22	5,34	12,22	6,78	K414	10,27	2,26	10,68	4,52
K315	12,22	6,78	12,22	5,34	K415	10,68	4,52	10,27	2,26
K316	12,22	5,34	14,92	6,28	K416	10,27	2,26	11,50	2,26
K317	12,91	6,28	10,68	5,34	K417	9,96	2,26	10,27	2,26
K318	10,68	5,34	11,15	9,14	K418	10,27	2,26	10,27	4,52
K319	11,15	7,60	10,68	5,34	K419	10,27	4,52	10,27	2,26
K320	10,68	5,34	12,91	6,28	K420	10,27	2,26	9,96	2,26
K321	12,91	6,28	10,68	5,34	K421	9,96	2,26	10,27	2,26
K322	10,68	5,34	11,15	7,60	K422	10,27	2,26	10,27	4,52
K323	11,15	7,60	10,68	5,34	K423	10,27	4,52	10,27	2,26
K324	10,68	5,34	12,91	6,28	K424	10,27	2,26	9,96	2,26
K325	14,92	4,28	12,22	5,34	K425	11,50	2,26	10,27	2,26
K326	12,22	5,34	12,22	6,78	K426	10,27	2,26	10,68	4,52
K327	12,22	6,78	12,22	5,34	K427	10,58	2,26	10,27	2,26
K328	12,22	5,34	14,92	5,34	K428	10,27	2,26	11,50	2,26
K329	14,92	5,34	12,22	5,34	K429	11,50	2,26	10,27	2,26
K330	12,22	5,34	12,22	6,53	K430	10,27	2,26	10,27	4,52
K331	12,22	6,53	12,22	5,34	K431	10,27	4,52	10,27	2,26
K332	12,22	5,34	14,92	5,34	K432	10,27	2,26	11,50	2,26
K333	14,92	6,28	12,22	5,34	K433	11,50	2,26	9,14	2,26

Çizelge 3.11 (Devam) Örnek 1b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	12,22	5,34	12,22	8,42	K434	10,27	2,26	10,68	4,52
K335	12,22	6,78	12,22	5,34	K435	10,68	4,52	10,27	2,26
K336	12,22	5,34	14,92	6,28	K436	10,27	2,26	11,50	2,26
K337	12,91	6,28	10,68	8,29	K437	9,96	2,26	10,27	2,26
K338	10,68	5,34	11,15	7,60	K438	10,27	2,26	10,27	4,52
K339	11,15	5,34	10,68	5,34	K439	10,27	4,52	10,27	2,26
K340	10,68	5,34	12,91	6,28	K440	10,27	2,26	9,96	2,26
K501	4,52	2,26	6,78	2,26	K521	4,52	2,26	6,78	2,26
K502	6,78	2,26	6,78	4,52	K522	6,78	2,26	6,78	4,52
K503	5,65	4,52	6,78	2,26	K523	6,78	4,52	6,78	2,26
K504	6,78	2,26	4,52	2,26	K524	6,78	2,26	4,52	2,26
K505	5,65	2,26	6,78	2,26	K525	5,65	2,26	6,78	2,26
K506	6,78	2,26	6,78	4,52	K526	6,78	2,26	6,78	4,52
K507	6,78	4,52	6,78	2,26	K527	6,78	4,52	6,78	2,26
K508	6,78	2,26	5,65	2,26	K528	6,78	2,26	5,65	2,26
K509	5,65	2,26	6,78	2,26	K529	5,65	2,26	6,78	2,26
K510	6,78	2,26	6,78	4,52	K530	6,78	2,26	6,78	4,52
K511	6,78	4,52	6,78	2,26	K531	6,78	4,52	6,78	2,26
K512	6,78	2,26	5,65	2,26	K532	6,78	2,26	5,65	2,26
K513	5,65	2,26	6,78	2,26	K533	5,65	2,26	6,78	2,26
K514	6,78	2,26	6,78	4,52	K534	6,78	2,26	6,78	4,52
K515	6,78	4,52	6,78	2,26	K535	6,78	4,52	6,78	2,26
K516	6,78	2,26	5,65	2,26	K536	6,78	2,26	5,65	2,26
K517	4,52	2,26	6,78	2,26	K537	4,52	2,26	6,78	2,26
K518	6,78	2,26	6,78	4,52	K538	6,78	2,26	6,78	4,52
K519	6,78	4,52	6,78	2,26	K539	6,78	4,52	6,78	2,26
K520	6,78	2,26	4,52	2,26	K540	6,78	2,26	4,52	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x4Φ14 + 2x2Φ14

40 cm x 40 cm ebatlarındaki (S 101, S105, S 121, S 125)

kolonlar için → 2x5Φ14 + 2x3Φ14

3.2.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S 101	0,50	S 201	0,50	S 301	0,40	S 401	0,40	S 501	0,40
S 102	0,70	S 202	0,60	S 302	0,50	S 402	0,40	S 502	0,40
S 103	0,70	S 203	0,60	S 303	0,50	S 403	0,40	S 503	0,40
S 104	0,70	S 204	0,60	S 304	0,50	S 404	0,40	S 504	0,40
S 105	0,50	S 205	0,50	S 305	0,40	S 405	0,40	S 505	0,40
S 106	0,70	S 206	0,60	S 306	0,50	S 406	0,40	S 506	0,40
S 107	0,80	S 207	0,80	S 307	0,60	S 407	0,50	S 507	0,40
S 108	0,80	S 208	0,80	S 308	0,60	S 408	0,50	S 508	0,40
S 109	0,80	S 209	0,80	S 309	0,60	S 409	0,50	S 509	0,40
S 110	0,70	S 210	0,60	S 310	0,50	S 410	0,40	S 510	0,40
S 111	0,70	S 211	0,60	S 311	0,50	S 411	0,40	S 511	0,40
S 112	0,80	S 212	0,80	S 312	0,60	S 412	0,50	S 512	0,40
S 113	0,80	S 213	0,80	S 313	0,60	S 413	0,50	S 513	0,40
S 114	0,80	S 214	0,80	S 314	0,60	S 414	0,50	S 514	0,40
S 115	0,70	S 215	0,60	S 315	0,50	S 415	0,40	S 515	0,40
S 116	0,70	S 216	0,60	S 316	0,50	S 416	0,40	S 516	0,40
S 117	0,80	S 217	0,80	S 317	0,60	S 417	0,50	S 517	0,40
S 118	0,80	S 218	0,80	S 318	0,60	S 418	0,50	S 518	0,40
S 119	0,80	S 219	0,80	S 319	0,60	S 419	0,50	S 519	0,40
S 120	0,70	S 220	0,60	S 320	0,50	S 420	0,40	S 520	0,40
S 121	0,50	S 221	0,50	S 321	0,40	S 421	0,40	S 521	0,40
S 122	0,70	S 222	0,60	S 322	0,50	S 422	0,40	S 522	0,40
S 123	0,70	S 223	0,60	S 323	0,50	S 423	0,40	S 523	0,40
S 124	0,70	S 224	0,60	S 324	0,50	S 424	0,40	S 524	0,40
S 125	0,50	S 225	0,50	S 325	0,40	S 425	0,40	S 525	0,40

3.2.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,732$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak $S(T) = 2,13$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 304,59 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.13'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.13 Örnek 1b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i
5	3	15	21,03	315,45	0,252128	76,80
4	3	12	31,19	374,28	0,299149	91,12
3	3	9	31,19	280,71	0,224362	68,34
2	3	6	31,19	187,14	0,149574	45,56
1	3	3	31,19	93,57	0,074787	22,78

3.2.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 1b projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.14'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C

hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.15’de gösterildiği gibi, kısa kolunu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.14 Örnek 1b’ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	0	n	5
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	1
A_{c1}	0	a_2	-
A_{c2}	40000	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	160	F_{sc}	-
W	1124226	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.15 Örnek 1b’ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,199248
C_{sc}	0
E_o	0,199248

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.16’da görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.16 Örnek 1b’ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D ’nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

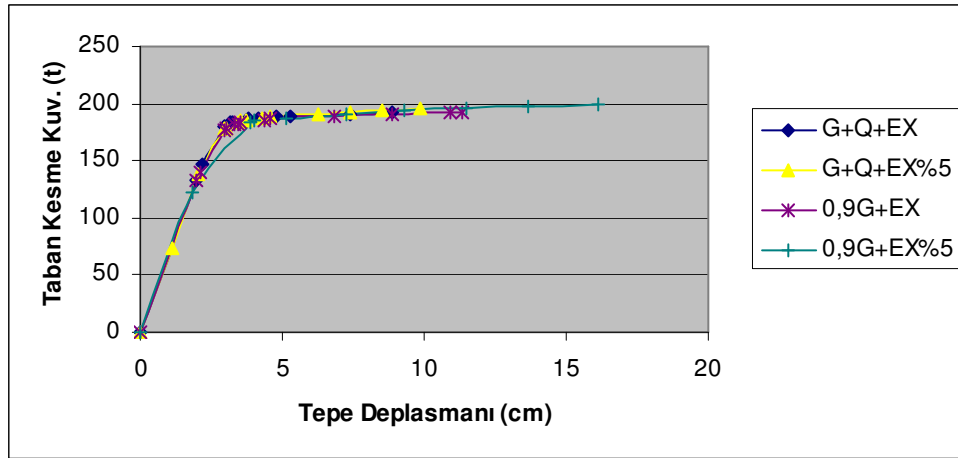
Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.17’de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.17 Örnek 1b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

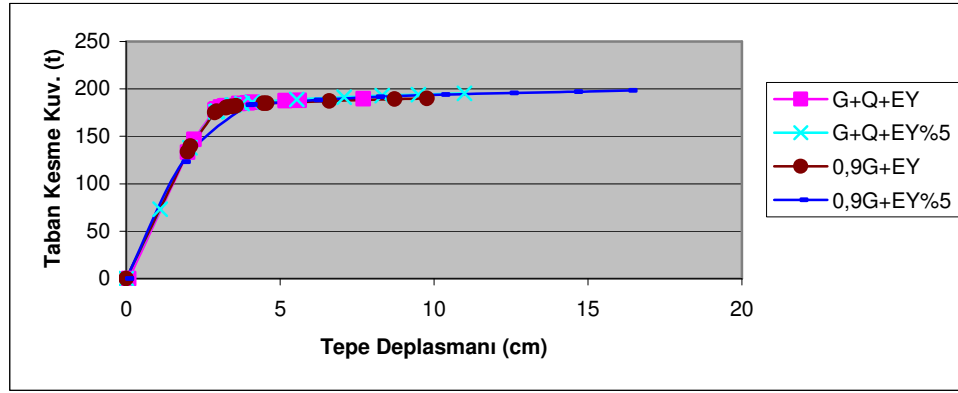
$I_s = E_o \times S_D \times T$	0,179323
$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U$	0,72
I_s / I_{SO}	0,24906

3.2.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ’da gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Örnek 1b’ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.6 Örnek 1b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

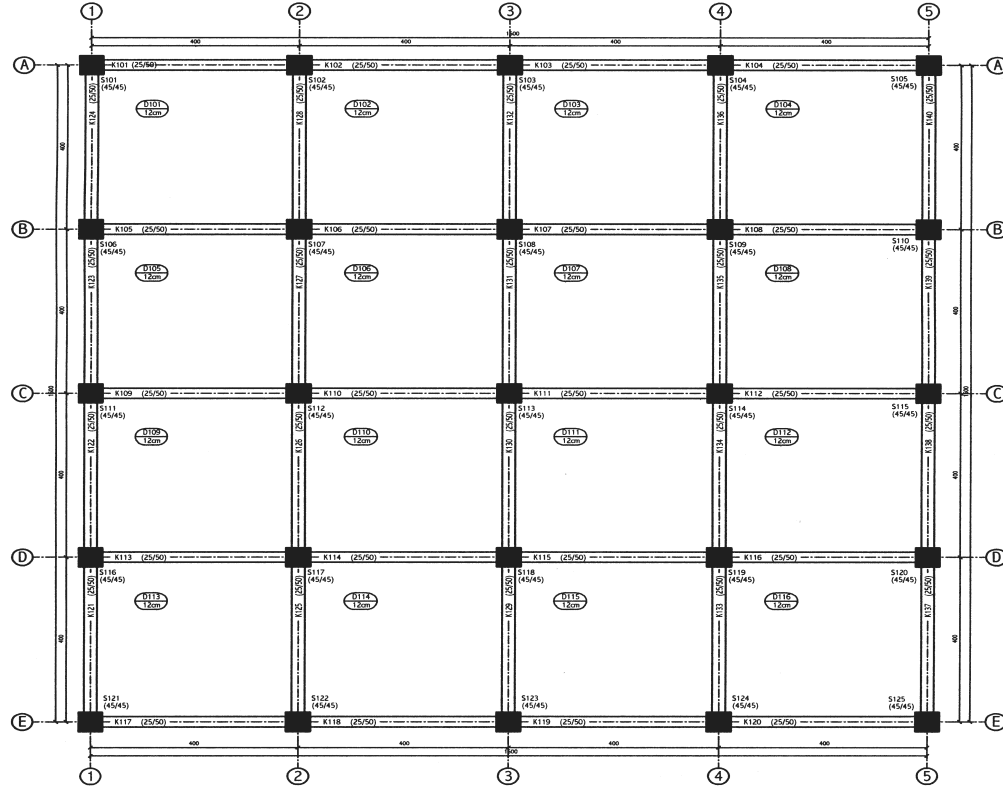
G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.13'de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.12'ye göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.18'de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.18 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	342	54	4	-	225	17	8	-
Y	341	57	2	-	225	17	8	-

3.3 Örnek 1c

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina ABYYHY 98'e göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 1c'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7 Örnek 1c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.3.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (R)	: 8
Deprem Katsayısı (Ao)	: 0,4
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 20
Çelik Akma Gerilmesi	: 4200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: ABYYHY 98
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.19’da verilmiştir.

Çizelge 3.19 Örnek 1c’ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 107,	45 cm x 45 cm
KAT 2	S108, S 109, S 110, S 111, S 112, S 113, S 114,	
KAT 3	S 115, S 116, S 117, S 118, S119, S 120, S 121,	
KAT 4	S 122, S 123, S 124, S 125	
KAT 5		

3.3.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.20’de verilmiştir.

Çizelge 3.20 Örnek 1c’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	10,17	7,91	9,04	6,78	K201	11,30	6,78	10,17	5,65
K102	9,04	6,78	9,04	7,91	K202	10,17	5,65	10,17	7,91
K103	9,04	7,91	9,04	6,78	K203	10,17	7,91	10,17	5,65
K104	9,04	6,78	10,17	7,91	K204	10,17	5,65	11,30	6,78
K105	11,30	7,91	10,17	6,78	K205	11,30	6,78	9,04	5,65
K106	10,17	6,78	10,17	7,91	K206	9,04	5,65	10,17	7,91
K107	10,17	7,91	10,17	6,78	K207	10,17	7,91	9,04	5,65
K108	10,17	6,78	11,30	7,91	K208	9,04	6,78	11,30	7,91
K109	10,17	6,78	10,17	5,65	K209	10,17	6,78	10,17	5,65
K110	10,17	5,65	9,04	7,91	K210	9,04	5,65	9,04	7,91
K111	9,04	7,91	9,04	5,65	K211	9,04	7,91	9,04	5,65
K112	9,04	5,65	9,04	6,78	K212	9,04	5,65	10,17	6,78
K113	11,30	7,91	10,17	6,78	K213	10,17	6,78	9,04	5,65
K114	10,17	6,78	10,17	7,91	K214	9,04	5,65	10,17	7,91
K115	10,17	7,91	10,17	6,78	K215	10,17	7,91	9,04	5,65
K116	10,17	6,78	11,30	7,91	K216	9,04	5,65	11,30	6,78
K117	10,17	7,91	9,04	6,78	K217	11,30	6,78	10,17	5,65
K118	9,04	6,78	9,04	7,91	K218	10,17	5,65	10,17	7,91
K119	9,04	7,91	9,04	6,78	K219	10,17	7,91	10,17	5,65
K120	9,04	6,78	10,17	7,91	K220	9,04	6,78	10,17	7,91
K121	10,17	7,91	9,04	6,78	K221	11,30	6,78	10,17	5,65
K122	9,04	6,78	9,04	7,91	K222	9,04	6,78	9,04	7,91
K123	9,04	7,91	9,04	6,78	K223	10,17	7,91	10,17	5,65
K124	9,04	6,78	10,17	7,91	K224	10,17	5,65	11,30	6,78
K125	11,30	7,91	10,17	6,78	K225	11,30	6,78	9,04	5,65
K126	10,17	6,78	10,17	7,91	K226	9,04	5,65	10,17	7,91
K127	10,17	7,91	10,17	6,78	K227	10,17	7,91	9,04	5,65
K128	10,17	6,78	11,30	7,91	K228	9,04	5,65	11,30	6,78
K129	10,17	6,78	9,04	5,65	K229	10,17	6,78	9,04	5,65
K130	9,04	5,65	9,04	7,91	K230	9,04	5,65	9,04	7,91
K131	9,04	7,91	10,17	5,65	K231	9,04	7,91	9,04	5,65
K132	10,17	5,65	10,17	6,78	K232	9,04	5,65	10,17	6,78
K133	11,30	7,91	10,17	6,78	K233	11,30	6,78	9,04	5,65

Çizelge 3.20 (Devam) Örnek 1c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	10,17	6,78	10,17	7,91	K234	9,04	5,65	10,17	7,91
K135	10,17	7,91	10,17	6,78	K235	10,17	7,91	9,04	5,65
K136	10,17	6,78	11,30	7,91	K236	9,04	5,65	11,30	6,78
K137	10,17	7,91	9,04	6,78	K237	11,30	6,78	10,17	5,65
K138	9,04	6,78	9,04	7,91	K238	10,17	5,65	10,17	7,91
K139	9,04	7,91	9,04	6,78	K239	10,17	7,91	10,17	5,65
K140	9,04	6,78	10,17	7,91	K240	10,17	5,65	11,30	6,78
K301	9,04	4,52	7,91	4,52	K401	6,78	3,39	5,65	2,26
K302	9,04	4,52	7,91	6,78	K402	5,65	2,26	5,65	4,52
K303	7,91	6,78	7,91	4,52	K403	5,65	4,52	5,65	2,26
K304	7,91	4,52	9,04	4,52	K404	5,65	2,26	6,78	3,39
K305	10,17	4,52	9,04	4,52	K405	6,78	3,39	6,78	3,39
K306	9,04	4,52	9,04	6,78	K406	6,78	3,39	6,78	5,65
K307	9,04	6,78	9,04	4,52	K407	6,78	5,65	6,78	3,39
K308	9,04	4,52	10,17	4,52	K408	6,78	3,39	6,78	3,39
K309	10,17	4,52	9,04	4,52	K409	6,78	3,39	6,78	3,39
K310	9,04	4,52	9,04	6,78	K410	6,78	3,39	6,78	5,65
K311	9,04	6,78	9,04	4,52	K411	6,78	5,65	6,78	3,39
K312	9,04	4,52	10,17	4,52	K412	6,78	3,39	6,78	3,39
K313	10,17	4,52	9,04	4,52	K413	6,78	3,39	6,78	3,39
K314	9,04	4,52	9,04	6,78	K414	6,78	3,39	6,78	5,65
K315	9,04	6,78	9,04	4,52	K415	6,78	5,65	6,78	3,39
K316	9,04	4,52	10,17	4,52	K416	6,78	3,39	6,78	3,39
K317	9,04	4,52	7,91	4,52	K417	6,78	3,39	5,65	2,26
K318	7,91	4,52	7,91	6,78	K418	5,65	2,26	5,65	4,52
K319	7,91	6,78	7,91	4,52	K419	5,65	4,52	5,65	2,26
K320	7,91	4,52	9,04	4,52	K420	5,65	2,26	6,78	3,39
K321	9,04	4,52	7,91	4,52	K421	6,78	3,39	5,65	2,26
K322	7,91	4,52	7,91	6,78	K422	5,65	2,26	5,65	4,52
K323	7,91	6,78	7,91	4,52	K423	5,65	4,52	5,65	2,26
K324	7,91	4,52	9,04	4,52	K424	5,65	2,26	6,78	3,39
K325	10,17	4,52	9,04	4,52	K425	6,78	3,39	6,78	3,39
K326	9,04	4,52	9,04	6,78	K426	6,78	3,39	6,78	5,65
K327	9,04	6,78	9,04	4,52	K427	6,78	5,65	6,78	3,39
K328	9,04	4,52	10,17	4,52	K428	6,78	3,39	6,78	3,39
K329	10,17	4,52	9,04	4,52	K429	6,78	3,39	6,78	3,39
K330	9,04	4,52	9,04	6,78	K430	6,78	3,39	6,78	5,65
K331	9,04	6,78	9,04	4,52	K431	6,78	5,65	6,78	3,39
K332	9,04	4,52	10,17	4,52	K432	6,78	3,39	6,78	3,39
K333	10,17	4,52	9,04	4,52	K433	6,78	3,39	6,78	3,39

Çizelge 3.20 (Devam) Örnek 1c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	9,04	4,52	9,04	6,78	K434	6,78	3,39	6,78	5,65
K335	9,04	6,78	9,04	4,52	K435	6,78	5,65	6,78	3,39
K336	9,04	4,52	10,17	4,52	K436	6,78	3,39	6,78	3,39
K337	9,04	4,52	7,91	4,52	K437	6,78	3,39	5,65	2,26
K338	7,91	4,52	7,91	6,78	K438	5,65	2,26	5,65	4,52
K339	7,91	6,78	7,91	4,52	K439	5,65	4,52	5,65	2,26
K340	7,91	4,52	9,04	4,52	K440	5,65	2,26	6,78	3,39
K501	3,39	2,26	4,52	2,26	K521	3,39	2,26	4,52	2,26
K502	4,52	2,26	4,52	4,52	K522	4,52	2,26	4,52	4,52
K503	4,52	4,52	4,52	2,26	K523	4,52	4,52	4,52	2,26
K504	4,52	2,26	3,39	2,26	K524	4,52	2,26	3,39	2,26
K505	3,39	2,26	4,52	2,26	K525	3,39	2,26	4,52	2,26
K506	4,52	2,26	4,52	4,52	K526	4,52	2,26	4,52	4,52
K507	4,52	4,52	4,52	2,26	K527	4,52	4,52	4,52	2,26
K508	4,52	2,26	3,39	2,26	K528	4,52	2,26	3,39	2,26
K509	3,39	2,26	4,52	2,26	K529	3,39	2,26	4,52	2,26
K510	4,52	2,26	4,52	4,52	K530	4,52	2,26	4,52	4,52
K511	4,52	4,52	4,52	2,26	K531	4,52	4,52	4,52	2,26
K512	4,52	2,26	3,39	2,26	K532	4,52	2,26	3,39	2,26
K513	3,39	2,26	4,52	2,26	K533	3,39	2,26	4,52	2,26
K514	4,52	2,26	4,52	4,52	K534	4,52	2,26	4,52	4,52
K515	4,52	4,52	4,52	2,26	K535	4,52	4,52	4,52	2,26
K516	4,52	2,26	3,39	2,26	K536	4,52	2,26	3,39	2,26
K517	3,39	2,26	4,52	2,26	K537	3,39	2,26	4,52	2,26
K518	4,52	2,26	4,52	4,52	K538	4,52	2,26	4,52	4,52
K519	4,52	4,52	4,52	2,26	K539	4,52	4,52	4,52	2,26
K520	4,52	2,26	3,39	2,26	K540	4,52	2,26	3,39	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

45 cm x 45 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x5Φ14 + 2x3Φ14

3.3.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması

istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.21’de verilmiştir.

