

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEYDE DÜZENSİZ BİNALARIN PERFORMANS
YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İsmail Önder KARTAL**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : DEPREM MÜHENDİSLİĞİ

ARALIK 2005

**DÜŞEYDE DÜZENSİZ BİNALARIN PERFORMANS
YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İsmail Önder KARTAL
(501021182)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Kasım 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Aralık 2005

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Kadir GÜLER
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Metin AYDOĞAN (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Oğuz Cem ÇELİK (İ.T.Ü.)

ARALIK 2005

ÖNSÖZ

Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de birçok deprem meydana gelmekte ve can kayıplarına sebep olmaktadır. Mevcut yapıların yeterli güvenlik seviyesinde olup olmadığı 17 Ağustos 1999 Marmara Depreminde bir kez daha ortaya çıkmış, sonuçta önemli derecede maddi ve manevi kayıplar meydana gelmiştir.

Bu zararların en büyük nedeni yapıların yeterli güvenlikte inşa edilmemiş olmasıdır. Mimari proje, taşıyıcı sistem tasarımı, kullanılan malzeme kalitesi, proje ve yapım denetimi gibi birçok olgu yapı güvenliğini direkt olarak etkilemektedir. Yapı güvenliğini arttırmak ve oluşabilecek zararları en aza indirmek için çalışmalar devam etmektedir. Günümüzde depreme karşı güvenli yapılar ortaya çıkarmak için bazı deprem analizi yöntemleri geliştirilmiş, teknolojik gelişmelerle de bu analiz yöntemleri bilgisayar ortamına aktarılarak hızlı bir çözüm elde edilmesi sağlanmıştır. Bu analiz yöntemlerinden bir tanesi de ‘Statik İtme Yöntemi’dir.

Bu çalışma kapsamında taşıyıcı sistemlerinde düşeyde düzensizliğin mevcut olduğu 6 katlı farklı iki betonarme binanın statik itme analizi yöntemi ile incelemesi yapılmış, elde edilen sonuçlara göre güçlendirme önerileri yapılarak çözümleme tekrarlanmıştır.

Tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Kadir Güler’e sonsuz teşekkür ediyorum. Tüm yaşantım süresince yanımda olan aileme sevgilerimi sunuyorum. Değerli ağabeyim Metalurji Mühendisi Özgür Kartal’a maddi ve manevi desteklerinden, Öz Kiremit Fabrikası yönetimine ve çalışanlarına yardımlarından dolayı teşekkür ediyorum. Tezin hazırlık aşamalarında kontrollerin yapılmasında yardımcı olan Savaş, Barış ve Çınar Öztoran’a şükranlarımı sunuyorum.

Aralık 2005

İsmail Önder KARTAL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. DÜZENSİZ YAPILAR	2
2.1. Giriş	2
2.2. Yönetmeliklerde Düzensiz Yapılar	2
2.2.1. A.B.Y.Y.H.Y (1997)'te Düzensiz Yapılar	3
2.2.1.1 Planda Düzensizlik Durumları	3
2.2.1.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları	5
2.2.2 Eurocode-8 'de Yapısal Düzensizlikler	9
2.2.2.1 Planda Düzensizlik	9
2.2.2.2 Düşeyde Düzensizlik	9
2.3. Kısa Konsollar ve Konsollu Binalar	10
2.3.1 Kısa Konsolların Tanımı ve Davranışları	10
2.3.1.1 Kısa Konsollarda Boyutlandırma	13
2.3.2 Konsollu Binalar	13
2.3.2.1 Konsollu Binaların Yapım Şekilleri ve Örnekler	14
3. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI	19
3.1. Giriş	19
3.2. Performans Seviyeleri	20
3.2.1. Yapısal Performans Seviyeleri	20
3.2.2. Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	22
3.2.3. Bina Performans Seviyeleri	23
3.3. Deprem Hareketi	25
3.4. Performans Amaçları	26
3.4.1 Performans Amaçları ve Sınıflandırılması	26
3.4.2 Performans Amaçlarının Karşılaştırılması	28
3.5 Yapısal Kapasite	29
3.6 Performans Noktasının Belirlenmesi ve Kabul Kriterleri	30
3.6.1 Performans Noktasının Bulunması	30
3.6.2 Performans Noktasının Kabul Kriterleri	32
4. BASİTLEŞTİRİLMİŞ LİNEER OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ	33
4.1. Giriş	33
4.2. Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi	34

4.3. Talep Spektrumunun Belirlenmesi	36
4.4. Kapasite Spektrum Yöntemi ve Talep Spektrumunun İndirgenmesi	36
4.4.1 Performans Noktasının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler	40
4.4.2 Performans Noktasının Hesaplanmasında Yöntem A'nın Kullanılması	41
5. YAPININ MODELLENMESİ	45
5.1. SAP 2000 Analiz Programı	45
6. MEVCUT İKİ YAPININ İNCELENMESİ	50
6.1. Giriş	50
6.2. Birinci Yapının İncelenmesi	50
6.2.1 Genel Yapı Bilgileri	50
6.2.2. Kiriş - Kolon - Perde Boyutları ve Donatıları	51
6.2.3 Kütle ve Ağırlıkların Hesabı	51
6.2.4 Sisteme Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi	53
6.2.4.1 Düşey Yükler	53
6.2.4.2 Yatay Yükler	53
6.2.5 SAP 2000 Programında Analiz Yapılması	54
6.2.5.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması	54
6.2.5.2 Yapının X yönüne Ait Analiz Sonuçları	56
6.2.5.3 Yapının Y yönüne Ait Analiz Sonuçları	58
6.2.6 Yapının Performans Noktasının İncelenmesi	59
6.2.6.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	62
6.2.6.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	64
6.2.7 Birinci Yapının Güçlendirilmesi	66
6.2.7.1 Güçlendirilmiş Yapının Kütle ve Ağırlıklarının Hesabı	67
6.2.7.2 Güçlendirilmiş Yapıda Sisteme Etkiyen Yüklerin Hesabı	67
6.2.8 SAP 2000 Programında Analiz Yapılması	68
6.2.8.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması	68
6.2.8.2 Güçlendirilmiş Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları	69
6.2.8.3 Güçlendirilmiş Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları	70
6.2.9 Güçlendirilmiş Yapının Performans Noktasının İncelenmesi	72
6.2.9.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	72
6.2.9.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	75
6.2.10 Birinci Yapı İçin Sonuçların Değerlendirilmesi	78
6.3. İkinci Yapının İncelenmesi	81
6.3.1 Genel Yapı Bilgileri	81
6.3.2. Kiriş - Kolon Boyutları ve Donatıları	82
6.3.3 Kütle ve Ağırlıkların Hesabı	82
6.3.4 Sisteme Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi	84
6.3.4.1 Düşey Yükler	84
6.3.4.2 Yatay Yükler	84
6.3.5 İkinci Yapıda SAP 2000 Programında Analiz Yapılması	85
6.3.5.1 İkinci Yapının X yönüne Ait Analiz Sonuçları	86
6.3.5.2 İkinci Yapının Y yönüne Ait Analiz Sonuçları	87
6.3.6 İkinci Yapının Performans Noktasının İncelenmesi	89
6.3.6.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	90
6.3.6.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	93
6.3.7 İkinci Yapı İçin Sonuçlar	96
6.3.8 İkinci Yapının Güçlendirilmesi	97
6.3.8.1 Güçlendirilmiş Yapının Kütle ve Ağırlıklarının Hesabı	98

6.3.8.2 Güçlendirilmiş Yapıda Sisteme Etkiyen Yüklerin Hesabı	98
6.3.9 SAP 2000 Programında Analiz Yapılması	100
6.3.9.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması	100
6.3.9.2 Güçlendirilmiş Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları	100
6.3.9.3 Güçlendirilmiş Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları	102
6.3.10 Güçlendirilmiş Yapının Performans Noktasının İncelenmesi	103
6.3.10.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	103
6.3.10.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi	107
6.3.11 İkinci Yapı İçin Güçlendirilmiş Durum Sonuçları	110
7. İKİ BOYUTLU ÇERÇEVE ANALİZİ	111
7.1. Giriş	111
7.2. Çerçevenin SAP2000 Hesap Programında Analizi	113
7.3. Çerçevenin CAPP Hesap Programında Analizi	113
7.4. Çerçevenin Performans Noktasının İncelenmesi	116
7.5. Perde - Çerçeve Sistemin Analizi	120
7.5.1 Perde - Çerçeve Sistemin SAP2000 Hesap Programında Analizi	120
7.5.2 Perde - Çerçeve Sistemin CAPP Hesap Programında Analizi	121
7.6. Perde - Çerçeve Sistemin Performans Noktasının İncelenmesi	123
8. SONUÇLAR	127
KAYNAKLAR	134
EK A	136
ÖZGEÇMİŞ	157

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik
EC	: Eurocode
TGD	: Temel güvenlik depremi
NP – A	: Kullanıma devam performans seviyesi
NP – B	: Hemen kullanım performans seviyesi
NP – C	: Can güvenliği performans seviyesi
NP – D	: Azaltılmış hasar performans seviyesi
SE	: Servis depremi
DE	: Tasarım depremi
ME	: Maksimum deprem
BS	: Beton sınıfı
BÇ	: Beton çeliği
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
ATC	: Applied Technology Council

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1 : Bina performans seviyeleri.....	20
Tablo 3.2 : Bina yapısal performans seviyeleri	23
Tablo 3.3 : Göz önüne alınabilecek deprem için parametreler.....	25
Tablo 3.4 : Performans amaçları sınıflandırılması.....	26
Tablo 3.5 : Çok seviyeli performans amaçları.....	27
Tablo 3.6 : Temel güvenlik performans amacı.....	28
Tablo 3.7 : Normal binalar için örnek performans seviyeleri.....	28
Tablo 3.8 : Performans amaçlarının ekonomiklik durumları.....	28
Tablo 6.1 : Sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları.....	52
Tablo 6.2 : Hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları.....	52
Tablo 6.3 : Birinci yapı kat ağırlıkları.....	53
Tablo 6.4 : Birinci yapı kat kütleleri.....	53
Tablo 6.5 : Yatay kuvvetin katlara göre dağılımı.....	54
Tablo 6.6 : Yük kombinasyonları	55
Tablo 6.7 : Birinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri.....	55
Tablo 6.8 : Zemin sınıflarının tanımı.....	60
Tablo 6.9 : Deprem bölge katsayıları.....	60
Tablo 6.10 : Deprem kaynağına olan mesafe katsayısı N_A ve N_V	61
Tablo 6.11 : C_A değerleri.....	61
Tablo 6.12 : C_V değerleri.....	61
Tablo 6.13 : Güçlendirilmiş yapının sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları.....	67
Tablo 6.14 : Güçlendirilmiş birinci yapının kat ağırlıkları.....	67
Tablo 6.15 : Güçlendirilmiş birinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı.....	68
Tablo 6.16 : Güçlendirilmiş birinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri.....	69
Tablo 6.17 : Birinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları.....	78
Tablo 6.18 : Güçlendirilmiş birinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları.....	79
Tablo 6.19 : Güçlendirilmiş birinci yapı için performans seviyesi.....	80
Tablo 6.20 : İkinci yapıda sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları.....	83
Tablo 6.21 : İkinci yapıda hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları.....	83
Tablo 6.22 : İkinci yapı kat ağırlıkları.....	83
Tablo 6.23 : İkinci yapı kat kütleleri.....	84
Tablo 6.24 : İkinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı – X yönü.....	85
Tablo 6.25 : İkinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı – Y yönü.....	85
Tablo 6.26 : İkinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri.....	86
Tablo 6.27 : İkinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları.....	97
Tablo 6.28 : Güçlendirilmiş ikinci yapının kat ağırlıkları.....	98
Tablo 6.29 : Güçlendirilmiş ikinci sistemde yatay kuvvetin katlara dağılımı X yönü.....	99
Tablo 6.30 : Güçlendirilmiş ikinci sistemde yatay kuvvetin katlara dağılımı	

Y yönü.....	99
Tablo 6.31 : Güçlendirilmiş ikinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri.....	100
Tablo 6.32 : Güçlendirilmiş ikinci yapının SAP 2000 sonuçları.....	110
Tablo 7.1 : Çerçeve sistem kiriş boyutları ve donatıları	111
Tablo 7.2 : Çerçeve sistem kolon boyutları ve donatıları	111
Tablo 7.3 : Çerçeve sistem kirişlerine etkiyen yükler	112
Tablo 7.4 : Çerçeve sisteme etkiyen yatay kuvvetler	112
Tablo 7.5 : Çerçeve sistem analiz sonuçları	115
Tablo 7.6 : Çerçeve sisteme ait periyot ve kat ötelemeleri	116
Tablo 7.7 : Perde çerçeve sistem analiz sonuçları	122
Tablo 7.8 : Perde – çerçeve sisteme ait periyot ve kat ötelemeleri	123
Tablo A.1 : Birinci yapıya ait bodrum kat kiriş donatıları	148
Tablo A.2 : Birinci yapıya ait zemin kat kiriş donatıları	149
Tablo A.3 : Birinci yapıya ait normal kat kiriş donatıları	153
Tablo A.4 : Birinci yapıya ait kolon ve perde boyutları	156

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Burulma düzensizliği durumu	4
Şekil 2.2 : Döşemede süreksizlik düzensizliği durumu	4
Şekil 2.3 : Planda çıkıntı düzensizliği	5
Şekil 2.4 : Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği	5
Şekil 2.5 : Komşu katlar arası dayanım düzensizliği	6
Şekil 2.6 : Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği	7
Şekil 2.7 : Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarındaki süreksizlik düzensizliği	8
Şekil 2.8 : Geri çekme düzensizliği için kriterler	10
Şekil 2.9 : Kısa konsolda asal gerilme hatları	11
Şekil 2.10 : Kısa konsolda kafes kiriş benzeşimi	12
Şekil 2.11 : Kısa konsolda göçme biçimleri	12
Şekil 2.12 : Konsollu yapı örneği	15
Şekil 2.13 : Düşeyde düzensiz yapı örneği	16
Şekil 2.14 : Düşeyde düzensiz beş katlı yapı örneği	17
Şekil 2.15 : Guseli yapılarda güçlendirme örneği	18
Şekil 3.1 : Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları	22
Şekil 3.2 : Bina performans seviyeleri ile maliyet arasındaki ilişki	27
Şekil 3.3 : Taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	30
Şekil 3.4 : Talep spektrumu ve kapasite spektrumu	31
Şekil 3.5 : Performans noktasının bulunması	31
Şekil 4.1 : Taban kesme kuvveti ile çatı yer değiştirmesi arasındaki ilişki ..	34
Şekil 4.2 : Kapasite spektrum yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi	37
Şekil 4.3 : Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi	37
Şekil 4.4 : Elastik talep spektrumunun ivme-yer değiştirme formatına dönüştürülmesi	38
Şekil 4.5 : Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi	39
Şekil 4.6 : İndirgenmiş talep spektrumunun elde edilmesi	40
Şekil 4.7 : %5 sönümlü talep spektrumu	41
Şekil 4.8 : Kapasite ve talep spektrumunun kesişmesi	42
Şekil 4.9 : Başlangıç performans noktasının bulunması	42
Şekil 4.10 : Kapasite spektrumunun parçalı hale dönüştürülmesi	42
Şekil 4.11 : İndirgenmiş talep spektrumunun bulunması	43
Şekil 4.12 : Kapasite spektrumu ile indirgenmiş talep spektrumunun kesişmesi	43
Şekil 5.1 : Yatay yük-yatay deformasyon eğrisi	47
Şekil 6.1 : Birinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	57
Şekil 6.2 : Birinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar	57
Şekil 6.3 : Birinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	58
Şekil 6.4 : Birinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar	59

Şekil 6.5	: %5 sönümlü talep spektrumu.....	60
Şekil 6.6	: Birinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	63
Şekil 6.7	: Birinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu.....	63
Şekil 6.8	: Birinci yapıda X yönüne ait talep ve kapasite spektrumu.....	64
Şekil 6.9	: Birinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	65
Şekil 6.10	: Birinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu.....	65
Şekil 6.11	: Birinci yapıda Y yönüne ait talep ve kapasite spektrumu.....	66
Şekil 6.12	: Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	69
Şekil 6.13	: Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar.....	70
Şekil 6.14	: Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	71
Şekil 6.15	: Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar.....	71
Şekil 6.16	: Güçlendirilmiş birinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	72
Şekil 6.17	: Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu..	73
Şekil 6.18	: Güçlendirilmiş birinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası.....	73
Şekil 6.19	: Güçlendirilmiş birinci yapı için indirgenmiş talep spektrumu.....	74
Şekil 6.20	: Güçlendirilmiş birinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması.....	75
Şekil 6.21	: Güçlendirilmiş birinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	76
Şekil 6.22	: Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu..	76
Şekil 6.23	: Güçlendirilmiş birinci yapı için Y yönüne ait başlangıç performans noktası.....	77
Şekil 6.24	: Güçlendirilmiş birinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması	78
Şekil 6.25	: Güçlendirilmiş birinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi.....	80
Şekil 6.26	: İkinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği.....	86
Şekil 6.27	: İkinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar.....	87
Şekil 6.28	: İkinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği.....	88
Şekil 6.29	: İkinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar	88
Şekil 6.30	: %5 sönümlü talep spektrumu grafiği	89
Şekil 6.31	: İkinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu	91
Şekil 6.32	: İkinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu.....	91
Şekil 6.33	: İkinci yapıda X yönüne ait talep ve kapasite spektrumu	92
Şekil 6.34	: İkinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası.....	92
Şekil 6.35	: İkinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması...	93
Şekil 6.36	: İkinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	94
Şekil 6.37	: İkinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği.....	94
Şekil 6.38	: İkinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu.....	95
Şekil 6.39	: İkinci yapıda Y yönüne ait talep ve kapasite spektrumu	95
Şekil 6.40	: İkinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması...	96
Şekil 6.41	: İkinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi.....	97
Şekil 6.42	: Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	101

Şekil 6.43 : Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar	101
Şekil 6.44 : Güçlendirilmiş ikinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	102
Şekil 6.45 : Güçlendirilmiş ikinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar	103
Şekil 6.46 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	104
Şekil 6.47 : Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu....	104
Şekil 6.48 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası.....	105
Şekil 6.49 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için İndirgenmiş talep spektrumu.....	106
Şekil 6.50 : Güçlendirilmiş ikinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması.....	106
Şekil 6.51 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu.....	107
Şekil 6.52 : Güçlendirilmiş ikinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu...	108
Şekil 6.53 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için Y yönüne ait başlangıç performans noktası.....	108
Şekil 6.54 : Güçlendirilmiş ikinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması	109
Şekil 6.55 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi.....	110
Şekil 7.1 : İki boyutlu çerçeve modeli	112
Şekil 7.2 : Çerçeve sisteme ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	113
Şekil 7.3 : CAPP programı hesap modeli	114
Şekil 7.4 : CAPP programına ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	115
Şekil 7.5 : Çerçeve sistem için talep spektrumu	116
Şekil 7.6 : Çerçeve sisteme ait kapasite spektrumu	117
Şekil 7.7 : Çerçeve sisteme ait talep ve kapasite spektrumu	117
Şekil 7.8 : Çerçeve sistem için başlangıç performans noktası	118
Şekil 7.9 : Çerçeve sisteme ait indirgenmiş talep ve kapasite spektrumu	119
Şekil 7.10 : Çerçeve sistem için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi ...	119
Şekil 7.11 : Perde çerçeve sistem modeli	120
Şekil 7.12 : Perde çerçeve sisteme ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği.....	121
Şekil 7.13 : CAPP programına ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği	122
Şekil 7.14 : Perde çerçeve sisteme ait kapasite spektrumu	123
Şekil 7.15 : Perde çerçeve sisteme ait talep ve kapasite spektrumu	124
Şekil 7.16 : Perde çerçeve sistem için başlangıç performans noktası	125
Şekil 7.17 : Perde çerçeve sisteme ait indirgenmiş talep ve kapasite spektrumu	125
Şekil 7.18 : Perde çerçeve sistem için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	126
Şekil 8.1 : Güçlendirilmiş birinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	129
Şekil 8.2 : İkinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	131
Şekil 8.3 : Güçlendirilmiş ikinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi	131
Şekil 8.4 : İkinci yapının performans seviyelerindeki değişim	132
Şekil 8.5 : Çerçeve sistemin performans seviyelerindeki değişim.....	133
Şekil A.1 : Birinci yapıya ait bodrum kat tavan kalıp planı.....	136
Şekil A.2 : Birinci yapıya ait zemin kat tavan kalıp planı.....	132