Çizelge 3.21 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S 101	0,50	S 201	0,40	S 301	0,40	S 401	0,40	S 501	0,40
S 102	0,50	S 202	0,50	S 302	0,40	S 402	0,40	S 502	0,40
S 103	0,50	S 203	0,50	S 303	0,40	S 403	0,40	S 503	0,40
S 104	0,50	S 204	0,50	S 304	0,40	S 404	0,40	S 504	0,40
S 105	0,50	S 205	0,40	S 305	0,40	S 405	0,40	S 505	0,40
S 106	0,50	S 206	0,50	S 306	0,40	S 406	0,40	S 506	0,40
S 107	0,70	S 207	0,60	S 307	0,50	S 407	0,40	S 507	0,40
S 108	0,70	S 208	0,60	S 308	0,50	S 408	0,40	S 508	0,40
S 109	0,70	S 209	0,60	S 309	0,50	S 409	0,40	S 509	0,40
S 110	0,50	S 210	0,50	S 310	0,40	S 410	0,40	S 510	0,40
S 111	0,50	S 211	0,50	S 311	0,40	S 411	0,40	S 511	0,40
S 112	0,70	S 212	0,60	S 312	0,50	S 412	0,40	S 512	0,40
S 113	0,70	S 213	0,60	S 313	0,50	S 413	0,40	S 513	0,40
S 114	0,70	S 214	0,60	S 314	0,50	S 414	0,40	S 514	0,40
S 115	0,50	S 215	0,50	S 315	0,40	S 415	0,40	S 515	0,40
S 116	0,50	S 216	0,50	S 316	0,40	S 416	0,40	S 516	0,40
S 117	0,70	S 217	0,60	S 317	0,50	S 417	0,40	S 517	0,40
S 118	0,70	S 218	0,60	S 318	0,50	S 418	0,40	S 518	0,40
S 119	0,70	S 219	0,60	S 319	0,50	S 419	0,40	S 519	0,40
S 120	0,50	S 220	0,50	S 320	0,40	S 420	0,40	S 520	0,40
S 121	0,50	S 221	0,40	S 321	0,40	S 421	0,40	S 521	0,40
S 122	0,50	S 222	0,50	S 322	0,40	S 422	0,40	S 522	0,40
S 123	0,50	S 223	0,50	S 323	0,40	S 423	0,40	S 523	0,40
S 124	0,50	S 224	0,50	S 324	0,40	S 424	0,40	S 524	0,40
S 125	0,50	S 225	0,40	S 325	0,40	S 425	0,40	S 525	0,40

3.3.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,674$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak $S(T) = 2,277$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapıldığından, yeterli sargı koşulları sağlandığından süneklik düzeyi yüksek olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 8$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_e , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 167,584 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.22'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.22 Örnek 1c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i
5	3	15	21,80	327	0,253547	42,49
4	3	12	32,09	385,08	0,298581	50,04
3	3	9	32,09	288,81	0,223936	37,53
2	3	6	32,09	192,54	0,149291	25,02
1	3	3	32,09	96,27	0,074645	12,51

3.3.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 1c projesine ait yapı bilgileri Çizelge 4.23'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.24’de gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.23 Örnek 1c’ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	0	n	5
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	1
A_{c1}	50625	a_2	-
A_{c2}	0	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	200	F_{sc}	-
W	1158266	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.24 Örnek 1c’ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,437076
C_{sc}	0
E_o	0,437076

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.25’de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.26’da görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.25 Örnek 1c’ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D ’nin Hesabı

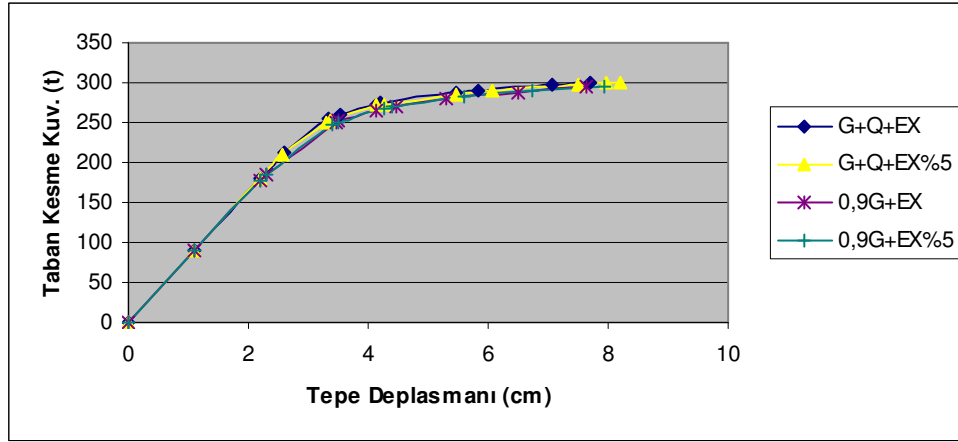
	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

Çizelge 3.26 Örnek 1c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

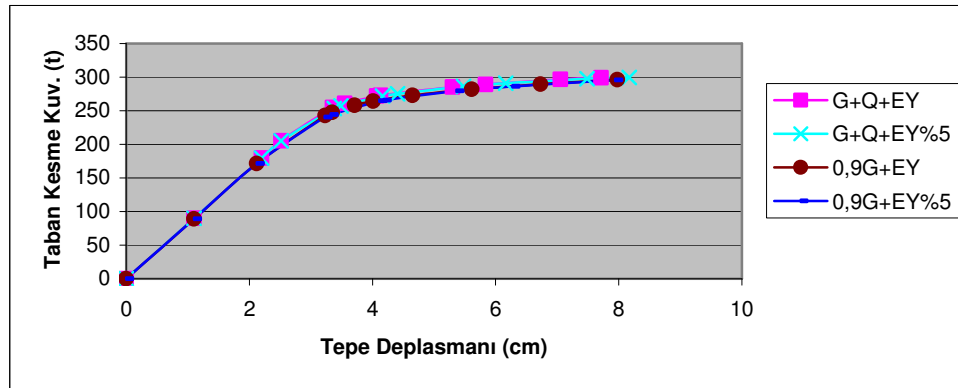
$I_s = E_o * S_D * T$	0,393368
$I_{SO} = E_s * Z * G * U$	0,72
I_s / I_{SO}	0,546344

3.3.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Örnek 1c’ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.9 Örnek 1c’ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

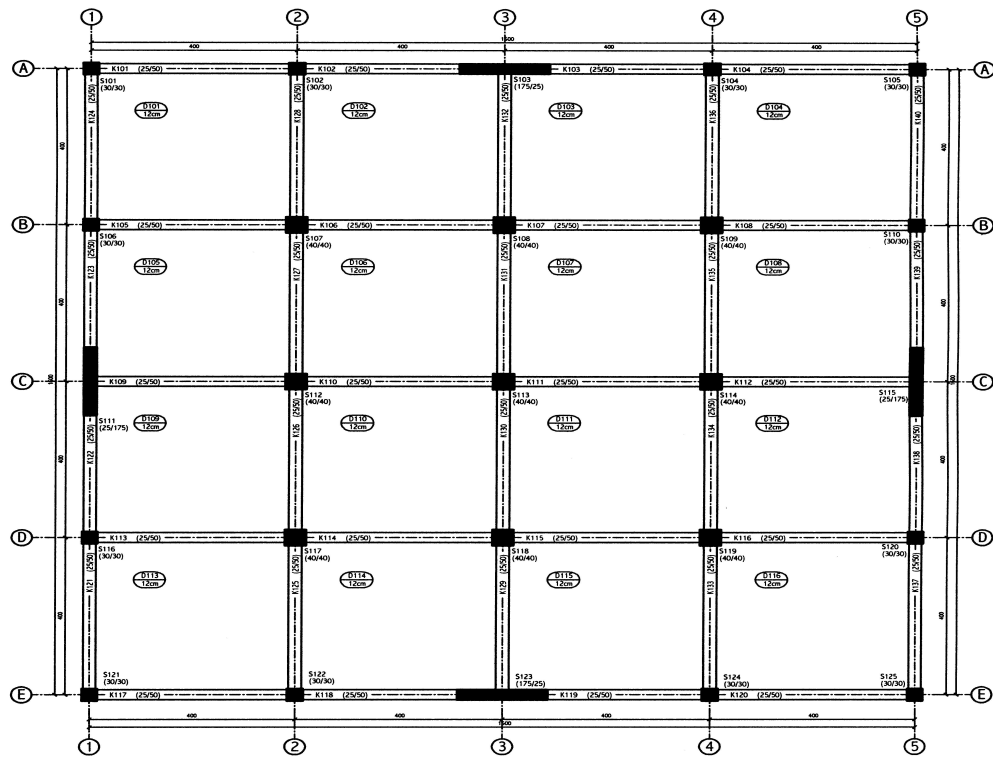
G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.22’de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.21’e göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40’da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.27’de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.27 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	340	60	-	-	225	25	-	-
Y	340	60	-	-	225	25	-	-

3.4 Örnek 2a

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik, x ve y yönünde 4 adet betonarme perdesi olan ve betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınmadan projelendirilmiştir. Örnek 2a'ya ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10 Örnek 2a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.4.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4,0
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,0
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.28’de verilmiştir.

Çizelge 3.28 Örnek 2a’ya ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 104, S 105, S 106, S 110, S 116,	30 cm x 30 cm
KAT 2	S 120, S 121, S 122, S 124, S 125	
KAT 3	S 107, S 108, S 109, S 112, S 113, S 114, S 117,	40 cm x 40 cm
KAT 4	S 118, S119	
KAT 5	S 103, S 111, S 115, S 123	25 cm x 175 cm

3.4.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.29’da verilmiştir.

Çizelge 3.29 Örnek 2a’ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	4,52	2,26	4,52	4,52	K201	4,52	2,26	4,52	4,52
K102	4,52	4,52	6,78	4,52	K202	4,52	4,52	7,91	4,52
K103	6,78	4,52	4,52	4,52	K203	7,91	4,52	4,52	4,52
K104	4,52	4,52	4,52	2,26	K204	4,52	4,52	4,52	2,26
K105	4,52	2,26	7,91	2,26	K205	4,52	2,26	7,91	2,26
K106	7,91	2,26	6,78	4,52	K206	7,91	2,26	6,78	4,52
K107	6,78	4,52	7,91	2,26	K207	6,78	4,52	7,91	2,26
K108	7,91	2,26	4,52	2,26	K208	7,91	2,26	4,52	2,26
K109	5,65	2,26	6,78	2,26	K209	6,78	2,26	6,78	2,26
K110	6,78	2,26	6,78	4,52	K210	6,78	2,26	6,78	4,52
K111	6,78	4,52	6,78	2,26	K211	6,78	4,52	6,78	2,26
K112	6,78	2,26	5,65	2,26	K212	6,78	2,26	6,78	2,26
K113	4,52	2,26	7,91	2,26	K213	4,52	2,26	7,91	2,26
K114	7,91	2,26	6,78	4,52	K214	7,91	2,26	6,78	4,52
K115	6,78	4,52	7,91	2,26	K215	6,78	4,52	7,91	2,26
K116	7,91	2,26	4,52	2,26	K216	7,91	2,26	4,52	2,26
K117	4,52	2,26	4,52	4,52	K217	4,52	2,26	4,52	4,52
K118	4,52	4,52	6,78	4,52	K218	4,52	4,52	7,91	4,52
K119	6,78	4,52	4,52	6,78	K219	7,91	4,52	4,52	6,78
K120	4,52	6,78	4,52	2,26	K220	4,52	6,78	4,52	2,26
K121	4,52	2,26	4,52	6,78	K221	4,52	2,26	4,52	6,78
K122	4,52	6,78	6,78	4,52	K222	4,52	6,78	7,91	4,52
K123	6,78	4,52	4,52	6,78	K223	7,91	4,52	4,52	6,78
K124	4,52	6,78	4,52	2,26	K224	4,52	6,78	4,52	2,26
K125	4,52	2,26	7,91	2,26	K225	4,52	2,26	7,91	2,26
K126	7,91	2,26	6,78	4,52	K226	7,91	2,26	6,78	4,52
K127	6,78	4,52	7,91	2,26	K227	6,78	4,52	7,91	2,26
K128	7,91	2,26	4,52	2,26	K228	7,91	2,26	4,52	2,26
K129	5,65	2,26	6,78	2,26	K229	6,78	2,26	6,78	2,26
K130	6,78	2,26	6,78	4,52	K230	6,78	2,26	6,78	4,52
K131	6,78	4,52	6,78	2,26	K231	6,78	4,52	6,78	2,26
K132	6,78	2,26	5,65	2,26	K232	6,78	2,26	6,78	2,26
K133	4,52	2,26	7,91	2,26	K233	4,52	2,26	7,91	2,26

Çizelge 3.29 (Devam) Örnek 2a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	7,91	2,26	6,78	4,52	K234	7,91	2,26	6,78	4,52
K135	6,78	4,52	7,91	2,26	K235	6,78	4,52	7,91	2,26
K136	7,91	2,26	4,52	2,26	K236	7,91	2,26	4,52	2,26
K137	4,52	2,26	4,52	6,78	K237	4,52	2,26	4,52	6,78
K138	4,52	6,78	6,78	4,52	K238	4,52	6,78	7,91	4,52
K139	6,78	4,52	4,52	6,78	K239	7,91	4,52	4,52	6,78
K140	4,52	6,78	4,52	2,26	K240	4,52	6,78	4,52	2,26
K301	4,52	2,26	4,52	4,52	K401	4,52	2,26	4,52	4,52
K302	4,52	4,52	7,91	4,52	K402	4,52	4,52	7,91	4,52
K303	7,91	4,52	4,52	4,52	K403	7,91	4,52	4,52	4,52
K304	4,52	4,52	4,52	2,26	K404	4,52	4,52	4,52	2,26
K305	4,52	2,26	6,78	2,26	K405	4,52	2,26	6,78	2,26
K306	6,78	2,26	6,78	4,52	K406	6,78	2,26	6,78	4,52
K307	6,78	4,52	6,78	2,26	K407	6,78	4,52	6,78	2,26
K308	6,78	2,26	4,52	2,26	K408	6,78	2,26	4,52	2,26
K309	7,91	2,26	6,78	2,26	K409	7,91	2,26	6,78	2,26
K310	6,78	2,26	6,78	4,52	K410	6,78	2,26	6,78	4,52
K311	6,78	4,52	6,78	2,26	K411	6,78	4,52	6,78	2,26
K312	6,78	2,26	7,91	2,26	K412	6,78	2,26	7,91	2,26
K313	4,52	2,26	6,78	2,26	K413	4,52	2,26	6,78	2,26
K314	6,78	2,26	6,78	4,52	K414	6,78	2,26	6,78	4,52
K315	6,78	4,52	6,78	2,26	K415	6,78	4,52	6,78	2,26
K316	6,78	2,26	4,52	2,26	K416	6,78	2,26	4,52	2,26
K317	4,52	2,26	4,52	4,52	K417	4,52	2,26	4,52	4,52
K318	4,52	4,52	7,91	4,52	K418	4,52	4,52	7,91	4,52
K319	7,91	4,52	4,52	6,78	K419	7,91	4,52	4,52	6,78
K320	4,52	6,78	4,52	2,26	K420	4,52	6,78	4,52	2,26
K321	4,52	2,26	4,52	6,78	K421	4,52	2,26	4,52	6,78
K322	4,52	6,78	7,91	4,52	K422	4,52	6,78	7,91	4,52
K323	7,91	4,52	4,52	6,78	K423	7,91	4,52	4,52	6,78
K324	4,52	6,78	4,52	2,26	K424	4,52	6,78	4,52	2,26
K325	4,52	2,26	6,78	2,26	K425	4,52	2,26	6,78	2,26
K326	6,78	2,26	6,78	4,52	K426	6,78	2,26	6,78	4,52
K327	6,78	4,52	6,78	2,26	K427	6,78	4,52	6,78	2,26
K328	6,78	2,26	4,52	2,26	K428	6,78	2,26	4,52	2,26
K329	7,91	2,26	6,78	2,26	K429	7,91	2,26	6,78	2,26
K330	6,78	2,26	6,78	4,52	K430	6,78	2,26	6,78	4,52
K331	6,78	4,52	6,78	2,26	K431	6,78	4,52	6,78	2,26
K332	6,78	2,26	7,91	2,26	K432	6,78	2,26	7,91	2,26
K333	4,52	2,26	6,78	2,26	K433	4,52	2,26	6,78	2,26

Çizelge 3.29 (Devam) Örnek 2a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu

Kiriş NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	Kiriş NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	6,78	2,26	6,78	4,52	K434	6,78	2,26	6,78	4,52
K335	6,78	4,52	6,78	2,26	K435	6,78	4,52	6,78	2,26
K336	6,78	2,26	4,52	2,26	K436	6,78	2,26	4,52	2,26
K337	4,52	2,26	4,52	6,78	K437	4,52	2,26	4,52	6,78
K338	4,52	6,78	7,91	4,52	K438	4,52	6,78	7,91	4,52
K339	7,91	4,52	4,52	6,78	K439	7,91	4,52	4,52	6,78
K340	4,52	6,78	4,52	2,26	K440	4,52	6,78	4,52	2,26
K501	4,52	2,26	4,52	4,52	K521	4,52	2,26	4,52	6,78
K502	4,52	4,52	7,91	4,52	K522	4,52	6,78	7,91	4,52
K503	7,91	4,52	4,52	4,52	K523	7,91	4,52	4,52	6,78
K504	4,52	4,52	4,52	2,26	K524	4,52	6,78	4,52	2,26
K505	4,52	2,26	6,78	2,26	K525	4,52	2,26	6,78	2,26
K506	6,78	2,26	6,78	4,52	K526	6,78	2,26	6,78	4,52
K507	6,78	4,52	6,78	2,26	K527	6,78	4,52	6,78	2,26
K508	6,78	2,26	4,52	2,26	K528	6,78	2,26	4,52	2,26
K509	5,65	2,26	6,78	2,26	K529	5,65	2,26	6,78	2,26
K510	6,78	2,26	6,78	4,52	K530	6,78	2,26	6,78	4,52
K511	6,78	4,52	6,78	2,26	K531	6,78	4,52	6,78	2,26
K512	6,78	2,26	5,65	2,26	K532	6,78	2,26	5,65	2,26
K513	4,52	2,26	6,78	2,26	K533	4,52	2,26	6,78	2,26
K514	6,78	2,26	6,78	4,52	K534	6,78	2,26	6,78	4,52
K515	6,78	4,52	6,78	2,26	K535	6,78	4,52	6,78	2,26
K516	6,78	2,26	4,52	2,26	K536	6,78	2,26	4,52	2,26
K517	4,52	2,26	4,52	4,52	K537	4,52	2,26	4,52	6,78
K518	4,52	4,52	7,91	4,52	K538	4,52	6,78	7,91	4,52
K519	7,91	4,52	4,52	6,78	K539	7,91	4,52	4,52	6,78
K520	4,52	6,78	4,52	2,26	K540	4,52	6,78	4,52	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

30 cm x 30 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x3Φ14 + 2x1Φ14

40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x4Φ14 + 2x2Φ14

175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, tüm katlarda → 2x4Φ12 + 2x5Φ12

3.4.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.30'da verilmiştir.

Çizelge 3.30 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S101	0,70	S201	0,60	S301	0,50	S401	0,40	S501	0,40
S102	0,80	S202	0,70	S302	0,60	S402	0,50	S502	0,40
S103	0,50	S203	0,50	S303	0,40	S403	0,40	S503	0,40
S104	0,80	S204	0,70	S304	0,60	S404	0,50	S504	0,40
S105	0,70	S205	0,60	S305	0,50	S405	0,40	S505	0,40
S106	0,80	S206	0,70	S306	0,60	S406	0,50	S506	0,40
S107	0,80	S207	0,80	S307	0,70	S407	0,50	S507	0,40
S108	0,80	S208	0,80	S308	0,60	S408	0,50	S508	0,40
S109	0,80	S209	0,80	S309	0,70	S409	0,50	S509	0,40
S110	0,80	S210	0,70	S310	0,60	S410	0,50	S510	0,40
S111	0,50	S211	0,50	S311	0,40	S411	0,40	S511	0,40
S112	0,80	S212	0,80	S312	0,60	S412	0,50	S512	0,40
S113	0,80	S213	0,80	S313	0,70	S413	0,50	S513	0,40
S114	0,80	S214	0,80	S314	0,60	S414	0,50	S514	0,40
S115	0,50	S215	0,50	S315	0,40	S415	0,40	S515	0,40
S116	0,80	S216	0,70	S316	0,60	S416	0,50	S516	0,40
S117	0,80	S217	0,80	S317	0,70	S417	0,50	S517	0,40
S118	0,80	S218	0,80	S318	0,60	S418	0,50	S518	0,40
S119	0,80	S219	0,80	S319	0,70	S419	0,50	S519	0,40
S120	0,80	S220	0,70	S320	0,60	S420	0,50	S520	0,40
S121	0,70	S221	0,60	S321	0,50	S421	0,40	S521	0,40
S122	0,80	S222	0,70	S322	0,60	S422	0,50	S522	0,40
S123	0,50	S223	0,50	S323	0,40	S423	0,40	S523	0,40
S124	0,80	S224	0,70	S324	0,60	S424	0,50	S524	0,40
S125	0,70	S225	0,60	S325	0,50	S425	0,40	S525	0,40

3.4.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,676$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak $S(T) = 2,27$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 327,17 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.31'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.31 Örnek 2a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i
5	3	15	21,24	318,6	0,252677	82,67
4	3	12	31,41	376,92	0,298929	97,80
3	3	9	31,41	282,69	0,224197	73,35
2	3	6	31,41	188,46	0,149465	48,90
1	3	3	31,41	94,23	0,074732	24,45

3.4.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 2a projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.32'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C

hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.33’de gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.32 Örnek 2a’ya ait İndis Bilgileri

A_{w1}	17500	n	5
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	0,7
A_{c1}	0	a_2	-
A_{c2}	25200	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	160	F_{sc}	-
W	1132760	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.33 Örnek 2a’ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0,370776
C_c	0,124581
C_{sc}	0
E_o	0,458

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.34’de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.34 Örnek 2a’ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D ’nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

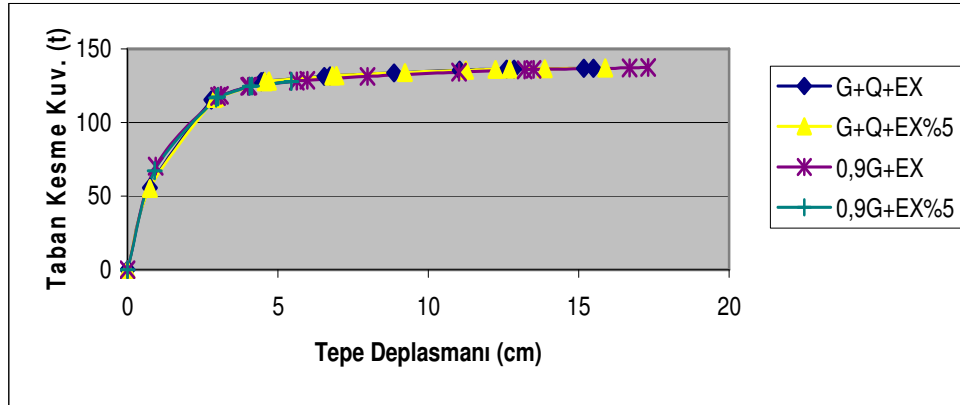
Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.35’de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.35 Örnek 2a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

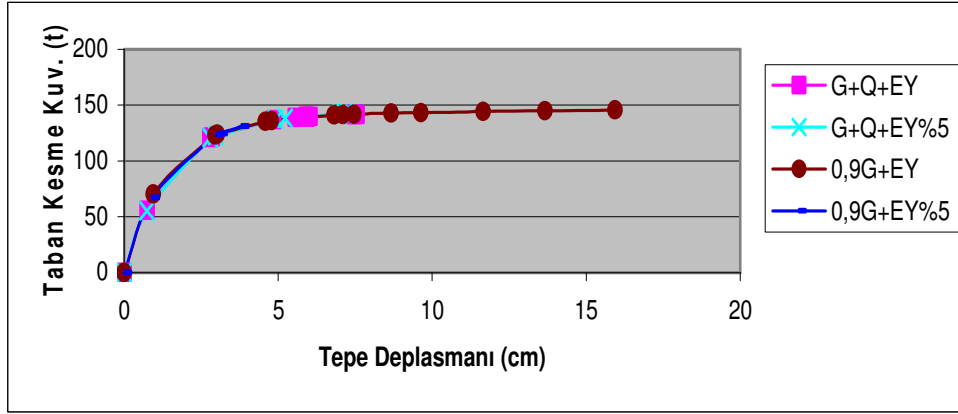
$I_s = E_o \times S_D \times T$	0,412184
$I_{SO} = E_s \times Z \times G \times U$	0,72
I_s / I_{SO}	0,572477

3.4.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Örnek 2a’ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.12 Örnek 2a'ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

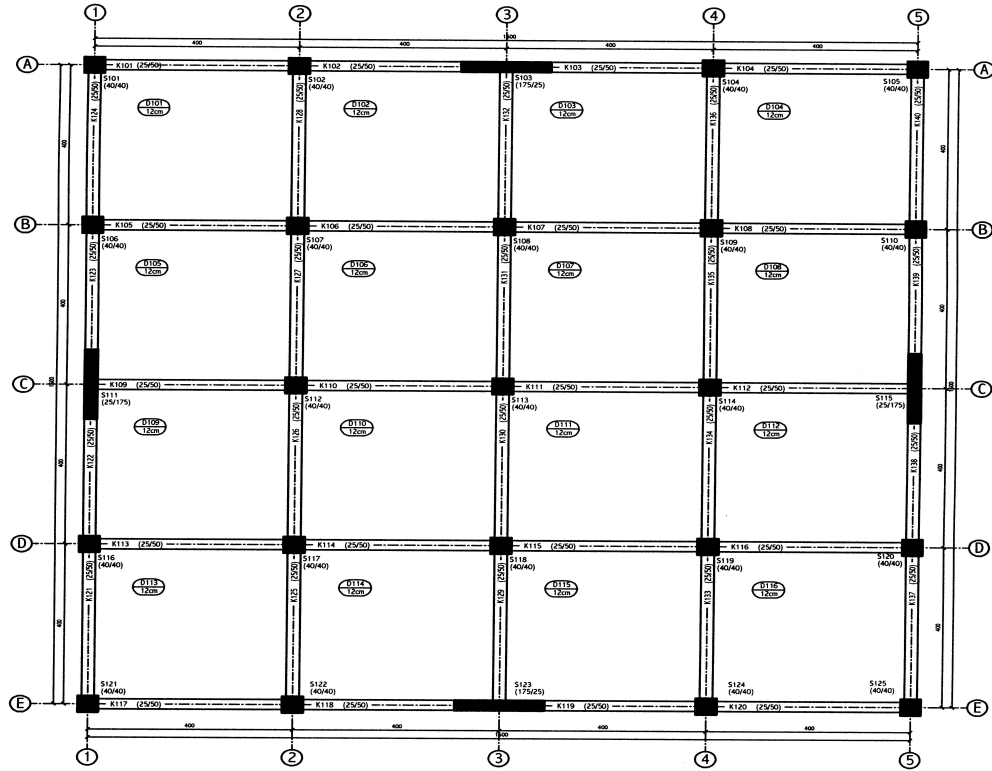
G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.31'de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.30'a göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.36'da kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.36 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	317	15	60	8	206	21	23	-
Y	313	6	81	-	210	7	33	-

3.5 Örnek 2b

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik, x ve y yönünde 4 adet betonarme perdesi olan ve betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 2b'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13 Örnek 2b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.5.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,1
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.37’de verilmiştir.

Çizelge 3.37 Örnek 2b’ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 104, S 105, S 106, S 107, S 108,	40 cm x 40 cm
KAT 2	S 109, S 110, S 112, S 113, S 114, S 116, S 117	
KAT 3	S 118, S 119, S 120, S 121, S 122, S 124, S 125	
KAT 4	S 103, S 111, S 115, S 123	25 cm x 175 cm
KAT 5		

3.5.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.38’de verilmiştir.

Çizelge 3.38 Örnek 2b’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	10,17	6,78	11,30	10,17	K201	11,30	7,91	10,17	12,43
K102	11,30	10,17	13,56	9,04	K202	11,30	12,43	15,82	10,17
K103	13,56	9,04	11,30	10,17	K203	15,82	10,17	11,30	12,43
K104	11,30	10,17	10,17	6,78	K204	11,30	12,43	11,30	7,91
K105	12,43	6,78	11,30	4,52	K205	14,69	7,91	12,43	6,78
K106	11,30	4,52	11,30	6,78	K206	12,43	6,78	12,43	7,91
K107	11,30	6,78	11,30	4,52	K207	12,43	7,91	12,43	6,78
K108	11,30	4,52	12,43	6,78	K208	12,43	6,78	14,69	7,91
K109	10,17	5,65	10,17	4,52	K209	12,43	5,65	11,30	6,78
K110	10,17	4,52	10,17	6,78	K210	11,30	6,78	12,43	7,91
K111	10,17	6,78	10,17	4,52	K211	12,43	7,91	11,30	6,78
K112	10,17	4,52	10,17	5,65	K212	11,30	6,78	12,43	5,65
K113	12,43	6,78	11,30	4,52	K213	14,69	7,91	12,43	6,78
K114	11,30	4,52	11,30	6,78	K214	12,43	6,78	12,43	7,91
K115	11,30	6,78	11,30	4,52	K215	12,43	7,91	12,43	6,78
K116	11,30	4,52	12,43	6,78	K216	12,43	6,78	14,69	7,91
K117	10,17	6,78	11,30	10,17	K217	11,30	7,91	11,30	12,43
K118	11,30	10,17	13,56	9,04	K218	11,30	12,43	15,82	10,17
K119	13,56	9,04	11,30	10,17	K219	15,82	10,17	11,30	12,43
K120	11,30	10,17	10,17	6,78	K220	11,30	12,43	11,30	7,91
K121	10,17	6,78	11,30	10,17	K221	11,30	7,91	11,30	12,43
K122	11,30	10,17	13,56	9,04	K222	11,30	12,43	15,82	10,17
K123	13,56	9,04	11,30	10,17	K223	15,82	10,17	11,30	12,43
K124	11,30	10,17	10,17	6,78	K224	11,30	12,43	11,30	7,91
K125	12,43	6,78	11,30	4,52	K225	14,69	7,91	12,43	6,78
K126	11,30	4,52	11,30	6,78	K226	12,43	6,78	12,43	7,91
K127	11,30	6,78	11,30	4,52	K227	12,43	7,91	12,43	6,78
K128	11,30	4,52	12,43	6,78	K228	12,43	6,78	14,69	7,91
K129	10,17	5,65	10,17	4,52	K229	12,43	5,65	11,30	6,78
K130	10,17	4,52	10,17	6,78	K230	11,30	6,78	12,43	7,91
K131	10,17	6,78	10,17	4,52	K231	12,43	7,91	11,30	6,78
K132	10,17	4,52	10,17	5,65	K232	11,30	6,78	12,43	5,65
K133	12,43	6,78	11,30	4,52	K233	14,69	7,91	12,43	6,78

Çizelge 3.38 (Devam) Örnek 2b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	11,30	4,52	11,30	6,78	K234	12,43	6,78	12,43	7,91
K135	11,30	6,78	11,30	4,52	K235	12,43	7,91	12,43	6,78
K136	11,30	4,52	12,43	6,78	K236	12,43	6,78	14,69	7,91
K137	10,17	6,78	11,30	10,17	K237	11,30	7,91	11,30	12,43
K138	11,30	10,17	13,56	9,04	K238	11,30	12,43	15,82	10,17
K139	13,56	9,04	11,30	10,17	K239	15,82	10,17	11,30	12,43
K140	11,30	10,17	10,17	6,78	K240	11,30	12,43	11,30	7,91
K301	11,30	5,65	10,17	11,30	K401	9,04	3,39	7,91	9,04
K302	10,17	11,30	14,69	7,91	K402	7,91	9,04	11,30	4,52
K303	14,69	7,91	10,17	11,30	K403	11,30	4,52	7,91	9,04
K304	10,17	11,30	11,30	5,65	K404	7,91	9,04	9,04	3,39
K305	13,56	5,65	11,30	5,65	K405	10,17	2,26	9,04	3,39
K306	11,30	5,65	11,30	6,78	K406	9,04	3,39	9,04	4,52
K307	11,30	6,78	11,30	5,65	K407	9,04	4,52	9,04	3,39
K308	11,30	5,65	13,56	5,65	K408	9,04	3,39	10,17	2,26
K309	11,30	4,52	10,17	5,65	K409	10,17	2,26	7,91	4,52
K310	10,17	5,65	11,30	6,78	K410	7,91	4,52	9,04	4,52
K311	11,30	6,78	10,17	5,65	K411	9,04	4,52	9,04	4,52
K312	10,17	5,65	11,30	4,52	K412	9,04	4,52	10,17	2,26
K313	13,56	5,65	11,30	5,65	K413	10,17	2,26	9,04	3,39
K314	11,30	5,65	11,30	6,78	K414	9,04	3,39	9,04	4,52
K315	11,30	6,78	11,30	5,65	K415	9,04	4,52	9,04	3,39
K316	11,30	5,65	13,56	5,65	K416	9,04	3,39	10,17	2,26
K317	11,30	5,65	10,17	11,30	K417	9,04	3,39	7,91	9,04
K318	10,17	11,30	14,69	7,91	K418	7,91	9,04	11,30	4,52
K319	14,69	7,91	10,17	11,30	K419	11,30	4,52	7,91	9,04
K320	10,17	11,30	11,30	5,65	K420	7,91	9,04	9,04	3,39
K321	11,30	5,65	10,17	11,30	K421	9,04	3,39	7,91	9,04
K322	10,17	11,30	14,69	7,91	K422	7,91	9,04	11,30	4,52
K323	14,69	7,91	10,17	11,30	K423	11,30	4,52	7,91	9,04
K324	10,17	11,30	11,30	5,65	K424	7,91	9,04	9,04	3,39
K325	13,56	5,65	11,30	5,65	K425	10,17	2,26	9,04	3,39
K326	11,30	5,65	11,30	6,78	K426	9,04	3,39	9,04	4,52
K327	11,30	6,78	11,30	5,65	K427	9,04	4,52	9,04	3,39
K328	11,30	5,65	13,56	5,65	K428	9,04	3,39	10,17	2,26
K329	11,30	4,52	10,17	5,65	K429	5,65	2,26	9,04	2,26
K330	10,17	5,65	11,30	6,78	K430	9,04	2,26	9,04	4,52
K331	11,30	6,78	10,17	5,65	K431	9,04	4,52	7,91	4,52
K332	10,17	5,65	11,30	4,52	K432	7,91	4,52	10,17	2,26
K333	13,56	5,65	11,30	5,65	K433	10,17	2,26	9,04	3,39

Çizelge 3.38 (Devam) Örnek 2b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

Kiriş NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	Kiriş NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	11,30	5,65	11,30	6,78	K434	9,04	3,39	9,04	4,52
K335	11,30	6,78	11,30	5,65	K435	9,04	4,52	9,04	3,39
K336	11,30	5,65	13,56	5,65	K436	9,04	3,39	10,17	2,26
K337	11,30	5,65	10,17	11,30	K437	9,04	3,39	7,91	9,04
K338	10,17	11,30	14,69	7,91	K438	7,91	9,04	11,30	4,52
K339	14,69	7,91	10,17	11,30	K439	11,30	4,52	7,91	9,04
K340	10,17	11,30	11,30	5,65	K440	7,91	9,04	9,04	3,39
K501	5,65	2,26	4,52	6,78	K521	5,65	2,26	4,52	6,78
K502	4,52	6,78	7,91	4,52	K522	4,52	6,78	7,91	4,52
K503	7,91	4,52	4,52	6,78	K523	7,91	4,52	4,52	6,78
K504	4,52	6,78	5,65	2,26	K524	4,52	6,78	5,65	2,26
K505	6,78	2,26	6,78	2,26	K525	6,78	2,26	6,78	2,26
K506	6,78	2,26	6,78	4,52	K526	6,78	2,26	6,78	4,52
K507	6,78	4,52	6,78	2,26	K527	6,78	4,52	6,78	2,26
K508	6,78	2,26	6,78	2,26	K528	6,78	2,26	6,78	2,26
K509	7,91	2,26	6,78	2,26	K529	7,91	2,26	6,78	2,26
K510	6,78	2,26	6,78	4,52	K530	6,78	2,26	6,78	4,52
K511	6,78	4,52	6,78	2,26	K531	6,78	4,52	6,78	2,26
K512	6,78	2,26	7,91	2,26	K532	6,78	2,26	7,91	2,26
K513	6,78	2,26	6,78	2,26	K533	6,78	2,26	6,78	2,26
K514	6,78	2,26	6,78	4,52	K534	6,78	2,26	6,78	4,52
K515	6,78	4,52	6,78	2,26	K535	6,78	4,52	6,78	2,26
K516	6,78	2,26	6,78	2,26	K536	6,78	2,26	6,78	2,26
K517	5,65	2,26	4,52	6,78	K537	5,65	2,26	4,52	6,78
K518	4,52	6,78	7,91	4,52	K538	4,52	6,78	7,91	4,52
K519	7,91	4,52	4,52	6,78	K539	7,91	4,52	4,52	6,78
K520	4,52	6,78	5,65	2,26	K540	4,52	6,78	5,65	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

- 40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x4Φ14 + 2x2Φ14
- 175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 1. katta → 2x23Φ14 + 2x5Φ12
- 175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 2., 3. ve 5. katta → 2x4Φ12 + 2x5Φ12
- 175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 4. katta → 2x6Φ12 + 2x5Φ12

3.5.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.39'da verilmiştir.