Şekil A.3 : Birinci yapıya ait normal kat tavan kalıp planı	138
Şekil A.4 : Birinci yapıya ait kolon donatıları	139
Şekil A.5 : Birinci yapıya ait perde donatıları	139
Şekil A.6 : Birinci yapıya ait güçlendirme perdeleri konumu	140
Şekil A.7 : Birinci yapıya ait günlendirme perdeleri donatıları	141
Şekil A.8 : İkinci yapıya ait zemin kat tavan kalıp planı	142
Şekil A.9 : İkinci yapıya ait normal kat tavan kalıp planı	143
Şekil A.10 : İkinci yapıya ait kolon donatıları	143
Şekil A.11 : İkinci yapıya ait güçlendirme perdeleri konumu	144
Şekil A.12 : Güçlendirilmiş ükünci yapıda C-C aksı	144
Şekil A.13 : İkinci yapıya ait güçlendirme perdeleri donatıları	145
Şekil A.14 : Birinci yapıya ait üç boyutlu hesap modeli	145
Şekil A.15 : İkinci yapıya ait üç boyutlu hesap modeli	146
Şekil A.16 : Çerçeve sisteme ait hesap modeli	147

SEMBOL LİSTESİ

η_{bi}	: i' nci katta tanımlanan burulma düzensizlik katsayısı
Δ_i	: Binanın i' nci katının görelî kat ötelemesi
η_{ci}	: i' nci katta tanımlanan dayanım düzensizliğı katsayısı
η_{ki}	: i' nci katta tanımlanan rijitlik düzensizliğı katsayısı
H_N	: Bina toplam yüksekliğı
A	: Brüt kat alanı
A_b	: Boşluk alanları toplamı
a_v	: Yükleme noktasından mesnet yüzüne olan uzaklık
d	: Mesnet yüzündeki faydalı yükseklik
V	: Yatay kuvvet
δ	: Yer değıştirme
C_A	: Zemin etkili maksimum ivme katsayısı
C_V	: Periyodu 1 s olan %5 sönümlü sistemin spektrum değeri
T_s	: Binanın doğal titreşim periyodu
T_{A-B}	: Spektrum karakteristik periyotları
g	: Yerçekimi ivmesi
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayıları
V_B	: Sismik taban kesme kuvveti
E	: Deprem etki türü katsayısı
E_c	: Betonun elastisite modülü
E_D	: Sönümle yutulan enerji
E_s	: Donatı elastisite modülü
E_{SO}	: Maksimum şekil değıştirme enerjisi
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
f_{yk}	: Donatının karakteristik akma dayanımı
f_{cd}	: Betonun hesap basınç dayanımı
f_{yd}	: Donatının hesap akma dayanımı
F_i	: i. kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
g_i	: i. katın sabit yüklerinden oluşan ağırlık
q_i	: i. katın hareketli yüklerinden oluşan ağırlık
n	: Hareketli yükün katılım katsayısı
H_i	: i. katın yerden yüksekliğı
I	: Bina önem katsayısı
$I_{i,kütle}$	: i. katın kütle atalet momenti
M_i	: i. kata ait kütle
N_{A-V}	: Bilinen bir deprem kaynağına olan mesafe katsayıları
$P_{göçme}$	: Göçme anındaki taban kesme kuvvetinin yük parametresi
$[P_o]$	: Sisteme ait yükleme matrisi
$R_a(T_1)$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S_a	: Spektral ivme
S_d	: Spektral yer değıştirme
SR_A	: Spektral ivme azaltma katsayısı

SR_V	: Spektral hız azaltma katsayısı
$S(T_1)$	: Spektrum katsayısı
$[S_{dd}]$	: Üzerinde plastik kesitler bulunmayan sisteme ait rijitlik matrisi
T	: Periyot
W	: Yapı toplam ağırlığı
Z	: Deprem bölge katsayısı
α_1	: 1. doğal titreşim modu için modal kütle katsayısı
β_{eff}	: Etkili modal sönüm oranı
β_o	: Eşdeğer sönümle temsil edilen histeretik sönüm
ϵ_{cu}	: Betonun birim kısalması
ϵ_{co}	: Betonda plastik şekil değiştirmenin başlamasına karşı gelen birim kısalma
ϵ_{su}	: Donatının akmaya karşı gelen en büyük şekil değiştirmesi
Φ_{Xi}	: i. katta X eksenli doğrultusundaki modun şekli
Φ_{Yi}	: i. katta Y eksenli doğrultusundaki modun şekli
Φ	: Donatı çapı
PF_1	: 1. doğal titreşim modu için modal katılım katsayısı
κ	: Sönüm düzeltme katsayısı

DÜŞEYDE DÜZENSİZ BİNALARIN PERFORMANS YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ

ÖZET

Düşeyde düzensiz mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi, bu tez çalışmasına konu olmuştur. İnceleme konusu olan düşeyde düzensiz yapılar performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile ele alınmıştır. Hesaplamalarda elastik ötesi analiz yapma olanağı sağladığı için, statik itme analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin esasları, tez kapsamında kısaca özetlenmiştir. Ayrıca performansa dayalı tasarım yaklaşımı hakkında da bazı bilgiler kısaca verilmiştir.

İnceleme konusu olarak mevcut iki farklı bina seçilmiştir. İlgili hesaplamalarda, statik itme analiz yöntemini kullanmaya uygun olan SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır. Programda yöntemin nasıl uygulanacağı tez kapsamında anlatılmış, dikkat edilmesi gerekli noktalar vurgulanmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçlar grafikler ve tablolarda sunulmuştur. Ayrıca inceleme konu olan ikinci binadan düşeyde düzensizliğe sahip bir çerçeve seçilerek analizi yapılmıştır. Bu hesaplamalar için iki boyutlu çerçevelerin lineer olmayan analizinin yapılmasına uygun olan CAPP (Capacity Analysis Pushover Program) analiz programı seçilmiştir. Aynı çerçeve sistemin SAP 2000 programında da analizi yapılarak, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Yapılan analiz sonucu mevcut binaların olası bir deprem sırasında davranışının nasıl olacağı araştırılmış ve deprem güvenliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bina taşıyıcı sistemlerine taşıyıcı elemanlar ilave edilerek yatay yük taşıma kapasiteleri artırılması amaçlanmış ve analizler tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, binalar için bir performans seviyesi araştırılmıştır.

STUDY OF PERFORMANCE BASED DESIGN ON VERTICALLY IRREGULAR BUILDINGS

SUMMARY

In this study, determining the earthquake resistance of vertically irregular buildings was investigated. Performance based design approach was used to investigate these vertically irregular buildings. Pushover analysis method was used in calculations. This method permits to observe the post elastic behaviour. Principles of this method were summarized in this study. Also, the principles of the performance based design approach were summarized.

Two existing buildings were selected to investigate. SAP 2000 analysis program was used to apply the pushover method on these buildings. Practice steps of this program were explained in this study. Considerable points in this method were emphasized. Results of the analysis were determined on the diagrams and the tables. A vertically irregular frame was selected on the second building and analyzed with two different nonlinear analysis programs. First one is SAP 2000 analysis program and second is CAPP (Capacity Analysis Pushover Program). Results obtained by using two of the given programs, were compared.

Result of this study, how a vertically irregular building's behaviour is during excitation of earthquake was investigated. To improve earthquake performance of the buildings, new shear walls were added to existing structural system. A sufficient performance level was investigated for these buildings having vertically irregular structural system.

1.GİRİŞ

Deprem esnasında yapılar şiddetinin ve süresinin ne kadar olacağı önceden belirlenemeyen etkilere maruz kalırlar. Bu etkiler yapının kapasitesine bağlı olarak ciddi boyutlarda maddi ve manevi zararlara yol açabilir.

Deprem etkilerinin en aza indirilebilmesi için birçok yöntem geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucu birçok analiz yöntemi ortaya çıkmıştır. Bunlardan biri olan statik itme analizi oldukça ilgi görmektedir.

Binalardaki düşey yükleri sabit tutarak yatay yüklerin kademeli artırılmasıyla yapılan doğrusal olmayan hesaba ‘ Statik İtme Yöntemi ’ denir. Bu yöntem, binanın deprem sırasındaki gerçek davranışı temsil etmek suretiyle, çözümlemenin daha detaylı ve karmaşık algoritmaları da göz önüne alarak, daha doğru bir şekilde yapılmasına imkan tanımaktadır.

Yapının elastik sınır ötesi plastik davranışını da temsil eden bu analiz yönteminde yapının projelendirilme aşamasında seçilecek güvenlik seviyesine uygun bir şekilde tasarlanması sağlanmakta ve artan güvenlikle zarar minimuma indirilmektedir.

Deprem davranışı açısından yapıların yatayda ve düşeyde süreksizlik göstermeleri, ani rijitlik değişimi ile kütle farklılıkları içermeleri kaçınılmazı gereken olumsuz hallerdir. Bu özellikleri taşıyan yapılar, taşıyıcı sistem bakımından düzensiz yapılar olarak kabul edilirler. Bu tür yapılar uygulamada, düzenli yapılara nazaran daha fazla hatalı uygulamaya sebep olabilecekleri gibi, boyutlamada da bazı kesit zorlarının büyümesi nedeniyle ekonomik olmaktan uzaklaşırlar. Bu tarz yapılar her ne kadar iyi boyutlanıp detaylandırılırsalar da depremden etkilenmeleri beklenenden fazla ve olumsuz yönde olur.

2. DÜZENSİZ YAPILAR

2.1 Giriş

Yapılan gözlemler ve incelemeler sonucu yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının da o derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Basit ve düzenli yapıların yapımın kolay olması ve yapım aşamasında hata yapma olasılığının azlığı da bu sonucu sağlamaktadır. Karmaşık ve düzensiz yapılarda mevcut etkilere ilaveten burulma etkisi de ortaya çıkmaktadır. Yapının birbirine dik iki doğrultuda simetriye sahip olması istenir. Böylece çözümleme sonucu bulunan davranışla, deprem etkisinde meydana gelecek olan birbirine yakın olur. Simetri yalnız plandaki şekilde değil, taşıyıcı sistemdeki ayrıntılarda da sağlanmalıdır. Rijitlik merkezi kütle merkezinden kenara çekildikçe ek burulma etkileri meydana gelmektedir. Yapının deprem etkisi altındaki davranışının belirlenmesinde ve ilgili kesit etkilerinin bulunmasında yapının taşıyıcı sisteminin düzenli veya düzensiz olması önemli ölçüde etkilidir.

Bir yapıda bütün kolon ve perdeler temelden çatıya kadar sürekli olmalı ve elemanların birbirine dışmerkez mesnetlenmelerinden kaçınılmalıdır. Kolon ve ona mesnetlenen kirişlerin eksenleri arasındaki dışmerkezlik de mümkün olduğu kadar önlenmelidir. Taşıyıcı sistemde süreklilik ile elemanların birbirine yardım etmesi sağlanırken, elastik davranışın ötesindeki kapasitesi de artırılmış olur [4].

2.2 Yönetmeliklerde Düzensiz Yapılar

Mevcut ya da yeni projelendirilen yapılarda, gerek mimari gerekse başka nedenlerden dolayı düzensizlikler oluşabilmektedir. Bu bölümde yapıların projelendirilmesi ve yapım aşamasında kısıtlamalar getiren bazı yönetmeliklere konu olan düzensizlikler incelenecektir.

2.2.1 A.B.Y.Y.H.Y (1997)' te Düzensiz Yapılar

Yapıların depreme dayanıklı tasarıma göre yapılmasını öngören bu yönetmelikte, olumsuzlukları nedeni ile düzensiz yapılar teşvik edilmemiş, caydırıcı olması amacıyla ağır hükümler getirilmiştir. Fakat yapıların mimari ya da başka nedenlerden dolayı düzensiz bir durumda tasarlanması gerekiyor ise, bu yönetmelikte buna sınırlamalar getirilmiştir. Davranışlarındaki olumsuzluk ve belirsizliklerden dolayı deprem kuvvetleri artırılarak ve ek boyutlama esasları ile konstrüktif kurallar getirilerek düzensiz yapıların dayanım düzeyi yükseltilmiş, ayrıca bunların seçiminde caydırma sağlanmaya çalışılmıştır. Bu yönetmelikte düzensiz yapılar planda ve düşeyde düzensizlik meydana getirme durumlarına göre ikiye ayrılmıştır. Sözü edilen düzensizlikler taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesi için daha fazla kabuller ve belirsizlikler getirirken, taşıyıcı sistem elemanlarının daha fazla zorlanmasına neden olur.

2.2.1.1 Planda Düzensizlik Durumları

Yönetmeliğe konu olan düzensizlik durumlarından planda mevcut olan düzensizlik durumları kısaca tarif edilecektir [6].

- A1. Burulma Düzensizliği: Yapının birbirine dik iki deprem doğrultusundan herhangi biri için, herhangi bir kattaki en büyük rölatif yatay kat ötelemesinin ortalama rölatif kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan Burulma Düzenlik Katsayısı'nın

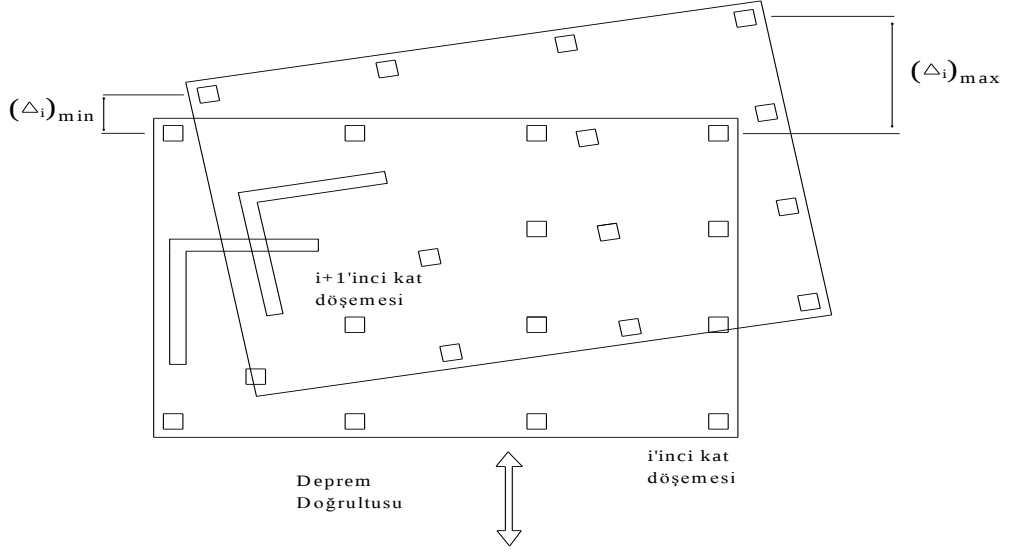
$$[\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2]$$

olması durumu burulma düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 2.1). Burulma türü düzensizlik deprem kuvvetinin etkidiği kat kütle merkezi ile kat rijitlik merkezinin birbirinden ayrık olması ile belirgin duruma gelir.

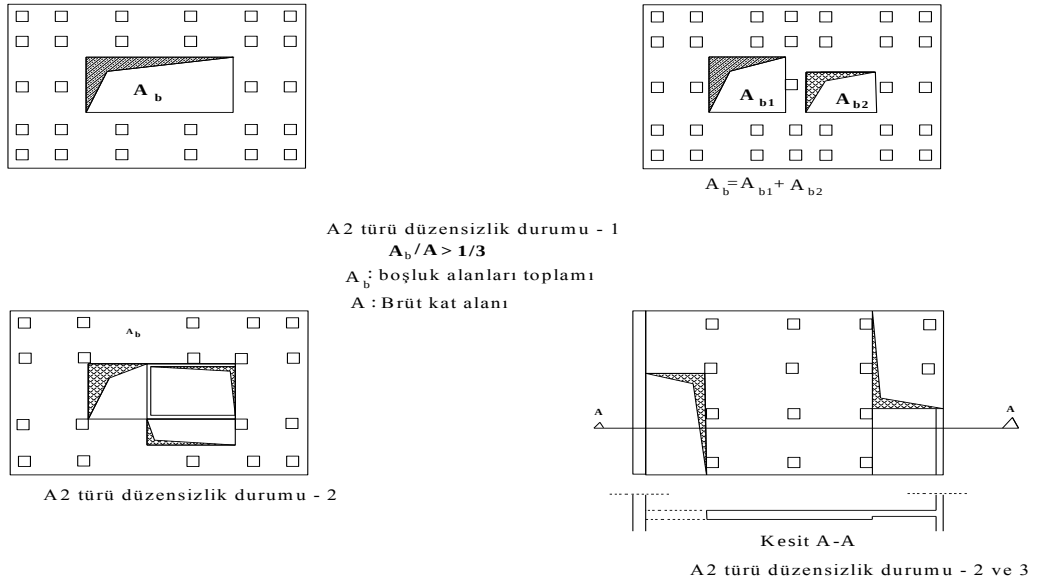
- A2. Döşeme Süreksizlik Düzensizliği: Herhangi bir kattaki döşemede;

- I- merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3' ünden fazla olması durumu ($A_b/A > 1/3$),
- II- deprem yüklerinin kolon ve perde gibi düşey taşıyıcı elemanlarla aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması,

III- döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani değişikliklerin bulunması döşeme süreksizlik düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 2.2).



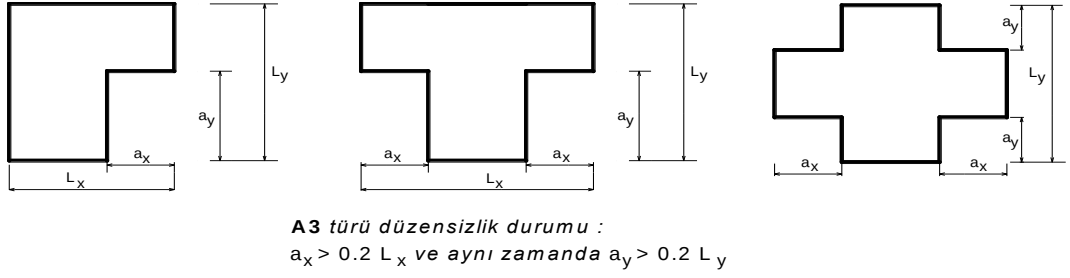
Şekil 2.1 Burulma düzensizliği durumu [$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2$]



Şekil 2.2 Döşemde süreksizlik düzensizliği durumu

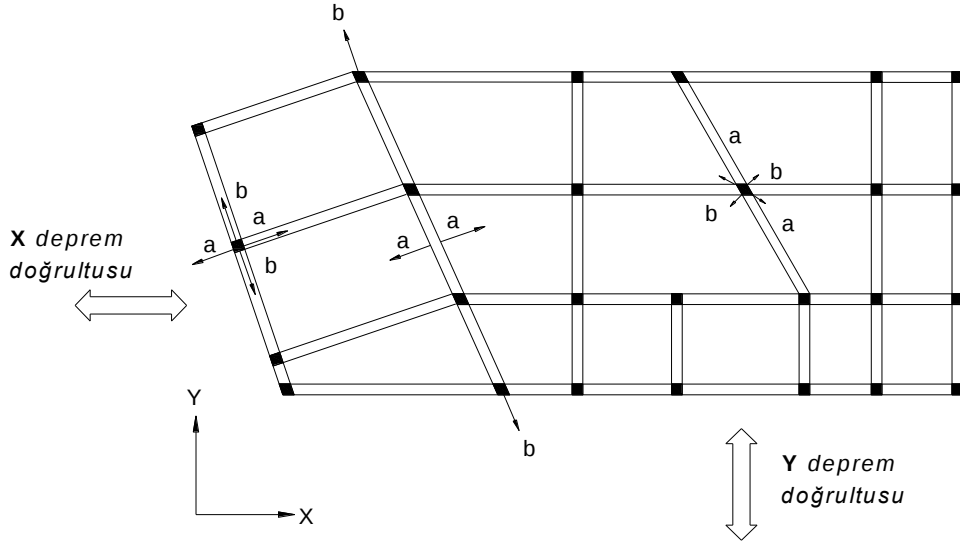
- A3. Planda Çıkıntı Düzensizliği: Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de binanın göz önüne alınan katının aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20' sinden daha büyük olması durumu planda çıkıntı düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 2.3). Bu tür düzensizliğe sahip L, T, H ve U şeklindeki döşemeler deprem

kuvvetlerini diğer elemanlara iletirken rijit diyafram gibi davrandığı kabulü doğru olmayabilir [4].



Şekil 2.3 Planda çıkıntı düzensizliği

- A4 Taşıyıcı Eleman Eksenlerinin Paralel Olmaması Düzensizliği: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının plandaki asal eksenlerinin, göz önüne alınan birbirine dik yatay deprem doğrultularına paralel olmaması, taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 2.4). Taşıyıcı sistemde birbirine dik iki asal doğrultunun bulunmaması bir düzensizlik nedenidir. Bu tür düzensiz taşıyıcı sistemlerde deprem etkisinde elemanlardaki asal etkiler artar ve ek burulma meydana gelirken, ikinci doğrultuda da kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur [4].



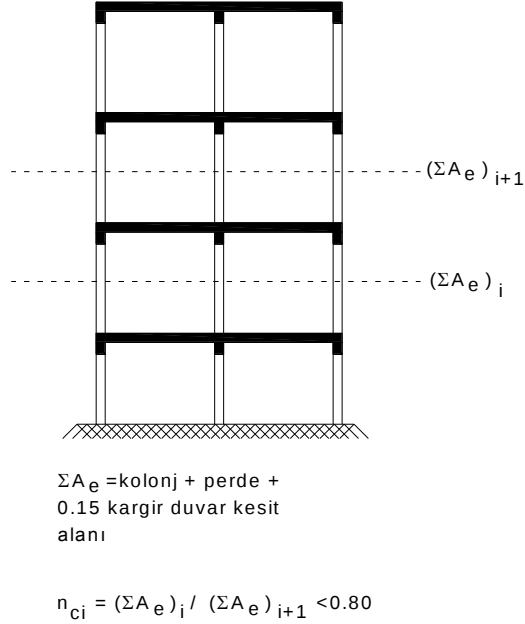
Şekil 2.4 Taşıyıcı eleman eksenlerinin paralel olmaması düzensizliği

2.2.1.2 Düşey Doğrultuda Düzensizlik Durumları

Yapılarda düşey doğrultuda mevcut düzensizlik durumları tarif edilecektir.

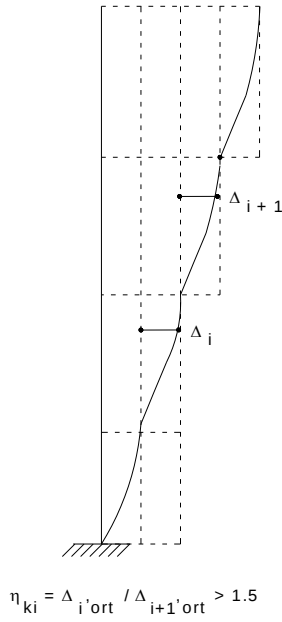
- B1 Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi

bir kattaki etkili kesme alanının, bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} ’nin 0.80’den küçük olması durumu komşu katlar arası dayanım düzensizliği olarak tanımlanır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

- B2 Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat): Betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir i. kattaki ortalama rölatif kat yer değiştirmesinin bir üst kattaki rölatif kat yer değiştirmesine oranı olarak tarif edilen rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} ’nin 1.5’ ten fazla olması durumu, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği olarak tarif edilir (Şekil 2.6). Deprem yönetmeliğinde dinamik hesap, taşıyıcı sistemin davranışının belirlenmesinde daha etkili bir yöntem olarak kabul edildiği için, birinci ve ikinci derece deprem bölgelerinde inşa edilen ve toplam yüksekliği $25 < H_N < 60$ m olan bu tür düzensizliğe sahip binalar için dinamik hesap yapılmasını zorunlu kılmıştır.



Şekil 2.6 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

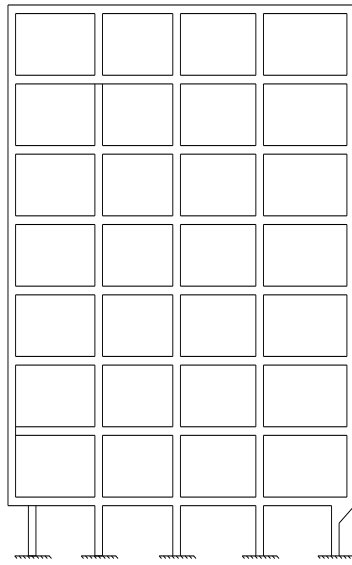
➤ B3 Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarındaki Süreksizlik Düzensizliği:

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon ve perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin alt katta kolonlara veya kirişlere oturtulması bu düzensizliği oluşturur (Şekil 2.7). Deprem etkilerinin karşılanmasında, taşıyıcı sistemde düzgün çerçeve sisteminin sağlanması, kolon ve perdelerden oluşan düşey taşıyıcı elemanların bina yüksekliği boyunca sürekli olarak devam etmesi, yapının davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yatay yük taşıyıcı elemanlardaki süreksizlik, taşıyıcı sistemde çerçeve oluşumunu önlemektedir. Bu elemanlardaki süreksizlikler, depremin düşey bileşeninden dolayı kirişlerde önemli etkiler meydana getirir. Deprem yönetmeliği bu tür düzensizliği ya yasaklamış ya da deprem yüklerini artırmıştır.

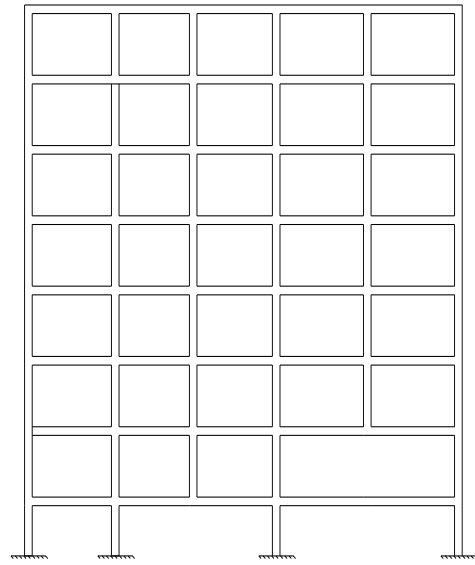
- a) Bütün deprem bölgelerinde, bir kolonun binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alt kattaki kolonlarla oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 2.7a).
- b) Bir kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarında birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün

kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler %50 oranında artırılacaktır (Şekil 2.7b).

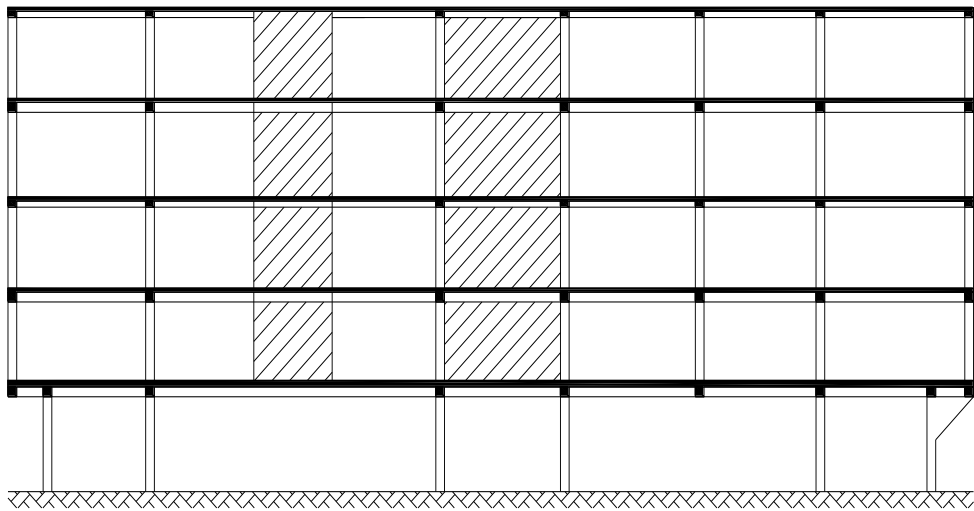
- c) Bir perdenin iki ucundan alt kattaki kolonlara oturması durumunda, bu kolonlarda düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan iç kuvvetler %50 artırılacaktır. Perdeye mesnetlik yapan kolonların sarılma bölgesindeki enine donatı bütün kolon yüksekliğince devam ettirilir.
- d) Bir perdenin alt kattaki kirişin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına binanın hiçbir katında izin verilmez (Şekil2.7c).



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.7 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarındaki süreksizlik düzensizliği

2.2.2 Eurocode – 8 'de Yapısal Düzensizlikler

Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar da uyulması gerekli kurallar Eurocode 8'de verilmiştir. Bu yönetmelik ülkemizde kullanılan ABYYHY ile paralellik teşkil etmektedir. Bu yönetmeliğe göre sismik tehlike bakımından durum, yapı tasarımının ilk değerlendirme aşaması dahilinde ele alınır.

Taşıyıcı sistemin plandaki ve düşey kesitteki durumu incelenerek düzensizlik durumuna karar verilir.

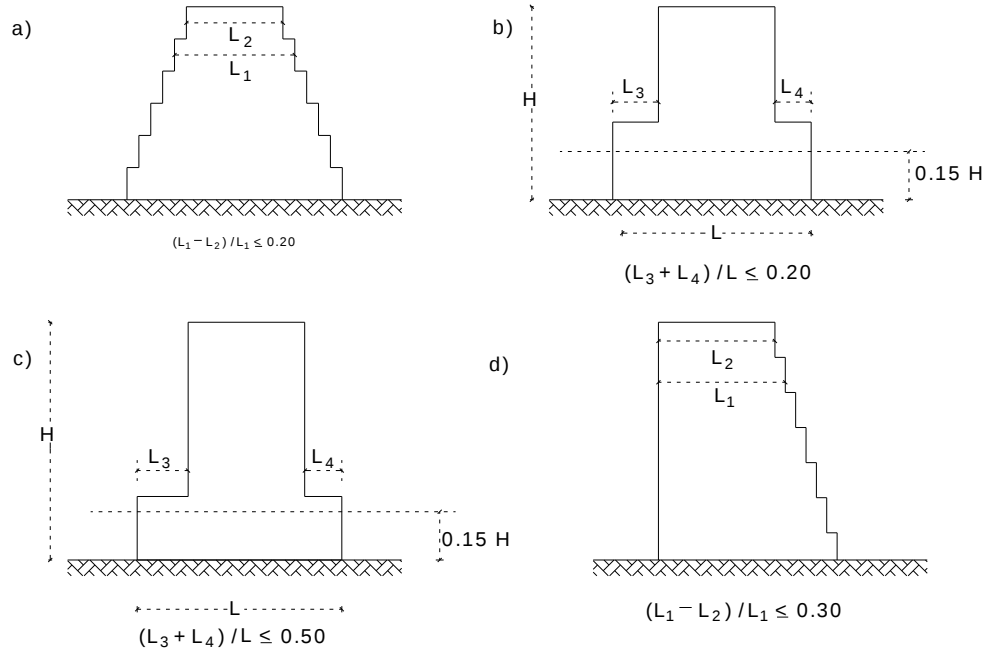
2.2.2.1 Planda Düzensizlik

- Taşıyıcı Sistem Düzensizliği: Taşıyıcı sistem planında, kütle ve rijitlik dağılımının yaklaşık olarak simetrik bulunduğu kabul edilebileceği iki dik eksen takımı mevcut değildir.
- Planda Girinti ve Çıkıntı Düzensizliği: Bina planda toplu bir durumda olmayıp, H, I ve T gibi şekillere sahiptir. Plandaki her iki doğrultudaki çıkıntılar veya girintiler ilgili dış boyutun %25' ini geçmektedir.
- Döşeme Süreksizlik Düzensizliği: Döşemenin düzlem içi rijitliği yeterli derecede büyük olmayıp, kat kesme kuvvetinin kolon ve perdelerle dağılımında, döşemenin düzlem içi şekil değiştirmelerinin etkisi ihmal edilmeyecek düzeydedir.
- Burulma Düzensizliği: %5' lik dışmerkezlikle etkiyen deprem kuvveti etkisinde her katta en büyük rölatif kat yer değiştirmesine oranı 1.20' den büyüktür [4].

2.2.2.2 Düşeyde Düzensizlik

- Süreksizlik Düzensizliği: Yatay yük taşıyan düşey elemanların, binada yapılan geri çekilmeler dışında da, temelden üst kata kadar devam etmediği durumlardır.
- Rijitlik Düzensizliği: Binada temelden yukarı doğru kat yanal rijitliğinin ve kütlelerinin ani bir değişiklik gösterdiği veya azalmamakta olduğu durumdur.
- Dayanım Düzensizliği: Çerçevesiz binalarda, mevcut kat dayanımının hesabın gerektirdiği kat dayanımına oranı, alt ve üst komşu katlara göre çok fark etmektedir.

- **Geri Çekme Düzensizliği:** Binada eksenel simetriyi koruyan geri çekmeler %20' den daha büyük bir oranla ortaya çıktığı durumlardır. Eksenel simetriyi korumayan geri çekmeler %10' dan daha büyük oranda ortaya çıkmakta veya toplam geriye çekme %30' dan fazladır. Tek bir geri çekme tabandan itibaren bina yüksekliğinin %15' inin daha altında (üstünde) ve geri çekme %50 (%20)' den fazladır (Şekil 2.8), [4].



Şekil 2.8 Geri çekme düzensizliği için kriterler

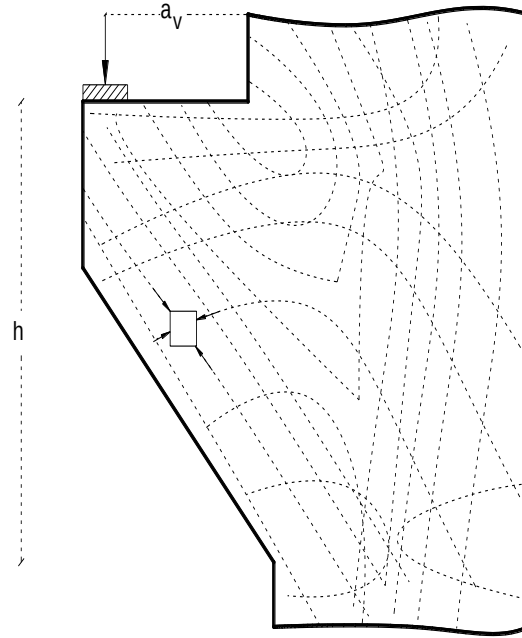
2.3 Kısa Konsollar ve Konsollu Binalar

2.3.1 Kısa Konsolların Tanımı ve Davranışları

Yüklemeye noktasından mesnet yüzüne olan uzaklığının kesit faydalı yüksekliğinden daha küçük ($a_v/d < 1$) olan konsol elemanlara kısa konsol denilir. Kısa konsol davranışı bilinen kiriş davranışı kabullerinden farklılık gösterir. Düşey kesit üzerinde belirtilen asal gerilme hatlarından, konsol davranışı daha açık olarak anlaşılabilir (Şekil 2.9). Etkiyen yükün artmasıyla asal çekme yörüngelerine dik çatlaklar oluşur. Donatıların asal çekme yörüngeleri boyunca teşkil edilmesiyle etkili donatı düzeni elde edilir. Kısa konsolda meydana gelen asal gerilme yörüngelerinin incelenmesi sonunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

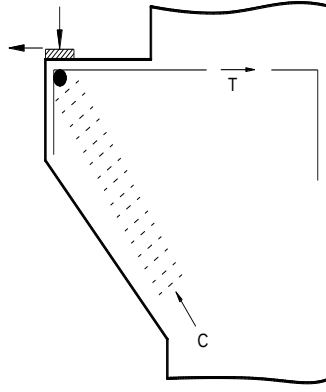
- Yükleme noktası ile kolonun kenarı arasındaki çekme gerilmesi ve bunların bileşkesi hemen hemen sabit bir değişim göstermektedir.

- Konsolun alt ucunda eğimli olarak kafes sistem benzeşimine uygun olarak oluşan basınç kuvveti sabit kabul edilir.
- Basınç kuvvetinin doğrultu değiştirmesinden oluşan çekme gerilmeleri oldukça küçüktür. Bir başka ifadeyle, çekme kuvveti, beton gövdede oluşan basınç kuvveti eğimine bağlıdır ve eğilmenin önemli olmaması nedeniyle çekme gerilmeleri hemen hemen sabittir.
- Kısa konsolun dikdörtgen şeklinde olması, gerilme durumunda hemen hiç değişiklik yapmaz. Dikdörtgen kesit durumunda kısa konsolun dış-alt kısmında çok küçük gerilmeler meydana gelir [3].

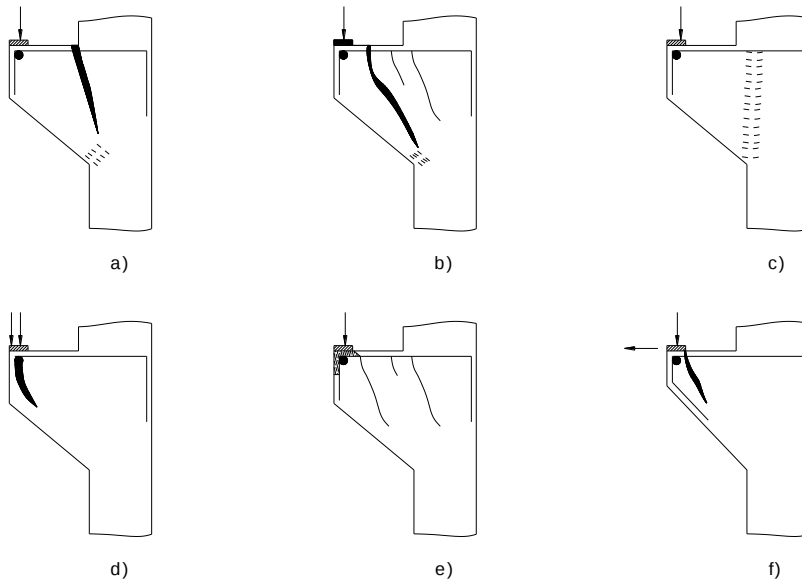


Şekil 2.9 Kısa konsolda asal gerilme hatları.