Çizelge 3.39 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S 101	0,50	S 201	0,50	S 301	0,40	S 401	0,40	S 501	0,40
S 102	0,60	S 202	0,60	S 302	0,50	S 402	0,40	S 502	0,40
S 103	0,50	S 203	0,40	S 303	0,40	S 403	0,40	S 503	0,40
S 104	0,60	S 204	0,60	S 304	0,50	S 404	0,40	S 504	0,40
S 105	0,50	S 205	0,50	S 305	0,40	S 405	0,40	S 505	0,40
S 106	0,60	S 206	0,60	S 306	0,50	S 406	0,40	S 506	0,40
S 107	0,80	S 207	0,80	S 307	0,60	S 407	0,50	S 507	0,40
S 108	0,80	S 208	0,80	S 308	0,60	S 408	0,50	S 508	0,40
S 109	0,80	S 209	0,80	S 309	0,60	S 409	0,50	S 509	0,40
S 110	0,60	S 210	0,60	S 310	0,50	S 410	0,40	S 510	0,40
S 111	0,50	S 211	0,40	S 311	0,40	S 411	0,40	S 511	0,40
S 112	0,80	S 212	0,80	S 312	0,60	S 412	0,50	S 512	0,40
S 113	0,80	S 213	0,80	S 313	0,70	S 413	0,50	S 513	0,40
S 114	0,80	S 214	0,80	S 314	0,60	S 414	0,50	S 514	0,40
S 115	0,50	S 215	0,40	S 315	0,40	S 415	0,40	S 515	0,40
S 116	0,60	S 216	0,60	S 316	0,50	S 416	0,40	S 516	0,40
S 117	0,80	S 217	0,80	S 317	0,60	S 417	0,50	S 517	0,40
S 118	0,80	S 218	0,80	S 318	0,60	S 418	0,50	S 518	0,40
S 119	0,80	S 219	0,80	S 319	0,60	S 419	0,50	S 519	0,40
S 120	0,60	S 220	0,60	S 320	0,50	S 420	0,40	S 520	0,40
S 121	0,50	S 221	0,50	S 321	0,40	S 421	0,40	S 521	0,40
S 122	0,60	S 222	0,60	S 322	0,50	S 422	0,40	S 522	0,40
S 123	0,50	S 223	0,40	S 323	0,40	S 423	0,40	S 523	0,40
S 124	0,60	S 224	0,60	S 324	0,50	S 424	0,40	S 524	0,40
S 125	0,50	S 225	0,50	S 325	0,40	S 425	0,40	S 525	0,40

3.5.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,628$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak $S(T) = 2,41$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 354,81 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.40'da eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.40 Örnek 2b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i
5	3	15	21,86	327,9	0,254304	90,23
4	3	12	32,05	384,6	0,298278	105,83
3	3	9	32,05	288,45	0,223709	79,37
2	3	6	32,05	192,3	0,149139	52,92
1	3	3	32,05	96,15	0,07457	26,46

3.5.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 2b projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.41'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C

hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.41’de gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.41 Örnek 2b’ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	17500	n	5
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	0,7
A_{c1}	0	a_2	-
A_{c2}	33600	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	160	F_{sc}	-
W	1157678	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.42 Örnek 2b’ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0,362795
C_c	0,162532
C_{sc}	0
E_o	0,47656

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.43’de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.44’de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.43 Örnek 2b'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı

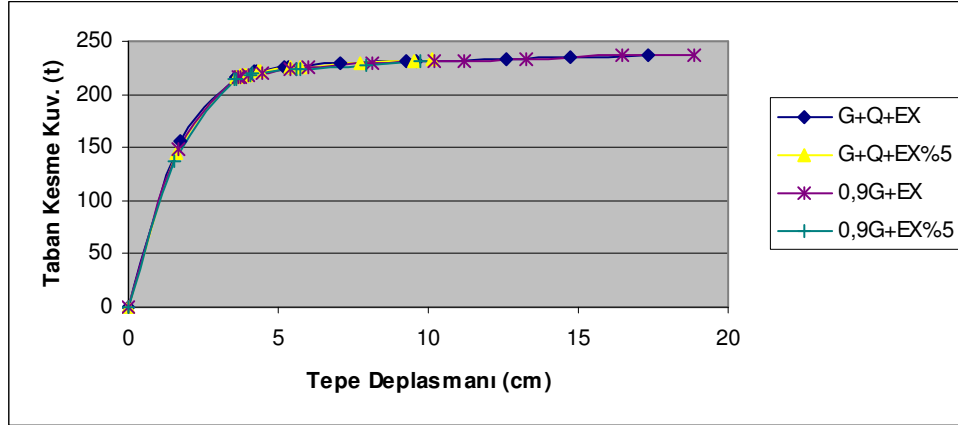
	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

Çizelge 3.44 Örnek 2b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

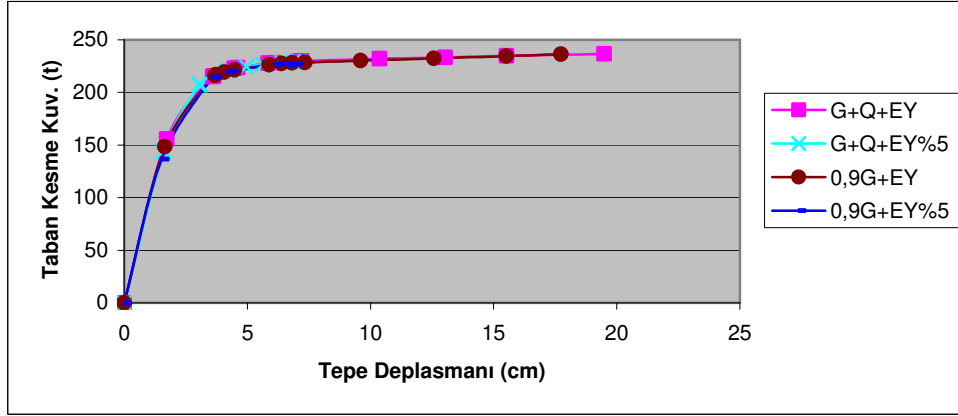
$I_S=E_o \times S_D \times T$	0,428911
$I_{SO}=E_S \times Z \times G \times U$	0,72
I_S/I_{SO}	0,59570

3.5.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Örnek 2b'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.15 Örnek 2b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

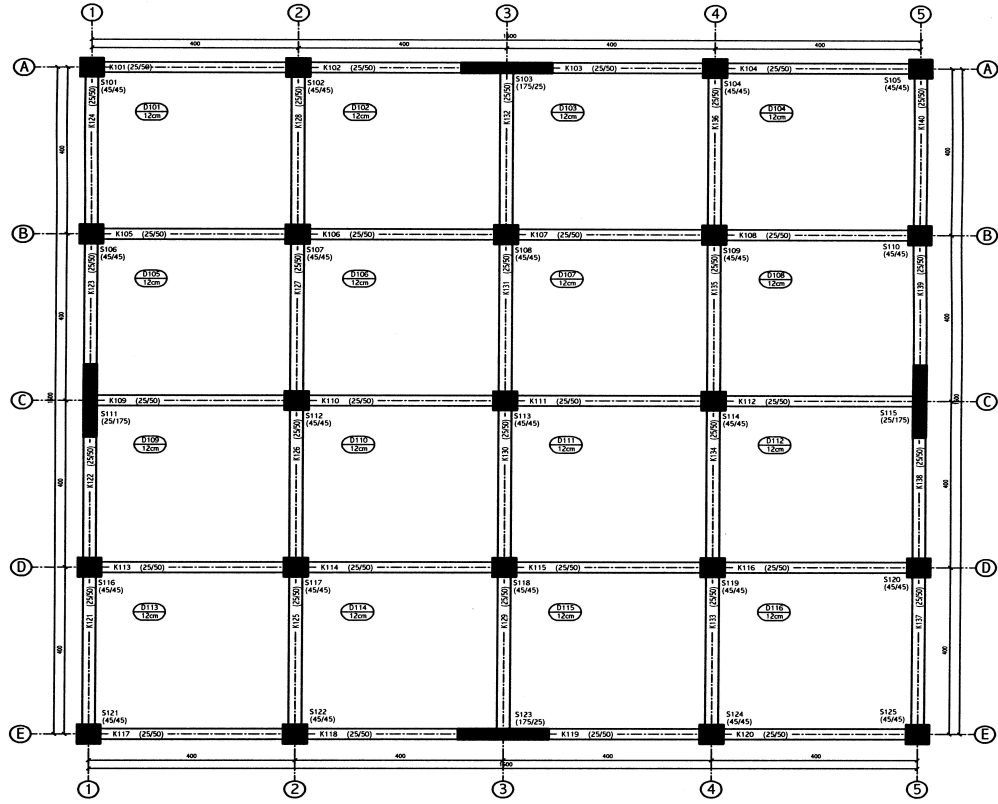
G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.40'da hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.39'ye göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.45'de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.45 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	313	9	78	-	210	15	25	-
Y	311	2	87	-	212	11	27	-

3.6 Örnek 2c

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x ve y eksenine göre simetrik, x ve y yönünde 4 adet betonarme perdesi olan ve betonarme çerçevelerden oluşmuş, 5 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina ABYYHY 98'e göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 2c'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Örnek 2c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.6.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 5
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (R)	: 7
Deprem Katsayısı (A _o)	: 0,4
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 20
Çelik Akma Gerilmesi	: 4200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: ABYYHY 98
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 3,00 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük, 5. katta 0,449 t/m² sabit yük, 0,150 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 50 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük, 5. katta ise tüm kirişlerde 0,31 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.46'da verilmiştir.

Çizelge 3.46 Örnek 2c'ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 104, S 105, S 106, S 107, S 108,	45 cm x 45 cm
KAT 2	S 109, S 110, S 112, S 113, S 114, S 116, S 117	
KAT 3	S 118, S 119, S 120, S 121, S 122, S 124, S 125	
KAT 4	S 103, S 111, S 115, S 123	25 cm x 175 cm
KAT 5		

3.6.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.47’de verilmiştir.

Çizelge 3.47 Örnek 2c’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	7,91	5,65	7,91	9,04	K201	7,91	6,78	7,91	10,17
K102	7,91	9,04	9,04	6,78	K202	7,91	10,17	10,17	7,91
K103	9,04	6,78	7,91	9,04	K203	10,17	7,91	7,91	10,17
K104	7,91	9,04	7,91	5,65	K204	7,91	10,17	7,91	6,78
K105	9,04	5,65	7,91	4,52	K205	9,04	6,78	7,91	5,65
K106	7,91	4,52	7,91	6,78	K206	7,91	5,65	7,91	7,91
K107	7,91	6,78	7,91	4,52	K207	7,91	7,91	7,91	5,65
K108	7,91	4,52	9,04	5,65	K208	7,91	5,65	9,04	6,78
K109	6,78	4,52	7,91	4,52	K209	7,91	4,52	9,04	5,65
K110	7,91	4,52	7,91	6,78	K210	9,04	5,65	9,04	7,91
K111	7,91	6,78	7,91	4,52	K211	9,04	7,91	9,04	5,65
K112	7,91	4,52	6,78	4,52	K212	9,04	5,65	7,91	4,52
K113	9,04	5,65	7,91	4,52	K213	9,04	6,78	7,91	5,65
K114	7,91	4,52	7,91	6,78	K214	7,91	5,65	7,91	7,91
K115	7,91	6,78	7,91	4,52	K215	7,91	7,91	7,91	5,65
K116	7,91	4,52	9,04	5,65	K216	7,91	5,65	9,04	6,78
K117	7,91	5,65	7,91	9,04	K217	7,91	6,78	7,91	10,17
K118	7,91	9,04	9,04	6,78	K218	7,91	10,17	10,17	7,91
K119	9,04	6,78	7,91	9,04	K219	10,17	7,91	7,91	10,17
K120	7,91	9,04	7,91	5,65	K220	7,91	10,17	7,91	6,78
K121	7,91	5,65	7,91	9,04	K221	7,91	6,78	7,91	10,17
K122	7,91	9,04	9,04	6,78	K222	7,91	10,17	10,17	7,91
K123	9,04	6,78	7,91	9,04	K223	10,17	7,91	7,91	10,17
K124	7,91	9,04	7,91	5,65	K224	7,91	10,17	7,91	6,78
K125	9,04	5,65	7,91	4,52	K225	9,04	6,78	7,91	5,65
K126	7,91	4,52	7,91	6,78	K226	7,91	5,65	7,91	7,91
K127	7,91	6,78	7,91	4,52	K227	7,91	7,91	7,91	5,65
K128	7,91	4,52	9,04	5,65	K228	7,91	5,65	9,04	6,78
K129	6,78	4,52	7,91	4,52	K229	7,91	4,52	9,04	5,65
K130	7,91	4,52	7,91	6,78	K230	9,04	5,65	9,04	7,91
K131	7,91	6,78	7,91	4,52	K231	9,04	7,91	9,04	5,65
K132	7,91	4,52	6,78	4,52	K232	9,04	5,65	7,91	4,52
K133	9,04	5,65	7,91	4,52	K233	9,04	6,78	7,91	5,65

Çizelge 3.47 (Devam) Örnek 2c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K134	7,91	4,52	7,91	6,78	K234	7,91	5,65	7,91	7,91
K135	7,91	6,78	7,91	4,52	K235	7,91	7,91	7,91	5,65
K136	7,91	4,52	9,04	5,65	K236	7,91	5,65	9,04	6,78
K137	7,91	5,65	7,91	9,04	K237	7,91	6,78	7,91	10,17
K138	7,91	9,04	9,04	6,78	K238	7,91	10,17	10,17	7,91
K139	9,04	6,78	7,91	9,04	K239	10,17	7,91	7,91	10,17
K140	7,91	9,04	7,91	5,65	K240	7,91	10,17	7,91	6,78
K301	7,91	5,65	7,91	9,04	K401	5,65	3,39	5,65	6,78
K302	7,91	9,04	9,04	6,78	K402	5,65	6,78	6,78	4,52
K303	9,04	6,78	7,91	9,04	K403	6,78	4,52	5,65	6,78
K304	7,91	9,04	7,91	5,65	K404	5,65	6,78	5,65	3,39
K305	9,04	5,65	7,91	4,52	K405	6,78	3,39	6,78	3,39
K306	7,91	4,52	7,91	6,78	K406	6,78	3,39	6,78	5,65
K307	7,91	6,78	7,91	4,52	K407	6,78	5,65	6,78	3,39
K308	7,91	4,52	9,04	5,65	K408	6,78	3,39	6,78	3,39
K309	6,78	3,39	7,91	4,52	K409	5,65	3,39	5,65	3,39
K310	7,91	4,52	7,91	6,78	K410	5,65	3,39	5,65	5,65
K311	7,91	6,78	7,91	4,52	K411	5,65	5,65	5,65	3,39
K312	7,91	4,52	6,78	3,39	K412	5,65	3,39	5,65	3,39
K313	9,04	5,65	7,91	4,52	K413	6,78	3,39	6,78	3,39
K314	7,91	4,52	7,91	6,78	K414	6,78	3,39	6,78	5,65
K315	7,91	6,78	7,91	4,52	K415	6,78	5,65	6,78	3,39
K316	7,91	4,52	9,04	5,65	K416	6,78	3,39	6,78	3,39
K317	7,91	5,65	7,91	9,04	K417	5,65	3,39	5,65	6,78
K318	7,91	9,04	9,04	6,78	K418	5,65	6,78	6,78	4,52
K319	9,04	6,78	7,91	9,04	K419	6,78	4,52	5,65	6,78
K320	7,91	9,04	7,91	5,65	K420	5,65	6,78	5,65	3,39
K321	7,91	5,65	7,91	9,04	K421	5,65	3,39	5,65	6,78
K322	7,91	9,04	9,04	6,78	K422	5,65	6,78	6,78	4,52
K323	9,04	6,78	7,91	9,04	K423	6,78	4,52	5,65	6,78
K324	7,91	9,04	7,91	5,65	K424	5,65	6,78	5,65	3,39
K325	9,04	5,65	7,91	4,52	K425	6,78	3,39	6,78	3,39
K326	7,91	4,52	7,91	6,78	K426	6,78	3,39	6,78	5,65
K327	7,91	6,78	7,91	4,52	K427	6,78	5,65	6,78	3,39
K328	7,91	4,52	9,04	5,65	K428	6,78	3,39	6,78	3,39
K329	6,78	3,39	7,91	4,52	K429	5,65	3,39	5,65	3,39
K330	7,91	4,52	7,91	6,78	K430	5,65	3,39	5,65	5,65
K331	7,91	6,78	7,91	4,52	K431	5,65	5,65	5,65	3,39
K332	7,91	4,52	6,78	3,39	K432	5,65	3,39	5,65	3,39
K333	9,04	5,65	7,91	4,52	K433	6,78	3,39	6,78	3,39

Çizelge 3.47 (Devam) Örnek 2c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K334	7,91	4,52	7,91	6,78	K434	6,78	3,39	6,78	5,65
K335	7,91	6,78	7,91	4,52	K435	6,78	5,65	6,78	3,39
K336	7,91	4,52	9,04	5,65	K436	6,78	3,39	6,78	3,39
K337	7,91	5,65	7,91	9,04	K437	5,65	3,39	5,65	6,78
K338	7,91	9,04	9,04	6,78	K438	5,65	6,78	6,78	4,52
K339	9,04	6,78	7,91	9,04	K439	6,78	4,52	5,65	6,78
K340	7,91	9,04	7,91	5,65	K440	5,65	6,78	5,65	3,39
K501	4,52	2,26	3,39	5,65	K521	4,52	2,26	3,39	5,65
K502	3,39	5,65	4,52	3,39	K522	3,39	5,65	4,52	3,39
K503	4,52	3,39	3,39	5,65	K523	4,52	3,39	3,39	5,65
K504	3,39	5,65	4,52	2,26	K524	3,39	5,65	4,52	2,26
K505	4,52	2,26	4,52	2,26	K525	4,52	2,26	4,52	2,26
K506	4,52	2,26	4,52	4,52	K526	4,52	2,26	4,52	4,52
K507	4,52	4,52	4,52	2,26	K527	4,52	4,52	4,52	2,26
K508	4,52	2,26	4,52	2,26	K528	4,52	2,26	4,52	2,26
K509	4,52	2,26	4,52	2,26	K529	4,52	2,26	4,52	2,26
K510	4,52	2,26	4,52	4,52	K530	4,52	2,26	4,52	4,52
K511	4,52	4,52	4,52	2,26	K531	4,52	4,52	4,52	2,26
K512	4,52	2,26	4,52	2,26	K532	4,52	2,26	4,52	2,26
K513	4,52	2,26	4,52	2,26	K533	4,52	2,26	4,52	2,26
K514	4,52	2,26	4,52	4,52	K534	4,52	2,26	4,52	4,52
K515	4,52	4,52	4,52	2,26	K535	4,52	4,52	4,52	2,26
K516	4,52	2,26	4,52	2,26	K536	4,52	2,26	4,52	2,26
K517	4,52	2,26	3,39	5,65	K537	4,52	2,26	3,39	5,65
K518	3,39	5,65	4,52	3,39	K538	3,39	5,65	4,52	3,39
K519	4,52	3,39	3,39	5,65	K539	4,52	3,39	3,39	5,65
K520	3,39	5,65	4,52	2,26	K540	3,39	5,65	4,52	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

45 cm x 45 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda	→ 2x5Φ14 + 2x3Φ14
175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 1. katta	→ 2x18Φ14 + 2x4Φ14
175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 2. katta	→ 2x16Φ14 + 2x5Φ12
175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 3. katta	→ 2x13Φ14 + 2x5Φ12
175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 4. katta	→ 2x10Φ14 + 2x5Φ12
175 cm x 25 cm ebatlarındaki perdeler için, 5. katta	→ 2x7Φ14 + 2x5Φ12

3.6.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.48'de verilmiştir.

Çizelge 3.48 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S 101	0,50	S 201	0,40	S 301	0,40	S 401	0,40	S 501	0,40
S 102	0,50	S 202	0,50	S 302	0,40	S 402	0,40	S 502	0,40
S 103	0,40	S 203	0,40	S 303	0,40	S 403	0,40	S 503	0,40
S 104	0,50	S 204	0,50	S 304	0,40	S 404	0,40	S 504	0,40
S 105	0,50	S 205	0,40	S 305	0,40	S 405	0,40	S 505	0,40
S 106	0,50	S 206	0,50	S 306	0,40	S 406	0,40	S 506	0,40
S 107	0,70	S 207	0,60	S 307	0,50	S 407	0,40	S 507	0,40
S 108	0,70	S 208	0,60	S 308	0,50	S 408	0,40	S 508	0,40
S 109	0,70	S 209	0,60	S 309	0,50	S 409	0,40	S 509	0,40
S 110	0,50	S 210	0,50	S 310	0,40	S 410	0,40	S 510	0,40
S 111	0,40	S 211	0,40	S 311	0,40	S 411	0,40	S 511	0,40
S 112	0,70	S 212	0,60	S 312	0,50	S 412	0,40	S 512	0,40
S 113	0,70	S 213	0,60	S 313	0,50	S 413	0,40	S 513	0,40
S 114	0,70	S 214	0,60	S 314	0,50	S 414	0,40	S 514	0,40
S 115	0,40	S 215	0,40	S 315	0,40	S 415	0,40	S 515	0,40
S 116	0,50	S 216	0,50	S 316	0,40	S 416	0,40	S 516	0,40
S 117	0,70	S 217	0,60	S 317	0,50	S 417	0,40	S 517	0,40
S 118	0,70	S 218	0,60	S 318	0,50	S 418	0,40	S 518	0,40
S 119	0,70	S 219	0,60	S 319	0,50	S 419	0,40	S 519	0,40
S 120	0,50	S 220	0,50	S 320	0,40	S 420	0,40	S 520	0,40
S 121	0,50	S 221	0,40	S 321	0,40	S 421	0,40	S 521	0,40
S 122	0,50	S 222	0,50	S 322	0,40	S 422	0,40	S 522	0,40
S 123	0,40	S 223	0,40	S 323	0,40	S 423	0,40	S 523	0,40
S 124	0,50	S 224	0,50	S 324	0,40	S 424	0,40	S 524	0,40
S 125	0,50	S 225	0,40	S 325	0,40	S 425	0,40	S 525	0,40

3.6.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu $T = 0,594$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_A < T < T_B$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T) = 2,50$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapıldığından, yeterli sargı koşulları sağlandığından süneklik düzeyi yüksek olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 7$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak 215,49 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.49'da eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.49 Örnek 2c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i
5	3	15	22,53	337,95	0,255645	55,09
4	3	12	32,80	393,6	0,297742	64,16
3	3	9	32,80	295,2	0,223306	48,12
2	3	6	32,80	196,8	0,148871	32,08
1	3	3	32,80	98,4	0,074435	16,04

3.6.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 2c projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.50'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.51’de gösterildiği gibi, kısa kolunu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.50 Örnek 2c’ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	17500	n	5
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	0,7
A_{c1}	42525	a_2	-
A_{c2}	0	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	200	F_{sc}	-
W	1186323	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.51 Örnek 2c’ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0,442544
C_c	0,358461
C_{sc}	0
E_o	0,69346

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.52’de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,9$ değeri bulunmuştur.

Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_s , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.53’de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.52 Örnek 2c'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı

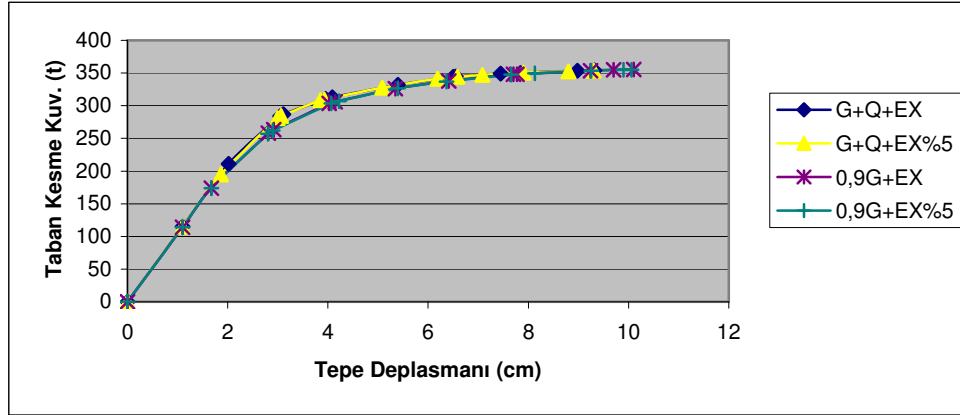
	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	1	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	1	0,9	1	1
S_D	0,9					

Çizelge 3.53 Örnek 2c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

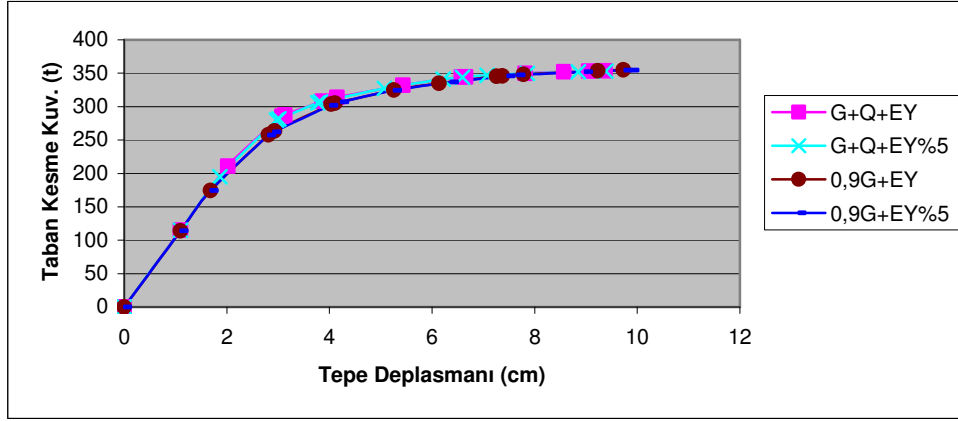
$I_S = E_0 \times S_D \times T$	0,62412
$I_{SO} = E_S \times Z \times G \times U$	0,72
I_S/I_{SO}	0,86683

3.6.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.17 ve Şekil 3.18'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Örnek 2c'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



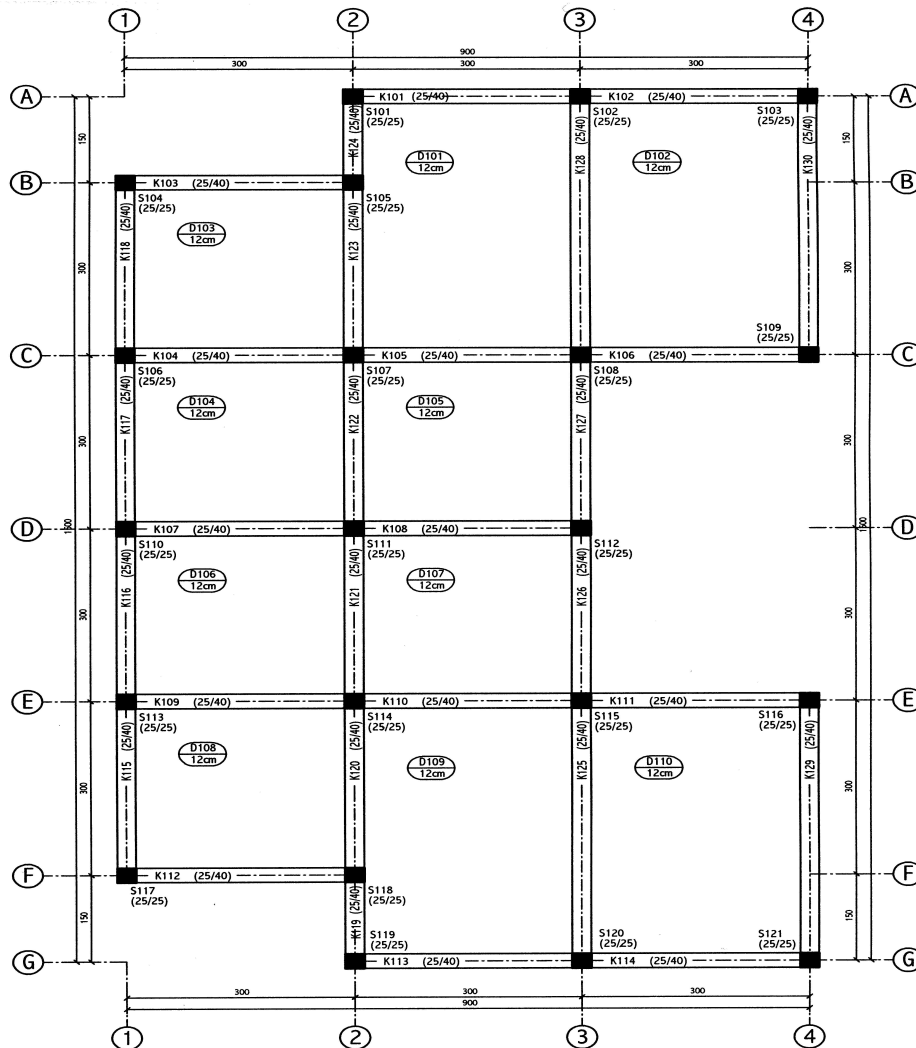
Şekil 3.18 Örnek 2c'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.49'da hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.48'e göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.54'de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.54 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	337	63	-	-	236	14	-	-
Y	338	62	-	-	234	16	-	-

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 4 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınmadan projelendirilmiştir. Örnek 3a'ya ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.19'de verilmiştir.



Şekil 3.19 Örnek 3a'ya ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.7.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 4
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4,0
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,0
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 40 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.55’de verilmiştir.

Çizelge 3.55 Örnek 3a’ya ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 107,	25 cm x 25 cm
KAT 2	S 108, S 109, S 110, S 111, S 112, S 113, S 114,	
KAT 3	S 115, S 116, S 117, S 118, S 119, S 120, S 121	
KAT 4		

3.7.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.56’da verilmiştir.

Çizelge 3.56 Örnek 3a’ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	5,65	4,52	4,52	4,52	K201	5,65	4,52	4,52	4,52
K102	4,52	4,52	5,65	4,52	K202	4,52	4,52	4,52	4,52
K103	5,65	4,52	5,65	4,52	K203	4,52	4,52	4,52	4,52
K104	5,65	4,52	5,65	4,52	K204	4,52	4,52	5,65	4,52
K105	5,65	4,52	4,52	4,52	K205	5,65	4,52	4,52	4,52
K106	4,52	4,52	5,65	4,52	K206	4,52	4,52	5,65	4,52
K107	4,52	4,52	5,65	4,52	K207	4,52	4,52	4,52	4,52
K108	5,65	4,52	5,65	4,52	K208	4,52	4,52	5,65	4,52
K109	5,65	4,52	5,65	4,52	K209	4,52	4,52	5,65	4,52
K110	5,65	4,52	4,52	4,52	K210	5,65	4,52	4,52	4,52
K111	4,52	4,52	5,65	4,52	K211	4,52	4,52	5,65	4,52
K112	5,65	4,52	5,65	4,52	K212	4,52	4,52	4,52	4,52
K113	5,65	4,52	4,52	4,52	K213	5,65	4,52	4,52	4,52
K114	4,52	4,52	5,65	4,52	K214	4,52	4,52	4,52	4,52
K115	4,52	4,52	4,52	4,52	K215	4,52	4,52	4,52	4,52
K116	4,52	4,52	4,52	4,52	K216	4,52	4,52	4,52	4,52
K117	4,52	4,52	4,52	9,04	K217	4,52	4,52	4,52	9,04
K118	4,52	4,52	4,52	4,52	K218	4,52	9,04	4,52	4,52
K119	4,52	4,52	4,52	4,52	K219	4,52	4,52	4,52	4,52
K120	4,52	4,52	4,52	4,52	K220	4,52	4,52	4,52	4,52
K121	4,52	4,52	4,52	4,52	K221	4,52	4,52	4,52	4,52
K122	4,52	4,52	4,52	9,04	K222	4,52	4,52	4,52	9,04
K123	4,52	9,04	4,52	4,52	K223	4,52	9,04	4,52	4,52
K124	4,52	4,52	4,52	4,52	K224	4,52	4,52	4,52	4,52
K125	5,65	4,52	7,91	4,52	K225	5,65	4,52	6,78	4,52
K126	7,91	4,52	4,52	4,52	K226	6,78	4,52	5,65	4,52
K127	4,52	4,52	7,91	9,04	K227	5,65	4,52	6,78	9,04
K128	7,91	9,04	5,65	4,52	K228	6,78	9,04	5,65	4,52
K129	5,65	3,39	5,65	3,39	K229	5,65	3,39	5,65	3,39
K130	5,65	3,39	5,65	3,39	K230	5,65	3,39	5,65	3,39
K301	5,65	4,52	4,52	4,52	K401	4,52	4,52	4,52	4,52
K302	4,52	4,52	4,52	4,52	K402	4,52	4,52	4,52	4,52
K303	4,52	4,52	4,52	4,52	K403	4,52	4,52	4,52	4,52

Çizelge 3.56 (Devam) Örnek 3a'ya ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K304	4,52	4,52	4,52	4,52	K404	4,52	4,52	4,52	4,52
K305	4,52	4,52	4,52	4,52	K405	4,52	4,52	4,52	4,52
K306	4,52	4,52	4,52	4,52	K406	4,52	4,52	4,52	4,52
K307	4,52	4,52	4,52	4,52	K407	4,52	4,52	4,52	4,52
K308	4,52	4,52	4,52	4,52	K408	4,52	4,52	4,52	4,52
K309	4,52	4,52	4,52	4,52	K409	4,52	4,52	4,52	4,52
K310	4,52	4,52	4,52	4,52	K410	4,52	4,52	4,52	4,52
K311	4,52	4,52	4,52	4,52	K411	4,52	4,52	4,52	4,52
K312	4,52	4,52	4,52	4,52	K412	4,52	4,52	4,52	4,52
K313	5,65	4,52	4,52	4,52	K413	4,52	4,52	4,52	4,52
K314	4,52	4,52	4,52	4,52	K414	4,52	4,52	4,52	4,52
K315	4,52	4,52	4,52	4,52	K415	4,52	4,52	4,52	4,52
K316	4,52	4,52	4,52	4,52	K416	4,52	4,52	4,52	4,52
K317	4,52	4,52	4,52	9,04	K417	4,52	4,52	4,52	9,04
K318	4,52	9,04	4,52	4,52	K418	4,52	9,04	4,52	4,52
K319	4,52	4,52	4,52	4,52	K419	4,52	4,52	4,52	4,52
K320	4,52	4,52	4,52	4,52	K420	4,52	4,52	4,52	4,52
K321	4,52	4,52	4,52	4,52	K421	4,52	4,52	4,52	4,52
K322	4,52	4,52	4,52	9,04	K422	4,52	4,52	4,52	9,04
K323	4,52	9,04	4,52	4,52	K423	4,52	9,04	4,52	4,52
K324	4,52	4,52	4,52	4,52	K424	4,52	4,52	4,52	4,52
K325	5,65	4,52	6,78	4,52	K425	5,65	4,52	6,78	4,52
K326	6,78	4,52	5,65	4,52	K426	6,78	4,52	5,65	4,52
K327	5,65	4,52	6,78	9,04	K427	5,65	4,52	6,78	9,04
K328	6,78	9,04	5,65	4,52	K428	6,78	9,04	5,65	4,52
K329	5,65	3,39	5,65	3,39	K429	5,65	3,39	5,65	3,39
K330	5,65	3,39	5,65	3,39	K430	5,65	3,39	5,65	3,39

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

25 cm x 25 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x3Φ14 + 2x1Φ14

3.7.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması

istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.57’de verilmiştir.

Çizelge 3.57 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S101	0,60	S201	0,50	S301	0,40	S401	0,40
S102	0,80	S202	0,80	S302	0,60	S402	0,40
S103	0,80	S203	0,60	S303	0,50	S403	0,40
S104	0,60	S204	0,50	S304	0,50	S404	0,40
S105	0,80	S205	0,70	S305	0,60	S405	0,40
S106	0,80	S206	0,70	S306	0,60	S406	0,40
S107	0,80	S207	0,80	S307	0,70	S407	0,50
S108	0,80	S208	0,80	S308	0,70	S408	0,50
S109	0,80	S209	0,70	S309	0,50	S409	0,40
S110	0,80	S210	0,70	S310	0,60	S410	0,40
S111	0,80	S211	0,80	S311	0,70	S411	0,50
S112	0,80	S212	0,70	S312	0,60	S412	0,40
S113	0,80	S213	0,70	S313	0,60	S413	0,40
S114	0,80	S214	0,80	S314	0,70	S414	0,50
S115	0,80	S215	0,80	S315	0,70	S415	0,50
S116	0,80	S216	0,70	S316	0,50	S416	0,40
S117	0,60	S217	0,50	S317	0,50	S417	0,40
S118	0,80	S218	0,70	S318	0,60	S418	0,40
S119	0,60	S219	0,50	S319	0,40	S419	0,40
S120	0,80	S220	0,80	S320	0,60	S420	0,40
S121	0,80	S221	0,60	S321	0,50	S421	0,40

3.7.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4’den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu x yönü için $T = 0,888$, y yönü için $T = 0,880$ olarak

bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak x yönü için $S(T) = 1,82$, y yönü için $S(T) = 1,84$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak x yönü için 110,69 ton, y yönü için 111,60 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.58'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.58 Örnek 3a'ya ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i (x yönü)	V_i (y yönü)
4	2,80	11,20	15,45	173,04	0,4	44,28	44,64
3	2,80	8,40	15,45	129,78	0,3	33,21	33,48
2	2,80	5,60	15,45	86,52	0,2	22,14	22,32
1	2,80	2,80	15,45	43,26	0,1	11,07	11,16

3.7.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 3a projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.59'da verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.60'da gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.59 Örnek 3a'ya ait İndis Bilgileri

A_{w1}	0	n	4
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a₁	1
A_{c1}	0	a₂	-
A_{c2}	13125	a₃	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	160	F_{sc}	-
W	454693	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.60 Örnek 3a'ya ait Temel Yapısal Performans İndisi E₀'ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,161648
C_{sc}	0
E₀	0,161648

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.61'de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak S_D = 0,81 değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.61 Örnek 3a'ya ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D'nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	0,8	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	0,9	0,9	1	1
S_D	0,81					

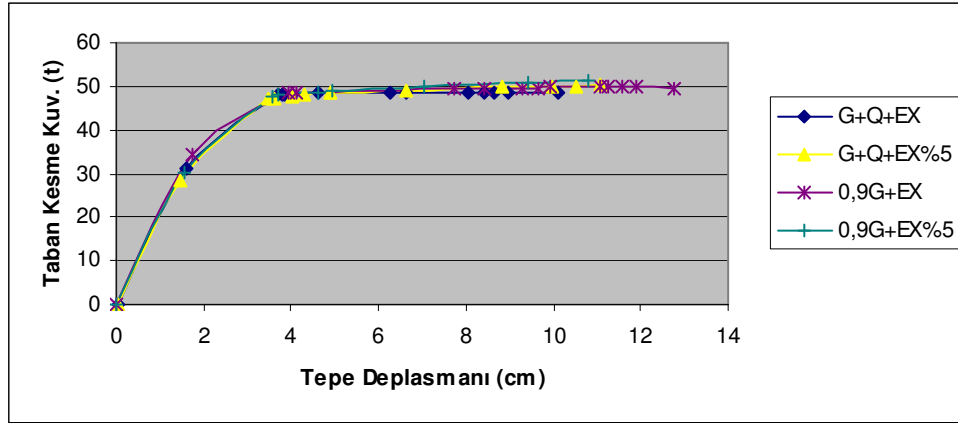
Değerlendirme için gerekli olan E₀, S_D, T, E_s, Z, G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.62'de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_s) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.62 Örnek 3a Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

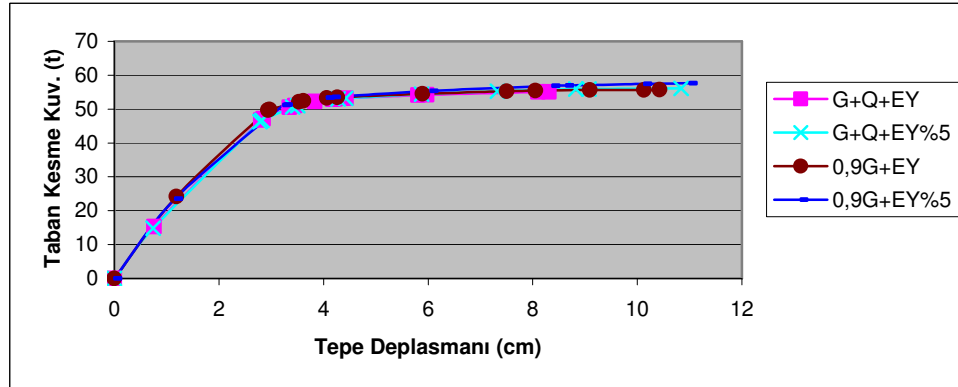
$I_S = E_o \times S_D \times T$	0,130934
$I_{SO} = E_S \times Z \times G \times U$	0,72
I_S / I_{SO}	0,181853

3.7.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.20 ve Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 Örnek 3a’ya ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



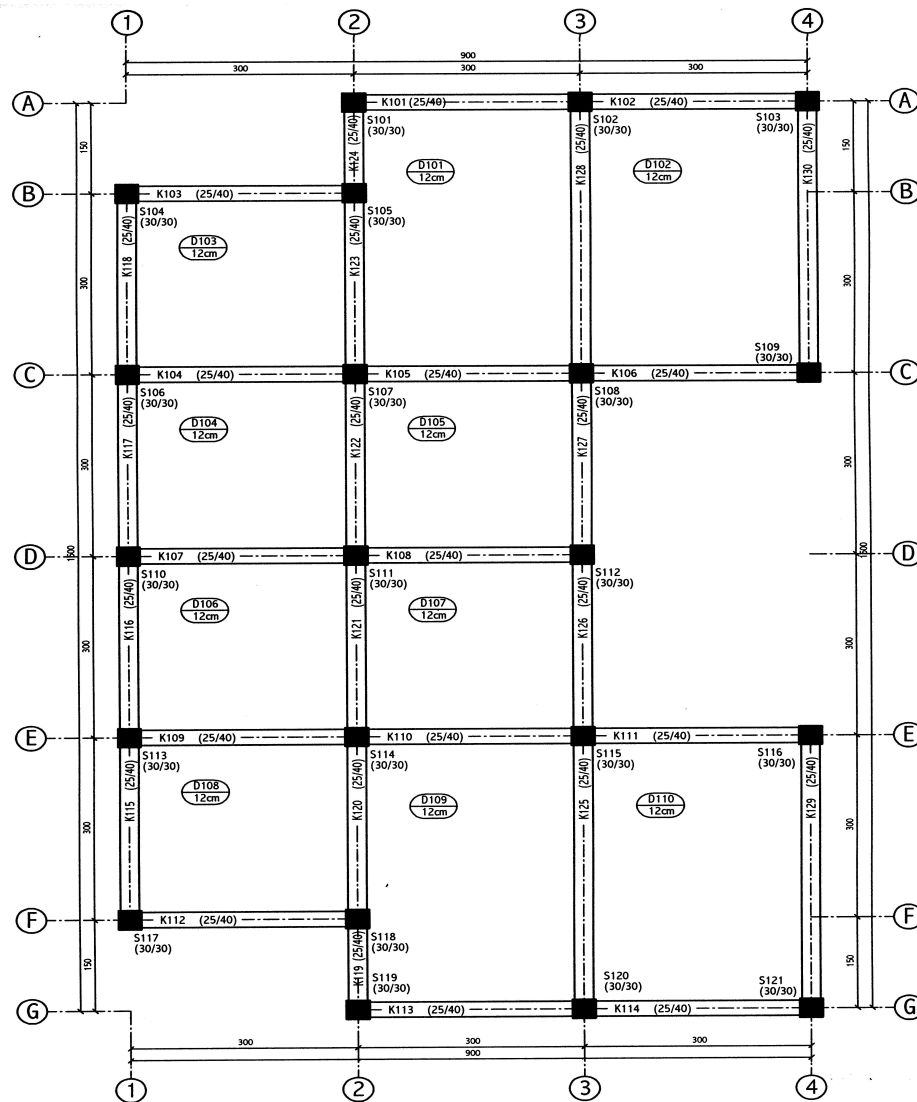
Şekil 3.21 Örnek 3a’ya ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.58’de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.57’ye göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40’da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.63’de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur. Ancak itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü belirlenmiştir.

Çizelge 3.63 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	212	13	15	-	133	19	12	4
Y	216	11	13	-	123	21	23	1

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 4 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 3b'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22 Örnek 3b'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.8.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 4
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (K)	: 4
Deprem Katsayısı (Co)	: 0,1
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 16
Çelik Akma Gerilmesi	: 2200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: 1975 T.D.Y.
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 40 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.64’de verilmiştir.

Çizelge 3.64 Örnek 3b’ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 107,	30 cm x 30 cm
KAT 2	S 108, S 109, S 110, S 111, S 112, S 113, S 114,	
KAT 3	S 115, S 116, S 117, S 118, S 119, S 120, S 121	
KAT 4		

3.8.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.65’de verilmiştir.