Konsol kirişin boyutlamasında, çatlama durumundan hareketle bir düzen oluşturulur. Bu düzende, donatı çekme kuvveti ve beton basınç kuvveti esas alınır. Buna göre üstte çekme donatısı yerleştirilerek kafes sistem oluşumu sağlanır (Şekil 2.10). Böylelikle konsol yükü eğimli beton basınç çubuğu ve çekme kuvveti yatay donatı ile karşılanır. Bu düzende donatılmış konsollar üzerinde yapılmış deneylerde, konsolun geometrik boyutlarına ve donatısına göre değişik göçme durumları gözlenmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.10 Kısa konsolda kafes kiriş benzeşimi



Şekil 2.11 Kısa konsolda göçme biçimleri

- Yatay çekme donatısının akması ve donatıda büyük uzamanın meydana gelmesi kolon yüzünde eğilme türünden çatlağın oluşup açılmasına neden olur. Bu sırada beton basınç çubuğunda da ezilerek göçme ortaya çıkar.
- Gövdede meydana gelen çekme gerilmeleri eğik çatlakların oluşmasına neden olur. Beton basınç çubuğu ezilerek göçme ortaya çıkar.
- Kolon yüzündeki kayma gerilmeleri eğik çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlakların birleşmesiyle kısa konsol kolon yüzünden ayrılarak göçme ortaya çıkar.
- Dış yükün konsolun dış kenarına yakın uygulanması durumunda, konsolun dış ucunda meydana gelen kopma ile göçme oluşur.

- e) Dış yükün altındaki plağın çok küçük olması alt kısmında betonun ezilmesine sebep olur. Yerel göçme ile yük taşıma durumu sona erer.
- f) Üst donatı ucunda yeterli kenetlenme boyunun bulunmaması, çekme kuvvetinin oluşmamasına ve konsolun ön kısmının ayrılmasıyla göçmeye neden olur.

2.3.1.1 Kısa Konsollarda Boyutlandırma

Kısa konsollarda asal gerilmelerin yönü konsol eksenine doğrultusuna yakın olduğundan, bu tür elemanlarda en etkili donatı, kiriş eksenine paralel çeşitli seviyelerde tertiplenecek çubuklardan oluşur. Bu donatıyı, yükün uygulandığı bölgede gerekli kenetlenme boyu sorunu için firkete biçiminde düzenlemek uygundur.

Yükün konsola saplanan bir kirişle aktarıldığı durumlarda, konsol alt yüzüne etkiyen bu yükün yukarı taşınması gerekmektedir. Bunun için askı donatısı kullanılması yerinde olur.

Kısa konsollara birleşen kirişlerde meydana gelecek sünme, büzülme ve sıcaklık değişimi nedeniyle yatay kuvvetler meydana gelebilir. Oluşacak bu kuvvetlerin de boyutlandırmada göz önüne alınması önemlidir. Bu amaca yönelik yatay konsol donatısını ilgili kuvveti taşıyacak şekilde arttırmak ve donatının mesnet teşkil eden kolon içine kenetlenmesini sağlamak gerekli olacaktır.

Donatıların konsol ucunda ve kolon içinde kenetlenmesinin sağlanması önemlidir. Donatı çapı küçükse, yatayda firkete yapılabilir. Konsol ucunda donatının büküldüğü yerde, bu donatıya dik bir çubuk teşkil etmek yeterli olur. Donatı çapı büyükse, mekanik kenetlenme ve kaynak kullanılarak düzenleme yapılabilir [3].

Düşey deprem etkisi için konsolda ilave konsol kesme kuvvetinin hesaplanması yerinde olacaktır.

2.3.2 Konsollu Binalar

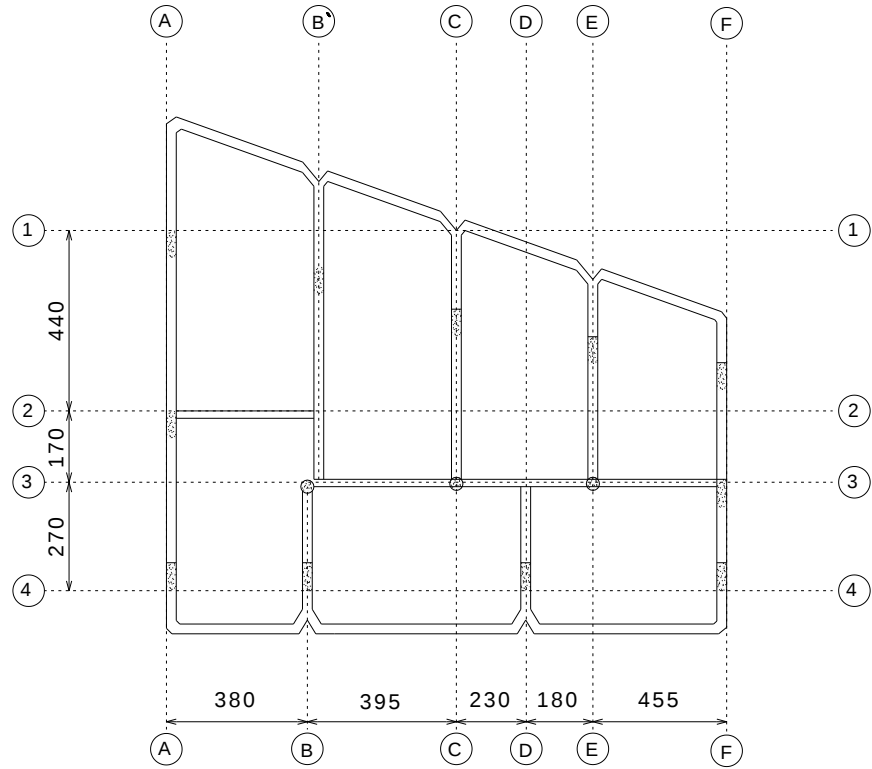
Bir birleşim bölgesinde birleşen kiriş ve kolonların davranışlarından, yatay yük altındaki çerçevenin güç tükenmesi biçimi elde edilir. Çerçeve sistemde yatay yük altında en çok zorlanan kesitler birleşim bölgesindeki kiriş ve kolonlardır. Bu

nedenden dolayı kolonların kirişlerle birleşerek katlar arasında sürekliliğinin sağlanması, çerçeve sistemlerinin oluşturulmasında etkili olmaktadır.

2.3.2.1 Konsollu Binaların Yapım Şekilleri ve Örnekler

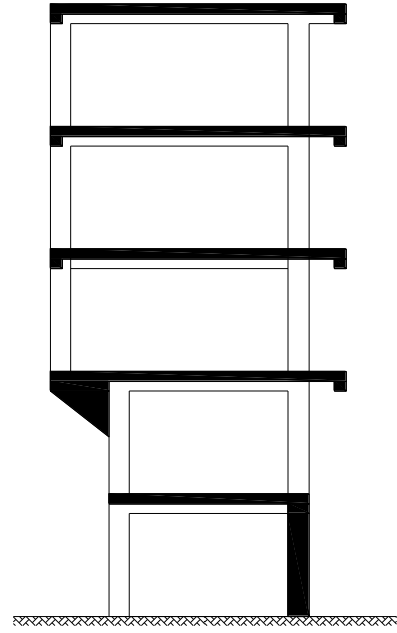
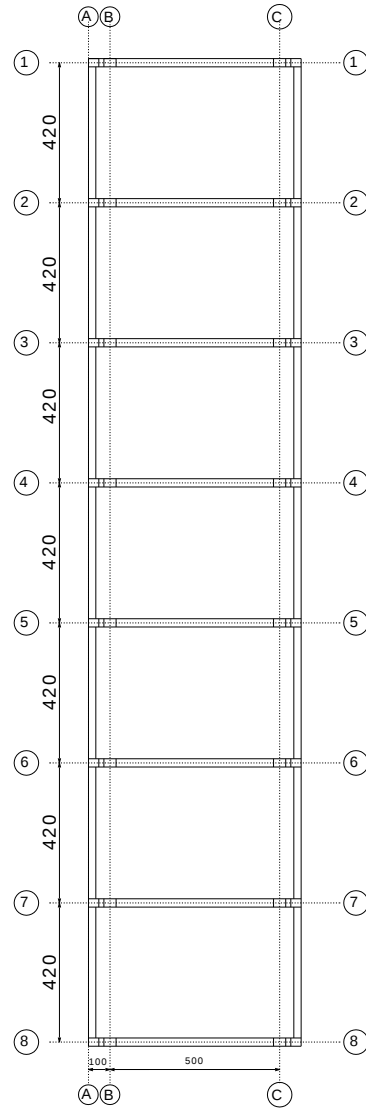
Türkiye’de mevcut yapılar arasında konsollu binalar önemli bir orana sahiptir. Genellikle uygulanan iki tip konsollu yapı tarzı vardır. Bunlardan birincisinde yapılan çıkma nedeniyle çevre kolonlar kirişlere bağlanmamaktadır. Kirişler yapı çevresinde dirseklerin ucunda yer almaktadır. Bu durumsa, yani kolon ve kirişlerin birleşmemiş olması, deprem etkilerini karşılayacak ve yük aktarımını sağlayacak çerçevelerin oluşmaması demektir. İkinci tip konsollu yapılarda ise, yapı çevresindeki kolonların eksenlerinin zemin ve 1. normal kat arasında birleşmemesinden dolayı oluşan düşeyde düzensizlik durumudur. Bu durumda birinci kat kolonları zemin kat kolonlarında oluşturulan guselere oturtulmuştur ve bu duruma da ABYYHY (1997)’te de izin verilmemektedir. İmar planlamasında, plandaki yapı alanı, binanın kat adedi değişik parametrelere bağlı olarak belirlenir. Bunlardan birkaçı, parsel alanı, bölgenin depremselliği ve zemin koşullarından oluşmaktadır. Ülkemizde daha büyük kullanım alanı elde etmek için, zemin kat üzerine mimari konsollar ayarlanarak birinci kattan itibaren çıkmaların yapılması alışlagelmiş bir durumdur. Bu çıkıntılar ya çevre kirişlerinin konsollar üzerine taşınmasıyla ya da çevre kolonlarının guseler üzerine oturtulmasıyla yapılmaktadır. Birinci tip konsollu yapılarda konsollarda bulunan kirişlerin üzerlerine duvarlar yapılmaktadır. Yapılan incelemelerde düşey yüklerde ve deprem anında, bu duvarlarda ciddi hasarlar oluşabileceği ve hatta yıkılarak yaralanmalara sebep olduğu gözlenmiştir.

1999 Kocaeli Depreminde göçen bir binanın birinci kat planı gösterilmiştir (Şekil 2.12). Plandan da görüldüğü gibi, y doğrultusunda dört çerçeve (aks A-G) ve x doğrultusunda ise sadece bir düzenli çerçeve mevcuttur (aks-3). Konsollar mevcut olmasaydı 1 ve 4 akslarında da düzgün çerçeve oluşumu sağlanmış olacaktı. Kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki önemli dışmerkezliliklerden dolayı, büyük burulma etkilerinin meydana gelmesi kaçınılmaz bir durumdur. Görüldüğü gibi bu duruma ana sebep, konsollardan dolayı çerçeve sisteminin oluşmamasıdır [10].



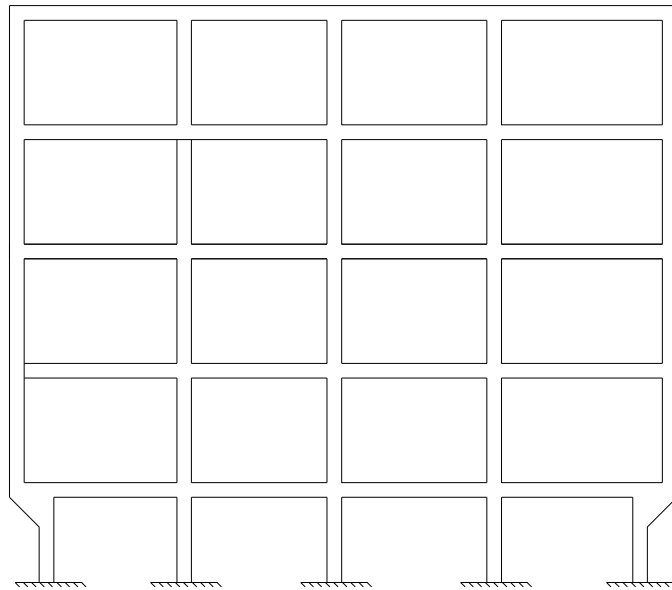
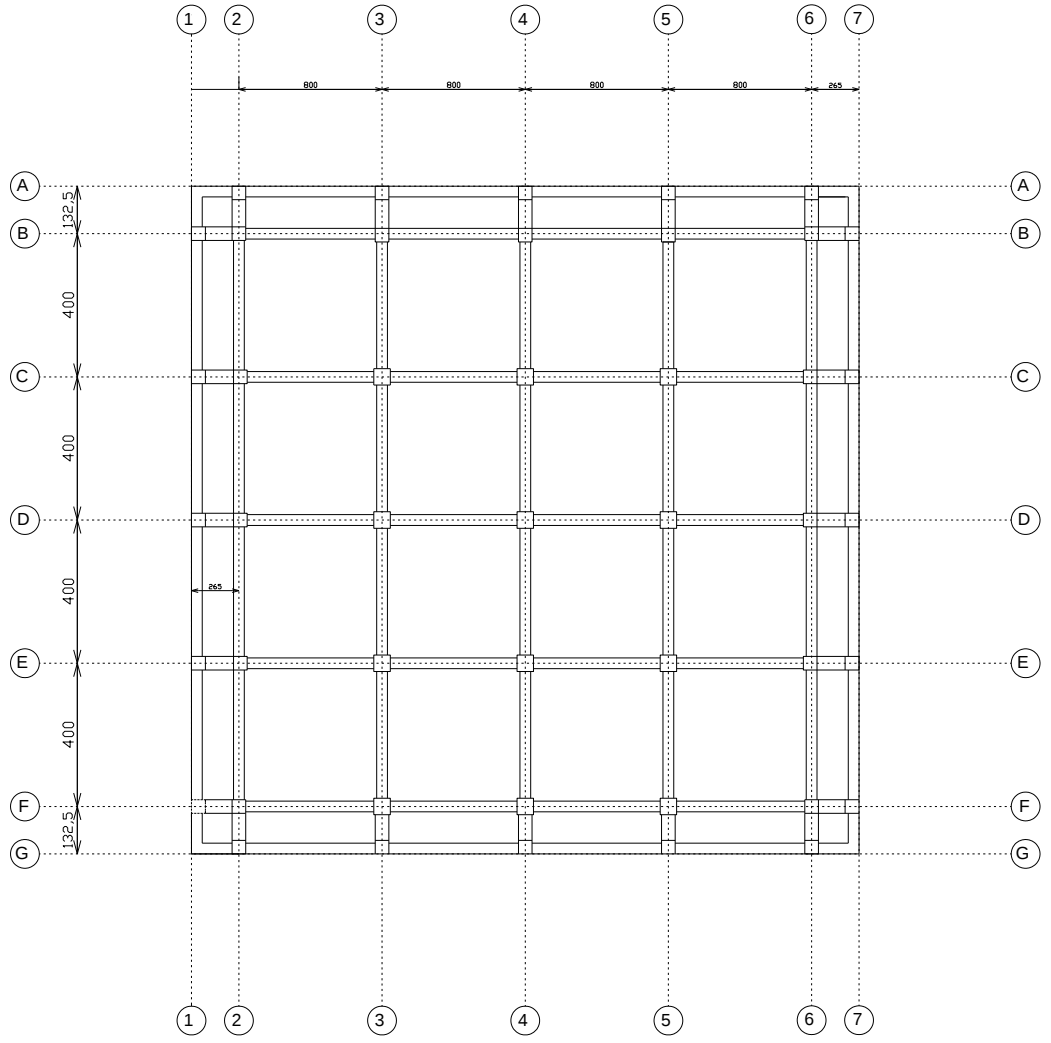
Şekil 2.12 Konsollu yapı örneği

Mimari taleplerin tasarımıyla birleşmesi sonucu, bu tarz düzenlemeler genelde yapılmaktadır. Beş katlı bir yapının plan ve kesiti örnek olarak şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.13). Çizimlerden de anlaşıldığı gibi, yapı düşeyde düzensizliğin iki türünü de içeren bir yapıdır. Dirsek kirişleri yapının sağ tarafında, guseler sol tarafında yer almaktadır. İkinci kat seviyesinden sonra yapıda her iki doğrultuda da düzenli çerçeve sistemi mevcut değildir. Düzenli çerçeve sistemi, yapıda sadece birinci ve ikinci kat tavanında mevcuttur. Bu yapının yatay yükler altında davranışının ve göçme modunun tahmin edilmesi kolay olmayan bir durumdur.



Şekil 2.13 Düşeyde düzensiz yapı örneği

Düşeyde düzensiz beş katlı, bir başka bina örneği şekilde gösterilmiştir (Şekil 2.14).



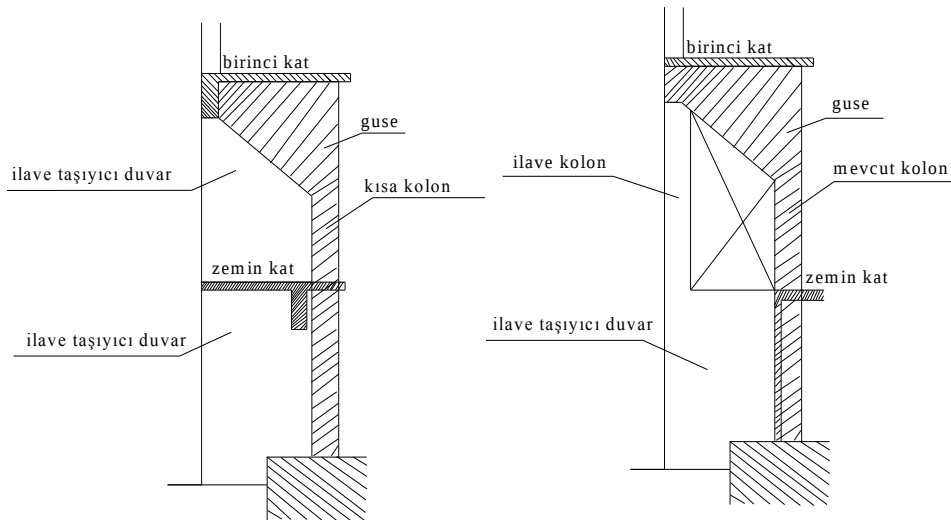
Şekil 2.14 Düşeyde düzensiz beş katlı yapı örneği

Plan ve kesitten de görüldüğü gibi çevredeki kolon eksenleri zemin ve birinci kat arasında çakışmamaktadır. Bu kolonlar guselerle birleşmektedir ve zemin kattaki kolonlar bina yüksekliği boyunca sürekli değildir. Bu durum yapıyı düşeyde düzensiz hale getirmiştir (Şekil 2.14).

Zemin kat rijitliğindeki ani değişim, kesme kuvveti dağılımını değiştirmektedir. Zemin ile guseler arasında kalan kısa kolonlar, burulma etkilerinden dolayı oluşan ek kesme kuvvetlerini taşımayabilir. Bu durum ise binaların hasar görmesine veya göçmelere neden olabilir [10,11].

Düşeyde düzensizliğe sahip mevcut yapıların iyileştirilmesinde ve güçlendirilmesinde değişik alternatif düşünülebilir (Şekil 2.15). Bu yöntemlerin temel amacı düşey elemanlarda eksenel yükün doğrudan zemine iletilmesinin sağlanması olmalıdır. Bir yöntem olarak, guselerin ucuna yeni bir kolon veya guseleri içlerine alacak şekilde ilave bir perde duvar inşası düşünülebilir. Yapının kullanım amacına, hasar durumuna ve konumuna göre uygun yöntem geliştirilebilir.

Konsollu yapıların tasarımında depremin düşey bileşeninin de dikkate alınması daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır. Düşeyde düzensiz binalar, düzenli binalarla karşılaştırıldığında, düşey deprem hareketinin daha yüksek modları hareketi geçirmekte olduğunu yapılan sayısal çalışmalar sonucunda görülmüştür [11].



Şekil 2.15 Guseli yapılarda güçlendirme örneği

3. PERFORMANSA DAYALI TASARIM KAVRAMI

3.1 Giriş

Performansa dayalı yapısal değerlendirme kavramı deprem mühendisliğinde yeni gelişen bir kavram olup, mevcut yapıların deprem güvenliklerinin daha gerçekçi olarak belirlenmesi için geliştirilmektedir. Ancak daha sonra bu yöntemin yeni yapıların tasarımında da kullanılabileceği anlaşılmıştır. Performansa dayalı tasarım klasik tasarım kavramının genişletilmişisi olarak düşünülebilir. Deprem hareketine karşı yapılan hesaplamalarda kullanılan yöntemlerin birçoğunda hesap kolaylığı için elastik davranış kabulü yapılmaktadır. Buna karşılık yapı sistemi gerçekte elastik ötesi davranmaktadır. Elastik davranış kabulü ile yapılan hesaplamalar sonucu bulunan değerler belirli kabuller ve katsayılarla indirgenerek elastik ötesi davranışa uygunluk amaçlanmaktadır. Performans kavramının ortaya çıkmasıyla özellikle mevcut yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi için kolaylık sağlanmakta ve gerçeğe daha yakın bilgiler elde edilmektedir. Deprem mühendisliğinde performansa dayalı tasarım, yapıların deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans seviyesinin ortaya çıkmasını amaçlamaktadır.

Belirli bir deprem hareketi altında, bina için öngörülen yapısal performans, performans hedefi olarak tanımlanır. Yapısal performans, bir yapıyı oluşturan taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanların performans seviyeleri ile tanımlanır. Bir performans hedefi birçok seviyeyi kapsayan yer hareketi için hasar durumlarının göz önünde bulundurulmasını kapsayabilir. Bu durum çok seviyeli performans hedefi olarak adlandırılır.

Bir yapı için performans hedefi seçildikten sonra analizde kullanılacak sismik talep, yapının yapısal ve yapısal olmayan sisteminin değerlendirilmesi ve tasarım için kullanılacak performans seviyelerinin sınır değerlerini ifade eden kabul kriterleri tanımlanabilir. Performans seviyesine göre yapılan hesaplama yönteminde geçerli bir sonuç elde etmek için yapısal özelliklerin ve zemin davranışının iyi tanımlanmış olması gerekmektedir.

3.2 Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri verilen bir yapı için, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarların can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir. Yapısal ve yapısal olmayan sistemlerin hedef performans seviyeleri ayrı ayrı tanımlanır. En yaygın olarak kullanılan performans seviyeleri Tablo 3.1’de verilmiştir [14].

Tablo 3.1 Bina performans seviyeleri (yapısal ve yapısal olmayan performans seviyeleri)

Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	Yapısal Performans Seviyeleri					
	S-1 Hemen Kullanım	S-2 Kontrollü Hasar Aralığı	S-3 Can Güvenliği	S-4 Sınırlı Güvenlik Aralığı	S-5 Yapısal Stabilite	S-6 Hasarın Göz Önüne Alınmadığı Durum
N-A Kullanıma Devam	1-A Kullanıma Hemen Devam	2-A	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez
N-B Hemen Kullanım	1-B Hemen Kullanım	2-B	3-B	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez
N-C Can Güvenliği	1-C	2-C	3-C Can Güvenliği	4-C	5-C	6-C
N-D Azaltılmış Hasar	Tavsiye Edilmez	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
Hasarın Göz Önüne Alınmadığı Durum	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	3-E	4-E	5-E Yapısal Stabilite	Uygulanamaz

3.2.1 Yapısal Performans Seviyeleri

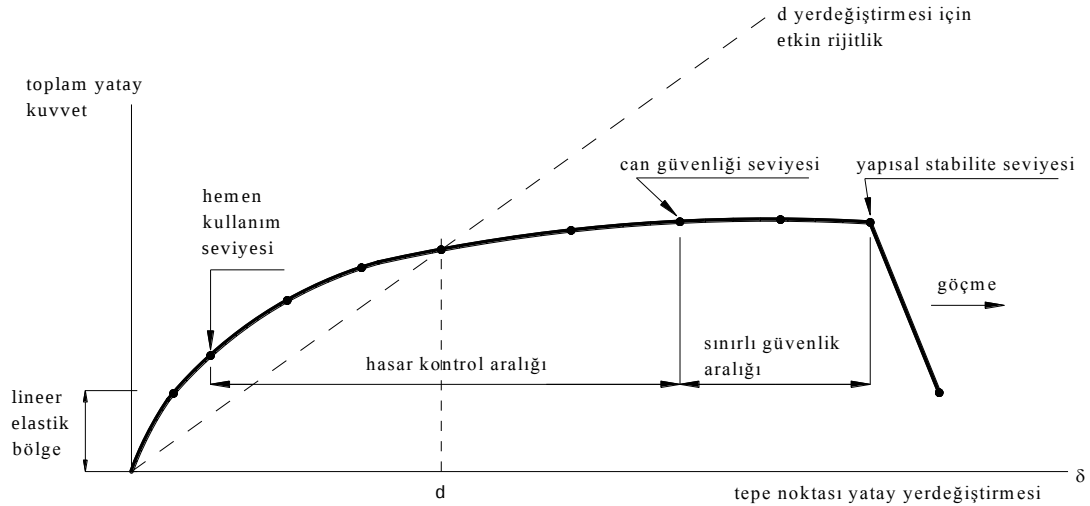
Taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve bu hasarla ilgili olarak binanın kullanımına bağlı olarak yapısal performans seviyeleri ve aralıkları aşağıdaki gibi tanımlanabilir [14].

- SP-1 Hemen Kullanım Performans Seviyesi: Depremden sonra çok sınırlı hasar meydana gelmiştir. Taşıyıcı sistemin depremden önceki bütün taşıyıcılık özelliği, dayanım özellikleri, karakteristikleri ve kapasitesi hemen hemen devam etmektedir. Yapısal hasarlardan dolayı oluşan can güvenliği riski yoktur. Bina depremden sonra sınırsız kullanıma açıktır.
- SP-2 Hasar Kontrolü Performans Aralığı: Bu seviye net ve açık bir seviye olmayıp deprem sonrası hasar durumu için bir aralıktır. Bu durum SP-1 ve SP-3 seviyeleri arasında kalmaktadır. Bu aralık can güvenliğinin korunmasının ötesine giderek hasarın da belirli ölçüde sınırlandırılmasına karşılık gelir. Deprem yönetmeliklerinde yeni binalar için 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olarak tanımlanan deprem etkisinde öngörülen performans seviyesi bu aralığa denk gelmektedir. Tarihi ve mimari açıdan değerli yapıların korunması için bu performans aralığı kullanılır.
- SP-3 Can Güvenliği Performans Seviyesi: Deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın yerel veya toptan göçmesi söz konusu değildir. Binada bu duruma ulaşmayı önleyecek ek bir kapasite kalmıştır. Yaralanmaların muhtemel olmasına rağmen, can güvenliği tehlikesi bulunmamaktadır. Bu performans seviyesindeki yapıların onarılması veya güçlendirilmesi mümkün fakat yüksek bir maliyet gerektirmektedir.
- SP-4 Sınırlı Güvenlik Performans Aralığı: Bu durum SP-3 ve SP-5 seviyeleri arasındaki bir aralıktır. Bir binanın güçlendirilmesinde tam bir can güvenliğinin sağlanmaması durumunda göz önünde alınabilir. Bu seviyede güçlendirme tüm yapısal elemanlar için gerekmeyecek fakat can güvenliği seviyesinin üstünde, toptan göçmenin altında bir güçlendirme yapılabilir.
- SP-5 Yapısal Stabilitate Performans Seviyesi: Yapının taşıyıcı sisteminin güç tükenmesi sınırında bulunması duruma karşı gelir. Yatay kuvveti karşılayan sistemde önemli hasarlar oluşmuş olup, yanal rijitlik ve dayanımda azalmalar başlamıştır. Buna rağmen düşey yük karşılamaya devam edilmektedir. Yapı stabilitesinin bir kısmını korumasına rağmen deprem sonrası artçı şoklar sebebiyle her an yıkılma tehlikesiyle karşı karşıyadır. Önemli bir güçlendirme müdahalesinin gerektiği bu tür yapıda genellikle güçlendirme teknik ve ekonomik olarak kabul edilebilir değildir. Bu tür seviyenin yeni binaların

tasarımında maksimum deprem etkisi altında sağlanması tavsiye edilir. Daha düşük bir deprem etkisinde bu seviyenin göz önüne alınması güç tükenmesinin yüksek olasılıkla bulunmasına karşı gelir ki, kabul edilmesi uygun değildir.

- SP-6 Yapısal Performansın Göz Önüne Alınmadığı Performans Seviyesi: Bu durum tam olarak bir seviye belirtmemektedir. Yapısal olmayan elemanların (duvar, asma tavan, yüzey kaplamaları, eşyalar vb..) sismik değerlendirmesi ve güçlendirilmesi için ifade edilen bir seviye olarak düşünülebilir [14].

Yukarıda tanımlanan performans seviyeleri ve aralıkları, kapasite eğrisi olarak tanımlanan toplam yatay kuvvet-tepe noktası yer değiştirmesi ($V-\delta$) diyagramı üzerinde şematik olarak işaretlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kapasite eğrisinde performans seviyeleri ve aralıkları

3.2.2 Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri

Binada taşıyıcı olmayan elemanlarda deprem etkisinde meydana gelecek muhtemel hasara ve kullanımına bağlı olarak performans seviyeleri tanımlanmıştır [14].

- NP-A Kullanıma Devam Performans Seviyesi: Deprem sonrasında yapısal olmayan elemanlarda kullanımı önleyen bir durum söz konusu değildir. Bütün makine ve teçhizat çalışmaktadır.
- NP-B Hemen Kullanım Performans Seviyesi: Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta hasar oluşabilir. Bazı elaman ve ekipmanın onarılması

ve/veya değiştirilmesi gerekebilir. Kullanım bakımında ortaya çıkabilecek kısıtlamalar kısa zamanda giderilerek yapı kullanılmaya devam eder.

- NP-C Can Güvenliği Performans Seviyesi: Yapısal performans seviyelerinin ortası sayılan bu seviyede, deprem sonrası taşıyıcı sistemde önemli sayılabilecek hasar olmasına karşılık, binanın yerel veya toptan göçmesi söz konusu değildir. Yaralanmaların muhtemel olmasına rağmen, can güvenliğine sebep olacak yaralanmalar azdır. Yapısal olmayan sistemler, makine ve teçhizat onarım ve yenileme olmadan çalışmayabilir. Bu seviye günümüz yönetmeliklerinin yeni binalar için öngördüğü performans seviyesinden biraz daha düşük olarak tanımlanmıştır.
- NP-D Azaltılmış Hasar Performans Seviyesi: Taşıyıcı olmayan elemanlarda, ekipman ve tesisatta ciddi hasar meydana gelebilir. Ancak, dış cephe kaplamalarının dökülmesi, asma tavanların düşmesi gibi insanların gruplar halinde yaralanmalarına neden olabilecek hasar oluşmaz.
- NP-E Yapısal Olmayan Performansın Göz Önüne Alınmadığı Durum: Bazı hallerde yapının davranışını ve kullanımını etkilemeyen bazı ikincil elemanlar için performansın dikkate alınmasına gerek olmayabilir.

3.2.3 Bina Performans Seviyeleri

Binanın performans seviyesi, taşıyıcı sistemin durumunu gösteren yapısal performans seviyesi ile taşıyıcı olmayan elemanların durumunu gösteren yapısal olmayan performans seviyesi tanımlarının birleştirilmesiyle tanımlanır. Aşağıda bu performans seviyelerinin olası kombinezonları yer almaktadır. Boş bırakılan kombinezonlar, kullanılması önerilmeyen performans seviyelerini göstermektedir.

Tablo 3.2 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	-	-	-
N-B	1-B	2-B	3-B	-	-
N-C	1-C	2-C	3-C	4-C	5-C
N-D	-	2-D	3-D	4-D	5-D
N-E	-	-	3-E	4-E	5-E

Tabloda verilen performans kombinezonlarının başlıcaları aşağıda sıralanmıştır. Bir binaya ait performans hedefinin belirlenmesinde, çok kere bu performans birleşimlerinden biri esas alınmaktadır.

- 1-A Kullanıma Devam Performans Seviyesi (SP-1 +NP-A): Binanın yapısal olan ve olmayan elemanlarının hasarı kullanıma devamı etkilemeyecek seviyededir.
- 1-B Hemen Kullanım Performans Seviyesi (SP-1 + NP-B): Bu önemli yapılar için öngörülen bir seviyedir. Oldukça az yapısal hasar vardır. Yapısal olmayan elemanlar güvenlidir ve genellikle çalışabilir durumdadır. Binada bulunan eşyalarda hasar olabilir.
- 3-C Can Güvenliği Performans Seviyesi (SP-3 + NP-C): Yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda belirli ölçülerde hasar mevcuttur. Yapı deprem öncesi dayanım ve rijitliğinin bir bölümünü kaybetmiş durumdadır. Ancak yapısal olan ve olmayan elemanların can güvenliğini tehdit etmesi söz konusu değildir. Yapıda onarım yapılır.
- 5-E Yapısal Stabilitate Performans Seviyesi (SP-5 + NP-E): Yapı taşıyıcı sistemi ancak düşey yükler altında stabilitesini korumaktadır. Binanın artçı depremlere karşı dayanımı kalmamıştır ve kullanılmaması gerekir.
- 3-D Bina Performans Seviyesi: taşıyıcı elemanlarda can güvenliği ve taşıyıcı olmayan elemanlarda azaltılmış hasar seviyelerinin birleşimidir. Yönetmeliklerde bulunan 50 yıl %10 olasılık deprem tanımını alarak yapılan ve deprem kuvvetlerinin %75' ini alarak yapılan güçlendirme müdahalesinin böyle bir performans seviyesi sağladığı kabul edilir.
- 3-B Bina Performans Seviyesi: Bu seviyede taşıyıcı elemanlardaki hasar binanın kullanımına engel olmamaktadır. Bu tür performans seviyesi bütün bir bina için öngörülmesi yerine binanın kontrol merkezi gibi belirli hacimleri göz önüne alınabilir [14].

3.3 Deprem Hareketi

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmede göz önüne alınmak üzere farklı düzeyde deprem hareketleri tanımlanmıştır. Çeşitli deprem etkileri seçilebileceği gibi, yaygın olarak kullanılan deprem etkileri aşağıda açıklanmıştır.

- Kullanım Depremi: 50 yıllık zaman diliminde aşılma olasılığı %50 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 75 yıl olan bu depremin binanın ömrü boyunca ortaya çıkması olasıdır.
- Tasarım Depremi: 50 yıllık zaman diliminde aşılma olasılığı %10 olan yer hareketidir. Yaklaşık dönüş periyodu 500 yıldır. 1998 Türk deprem yönetmeliğinde de esas alınan bu depremdir. Bu depremin yapının ömrü boyunca ortaya çıkması sık olmayan bir durumdur.
- Maksimum Deprem: 50 yıllık zaman diliminde meydana gelme olasılığı %2 olan yer hareketidir. Belirli bir bölgede, jeolojik veriler çerçevesinde, meydana gelebilecek en büyük deprem hareketidir. Dönüş periyodu yaklaşık 2500 yıl olan bu deprem tasarım depreminin yaklaşık 1.25~1.5 katı kadardır. Deprem yönetmeliklerinde bina önem katsayısı arttırılarak tasarım depremi etkilerinin arttırılması ile tanımlanır [14].

Deprem etkisinin seviyesinin belirlenmesi spektrum eğrisinin tanımlanması ile yapılır. Tanımda depremin 50 yıl içindeki aşılma olasılığı tanımından veya benzer büyüklükteki depremler arasındaki ortalama zaman aralığı tanımından hareket edilir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Göz önüne alınabilecek deprem için parametreler

Aşılma olasılığı	Esas alınan zaman aralığı	Ortalama dönüş periyodu
50%	50 yıl	72 yıl
20%	50 yıl	225 yıl
10%	50 yıl	474 yıl
2%	50 yıl	2475 yıl

3.4 Performans Amaçları

3.4.1 Performans Amaçları ve Sınıflandırılması

Depremlerle bina performans seviyeleri eşleştirilmesi sonucu çeşitli performans amaç seviyeleri oluşturulmuştur (Tablo 3.4).

Burada a, f, k, p amaçları ana binalar için e, j, o amaçları önemli binalar için i ve n amaçları ise güvenliği çok önemli binalar için kullanılmaktadır. Bir bina için tek bir performans seviyesi seçilebileceği gibi, birden fazla da seçilebilir.

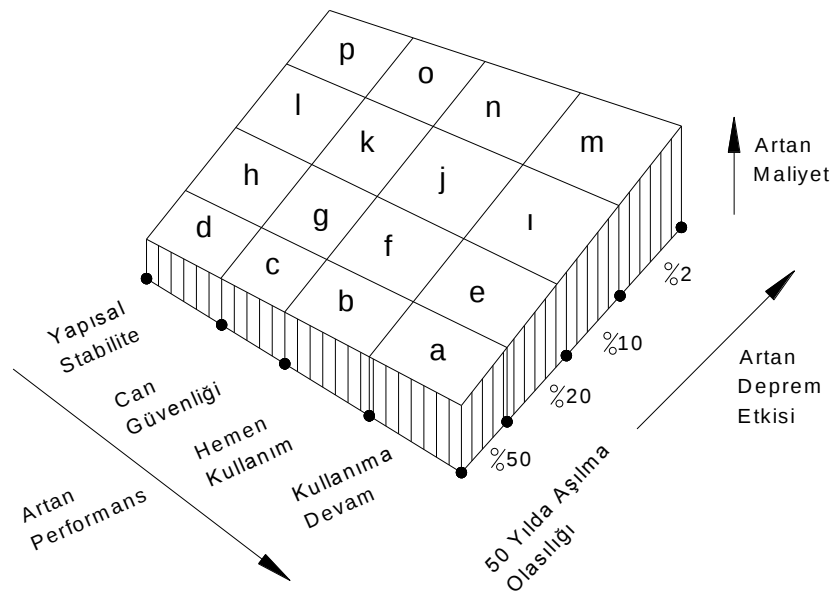
Yüksek seviyelerdeki amaçlar için, örneğin p amacı gibi, yüksek maliyetler çıkabilir. Bu noktada performans seviyeleri yerleşim alanlarında yerel yönetimler tarafından, özel mülkiyetlerde ise yapı sahibi ve mühendis tarafından belirlenmektedir. Bina performans seviyeleri ve deprem yer hareketinin kombinasyonlarının maliyetle olan ilişkisi şekilde gösterilmiştir (Şekil 3.2), [14].

Tablo 3.4 Performans amaçları sınıflandırılması

	Bina performans seviyesi			
Deprem Etki Seviyesi	Kullanıma devam performans seviyesi 1-A	Hemen kullanım performans seviyesi 1-B	Can güvenliği performans seviyesi 3-C	Yapısal stabilite performans seviyesi 5-E
% 50 / 50 yıl Kullanma depremi	a	b	c	d
% 20 / 50 yıl	e	f	g	h
TGD-1 ~%10 / 50 yıl Tasarım depremi	i	j	k	l
TFD-2 ~%2 / 50 yıl Maksimum deprem	m	n	o	p

Tablo 3.5 Çok seviyeli performans amaçları

Deprem yer hareketi seviyesi	Bina performans seviyesi		
	Kullanıma devam	Hemen kullanım	Can güvenliği
Servis depremi	X		
Tasarım depremi		X	
Maksimum deprem			X



Şekil 3.2 Bina performans seviyeleri ile maliyet arasındaki ilişki

Karşılanmak istenen depremin büyüklüğü ve istenilen performansın artması sonucunda maliyet yükselmektedir. Bu nedenle incelenen yapıya uygun performans seviyesinin dikkatli belirlenmesinde fayda vardır.