Çizelge 3.65 Örnek 3b’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	13,56	9,04	10,17	6,78	K201	12,43	7,91	9,04	6,78
K102	10,17	6,78	12,43	10,17	K202	9,04	6,78	11,30	7,91
K103	12,43	10,17	12,43	10,17	K203	11,30	7,91	11,30	7,91
K104	12,43	9,04	11,30	6,78	K204	11,30	7,91	10,17	5,65
K105	11,30	6,78	9,04	6,78	K205	10,17	5,65	9,04	5,65
K106	9,04	6,78	12,43	9,04	K206	9,04	5,65	11,30	6,78
K107	11,30	9,04	10,17	5,65	K207	11,30	6,78	9,04	5,65
K108	10,17	5,65	11,30	7,91	K208	9,04	5,65	11,30	6,78
K109	12,43	9,04	11,30	6,78	K209	11,30	7,91	10,17	5,65
K110	11,30	6,78	9,04	6,78	K210	10,17	5,65	9,04	5,65
K111	9,04	6,78	12,43	9,04	K211	9,04	5,65	11,30	6,78
K112	12,43	10,17	12,43	10,17	K212	11,30	7,91	11,30	7,91
K113	13,56	9,04	10,17	6,78	K213	12,43	7,91	9,04	6,78
K114	10,17	6,78	12,43	10,17	K214	9,04	6,78	11,30	7,91
K115	10,17	7,91	9,04	5,65	K215	10,17	6,78	9,04	4,52
K116	9,04	5,65	7,91	4,52	K216	9,04	4,52	9,04	4,52
K117	7,91	4,52	9,04	10,17	K217	9,04	4,52	9,04	9,04
K118	9,04	10,17	10,17	7,91	K218	9,04	9,04	10,17	6,78
K119	10,17	9,04	9,04	10,17	K219	7,91	4,52	9,04	9,04
K120	9,04	10,17	9,04	5,65	K220	9,04	9,04	7,91	5,65
K121	9,04	5,65	9,04	5,65	K221	7,91	5,65	9,04	4,52
K122	9,04	5,65	9,04	10,17	K222	9,04	4,52	7,91	10,17
K123	9,04	10,17	9,04	10,17	K223	7,91	10,17	9,04	7,91
K124	9,04	10,17	10,17	9,04	K224	9,04	7,91	7,91	4,52
K125	14,69	5,65	13,56	7,91	K225	13,56	4,52	12,43	7,91
K126	13,56	7,91	9,04	5,65	K226	12,43	7,91	9,04	4,52
K127	9,04	5,65	13,56	7,91	K227	9,04	4,52	12,43	7,91
K128	13,56	7,91	14,69	5,65	K228	12,43	13,56	13,56	4,52
K129	13,56	6,78	13,56	6,78	K229	12,43	6,78	12,43	6,78
K130	13,56	6,78	13,56	6,78	K230	12,43	5,65	12,43	5,65
K301	10,17	4,52	6,78	5,65	K401	6,78	4,52	5,65	4,52
K302	6,78	5,65	10,17	4,52	K402	5,65	4,52	5,65	4,52
K303	9,04	5,65	9,04	5,65	K403	5,65	4,52	5,65	4,52

Çizelge 3.65 (Devam) Örnek 3b'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K304	9,04	4,52	9,04	4,52	K404	5,65	4,52	6,78	4,52
K305	9,04	4,52	7,91	4,52	K405	6,78	4,52	5,65	4,52
K306	7,91	4,52	10,17	4,52	K406	5,65	4,52	6,78	4,52
K307	9,04	4,52	6,78	4,52	K407	5,65	4,52	5,65	4,52
K308	6,78	4,52	9,04	4,52	K408	5,65	4,52	6,78	4,52
K309	9,04	4,52	9,04	4,52	K409	5,65	4,52	6,78	4,52
K310	9,04	4,52	7,91	4,52	K410	6,78	4,52	5,65	4,52
K311	7,91	4,52	10,17	4,52	K411	5,65	4,52	6,78	4,52
K312	9,04	5,65	9,04	5,65	K412	5,65	4,52	5,65	4,52
K313	10,17	4,52	6,78	5,65	K413	6,78	4,52	5,65	4,52
K314	6,78	5,65	10,17	4,52	K414	5,65	4,52	5,65	4,52
K315	7,91	4,52	6,78	4,52	K415	5,65	4,52	5,65	4,52
K316	6,78	4,52	6,78	4,52	K416	5,65	4,52	5,65	4,52
K317	6,78	4,52	6,78	9,04	K417	5,65	4,52	5,65	9,04
K318	6,78	9,04	7,91	4,52	K418	5,65	9,04	5,65	4,52
K319	5,65	2,26	7,91	6,78	K419	4,52	2,26	5,65	6,78
K320	7,91	6,78	6,78	4,52	K420	5,65	6,78	4,52	4,52
K321	6,78	4,52	6,78	4,52	K421	4,52	4,52	5,65	4,52
K322	6,78	4,52	6,78	9,04	K422	5,65	4,52	4,52	9,04
K323	6,78	9,04	7,91	6,78	K423	4,52	9,04	5,65	6,78
K324	7,91	6,78	5,65	2,26	K424	5,65	6,78	4,52	2,26
K325	11,30	3,39	10,17	7,91	K425	7,91	3,39	7,91	7,91
K326	10,17	7,91	7,91	4,52	K426	7,91	7,91	6,78	4,52
K327	7,91	4,52	10,17	7,91	K427	6,78	4,52	7,91	7,91
K328	10,17	7,91	11,30	3,39	K428	7,91	7,91	7,91	3,39
K329	11,30	3,39	11,30	3,39	K429	6,78	3,39	6,78	3,39
K330	11,30	3,39	11,30	3,39	K430	6,78	3,39	6,78	3,39

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

S 101, S 119	→ 2 x5Φ14 + 2x3Φ14
S 102, S 103, S 107, S 109, S 114, S 116, S 120, S 121	→ 2x4Φ14 + 2x1Φ14
S 104, S 117, S 202, S 220	→ 2x5Φ14 + 2x1Φ14
S 105, S 108, S 115, S 118, S 208, S 215	→ 2 x4Φ14 + 2x1Φ14
S 106, S 110, S 111, S 112, S 113, S 207, S 209, S 211,	
S 214, S 216, S 303, S 304, S 306, S 308, S 310, S 311,	

S 313, S 315, S 317, S 321, S 401, S 404, S 405, S 406, S 407, S 408, S 410, S 411, S 412, S 413, S 414, S 415, S 417, S 418, S 419	→ 2x3Φ14 + 2x1Φ14
S 201, S 203, S 204, S 206, S 210, S 212, S 213, S 217, S 219, S 221, S 301, S 305, S 307, S 309, S 312, S 314, S 316, S 318, S 319, S 402, S 403, S 409, S 416, S 420, S 421	→ 2 x3Φ14
S 205, S 218, S 302, S 320	→ 2x4Φ14

3.8.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.66'da verilmiştir.

3.8.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4'den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu x yönü için $T = 0,731$, y yönü için $T = 0,722$ olarak bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_B < T$ olduğundan spektrum katsayısı $S(T)$ (3.3) bağıntısı ile hesaplanarak x yönü için $S(T) = 2,13$, y yönü için $S(T) = 2,15$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapılmadığından, yeterli sargı koşulları

Çizelge 3.66 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S101	0,50	S201	0,50	S301	0,40	S401	0,40
S102	0,80	S202	0,60	S302	0,50	S402	0,40
S103	0,60	S203	0,50	S303	0,50	S403	0,40
S104	0,50	S204	0,50	S304	0,40	S404	0,40
S105	0,70	S205	0,60	S305	0,50	S405	0,40
S106	0,70	S206	0,60	S306	0,50	S406	0,40
S107	0,80	S207	0,70	S307	0,60	S407	0,40
S108	0,80	S208	0,80	S308	0,60	S408	0,40
S109	0,60	S209	0,50	S309	0,50	S409	0,40
S110	0,70	S210	0,60	S310	0,50	S410	0,40
S111	0,80	S211	0,70	S311	0,60	S411	0,40
S112	0,70	S212	0,60	S312	0,50	S412	0,40
S113	0,70	S213	0,60	S313	0,50	S413	0,40
S114	0,80	S214	0,70	S314	0,60	S414	0,40
S115	0,80	S215	0,80	S315	0,60	S415	0,40
S116	0,60	S216	0,50	S316	0,50	S416	0,40
S117	0,50	S217	0,50	S317	0,40	S417	0,40
S118	0,70	S218	0,60	S318	0,50	S418	0,40
S119	0,50	S219	0,50	S319	0,40	S419	0,40
S120	0,80	S220	0,60	S320	0,50	S420	0,40
S121	0,60	S221	0,50	S321	0,50	S421	0,40

sağlanmadığından süneklik düzeyi normal olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 4$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_i , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak x yönü için 132,32 ton, y yönü için 133,57 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.67'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.67 Örnek 3b'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i (X yönü)	V_i (Y yönü)
4	2,80	11,20	15,83	177,296	0,4	52,93	53,43
3	2,80	8,40	15,83	132,972	0,3	39,70	40,07
2	2,80	5,60	15,83	88,648	0,2	26,46	26,71
1	2,80	2,80	15,83	44,324	0,1	13,23	13,36

3.8.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 3b projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.68’de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.69’da gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.68 Örnek 3b’ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	0	n	4
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a_1	1
A_{c1}	0	a_2	-
A_{c2}	18900	a_3	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	160	F_{sc}	-
W	465876	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.69 Örnek 3b’ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_o ’ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,227185
C_{sc}	0
E_o	0,227185

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.70’de görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak $S_D = 0,81$ değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.70 Örnek 3b'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D 'nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	0,8	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	0,9	0,9	1	1
S_D	0,81					

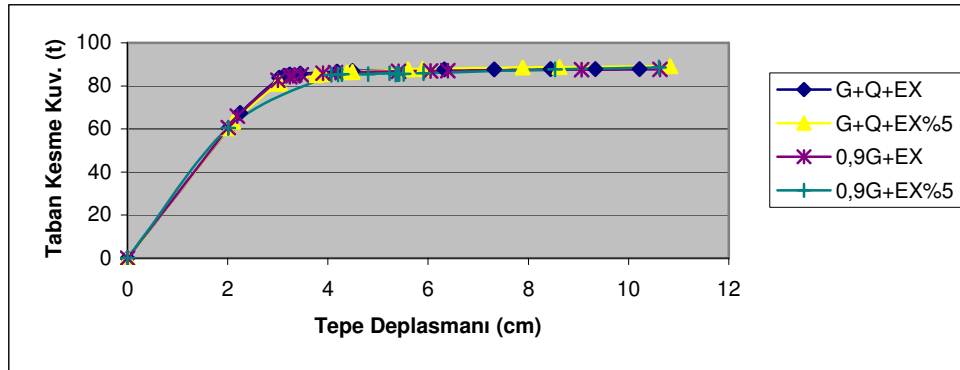
Değerlendirme için gerekli olan E_o , S_D , T , E_S , Z , G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.71'de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_S) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.71 Örnek 3b Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

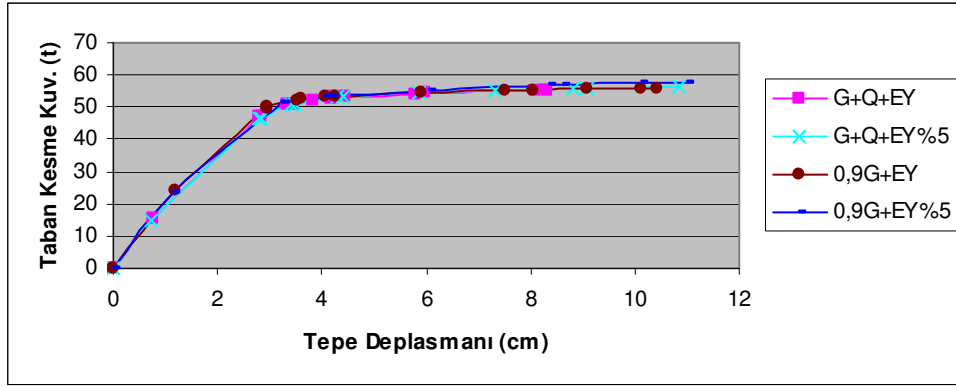
$I_S = E_o \times S_D \times T$	0,18402
$I_{SO} = E_S \times Z \times G \times U$	0,72
I_S / I_{SO}	0,25558

3.8.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'de gösterilmiştir.



Şekil 3.23 Örnek 3b'ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.24 Örnek 3b'ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

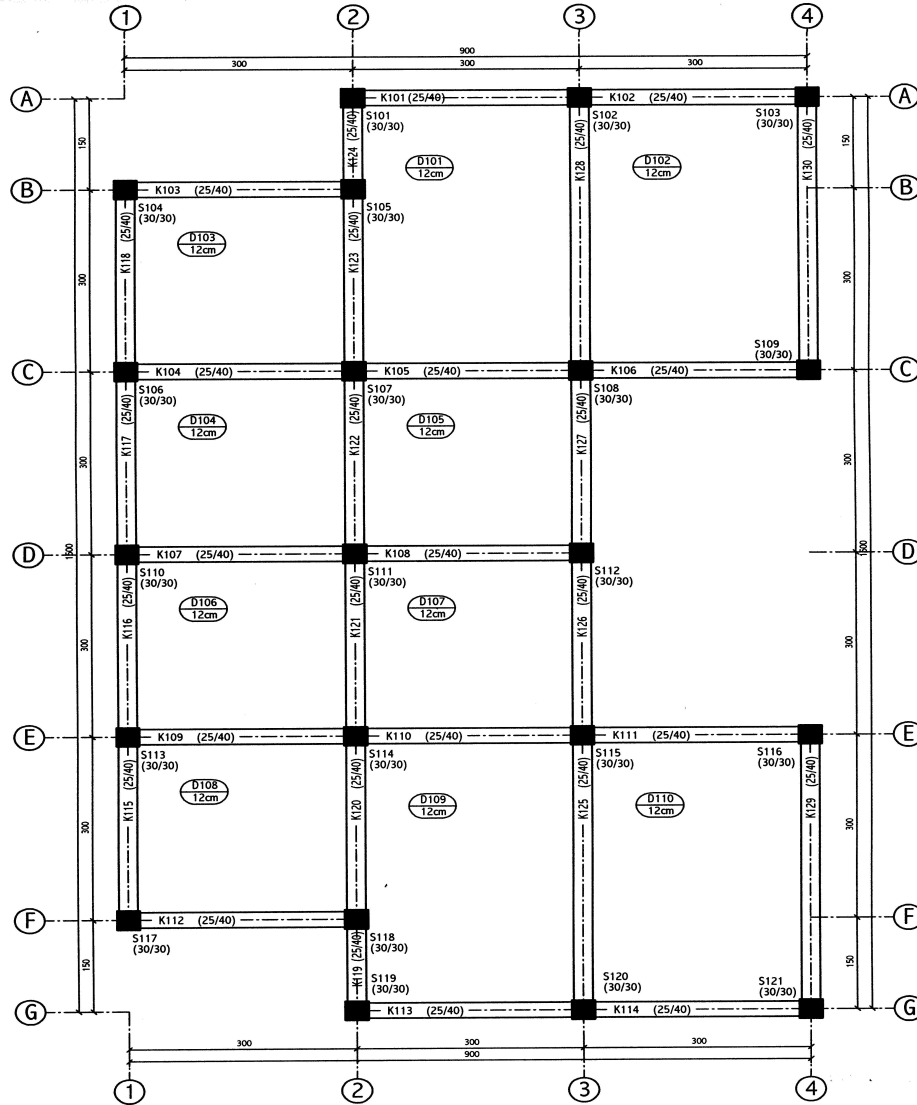
G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.67'de hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.66'ya göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.72'de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.72 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	212	17	11	-	113	37	15	3
Y	214	10	16	-	84	35	43	6

3.9 Örnek 3c

Bu örnekte, basit ve düzenli taşıyıcı sisteme sahip, x eksenine göre simetrik betonarme çerçevelerden oluşmuş, 4 katlı bir betonarme bina incelenmiştir. Bu bina ABYYHY 98'e göre, deprem hesabı göz önüne alınarak projelendirilmiştir. Örnek 3c'ye ait zemin kat kalıp planı Şekil 3.25'de verilmiştir.



Şekil 3.25 Örnek 3c'ye ait Zemin Kat Kalıp Planı

3.9.1 Bina Bilgileri

Kat Sayısı	: 4
Bina Türü	: Konut
Taşıyıcı Sistem Türü	: Betonarme çerçeve sistem
Yapı Tipi Kat Sayısı (R)	: 8
Deprem Katsayısı (Ao)	: 0,4
Yapı Önem Katsayısı (I)	: 1,0
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Beton Sınıfı	: BS 20
Çelik Akma Gerilmesi	: 4200 kg/cm ²
Deprem Standardı	: ABYYHY 98
Betonarme Hesap Yöntemi	: Taşıma Gücü Yöntemi (TS 500)
Kat Yüksekliği	: 2,80 m

Döşemeler tüm katlarda 12 cm kalınlığındadır. 1., 2., 3. ve 4. katlarda 0,470 t/m² sabit yük, 0,200 t/m² hareketli yük dikkate alınmıştır.

Kiriş boyutları tüm katlarda 25 cm genişliğinde, 40 cm yüksekliğindedir. 1., 2., 3. ve 4. katlarda dış akslarda 1 t/m yük, iç akslarda 0,80 t/m yük dikkate alınmıştır. Kolon boyutları Çizelge 3.73’de verilmiştir.

Çizelge 3.73 Örnek 3c’ye ait Kolon Boyutları

KAT NO	KOLON NO	BOYUT
KAT 1	S 101, S 102, S 103, S 104, S 105, S 106, S 107,	40 cm x 40 cm
KAT 2	S 108, S 109, S 110, S 111, S 112, S 113, S 114,	
KAT 3	S 115, S 116, S 117, S 118, S 119, S 120, S 121	
KAT 4		

3.9.2 Kiriş ve Kolon Donatı Bilgisi

Bu projeye ait kiriş detaylarından elde edilen, mesnet noktalarının altında ve üstündeki mevcut donatılar cm^2 cinsinden Çizelge 3.74’de verilmiştir.

Çizelge 3.74 Örnek 3c’ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KIRIŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K101	7,91	5,65	6,78	4,52	K201	6,78	4,52	5,65	4,52
K102	6,78	4,52	6,78	5,65	K202	5,65	4,52	6,78	4,52
K103	7,91	5,65	6,78	5,65	K203	6,78	5,65	6,78	5,65
K104	7,91	5,65	6,78	4,52	K204	6,78	4,52	6,78	4,52
K105	6,78	4,52	6,78	4,52	K205	6,78	4,52	6,78	4,52
K106	6,78	4,52	6,78	4,52	K206	6,78	4,52	6,78	4,52
K107	6,78	5,65	6,78	4,52	K207	6,78	4,52	5,65	4,52
K108	6,78	4,52	6,78	4,52	K208	5,65	4,52	6,78	4,52
K109	7,91	5,65	6,78	4,52	K209	6,78	4,52	6,78	4,52
K110	6,78	4,52	6,78	4,52	K210	6,78	4,52	6,78	4,52
K111	6,78	4,52	6,78	4,52	K211	6,78	4,52	6,78	4,52
K112	7,91	5,65	6,78	5,65	K212	6,78	5,65	6,78	5,65
K113	7,91	5,65	6,78	4,52	K213	6,78	4,52	5,65	4,52
K114	6,78	4,52	6,78	5,65	K214	5,65	4,52	6,78	4,52
K115	5,65	4,52	5,65	3,39	K215	5,65	4,52	4,52	3,39
K116	5,65	3,39	5,65	3,39	K216	4,52	3,39	5,65	3,39
K117	5,65	3,39	5,65	5,65	K217	5,65	3,39	5,65	5,65
K118	5,65	5,65	5,65	4,52	K218	5,65	5,65	5,65	4,52
K119	5,65	4,52	5,65	3,39	K219	4,52	4,52	6,78	3,39
K120	5,65	3,39	5,65	4,52	K220	6,78	3,39	5,65	4,52
K121	5,65	4,52	5,65	3,39	K221	5,65	4,52	5,65	3,39
K122	5,65	3,39	5,65	6,78	K222	5,65	3,39	5,65	6,78
K123	5,65	6,78	5,65	3,39	K223	5,65	6,78	6,78	3,39
K124	5,65	3,39	5,65	4,52	K224	6,78	3,39	4,52	4,52
K125	7,91	5,65	7,91	4,52	K225	7,91	5,65	7,91	4,52
K126	7,91	4,52	5,65	4,52	K226	7,91	4,52	5,65	3,39
K127	5,65	4,52	7,91	6,78	K227	5,65	3,39	7,91	6,78
K128	7,91	6,78	7,91	4,52	K228	7,91	6,78	7,91	4,52
K129	7,91	4,52	7,91	4,52	K229	6,78	3,39	6,78	3,39
K130	7,91	4,52	7,91	4,52	K230	6,78	3,39	6,78	3,39
K301	5,65	3,39	4,52	3,39	K401	3,39	2,26	3,39	2,26
K302	4,52	3,39	5,65	3,39	K402	3,39	2,26	3,39	2,26
K303	4,52	3,39	4,52	3,39	K403	3,39	2,26	3,39	2,26

Çizelge 3.74 (Devam) Örnek 3c'ye ait Kiriş Donatı Tablosu

KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT	KİRİŞ NO	SOL ÜST	SOL ALT	SAĞ ÜST	SAĞ ALT
K304	5,65	3,39	5,65	3,39	K404	3,39	2,26	3,39	2,26
K305	5,65	3,39	4,52	3,39	K405	3,39	2,26	3,39	2,26
K306	4,52	3,39	5,65	3,39	K406	3,39	2,26	3,39	2,26
K307	5,65	3,39	4,52	3,39	K407	3,39	2,26	3,39	2,26
K308	4,52	3,39	5,65	3,39	K408	3,39	2,26	3,39	2,26
K309	5,65	3,39	5,65	3,39	K409	3,39	2,26	3,39	2,26
K310	5,65	3,39	4,52	3,39	K410	3,39	2,26	3,39	2,26
K311	4,52	3,39	5,65	3,39	K411	3,39	2,26	3,39	2,26
K312	4,52	3,39	4,52	3,39	K412	3,39	2,26	3,39	2,26
K313	5,65	3,39	4,52	3,39	K413	3,39	2,26	3,39	2,26
K314	4,52	3,39	5,65	3,39	K414	3,39	2,26	3,39	2,26
K315	4,52	2,26	3,39	2,26	K415	3,39	2,26	3,39	2,26
K316	3,39	2,26	4,52	2,26	K416	3,39	2,26	3,39	2,26
K317	4,52	2,26	3,39	4,52	K417	3,39	2,26	3,39	4,52
K318	3,39	4,52	4,52	2,26	K418	3,39	4,52	3,39	2,26
K319	3,39	2,26	5,65	3,39	K419	3,39	2,26	3,39	2,26
K320	5,65	3,39	4,52	3,39	K420	3,39	2,26	3,39	2,26
K321	4,52	3,39	4,52	2,26	K421	3,39	2,26	3,39	2,26
K322	4,52	2,26	4,52	5,65	K422	3,39	2,26	3,39	4,52
K323	4,52	5,65	5,65	3,39	K423	3,39	4,52	3,39	2,26
K324	5,65	3,39	3,39	2,26	K424	3,39	2,26	3,39	2,26
K325	6,78	4,52	5,65	3,39	K425	4,52	3,39	4,52	2,26
K326	5,65	3,39	4,52	2,26	K426	4,52	2,26	3,39	2,26
K327	4,52	2,26	5,65	5,65	K427	3,39	2,26	4,52	4,52
K328	5,65	5,65	6,78	3,39	K428	4,52	4,52	4,52	2,26
K329	5,65	3,39	5,65	3,39	K429	3,39	2,26	3,39	2,26
K330	5,65	3,39	5,65	3,39	K430	3,39	2,26	3,39	2,26

Kolon donatıları ise aşağıdaki verilmiştir.