Sismik performans amacı, büyüklüğü verilen bir deprem hareketi için tahmin edilen bina performansının seçilmesi ile saptanır. Çok seviyeli performans amacı ise iki veya daha fazla performans ve depremin seçimi ile belirlenir. Örnek olarak analizde servis depremine karşı kullanıma devam, tasarım depremine karşı ise can güvenliği seviyesine ulaşması amaçlanabilir (Tablo 3.5).

Aşağıdaki tabloda görüldüğü gibi can güvenliği-tasarım depremi ile yapısal stabilite-maksimum deprem seviyelerinin birlikte düşünüldüğü çoklu performans ana güvenlik amacıdır (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Temel güvenlik performans amacı

Deprem yer hareketi seviyesi	Bina performans seviyesi			
	Kullanıma devam	Hemen kullanım	Can güvenliği	Yapısal stabilite
Servis depremi				
Tasarım depremi			X	
Maksimum deprem				X

Yapı performans seviyeleri ile deprem çeşitlerinin farklı kombinasyonları sonucu çeşitli performans amaçları elde edilebilir. Tablo 3.7’ de normal binalar için örnek performans seviyeleri belirtilmiştir. Tablo 3.8’ de de performans amaçlarının ekonomiklik durumları gösterilmiştir.

Tablo 3.7 Normal binalar için örnek performans seviyeleri

Sismik Tehlike	Yeni Binalar	Güncel Güçlendirmeler	Yüksek Kullanım Amacı	Minimum Tasarım Süresi
Birleştirilmiş Performans Seviyesi				
Servis Depremi				
Tasarım Depremi	2-C	3-D	3-C	1-C
Maksimum Deprem	5-E		3-D	

Tablo 3.8 Performans amaçlarının ekonomiklik durumları

Sismik Tehlike	Kısa Ömürlü Yapılar	Orta Ömürlü Yapılar	Uzun Ömürlü Yapılar
Birleştirilmiş Performans Seviyesi			
Servis Depremi	3-D		
Tasarım Depremi			5-E
Maksimum Deprem		5-E	

3.4.2 Performans Amaçlarının Karşılaştırılması

Performans seviyesinin, özel yapılar için yapı sahibi tarafından, yerleşim alanları için de yerel yönetimler tarafından belirlenmesi gerekir. Öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken yapıların performans seviyelerinin mümkün olabildiğince çabuk saptanabilmesi için bu işlemin bölgenin yerel yönetimlerince yapılması daha uygundur. Yapının durumunun önceden belirlenmesi, değerlendirme ve güçlendirme

projeleri için gerekli olan performans seviyesinin yapı sahibi ve tasarım ekibi tarafından saptanabilmesi gibi konularda sismik amaçlar yardımcı olur.

Gerek duyulduğu takdirde başlangıç performans amacı, bina sahibi ve mühendis tarafından değiştirilebilir, indirgenebilir veya yükseltilebilir. Değerlendirme ve güçlendirme tasarımında kullanılan son performans amacı, rapor ve çizimlerde açıklanarak ifade edilir.

3.5 Yapısal Kapasite

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirmenin iki ana parametresi talep ve kapasitedir. Talep yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir.

Yapısal kapasite, yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin bir birleşimi olarak tayin edilir. Lineer elastik sınırın ötesindeki kapasitenin belirlenmesi istendiğinde, genel olarak malzeme ve geometri değişimleri bakımından lineer olmayan teoriye göre sistem hesabı yapılması gerekmektedir.

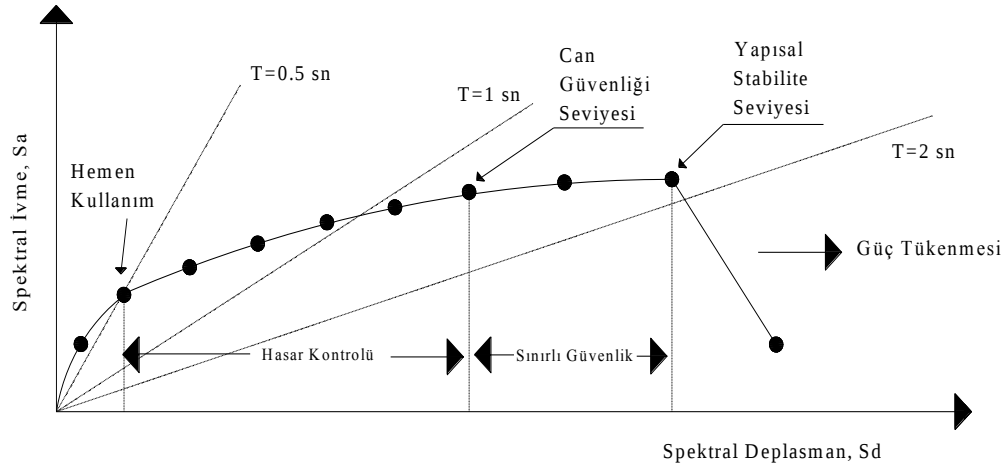
Yapısal kapasite, kapasite eğrisi ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının çatı deplasmanı arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır.

Yapısal kapasite eğrisi, genellikle yapının birinci doğal titreşim modu esas alınarak belirlenen eşdeğer statik deprem kuvvetleri altında hesap ile belirlenir. Diğer deyişle, yapının davranışında birinci doğal titreşim modunun etkin olduğu varsayılır. Bu varsayım özel periyodu $T=1.00$ s' den daha küçük olan yapılar için geçerli olabilir. Birinci doğal titreşim periyodu 1.00 s' yi aşan yapılarda, daha yüksek modların etkilerinin göz önüne alınması gerekmektedir. Diğer taraftan, burulma titreşimlerinin etkin olduğu yapı sistemlerinde, burulma titreşimi modları da hesaba katılmaktadır [13].

3.6 Performans Noktasının Belirlenmesi ve Kabul Kriterleri

3.6.1 Performans Noktasının Bulunması

Performansa dayalı tasarım yönteminde sistemin deprem etkisi altındaki davranışını en üst kat yer değiştirmesinin yatay kuvvete bağlı olarak elde edilen dolayısıyla çizilen kapasite spektrum eğrisinin temsil ettiği kabul edilir. Böyle bir eğri şekilde gösterilmiştir (Şekil 3.3).

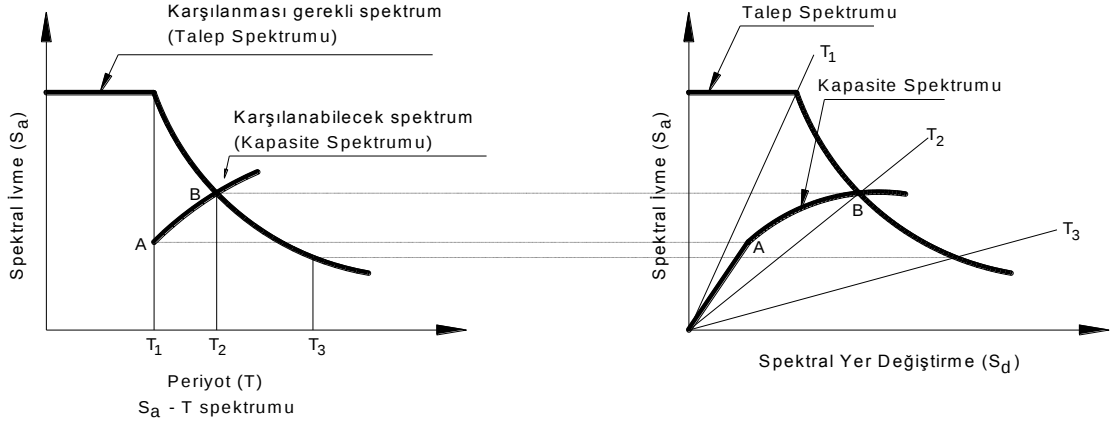


Şekil 3.3 Taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

Burada başlangıçtan geçen doğrular sabit periyoda karşı gelir ve ilerleyen yükleme durumunda rijitlik azaldıkça periyot da artar. Davranışın doğrusal durumdan ayrılması hasar ile orantılı olan plastik davranışla ortaya çıkar. Yükün artmasıyla sistemdeki plastik şekil değiştirmeler sonucu sistem yumuşar ve rijitlik azalır. Elemanlarda hasar olarak belirlenen bu tür plastik şekil değiştirmeler artarak devam eder. Taşıyıcı sistem en sonunda yapısal stabilite sınırına gelir ve güç tükenmesi ortaya çıkar. Herhangi bir yükleme adımında meydana gelen hasar ve yapıda kalan ek kapasite göz önüne alınarak, hemen kullanım, can güvenliği ve yapısal stabilite performans seviyeleri tanımlanabilir. Bunun gibi hasar kontrolü ve sınırlı güvenlik performans aralıkları oluşturulabilir [14].

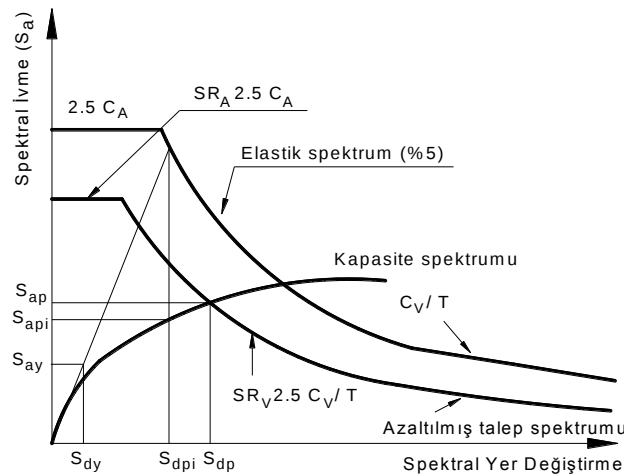
Şekil 3.4' te alışlagelen $T-S_a$ düzleminde öngörülen bir deprem için karşılanması gerekli ivme talebi ve karşılanabilecek kapasite spektrumu beraber görülmektedir. Başlangıçta yapının T_1 periyodu olduğu için kapasite spektrumu bu değerden başlamakta ve elastik davranış devam ettiği sürede A noktasına kadar artmaktadır. Plastik şekil değiştirmelerin başlamasıyla periyot artarken, karşılanabilecek ivme de artmaktadır. Sonucunda bir B noktasında performans noktası ortaya çıkmaktadır.

Benzer davranış S_d - S_a düzleminde de gösterilebilir. Burada başlangıçtan geçen doğrular sabit periyoda karşı geldiği için kapasite spektrumu başlangıçtan başlayarak elastik davranış bölgesinde sabit bir eğimle yükselmekte, hasarın ortaya çıkması ve rijitliğin azalması ile periyot büyümekte ve kapasite spektrum eğrisinin eğimi azalırken B performans noktasına erişilmektedir.



Şekil 3.4 Talep spektrumu ve kapasite spektrumu

Şekilde gösterildiği gibi talep spektrumu ve kapasite spektrumu üst üste çizilerek binanın performans noktası bulunabilir. Talep spektrumunun sönüme bağlı olarak azaltılması gereği ve kapasite spektrum eğrisinin üzerinde sönümün artarak devam etmesi işlemin iterasyon ile yapılması gerektiği ortaya çıkar. Kapasite spektrumunda sönüm, elastik davranışın sona erdiği noktanın koordinatları yanında, aranan performans noktasının koordinatlarına bağlıdır. Bu durum çözümün bir iterasyonla elde edileceğini göstermektedir. Bu işlem şekil olarak gösterilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Performans noktasının bulunması

Performans noktasının bulunmasında, sönümden dolayı talep spektrumun azaltılmasında, göz önüne alınan bölgeye bağlı olarak %5 sönümlü talep spektrum eğrisi oluşturulur. Bunun gibi, seçilen taşıyıcı sisteme ait yatay yük – yer değiştirme eğrisi çizilir ve bu eğri kapasite spektrum eğrisine çevrilir. Geriye sadece sönümün bulunması kalır. Bunun için ilk tahmin olarak bir performans noktası seçilir. Bu ilk tahmin elastik davranışa ait yer değiştirmenin ve doğrusal olmayan davranışa ait yer değiştirmelerin eşit olması kabulünden hareketle yapılabilir. Bu kabul sonucu $S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$ değerleri belirlenmiş olur. Daha sonra kapasite spektrum eğrisi iki doğru ile temsil edilir. Bu basitleştirmede, gerçek eğri değişimi ile kabul edilen iki doğrudan ibaret olan değişimin altında kalan alanların eşit olması esas alınır. Sönüme bağlı olarak spektral azaltma katsayısı hesap edilir ve azaltılan talep spektrum eğrisi çizilerek, kapasite spektrum eğrisi ile kesim noktası koordinatları S_{a_p} ve S_{d_p} bulunur. Bulunan bu değer kabul edilen $S_{a_{pi}}$ ve $S_{d_{pi}}$ değerlerinin yakınlığına göre iterasyon tekrarlanır veya sonuç kabul edilir [14].

3.6.2 Performans Noktasının Kabul Kriterleri

Binanın öngörülen performans seviyesinin koşulları sağlayıp sağlamadığı, ilgili seviye için konulan sınırların kontrol edilmesiyle belirlenir. Eğer bu sınırlar sağlanmıyorsa, performans seviyesinin değiştirilmesi veya taşıyıcı elemanların dayanımlarının ve rijitliklerinin artırılması gerekir. Bu sınırlar iki sınıfta toplanabilir.

- Bina İçin Genel Kabul Kriterleri: Binanın tümü için öngörülen kabul kriterleri olup, düşey yük kapasitesi, yatay yük kapasitesi ve katlar arası rölatif yer değiştirme sınırı, bunları teşkil eder. Binanın performans noktasındaki toplam yanal yük dayanımı, karşılayabileceği maksimum dayanımdan %20' den daha fazla azalmaması öngörülür. Bu suretle deprem etkisindeki yükleme çevirimlerin de oluşan dayanım azalması sınırlanır.
- Eleman İçin Kabul Kriterleri: Kapasite eğrisi üzerinde elde edilen performans noktasında her elemandaki gerilmeler ve şekil değiştirmelerin hesaplanarak kabul edilen performans noktasının şartlarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. Eleman için gerekli olan kabul kriterleri elemanın türüne, elemanda güç tükenmesi meydana getirecek olan etkinin türüne bağlıdır [14].

4. BASİTLEŞTİRİLMİŞ LİNEER OLMAYAN ANALİZ YÖNTEMLERİ

4.1 Giriş

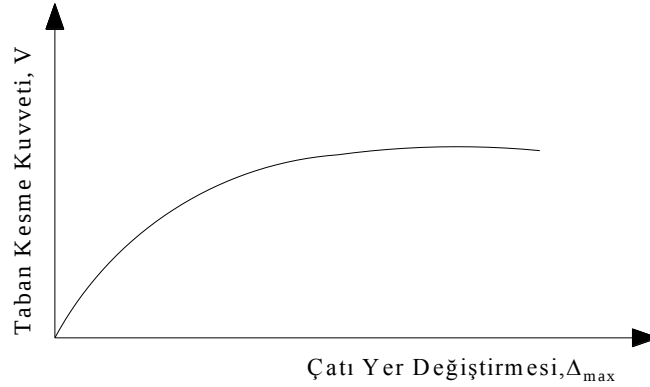
Betonarme binalarda elastik ve elastiklik olmayan analiz olmak üzere iki farklı analiz yöntemi uygulanabilir. Elastik analiz yöntemleri, statik yatay kuvvet, dinamik yatay kuvvet ve talep kapasite oranını kullanan işlemler içerir. En temel elastik analiz metodu ise karmaşık bir yapıya sahip olan zaman tanım alanı (time history) analizidir. Lineer olmayan statik analiz yöntemleri de denilen, basitleştirilmiş lineer olmayan analiz yöntemleri, kapasite spektrum yöntemini içermektedir. Bu yöntem kapasite eğrisi ve indirgenmiş talep spektrumunun kesişim noktasının bulunmasını içerir.

Yapıların deprem etkileri altındaki performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılan basitleştirilmiş lineer olmayan statik analiz yöntemleri, yapı sisteminin yatay kuvvetler altındaki davranışını temsil eden yatay kuvvet-yatay yer değiştirme ($P-\delta$) ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından lineer olmayan teoriye göre elde edilmesine ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır. Kapasite eğrisi denilen bu eğriden yararlanılarak, yapının zayıf elemanları, bunların yerleri ve olası bölgesel veya toptan göçme mekanizmaları belirlenebilmekte, ayrıca belirli bir deprem etkisi altında yapıdan beklenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği kontrol edilebilmektedir [12].

Lineer olmayan statik analiz yöntemleri ile yapı performansının değerlendirmesi genel olarak iki farklı kritere göre yapılabilmektedir. Dayanım bazlı değerlendirme adı verilen birinci tür değerlendirmede, yapıya etkitilen yatay deprem yükleri yönetmeliklerde öngörülen seviyeye ulaştığında, gerek dayanım gerekse yer değiştirme ve şekil değiştirmeler bakımından yapıdan istenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Yer değiştirme ve şekil değiştirme bazlı değerlendirmenin esas alındığı yöntemlerde ise, belirli bir yatay deprem yükü dağılımı için yapıdaki yer değiştirme istemine ulaşıldığında, yapıdan beklenen performans hedefinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir.

4.2 Kapasite Eğrisinin Belirlenmesi

Yapının kapasitesi pushover eğrisi ile temsil edilir. Bir yapının kapasitesinin bulunmasında en iyi yol, yapının taban kesme kuvveti ile çatı yer değiştirmesi arasındaki ilişkiyi gösteren eğrinin çizilmesiyle elde edilir (Şekil 4.1)



Şekil 4.1 Taban kesme kuvveti ile çatı yerdeğiştirmesi arasındaki ilişki

Statik itme analizi lineer olmayan analiz yapan bazı bilgisayar programları tarafından iterasyona gerek duyulmadan doğrudan yapılabilmektedir.

Kapasite eğrisi çizilirken, genellikle yapının birinci doğal titreşim modu esas alınarak yapılan yüklemeler sonucunda yapıda meydana gelen taban kesme kuvveti ile oluşan yatay yer değiştirme göz önünde tutulur. Bu durum genellikle 1. moda ait doğal titreşim periyodu bir saniye veya daha az olan binalar için geçerlidir. Bu türden binalarda daha yüksek modların yapıya etkileri oldukça küçük olduğu için göz ardı edilebilir. Ancak çok katlı ve daha sünek binalarda genellikle 1. modun doğal titreşim periyodu bir saniyeden daha fazladır. Yüksek modların yapıya etkisi oldukça büyüktür ve tasarımda bu etkiler de dikkate alınmak zorundadır. Kapasite hesabı yapılırken aşağıdaki yol izlenir.

1. Yapının bilgisayar modeli oluşturulur.
2. Modeldeki elemanlar derecelerine göre sınıflandırılır.
3. Kütle merkezlerine yatay yük uygulanır. Analizde aynı zamanda binanın ağırlığı da dikkate alınmalıdır. Aşağıda yatay yüklerin uygulama noktalarına göre beş farklı durum örneklenmiştir.
 - i. Genellikle tek katlı yapılara uygulanması önerilen ve yatay kuvvetin yapının tepe noktasına uygulandığı yapılar,

- ii. Yatay kuvvetin, yapının her bir katına Türk Deprem Yönetmeliği (1997)'nin öngördüğü şekilde denklem (4.1) deki formül yardımıyla, eşdeğer statik yatay yük olarak kat ağırlıkları oranında uygulandığı yapılar [6]

$$F_x = [w_x \cdot h_x / \sum w_x \cdot h_x] \cdot V_t \quad (4.1)$$

- iii. Yapının 1. mod şekline uygun olarak, kat kütlelerinin toplandığı kütle merkezlerine yatay kuvvetlerin denklem (4.2) yardımıyla hesaplanmasıyla uygulandığı yapılardır. Kapasite eğrisi 1. mod şekline göre yapılan yüklemeyle elde edilir. Ancak bu durum yapının 1. moda ait doğal titreşim periyodunun bir saniye veya daha altı olduğu değerler için geçerli olmaktadır.

$$F_x = [w_x \cdot \Phi_x / \sum w_x \cdot \Phi_x] \cdot V_t \quad (4.2)$$

- iv. Birinci mafsallara kadar iii. tip yapılardaki gibi hesaplanır. Birinci mafsallardan sonra oluşan her artım için kuvvetler değişen deforme olmuş şekle göre ayarlanmalıdır.
- v. iii. ve iv. tip yapılarla aynıdır fakat yüksek mod şekillerinin etkilerinin de göz önüne alınması gerekir. Bu etkiler yüksek moda uygulanacak statik itme analizi ile belirlenir.
4. Eleman kuvvetleri yatay ve düşey yüklerin kombinasyonlarına göre hesap edilir.
5. Bazı eleman veya eleman grupları için yatay yük eleman dayanımının %10'u olacak şekilde ayarlanır.
6. Performans kontrolü için taban kesme kuvveti ve çatı yer değiştirmeleri kaydedilir. Ayrıca eleman kuvvetleri ve dönmelerinin kaydedilmesi bu kontrolün yapılmasında yararlı olur.
7. Mafsallaşan elemanlar için, rijitlik sıfır veya küçük alınarak model tekrar kontrol edilir.
8. Başka bir elemanda veya eleman grubunda akma oluşuncaya kadar yatay yük arttırılmaya devam edilir.