40 cm x 40 cm ebatlarındaki kolonlar için, tüm katlarda → 2x4Φ14 + 2x2Φ14

3.9.3 Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

DBYBHY06 7.6.4.6' e göre eğilme etkisindeki betonarme elemanların akma öncesi doğrusal davranışları için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri kullanılması

istenmektedir. (3.1) ve (3.2) bağıntıları kullanılarak kirişler ve kolonlar için çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri hesaplanarak Çizelge 3.75’de verilmiştir.

Çizelge 3.75 Kolonlar İçin Çatlamış Kesite Ait Eğilme Rijitlikleri

<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>	<i>Eleman</i>	<i>I</i>
S101	0,40	S201	0,40	S301	0,40	S401	0,40
S102	0,50	S202	0,40	S302	0,40	S402	0,40
S103	0,40	S203	0,40	S303	0,40	S403	0,40
S104	0,40	S204	0,40	S304	0,40	S404	0,40
S105	0,50	S205	0,40	S305	0,40	S405	0,40
S106	0,50	S206	0,40	S306	0,40	S406	0,40
S107	0,60	S207	0,50	S307	0,40	S407	0,40
S108	0,60	S208	0,50	S308	0,40	S408	0,40
S109	0,40	S209	0,40	S309	0,40	S409	0,40
S110	0,50	S210	0,40	S310	0,40	S410	0,40
S111	0,50	S211	0,50	S311	0,40	S411	0,40
S112	0,50	S212	0,40	S312	0,40	S412	0,40
S113	0,50	S213	0,40	S313	0,40	S413	0,40
S114	0,60	S214	0,50	S314	0,40	S414	0,40
S115	0,60	S215	0,50	S315	0,40	S415	0,40
S116	0,40	S216	0,40	S316	0,40	S416	0,40
S117	0,40	S217	0,40	S317	0,40	S417	0,40
S118	0,50	S218	0,40	S318	0,40	S418	0,40
S119	0,40	S219	0,40	S319	0,40	S419	0,40
S120	0,50	S220	0,40	S320	0,40	S420	0,40
S121	0,40	S221	0,40	S321	0,40	S421	0,40

3.9.4 Deprem Analizi

Yerel zemin sınıfı Z3 olarak alınan bu örnekte, spektrum karakteristik periyotları ABYYHY 98 Tablo 6.4’den $T_A = 0,15$ s ve $T_B = 0,60$ s dir. Kat kütle değerleri ve kirişler için etkili tabla genişlikleri hesaplanarak, SAP2000 programı ile binanın birinci doğal periyodu x yönü için $T = 0,574$, y yönü için $T = 0,560$ olarak

bulunmuştur. Hesaplama yapılırken kolon-kiriş birleşimi rijit bölge katsayısı 1,0 olarak dikkate alınmıştır.

ABYYHY 98 6.4.3.1.'e göre $T_A < T < T_B$ olduğundan x ve y yönü için spektrum katsayısı $S(T) = 2,50$ bulunur.

ABYYHY 98 6.5.'e göre $T_A < T$ olduğundan, kuşatılmış kolon ve kolonların kirişlerden güçlü olması kontrolü yapıldığından, yeterli sargı koşulları sağlandığından süneklik düzeyi yüksek olarak kabul edilip, $R_a(T) = R = 8$ alınır. Toplam eşdeğer deprem yükü V_t , ABYYHY 98 denklem (6.4)'e göre hesaplanarak x ve y yönü için 82,72 ton olarak bulunmuştur. Çizelge 3.76'de eşdeğer deprem yükünün katlara dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 3.76 Örnek 3c'ye ait Eşdeğer Deprem Yükünün Katlara Dağılımı

Kat	h (m)	H_i	w_i	$w_i \times H_i$	$(w_i \times H_i) / \Sigma (w_i \times H_i)$	V_i (X yönü)	V_i (Y yönü)
4	2,80	11,20	16,86	188,832	0,4	33,09	33,09
3	2,80	8,40	16,86	141,624	0,3	24,82	24,82
2	2,80	5,60	16,86	94,416	0,2	16,54	16,54
1	2,80	2,80	16,86	47,208	0,1	8,27	8,27

3.9.5 Japon Sismik İndis Yöntemi İle Değerlendirme

Japon Sismik İndis Yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi yapılacak Örnek 3c projesine ait yapı bilgileri Çizelge 3.77'de verilmiştir. Bu bilgilerden yararlanarak ve (2.5), (2.6), (2.7) bağıntıları kullanılarak yapıya ait taşıma gücü indisi C hesaplanmıştır. Bu proje için incelenen kritik kat, zemin kat dır.

Temel yapısal performans indisi E_o , Çizelge 3.78'de gösterildiği gibi, kısa kolonu olmayan yapılar için uygulanan (2.3) bağıntısı kullanılarak hesap edilir.

Çizelge 3.77 Örnek 3c'ye ait İndis Bilgileri

A_{w1}	0	n	4
A_{w2}	0	i	1
A_{w3}	0	a₁	1
A_{c1}	0	a₂	-
A_{c2}	33600	a₃	-
A_{sc}	0	F_w	1
f_c	200	F_{sc}	-
W	496189	T	1
E_s	0,8	G	1
Z	0,9	U	1

Çizelge 3.78 Örnek 3c'ye ait Temel Yapısal Performans İndisi E_O'ın Hesabı

C_w	0
C_c	0,474013
C_{sc}	0
E_O	0,474013

Yapı taşıyıcı sisteminin özelliğini belirten S_D indisinin hesabında, Çizelge 3.79'da görüldüğü gibi yapı projesi incelenmiş ve gerekli indisler tespit edilmiştir. (2.8) bağıntısı kullanılarak S_D = 0,81 değeri bulunmuştur.

Çizelge 3.79 Örnek 3c'ye ait Yapı Taşıyıcı Sistem Tasarım ve Boyutlama İndisi S_D'nin Hesabı

	a	b	c	d	e	f
G_i	1	1	0,8	0,8	0,8	1
R_i	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5
q_{li}	1	1	0,9	0,9	1	1
S_D	0,81					

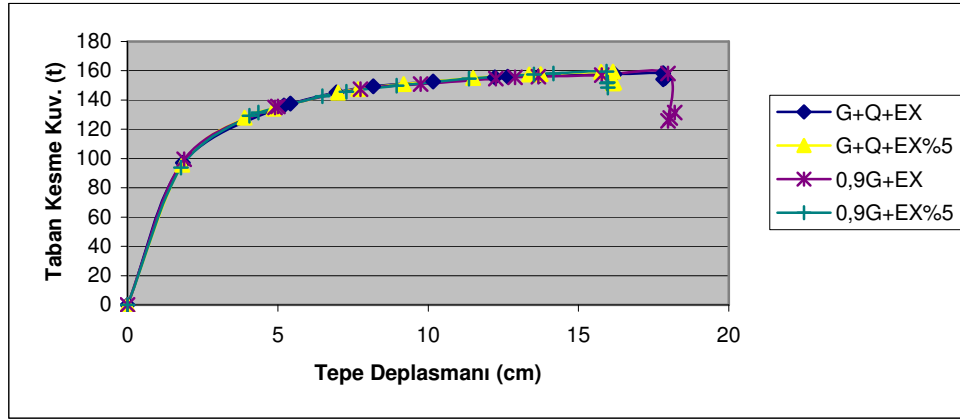
Değerlendirme için gerekli olan E_O, S_D, T, E_S, Z, G ve U indisleri hesaplanıp tespit edildikten sonra, (2.1) ve (2.2) bağıntıları kullanılarak, Çizelge 3.80'de görüldüğü gibi yapı sismik performans indisi (I_S) ile yapı sismik karar indisi (I_{SO}) hesaplanmıştır.

Çizelge 3.80 Örnek 3c Yapının Sismik Performans ve Karar İndislerinin Hesabı ve Değerlendirilmesi

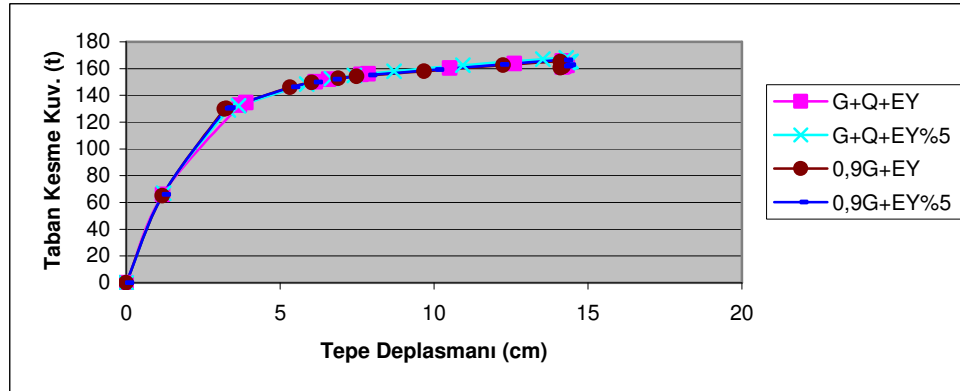
$I_S=E_o \times S_D \times T$	0,38395
$I_{SO}=E_S \times Z \times G \times U$	0,72
I_S/I_{SO}	0,533264

3.9.6 İtme Analizi İle Değerlendirme

Bu projenin itme analizi SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Talep spektrumu olarak tasarım depremi dikkate alınmıştır. Tasarım depremi 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem tehlikesini ifade etmektedir. Yapının kapasite eğrisini elde etmek amacıyla sabit düşey yükler ve artan yatay yükler altında malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre hesaplanarak, x ve y yönü için, $V_T - \delta_{maks}$ grafiği Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de gösterilmiştir.



Şekil 3.26 Örnek 3c’ye ait Kapasite Eğrisi (x yönü)



Şekil 3.27 Örnek 3c’ye ait Kapasite Eğrisi (y yönü)

G+Q+EX, G+Q+EY, G+Q+EX%5, G+Q+EY%5, 0,9G+EX, 0,9G+EY, 0,9G+EX%5 ve 0,9G+EY%5 olmak üzere 8 adet yük kombinasyonu dikkate alınmıştır. Depremi temsil eden yatay yük olarak Çizelge 3.76'da hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri kullanılmıştır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik kesit adı verilen belirli bölgelerde toplandığı, bu bölgeler dışındaki kısımlarda malzeme davranışının lineer elastik olduğu kabul edilmiştir. Kolon elemanlarda plastikleşmenin iki eksendeki eğilme momenti ile normal kuvvetin etkileşimi ile, kirişlerde ise sadece eğilme momenti ile meydana geldiği kabul edilmiştir. Çatlamış kesite ait eğilme rijitlikleri Çizelge 3.75'e göre dikkate alınmıştır. Analiz sonucunda ATC 40'da tanımlanan performans düzeylerine göre, Çizelge 3.81'de kolonlar ve kirişler için plastikleşen kesit sayıları bulunmuştur.

Çizelge 3.81 Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı

Yön	Performans Düzeylerine Göre Plastikleşen Kesit Sayısı							
	Kiriş				Kolon			
	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP	< IO	IO-LS	LS-CP	>CP
X	182	5	33	20	142	5	21	-
Y	191	10	35	4	147	-	21	-

4. ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Konut olarak kullanılan üç farklı tip betonarme bina için, Japon Sismik İndis Yöntemi ve İtme Analizi sonucunda yapılan değerlendirmeler aşağıdaki gibidir.

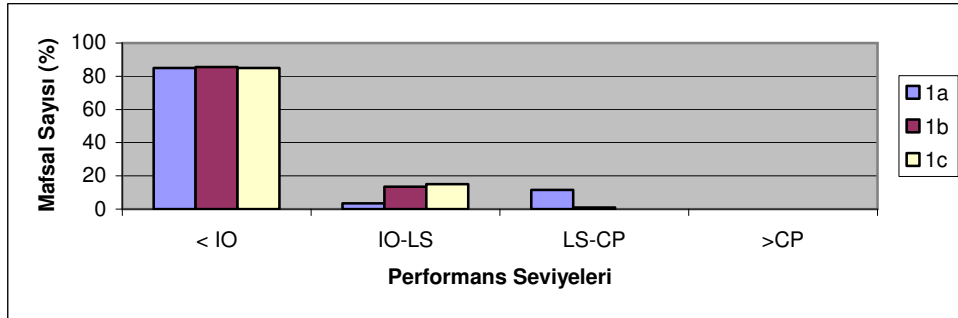
TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınmadan projelendirilmiş, Örnek 1a için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü belirlenmiştir. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,13295$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 1b için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 195,879$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 10,066$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 194,675$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 10,10$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,17932$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

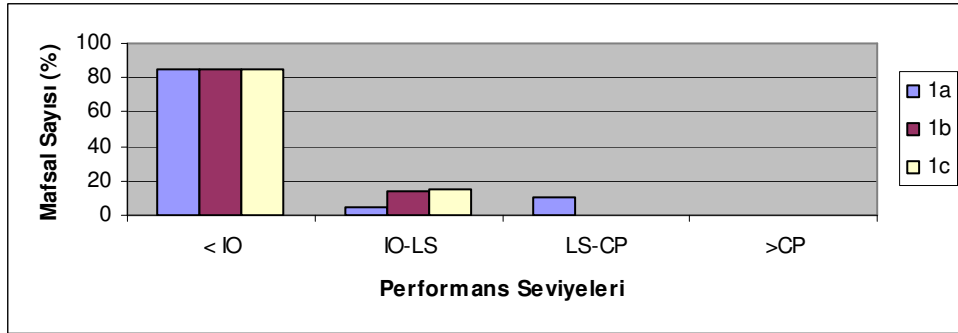
ABYYHY 98'e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 1c için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 299,028$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,708$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 298,997$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,713$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,39336$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$

bulunmuştur. Değerlendirmede $I_s < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

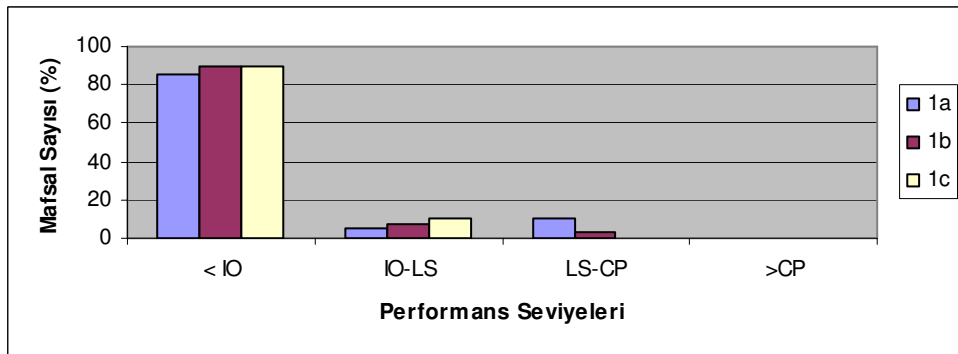
Örnek 1a, Örnek 1b ve Örnek 1c için yapılan itme analizi sonucunda x ve y yönünde, kolonlar ve kirişler için, oluşan mafsallar ve performans seviyeleri % olarak Şekil 4.1-4’de gösterilmiştir.



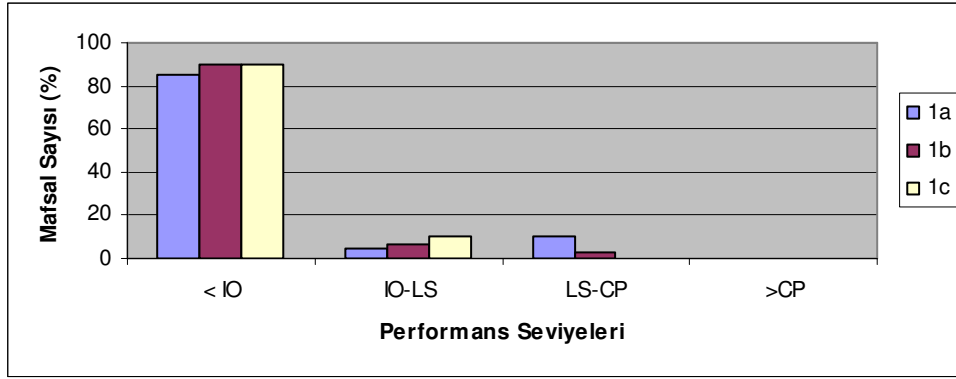
Şekil 4.1 Örnek 1’e ait Kirişler İçin Mafsals Sayısı (x yönü)



Şekil 4.2 Örnek 1’e ait Kirişler İçin Mafsals Sayısı (y yönü)



Şekil 4.3 Örnek 1’e ait Kolonlar İçin Mafsals Sayısı (x yönü)



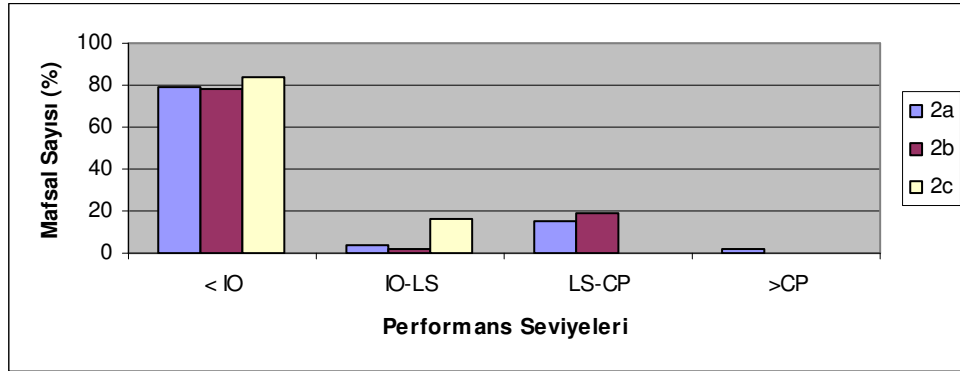
Şekil 4.4 Örnek 1'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü)

TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınmadan projelendirilmiş, Örnek 2a için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 136,479$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 14,523$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 145,080$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 14,037$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,41218$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

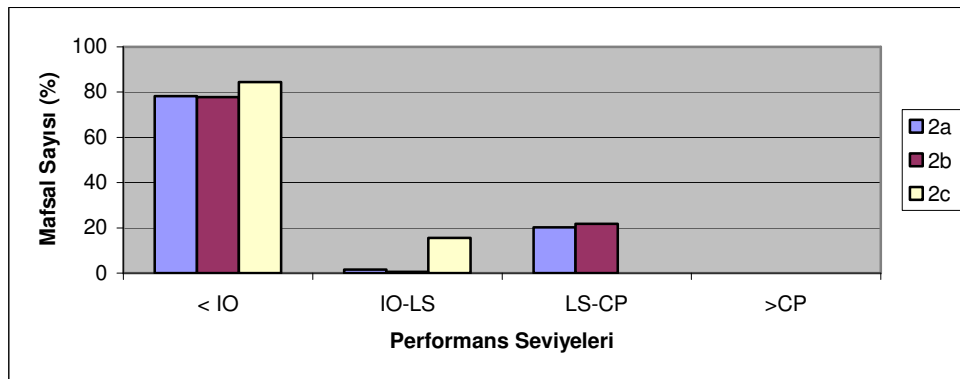
TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 2b için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 231,161$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 9,078$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 231,224$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 9,283$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,42891$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

ABYYHY 98'e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 2c için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 347,485$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,163$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 346,969$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,165$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,62412$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

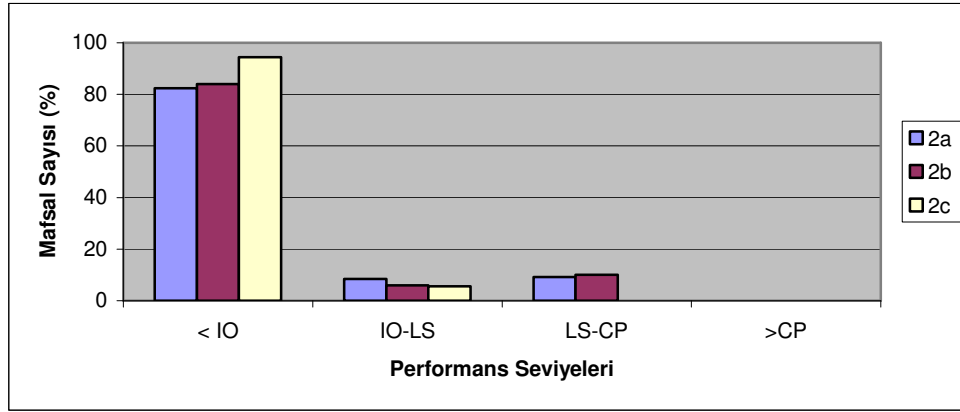
Örnek 2a, Örnek 2b ve Örnek 2c için yapılan itme analizi sonucunda x ve y yönünde, kolonlar ve kirişler için, oluşan mafsallar ve performans seviyeleri % olarak Şekil 4.5-8'de gösterilmiştir.