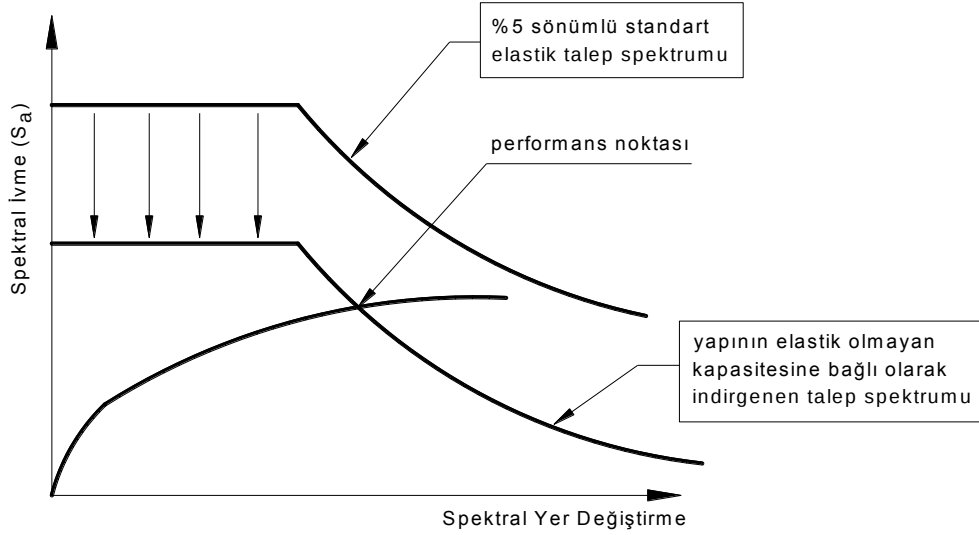
9. Taban kesme kuvvetindeki artıma nazaran çatı yer değiştirmesi oldukça sabit olsa da yatay yük arttırılmaya devam edilir.
10. Son limite ulaşıncaya kadar 7, 8, ve 9. adımlar tekrarlanır. P- Δ etkileri düzensiz bir duruma geldiğinde yapı elemanları ve eleman grupları tamamıyla göçmeye başlıyor demektir. Bu duruma gelindiğinde yapı düşey yük taşıma kapasitesini de yitirir. Bu noktaya ulaşıldığı zaman statik itme analizine son verilir.

4.3 Talep Spektrumunun Belirlenmesi

Uygun bir performans noktası belirleyebilmek için kapasite eğrisinin bulunmasıyla birlikte sismik talep de belirlenmelidir. Sismik talebin belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ATC-40'da verilen yöntem olan kapasite spektrum yöntemi kullanılmıştır. Kapasite spektrum yönteminde kapasite spektrumu üzerinde alınan bir noktanın talep eğrisi ile karşılaştırılması sonucunda bulunan nokta binanın performans noktası olarak adlandırılır. Bu noktaya karşılık gelen talep eğrisi üzerindeki yer ise talep yer değiştirmesini gösterir. Sözü edilen performans noktası, yapının sismik kapasitesini yani belirli bir deprem etkisi altında kalan yapının bu etkiye karşı gösterdiği direnci ifade eder. Bu yöntem FEMA-273'te farklı modellere ait tek serbestlik dereceli sistemlerde zaman tanım alanı (time history) analizi sonuçlarına göre yapılan istatistiksel bir analiz yöntemi olan katsayı yöntemiyle kullanılmaktadır.

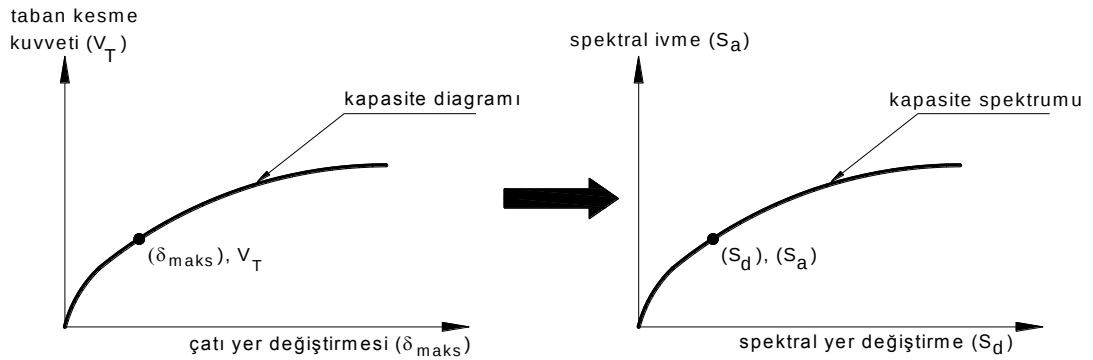
4.4 Kapasite Spektrum Yöntemi ve Talep Spektrumunun İndirgenmesi

Artan deprem yükleri altındaki bir yapıda lineer olmayan şekil değiştirmeler meydana gelir. Bu şekil değiştirmeler yapının sönümünü arttırır ve dolayısıyla deprem talebini azaltır. Bu yöntemde, yapıda meydana gelen lineer olmayan şekil değiştirmelere bağlı olarak, elastik talep spektrumu indirgenerek kapasite ve talebin eşit olduğu nokta belirlenir. Performans noktası adı verilen bu nokta ile yapının istenen performans hedefinin gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir (Şekil 4.2). Bu yöntemde üç temel büyüklüğün belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar kapasite, yer değiştirme talebi ve performans noktasıdır.



Şekil 4.2 Kapasite spektrum yöntemi ile performans noktasının belirlenmesi

Kapasite eğrisinin talep spektrumu ile karşılaştırılabilmesi için spektral formata (S_a - S_d) dönüştürülmesi gerekmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi

Talep spektrumu tek serbestlik dereceli sisteme ait olduğu için, çok serbestlik dereceli sisteme ait kapasite eğrisinin de eşdeğer tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem, birinci doğal moda ait modal kütle katsayısı (α_1) ve modal katılım çarpanı (PF_1) kullanılarak aşağıdaki (4.1-4.4) bağıntıları ile yapılabilmektedir.

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N (w_i / g) \right] \left[\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g) \right]} \quad (4.1)$$

$$S_a = \frac{V_T / W}{\alpha_1} \quad (4.2)$$

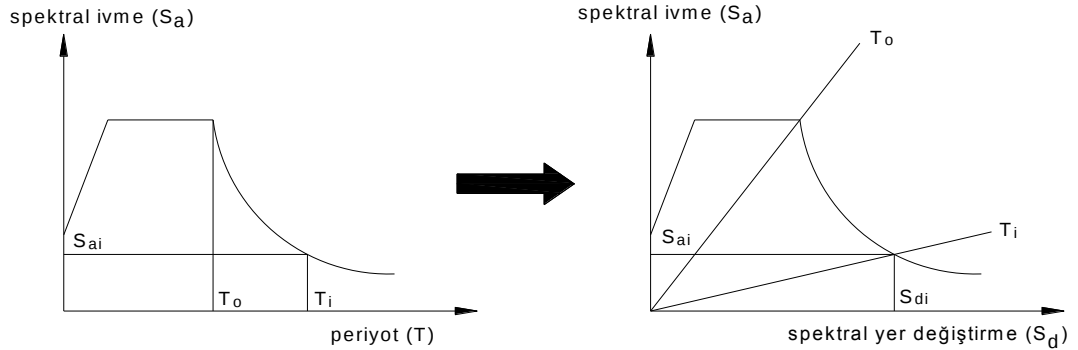
$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1} / g)}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2 / g)} \right] \quad (4.3)$$

$$S_d = \frac{\delta_{maks}}{PF_1 \phi_{tepe,1}} \quad (4.4)$$

Kapasite spektrumun ile aynı eksen takımı üzerinde gösterilmesi için, elastik talep spektrumunun da spektral ivme – spektral yer değiştirme formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm için spektral ivme ile spektral yer değiştirme arasındaki,

$$S_d = S_a \frac{T^2}{4\pi^2} \quad (4.5)$$

bağıntısından yararlanılır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Elastik talep spektrumunun ivme– yerdeğiştirme formatına dönüştürülmesi

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

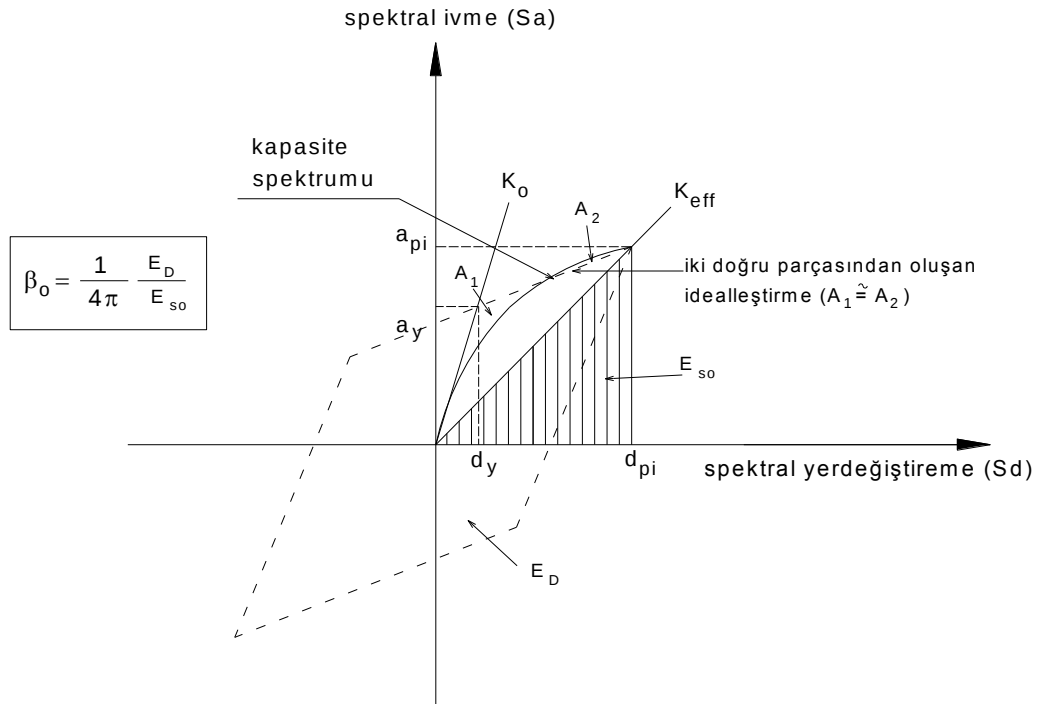
Etkili sönüm yüzdesi, histeretik ve viskoz sönüm toplamının kritik sönüme oranı olarak tanımlanır. Viskoz sönüm genellikle %5 olarak alınmaktadır. Histeretik

sönüm ise kapasite spektrumunu içeren histeresizin alanı ile ilgilidir ve eşdeğer viskoz sönüm cinsinden ifade edilir.

Kapasite spektrumunun iki doğru parçasından oluşacak şekilde idealleştirilmesi halinde, etkili sönüm yüzdesi için;

$$\beta_{eq} = \kappa \beta_o + 5 = \frac{63.7 \kappa (a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \quad (4.6)$$

bağıntısı yazılabilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Histeretik sönüme eşdeğer viskoz sönümün belirlenmesi

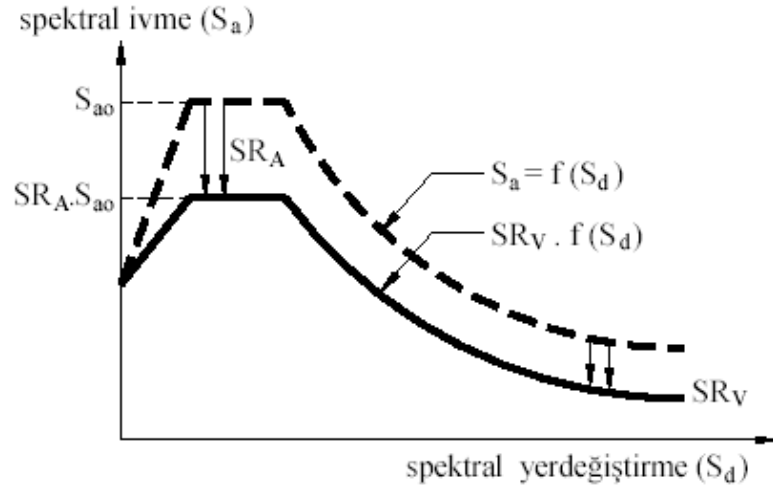
Etkili sönüm oranının hesaplanabilmesi için, performans noktasının başlangıçta bilinmesi veya tahmin edilmesi gerekmektedir.

Spektral ivme-spektral yer değıştirme (S_a - S_d) koordinat sisteminde ifade edilen elastik talep spektrumunun yatay koluna ve azalan bölümüne uygulanacak indirgenme katsayıları, β_{eq} etkili sönüme bağı olarak,

$$SR_A \approx \frac{3.21 - 0.68 \ln(\beta_{eq})}{2.12} \geq SR_{A, \min} = 0.33 - 0.56 \quad (4.7)$$

$$SR_V \approx \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eq})}{1.65} \geq SR_{V, \min} = 0.50 - 0.67 \quad (4.8)$$

formülleri ile hesaplanır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 İndirgenmiş talep spektrumunun elde edilmesi

4.4.1 Performans Noktasının Hesaplanmasında Kullanılan Yöntemler

Performans noktasının yeri yapıya verilen bir yer değıştirme sonucunda oluşan kapasite eğrisi üstünde ve %5 sönümlü talep spektrumundan indirgenmiş spektrum eğrisinin üzerinde bulunmak gibi iki koşulu sağlamalıdır.

Bu iki şartın sağlanması, performans noktasının kapasite eğrisi ile indirgenmiş talep spektrumunun kesiştiği noktada bulunması demektir. Bu noktanın bulunması için ardışık yaklaşım yapılması gerekmektedir. Bu işlem için aşağıda üç farklı yöntem anlatılmakta olup hepsi de aynı amaç için kullanılmakta olup işlemler farklılık göstermektedir.

- **A Yöntemi:** Bu yöntem, metodun en doğrudan uygulamasıdır. Tamamen iterasyona dayanmakta fakat gerekli formülasyonlar yapıldığında bilgisayar ortamına aktarılarak kolayca çözümlenebilmektedir. Grafikseld olmaktan çok analitik bir yöntemdir. Anlaşılması en kolay ve doğrudan bir uygulama olduğu için yeni başlayanlar için en uygun yöntemdir.
- **B Yöntemi:** Kapasite eğrisini iki yönde de modellemeye olanak sağlayan basit bir yöntemdir. Performans noktasının yeri küçük iterasyonlar yapılarak bulunur. A yöntemi gibi, B yöntemi de grafikseld yaklaşımdan çok analitik bir yöntemdir ve bilgisayar ortamına aktarılmaya en uygun yöntemdir. A yöntemine nazaran daha az anlaşılır olabilir.

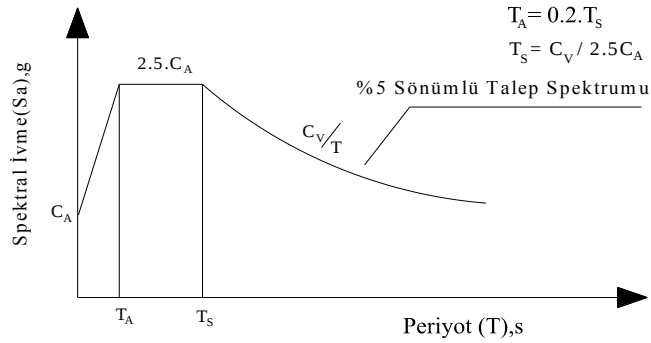
- **C Yöntemi:** Bu yöntem performans noktasını bulmak için zayıf bir grafiksel yöntemdir. Elle analiz için en uygun yöntem olmasına karşın bilgisayar ortamına aktarılması en uygunsuz olanıdır.

Bu yöntemin seçimi uygulamayı yapacak kişiye bağlıdır. Bu tez çalışmasında performans noktasının hesaplanmasında Yöntem - A kullanılmıştır.

4.4.2 Performans Noktasının Hesaplanmasında Yöntem A' nın Kullanılması

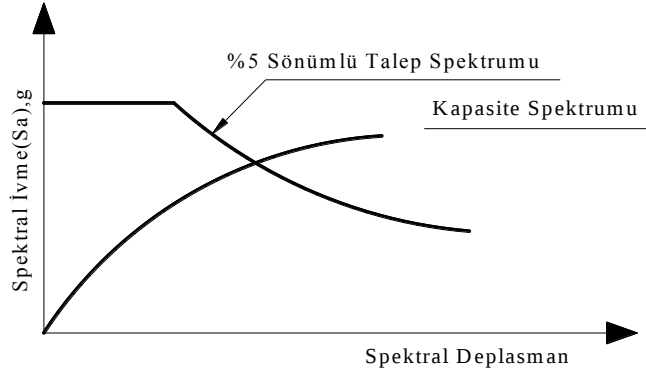
Performans noktasının hesaplanması için bu yöntemde kullanılacak iterasyonlar elle veya bilgisayar ortamında yapılabilir. Bu yöntem, prensibin en sade şekilde uygulanış biçimidir. İşlemler aşağıdaki adım sırasıyla gerçekleştirilir.

1. %5 sönümlü talep spektrum eğrisi C_A (zemin etkili maksimum ivme katsayısı) ve C_V (periyodu 1s olan %5 sönümlü sistemin spektrum değeri) parametrelerine bağlı olarak Şekil 4.7' de görüldüğü gibi tanımlanır. Bu parametrelerin bulunması için deprem katsayısı ZEN ' in hesaplanması ve yerel zemin sınıfının tanımlanması gerekmektedir.



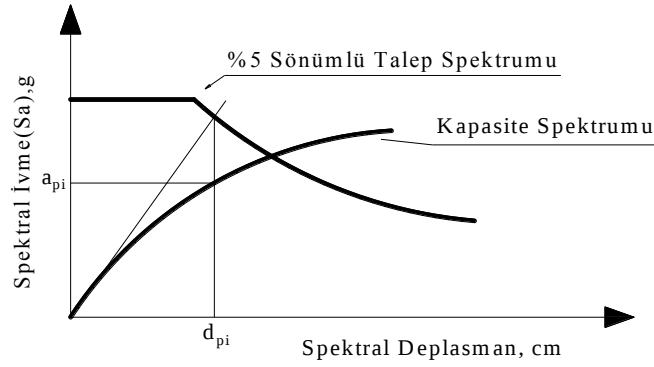
Şekil 4.7 %5 sönümlü talep spektrumu

2. Bölüm 4.4' deki (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) denklemleri kullanılarak kapasite eğrisi kapasite spektrumuna dönüştürülür. Kapasite ve %5 sönümlü talep spektrumu Şekil 4.8' deki gibi aynı grafik üzerinde belirtilir.