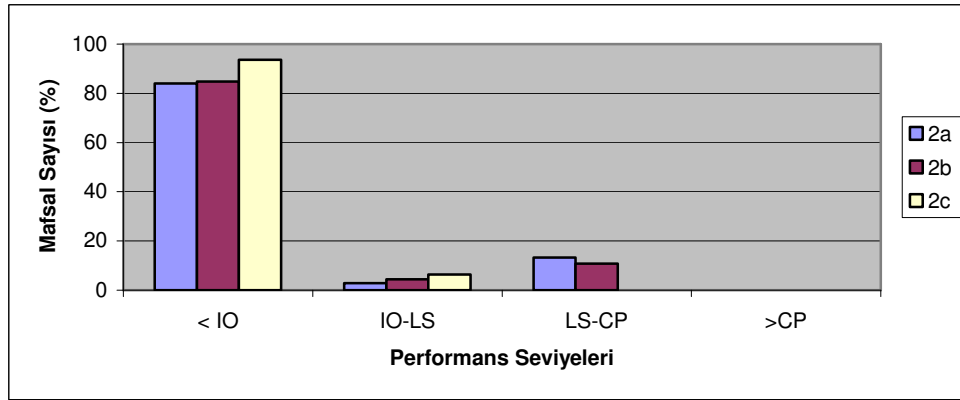
Şekil 4.5 Örnek 2'ye ait Kirişler İçin Mafsalsı Sayısı (x yönü)



Şekil 4.6 Örnek 2'ye ait Kirişler İçin Mafsalsı Sayısı (y yönü)



Şekil 4.7 Örnek 2'ye ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (x yönü)



Şekil 4.8 Örnek 2'ye ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü)

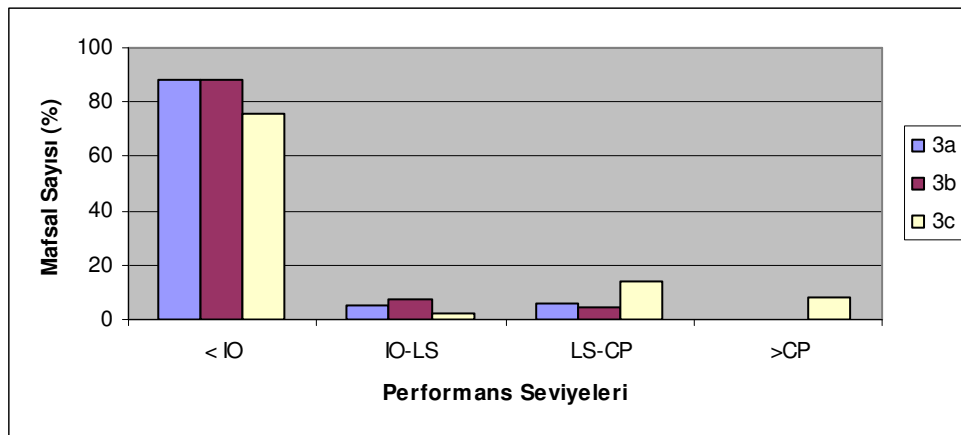
TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınmadan projelendirilmiş, Örnek 3a için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaşmadan statik anlamda stabilite yetersizliği nedeniyle göçtüğü belirlenmiştir. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_s = 0,13093$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_s < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

TDY 1975' e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 3b için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için

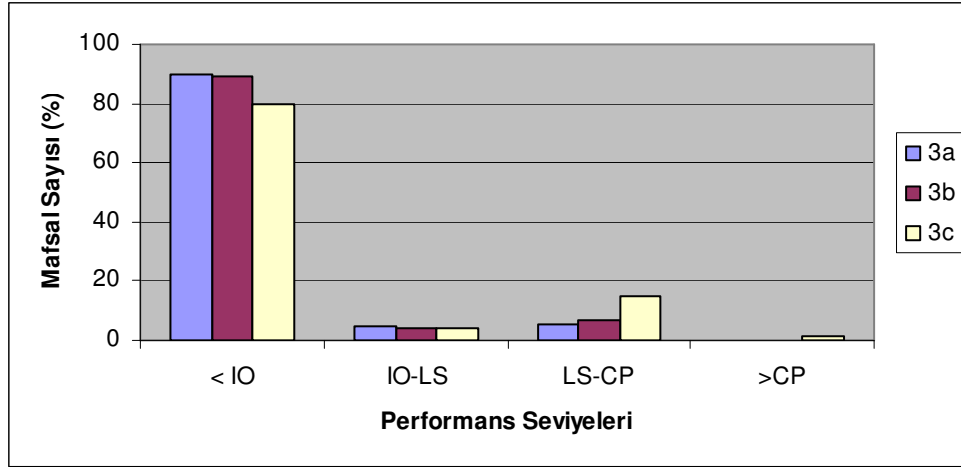
taban kesme kuvveti $V_T = 87,925$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 9,199$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 94,153$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 9,182$ cm olarak bulunmuştur. Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,18402$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

ABYYHY 98'e göre deprem yükleri dikkate alınarak projelendirilmiş, Örnek 3c için yapılan itme analizi sonucunda elde edilen kapasite eğrisinde, binanın tasarım depremi için öngörülen deplasman talebine ulaştığı performans noktası, x yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 146,072$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,174$ cm, y yönü için taban kesme kuvveti $V_T = 153,708$ ton, maksimum yer değiştirme $\delta_{maks} = 7,057$ cm olarak bulunmuştur Japon Sismik İndis Yöntemine göre, yapının sismik performans indisi $I_S = 0,38395$, yapının sismik karar indisi $I_{SO} = 0,72$ bulunmuştur. Değerlendirmede $I_S < I_{SO}$ olduğundan, binanın güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilmiştir.

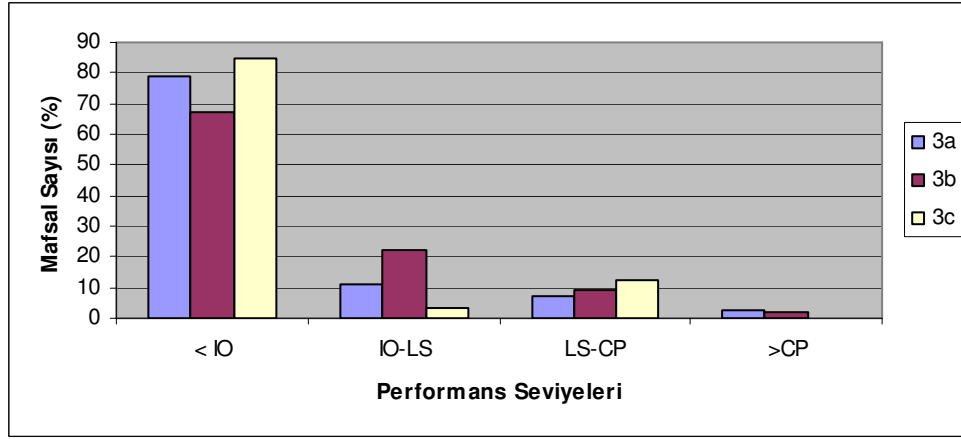
Örnek 3a, Örnek 3b ve Örnek 3c için yapılan itme analizi sonucunda x ve y yönünde, kolonlar ve kirişler için, oluşan mafsallar ve performans seviyeleri % olarak şekil 4.9-12'de gösterilmiştir. 3c projesi için oluşan mafsal sayıları ve seviyeleri olumsuz gibi gözükse de, performans noktasının yüksekliği göz önüne alınmalıdır.



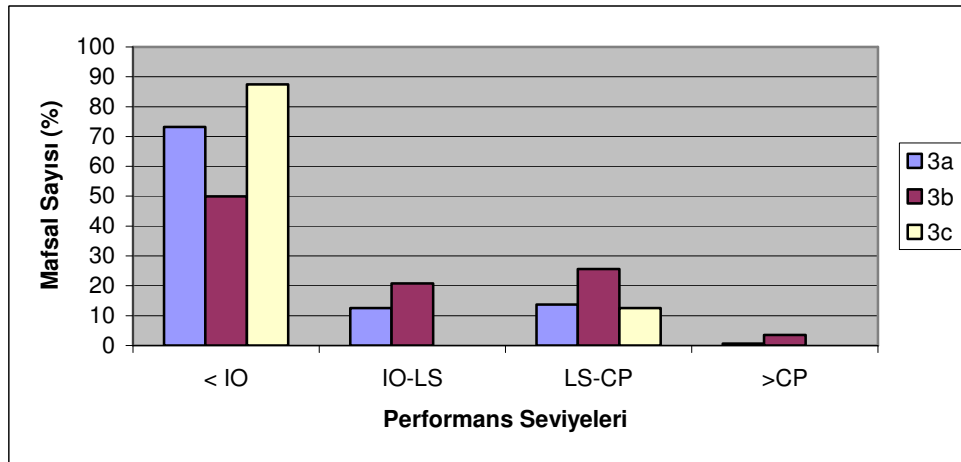
şekil 4.9 Örnek 3'e ait Kirişler İçin Mafsals Sayısı (x yönü)



Şekil 4.10 Örnek 3'e ait Kirişler İçin Mafsal Sayısı (y yönü)



Şekil 4.11 Örnek 3'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (x yönü)



Şekil 4.12 Örnek 3'e ait Kolonlar İçin Mafsal Sayısı (y yönü)

Örnek 1, Örnek 2 ve Örnek 3 için, performans noktasındaki taban kesme kuvvetinin yapı ağırlığına oranlanmasıyla Çizelge 4.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlardan 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş binalar için ağırlığının % 10'u oranında, 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş binalar için ağırlığının %13-15 oranında, ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş binalar için ağırlığının %20-23 oranında, performans noktası için taban kesme kuvvetine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 Taban Kesme Kuvvetinin Yapı Ağırlığına Oranı

	V_T (ton)		δ_{maks} (cm)		V_T/W (%)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1a	-	-	-	-	-	-
1b	195,879	194,675	10,066	10,10	13,70	13,61
1c	299,028	298,997	7,708	7,713	20,30	20,30
2a	136,479	145,080	14,523	14,037	9,47	10,07
2b	231,161	231,224	9,078	9,283	15,70	15,71
2c	347,485	346,969	7,163	7,165	23,04	23,01
3a	-	-	-	-	-	-
3b	87,925	94,153	9,199	9,182	14,15	15,16
3c	146,072	153,708	7,174	7,057	22,08	23,23

Örnek 1, Örnek 2 ve Örnek 3 için, performans noktasındaki taban kesme kuvvetinin ABYYHY 98 göre tasarım deprem kuvvetine oranlanmasıyla Çizelge 4.2'deki sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlardan 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 0,40-0,45'i oranında, 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 0,64-0,70'i oranında, ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 1,60-1,86 oranında, performans noktası için taban kesme kuvvetine sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2 Taban Kesme Kuvvetinin Tasarım Depremine Oranı

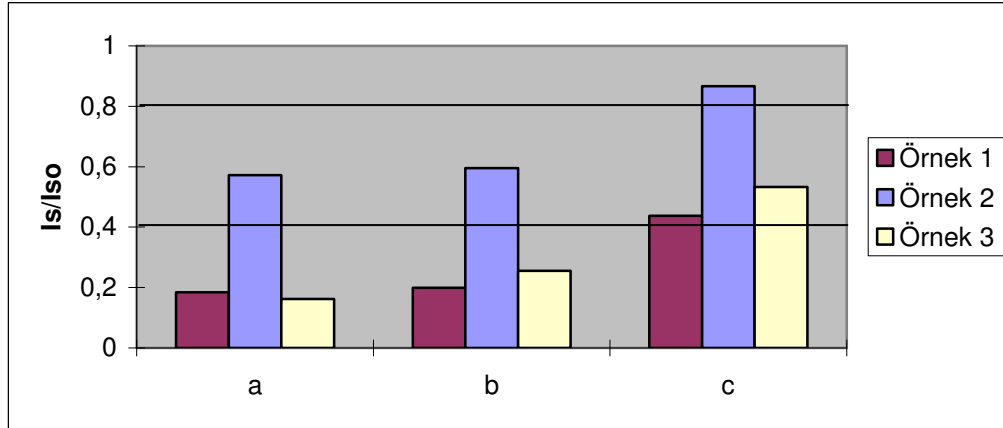
	V_T		V_t (Tasarım Depremi)		V_T/V_t	
	X	Y	X	Y	X	Y
1a	-	-	269,59	269,59	-	-
1b	195,879	194,675	304,59	304,59	0,64	0,64
1c	299,028	298,997	167,584	167,584	1,78	1,78
2a	136,479	145,080	327,17	327,17	0,42	0,44
2b	231,161	231,224	354,81	354,81	0,65	0,65
2c	347,485	346,969	215,49	215,49	1,61	1,61
3a	-	-	110,69	111,60	-	-
3b	87,925	94,153	132,32	133,57	0,66	0,70
3c	146,072	153,708	82,72	82,72	1,77	1,86

Japon Sismik İndis Yönteminde $I_s > I_{s0}$ (yani $I_s/I_{s0} \geq 1,0$) durumunda bina öngörülen deprem yer hareketine karşı gerekenden daha fazla sismik performansa sahip olduğundan güvenli sayılmaktadır. Bu durumda sonuç binada hiç yapısal hasar olmayacağı anlamına değil, binada toptan göçmenin olmayacağı anlamına gelmektedir. $I_s < I_{s0}$ durumunda ise bina öngörülen deprem yer hareketine karşılık sismik performans için kararsız kabul edilmektedir. Ancak Türkiye de kullanılabilirliği ile ilgili Boduroğlu vd.'nin (2004) yapmış olduğu çalışmada $I_s/I_{s0} \leq 0,40$ olması durumunda yapının deprem güvenliği açısından yetersiz olduğu, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olması durumunda ise güvenli olduğu sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi, bu kabul göz önünde bulundurulduğunda, düşey taşıyıcı sistemi sadece kolonlardan oluşan, 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş Örnek 1a ve Örnek 3a ile 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş Örnek 1b ve Örnek 3b için, $I_s/I_{s0} < 0,40$ olduğundan ve itme analizi sonucu performans noktasında taban kesme kuvveti ABYYHY 98'e göre tasarım deprem kuvvetinin altında olması nedeniyle bu yapıların deprem güvenliği açısından güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilir.

ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş, düşey taşıyıcı sistemi sadece kolonlardan oluşan Örnek 1c ve Örnek 3c için, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olduğundan ve itme analizi sonucu performans noktasında taban kesme kuvveti ABYYHY 98'e göre tasarım deprem kuvvetinin üstünde olması nedeniyle bu yapıların deprem güvenliği açısından güvenli olduğuna karar verilir.

Düşey taşıyıcı sistemi kolonlar ve her iki yönde perdelerden oluşan, 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş Örnek 2a, 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş Örnek 2b için, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olmasına rağmen itme analizi sonucu performans noktasında taban kesme kuvveti ABYYHY 98'e göre tasarım deprem kuvvetinin altında olması nedeniyle bu yapıların deprem güvenliği açısından güvensiz-şüpheli olduğuna karar verilir. ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş 2c için, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olduğundan ve itme analizi sonucu performans noktasında taban kesme kuvveti ABYYHY 98'e göre tasarım deprem kuvvetinin üstünde olması nedeniyle bu yapıların deprem güvenliği açısından güvenli olduğuna karar verilir.



Şekil 4.13 Yapı Sistemlerinin I_s/I_{s0} Değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz sonrası yapılan değerlendirmeler ışığında aşağıda verilen sonuçlar bulunmuştur.

- 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş binalar için ağırlığının % 10'u oranında, 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş binalar için ağırlığının %13-15 oranında, ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş binalar için ağırlığının %20-23 oranında, performans noktası için taban kesme kuvvetine sahip olduğu görülmüştür.
- 1975 TDY ne göre depremsiz projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 0,40-0,45'i oranında, 1975 TDY ne göre depremli projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 0,64-0,70'i oranında, ABYYHY 98'e göre depremli projelendirilmiş binalar için tasarım deprem kuvvetinin 1,60-1,86 oranında, performans noktası için taban kesme kuvvetine sahip olduğu görülmüştür.
- Yapıların I_s/I_{s0} değerleri ve performans noktaları göz önünde bulundurulduğunda, ABYYHY 98'e göre hesabı yapılmış, düşey taşıyıcı sistemi kolonlardan oluşan binalar için, $I_s/I_{s0} > 0,40$ olduğunda binanın deprem güvenliği yönünden yeterli olduğu kabulü uygundur.
- Taşıyıcı sistemi kolonlar ve her iki yönde perdelerden oluşan Örnek 2 projesi için, her üç durumda da $I_s/I_{s0} > 0,40$ olması göz önünde bulundurulduğunda ve performans noktaları dikkate alındığında, $I_s/I_{s0} > 0,40$ değerinin bu tip projeler için güvenli sonuç vermeyeceği, $I_s/I_{s0} > 0,80$ değeri kabul edilmesi durumunda daha sağlıklı sonuç elde edileceği düşünülmektedir.

Unutulmamalıdır ki Japon Sismik İndis Yöntemini asıl amacı, yapıların depreme dayanıklılığını ortaya koymaktan ziyade binaların mevcut durumu ile kullanıma devam edilip edilemeyeceği ve hangi binaların detaylı incelemesinin gerektiğini ortaya koymaktadır.

6. KAYNAKLAR

- ABYYHY, 1998, “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Almaç, K., 2004, “Betonarme Bir Binanın Mevcut Durumunun ve Doğrusal Olmayan Davranışının Değerlendirilmesi”, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- ATC 40, 1996, “Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings”, Applied Technology Council.
- Bayülke, N., Kuran, F., Doğan, A., Kocaman, C., Memiş, H., Soyak, L., 2003, “Mevcut Yapıların Doğrusal Olmayan İtme Analizleri Ve Deprem Hasarları İle Karşılaştırılması”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Boduroğlu, H. M., Özdemir, P., İlki, A., Sırın, S., Demir, C., Baysan, F., 2004, “Towards A Modified Rapid Screening Method For Existing Medium Rise RC Buildings In Turkey”, 13. World Conference On Earthquake Engineering, Canada.
- Celep, Z., Kumbasar, N., 2004, “Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı”, İstanbul.
- CSI, SAP2000 V-8, 2002, “Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual”, Computers and Structures, Inc., Berkeley, California, USA.

- DBYBHY, 2006, “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Ergün, A., 2005 “Deprem”, Bölüm 3, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.
- İDMP, 2003, “İstanbul İçin Deprem Master Planı”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul.
- İlki, A., Boduroğlu, H., Özdemir, P., Baysan, F., Demir, C., Şirin, S., 2003, “Mevcut Ve Güçlendirilmiş Yapılar İçin Sismik İndeks Yöntemi Ve Yapısal Çözümlene Sonuçlarının Karşılaştırılması”, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- İrtem, E., Türker K., Hasgül U., 2004, “Türk Deprem Yönetmeliğinin Performans Hedeflerinin Lineer Olmayan Statik Analiz Yöntemleri İle Değerlendirilmesi”, XVII. Teknik Kongre ve Sergisi, , İMO, YTÜ, 15-17 Nisan 2004, İstanbul.
- Kasımzade, A., A., Karaca, Z., Sönmez, B., 2005, “Ön Sismik Değerlendirmede Japon Sismik İndeks Yönteminin Lise Binalarında Uygulanması Özellikleri”, Deprem Sempozyumu 2005, 23 – 25 Mart 2005, Kocaeli.
- Kürklü, G., 2005, “Mevcut Betonarme Yapıların Deprem Güvenliğinin İncelenmesindeki Teknikler Ve Beton Dayanımının Belirlenmesi”, AKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar.
- Öncü, M., E., Calayır, Y., 2005, “Betonarme Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi”, Deprem Sempozyumu 2005, 23 – 25 Mart 2005, Kocaeli.
- TDY, 1975, “Türkiye Deprem Yönetmeliği”, Bayındırlık Ve İskan Bakanlığı, Ankara.

TS 500, 2000, “Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Web1, 2005, Özer, E., “Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi”, <http://www.ins.itu.edu.tr/eozer/ysloa.htm>

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi esnasında büyük bir sabır göstererek, yardımlarını ve ilgisini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden faydalandığım çok değerli danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Ali ERGÜN'e,

Çalışmalarım boyunca beni yalnız bırakmayan tüm dostlarıma ve bugüne gelene kadar her zaman maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme,

Teşekkürü bir borç bilirim.

Veli BAŞARAN

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Afyonkarahisar’da doğdu. İlkokulu Atatürk İlköğretim okulunda, ortaokulu Şemsettin Karahisari İlköğretim okulunda, liseyi Afyon Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesinde okudu. 2002 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2002 yılı Ağustos ayında Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü’ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Halen aynı görevi sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizce’dir.