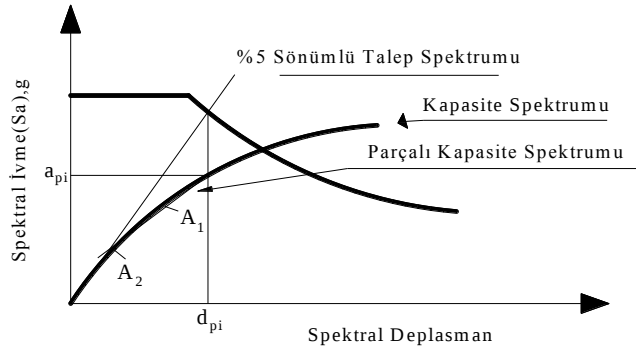
Şekil 4.8 Kapasite ve talep spektrumunun kesişmesi

3. Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılarak talep spektrumu ile kesiştirilmiştir ve bu kesişim noktasının kapasite spektrumu üzerindeki düşey izdüşümü bulunur. Bulunan bu nokta, koordinatları a_{pi} ve d_{pi} olan başlangıç performans noktasıdır (Şekil 4.9).



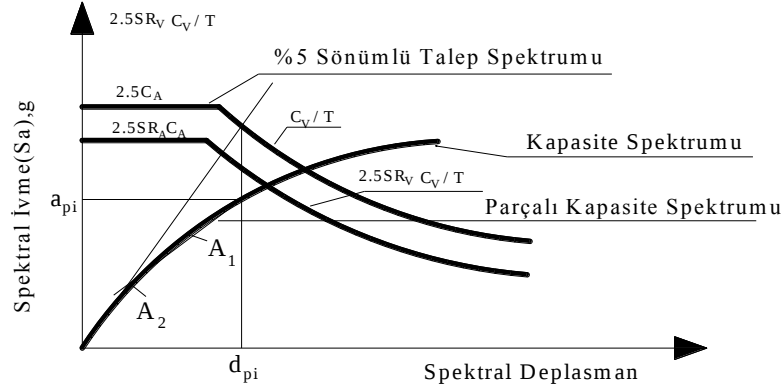
Şekil 4.9 Başlangıç performans noktasının bulunması

4. Kapasite spektrumu Şekil 4.10'da gösterildiği gibi A_1 ve A_2 alanları eşit olacak şekilde kırıklı hale getirilir. Bunun nedeni her bir eğrinin eşit enerji sönümlemesini sağlamaktır.



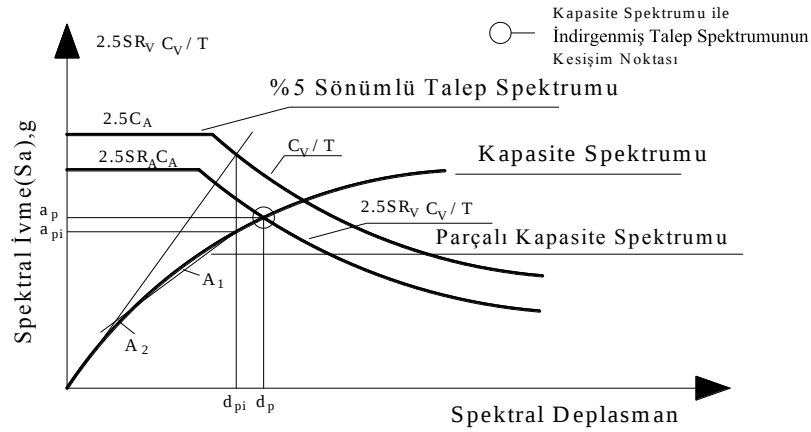
Şekil 4.10 Kapasite spektrumunun parçalı hale dönüştürülmesi

5. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak S_{RA} ve S_{RV} katsayıları hesaplanır. Hesaplanan bu azaltma katsayılarına göre %5 sönümlü talep spektrumu, bulunan etkin sönüme sahip talep spektrumuna indirgenir (Şekil 4.11)



Şekil 4.11 İndirgenmiş talep spektrumunun bulunması

6. Kapasite ile indirgenmiş talep spektrumunun kesişimi Şekil 4.12' de belirtildiği gibi bulunur. Bulunan kesişim noktasının spektral yer değiştirme değeri olan d_p , başlangıç performans noktasının spektral yer değiştirme değeri olarak kabul edilen d_{pi} ' den $\pm\%5$ kadar veya daha az farklı ise bulunan bu nokta gerçek performans noktası olarak kabul edilebilir.



Şekil 4.12 Kapasite spektrumu ile indirgenmiş talep spektrumunun kesişmesi

7. Bulunan a_p ve d_p noktası kabul edilebilir toleranslar içinde ise ardışık yaklaşıma son verilir. Bu durumda bu nokta gerçek performans noktası, a_{pi} , d_{pi} başlangıç performans noktası, d_p ise öngörülen muhtemel deprem için maksimum yapısal yer değiştirme olarak adlandırılır. Aksi takdirde 4. adıma

geri dönölerek, bu koordinatlar başlangıç performans noktası kabul edilerek diğer adımlar tekrarlanır.

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

Kapasite spektrumu yönteminde performans noktasının bulunması için bir ardışık yaklaşım yolunun izlenmesi gerekmektedir. Başlangıçta seçilen d_{pi} yer değiştirmesi ile hesap sonucunda bulunan değerin birbirine eşit veya yeter derecede yakın olduğu durumda performans noktası bulunmuş olur ve ardışık yaklaşıma son verilir [13].

5. YAPININ MODELLENMESİ

5.1 SAP 2000 Analiz Programı

Yapılan çalışma kapsamında hızlı ve etkin bir çözüme ulaşmak için statik itme analizi yöntemi ile çözüm yapan SAP 2000 9.01 sürümü kullanılmıştır [15].

Bu program kullanıcının elemanları modellemesine, eleman davranışlarını, hasar sınır oranlarını kendisinin belirlemesine olanak sağlamaktadır. Programda uygulanan analiz aşamaları aşağıda sıralanmıştır.

- Taşıyıcı sistem boyutlarının, kesitlerinin, yüklerin, malzeme özelliklerinin programda oluşturularak yapının modellenmesi,
- Sistemde oluşması muhtemel plastik mafsalların tanımlanması, tanımlı olan mafsalların oluşması muhtemel kesitlere atanması,
- Yapıya etkiyen deprem yüklerinin tanımlanması,
- Lineer ve modal analiz,
- Doğrusal olmayan analiz,

Yapılan işlemlerde nonlinear davranışın tanımlanması için iki tip mafsall kullanılmıştır. Bunlardan birincisi eksenel normal kuvvet ve eğik eğilmeye maruz kolon ve perde gibi elemanlarda doğrusal olmayan davranışı göstermesi için PMM mafsallı, diğeri ise basit eğilmeye maruz giriş gibi elemanlardaki doğrusal olmayan davranışı temsilen M mafsallıdır.

Her iki mafsall türünde de göçmenin dönme sünekliği ile kontrol edildiği bir iç kuvvet şekil değiştirme eğrisi tanımlanmaktadır. Kuvvet eksen kesitteki eğilme momentini, şekil değiştirme eksen ise plastikleşen bölgedeki toplam dönmeyi göstermektedir.

SAP 2000 programı ile statik itme analizi yapılırken kullanılan üç yöntem vardır. Bu yöntemler kısaca anlatılmıştır.

- **Yöntem 1:** Projelendirilmesi yapılmakta olan yapıların incelenmesinde kullanılabilir.

Hesap modeli oluşturulur.

Elemanlara varsayılan (default) plastik mafsallık özellikleri atanır.

Yükler tanımlanır (G, Q, Ex, Ey,)

Yük birleşimleri altında gerekli boyutlama yapılır. Boyutlama SAP 2000 ile yapılarak gerekli donatı alanları belirlenir.

Belirlenen donatı alanları esas alınarak mafsallık özellikleri program tarafında belirlenir.

Statik itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir.

- **Yöntem 2:** Mevcut yapıların incelenmesinde kullanılabilir.

Hesap modeli oluşturulur.

Elemanların donatı yerleşimi ve mevcut alanları kesit tanıtımında belirtilir.

Varsayılan plastik mafsallık özellikleri atanır.

Yükler tanımlanır (G, Q, Ex, Ey,)

Statik itme analizi yükleri tanımlanır (düşey ve yatay).

Statik itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir.

- **Yöntem 3:** Mevcut yapıların incelenmesinde kullanılabilir.

Hesap modeli oluşturulur

Elemanların donatı yerleşimi ve mevcut alanları esas alınarak karşılıklı etki diyagramları ve moment dönme bağıntıları kullanıcı tarafından belirlenir.

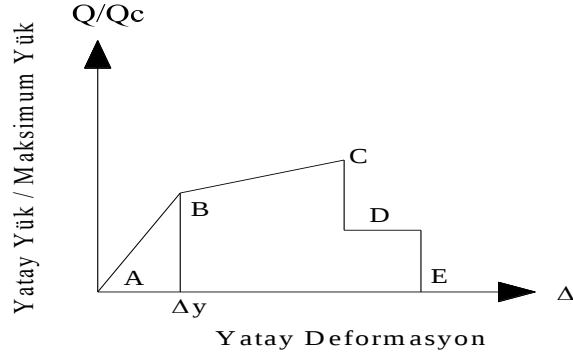
Varsayılan plastik mafsallık özellikleri yerinde tanımlanan plastik mafsallık özellikleri atanır.

Yükler tanımlanır (G, Q, Ex, Ey,)

Statik itme analizi yükleri tanımlanır (düşey ve yatay).

Statik itme analizi yapılarak kapasite eğrisi elde edilir.

Bu tez çalışmasında, SAP 2000 programı ile yapılan statik itme analizinde, yukarıda hesap adımları kısaca anlatılan Yöntem 2 kullanılmıştır.



Şekil 5.1 Yatay yük-yatay deformasyon eğrisi

Şekil 5.1’deki AB aralığı elemanın lineer elastik davranış gösterdiği aralıktır. Noktanın grafik üzerindeki değeri bir olarak kabul edilir. BC aralığı elemanın pekleşme davranışı gösterdiği aralık, CD aralığı ise gerilmelerin boşaldığı, kırılma ve kopmaların başladığı aralıktır. E noktası ise elemanın tamamı ile göçtüğü kabul edilen noktadır. B noktası plastik mafsallardaki akma noktası olup bu noktaya ulaşım ulaşmadığı kesit iç kuvvetlerinin ve özelliklerinin programın hesapladığı akma momentine eşit olup olmadığı program içerisinde kontrol edilerek bulunmaktadır. B ve C noktaları arasındaki plastik dönme ve B-C eğimine bağlı olarak değişen eğilme rijitliği ile kesitte bulunan mafsaldaki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınır. Burada önemli olan B-C aralığındaki plastik eğrilik değerinin hesaplanması ve plastik mafsal boyu ile çarpılıp toplam plastik dönmelerin doğru olarak bulunmasıdır. C noktasına gelindiğinde ise yük azaltılarak program yeni bir denge durumu aramaktadır. Bu plastik şekil değiştirme limitine ulaşıldığında taşıma kapasitesindeki düşüş hesaba katılarak ve yük azaltılarak aranan yeni denge halinin bulunması ve iç kuvvetlerin yeni dağılımının sağlanması amacıyla da normalde üç yöntem vardır. Bunlar, tüm bina yükünü boşaltmak (unload entire structure), yerel dağılım uygulaması (apply local distribution) ve sekant modülü ile yeniden başlama (restart using secant stiffness) yöntemleridir. Bu çalışma kapsamında bahsi geçen birinci yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemde C noktasına ulaşıldığında iç kuvvet D noktasına düşene kadar şekil değiştirmeler değiştirilmeden yük azaltılmakta, D noktasına gelindiğinde tekrar yük artırımı yapılarak iç kuvvet dağılımının yapılması sağlanmaktadır.

Programda ayrıca doğrusal olmayan statik çözümlemelerin yapılabilmesi için iki ayrı yöntem sunulmaktadır. Bunlardan birincisi tanımlı şablonlarla yük seviyesi itimi (Push to Load Level Defined By Pattern)’dir. Bu çözümleme yöntemi düşey yükler

altında doğrusal olmayan çözümlemelerde kullanılmakta olup yüklerin normalize edilmiş halini arttırmak suretiyle işlem yapmaktadır. İkincisi yerdeğiştirme itimi (Push the Displacement of) ise yatay yükler altında doğrusal olmayan çözümleme yapıp yüklerin normalize hallerini kullanarak yerdeğiştirme artırımlarına göre hesap yapmaktadır. Yerdeğiştirmenin artması içinde yüklerin genliğini arttırmakta veya azaltmaktadır.

Programa kesitin hangi deformasyon değerinde hangi hasar seviyesinde olacağı tanımlanmalıdır. Hasar seviyeleri daha önce tanımlanmış olan performans seviyeleridir. Hemen kullanım, can güvenliği, göçmenin önlenmesi ki bu yapısal stabilite yerine kullanılır, hasar seviyeleri kesitin alacağı kesme kuvveti, donatı yüzdeleri ve etriyelerin uygun olup olmadığı gibi koşullar için farklı farklı belirlenerek sisteme girilir.

Statik itme analizinin başlaması için öncelikle yapıya lineer analiz metodu ile analiz yaptırılması gerekmektedir. Daha sonra yapılacak ilk aşama yapıya kendi ağırlığının yüklenmesidir. Zati ve hareketli yük kombinasyonları istenilen katsayı ile çarpılarak birinci adım yani düşey aşama girilmiş olur. Burada tanımlı şablonlarla yük seviyesi itimi (Push to Load Level Defined By Pattern) yöntemi kullanılır. Alınacak ağırlık binanın kendi ağırlığı olacağından katsayı 1 seçilir ve istenen kayıtlı adımlar ayarlanarak analiz yaptırılır. Bina yapacağı deformasyon yükler kadar olacak ve bu aşama sistem üzerine yüklerin girilmesi ve bu yüklerin oluşturacağı yerdeğiştirme değerlerinin elde edilmesi ile son bulacaktır.

İkinci aşama ise yanal ötelemenin hesaplanacağı aşamadır. Burada ise yerdeğiştirme itimi (Push the Displacement of) yöntemi kullanılacak ve bir yerdeğiştirme değeri tanımlanacaktır. Bu değer bina yüksekliğinin %4'ü seçilebilir. Analiz yaptırdıktan sonra çıkan sonuca göre elde edilen yerdeğiştirme değeri daha hassas girilerek kayıtlı adım sayısı ile birlikte hassas değer tam olarak elde edilmiş olur. Binaya etki eden deprem yükleri beklenen spektrum değerleri ve modal şekil değiştirmeler binanın yapacağı yanal itme şeklinin belirlenmesi amacı ile yazılır.

Statik itme analizlerinin birbirini izleyen şekilde yani düşey analiz bittikten sonra yatay analizin başlaması ve göz önüne alacağımız düğüm noktası belirlendikten sonra analiz yaptırılmaya başlanır. Bina son öteleme noktasına erişmişse sistem göçmemiş demektir. Yerdeğiştirme değeri artırılıp işlem tekrarlanır. Analiz

sonucunda her bir öteleme için taban kesme kuvveti, spektral ivmeler, binanın hangi hasar seviyesinde olduğu ve yük parametre değerleri elde edilmiş olur.

Yapı son öteleme noktasına erişmişse sistem göçmeye ulaşmış demektir. Sonuçlar bu noktaya kadardır, bu noktadaki yerdeğiştirme ve kesme kuvveti aranan değerlerdir.

6. MEVCUT İKİ YAPININ İNCELENMESİ

6.1 Giriş

Bu bölümde düşeyde düzensizlik durumunun mevcut olduğu iki ayrı yapı incelenmiştir. İnceleme konusu olan yapıların statik itme analiz yöntemi kullanılarak deprem güvenlikleri sınanmıştır. Yapılacak işlemler kısaca mevcut yapı bilgilerinin tespit edilmesi, yapıya uygulanacak yüklerin hesaplanması, bilgisayar programına bu bilgilerin tanıtılması ve sonuçlar yardımıyla yapının durumunun değerlendirilmesi olarak sıralanabilir.

6.2 Birinci Yapının İncelenmesi

6.2.1 Genel Yapı Bilgileri

İnceleme konusu olan birinci yapı, bir bodrum kat, bir zemin kat ve dört normal kattan oluşmakta olan bir konut yapısıdır. Binada zemin kat ve bodrum kat alanı $182,00 \text{ m}^2$, normal katlar alanı ise $265,44 \text{ m}^2$ dir. Bina köşelerinde bulunan dört kolon bodrum kat ve zemin katta devam etmekte, normal katlarda ise devam etmemektedir. Normal katlarda köşelere bulunan sekiz adet kolon ise zemin ve bodrum katta devam etmemektedir. Bu şekli ile yapı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik'te tanımlanan, B3 türü Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği, düzensizliğine sahip bir binadır. Bodrum kat yüksekliği 2,5 m ve diğer kat yükseklikleri ise 3,0 m dir. Bina toplam yüksekliği 17,5 m dir. Bina taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Yapıda betonarme perdeler mevcuttur. Bodrum kat perdelerle çevrilmiş durumdadır. Yapıya ait kalıp planları ekler bölümünde Şekil A.1, A.2 ve A.3'te gösterilmektedir. Binaya ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

- Kat sayısı : Bodrum kat + zemin kat + 4 normal kat
- Kat yüksekliği : $h_{\text{bodrum}} = 2,5 \text{ m}$ $h_{\text{normal}} = 3,0 \text{ m}$
- Toplam bina yüksekliği : 17,5 m

➤ Dış duvar kalınlığı	: 19,0 cm
➤ Dış duvar malzemesi	: Delikli tuğla (20/20/19) cm
➤ İç duvar kalınlığı	: 9,0 cm
➤ İç duvar malzemesi	: Delikli tuğla (20/20/9) cm
➤ Döşeme kalınlığı	: 14,0 cm
➤ Deprem bölgesi	: 2. derece
➤ Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	: 4
➤ Yerel zemin sınıfı	: Z ₄
➤ Zemin spektrum karakteristik periyotları	: T _A =0,20 s ve T _B =0,90 s
➤ Bina önem katsayısı	: 1
➤ Beton sınıfı	: C 14
➤ f _{ck}	: 14 N/mm ²
➤ E _c	: 26000 N/mm ²
➤ Çelik sınıfı	: S 220
➤ f _{yd}	: 220 N/mm ²

6.2.2 Kiriş – Kolon – Perde Boyutları ve Donatıları

Binada bulunan kiriş boyutları ve donatıları ekler bölümünde Tablo A.1, A.2, A.3’ te belirtilmiştir. Kolon ve perdeler için boyutlar ise ekler bölümünde Tablo A.4’te, donatı düzenleri ise Şekil A.4 ve A.5’te belirtilmiştir.

6.2.3 Kütle ve Ağırlıkların Hesabı

Bina toplam ağırlığı olan W,

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (6.1)$$

bağıntısından, kat ağırlıkları

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad (6.2)$$

formülünden hesaplanacaktır. Burada g sabit yüklerden oluşan q ise hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıklarını, n ise hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Duvar ağırlığı dış duvarlarda $3,0 \text{ kN/m}^2$, iç duvarlarda ise $2,5 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır. Her kat için hesaplanan, sabit yüklerden oluşan kat ağırlık değerleri Tablo 6.1’de belirtilmiştir.

Tablo 6.1 Sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları

Kat No	Döşeme (kN)	Kiriş (kN)	Kolon (kN)	Duvar (kN)	g_i (kN)
4. kat	929,04	335,79	452,24	762,24	2479,31
3. kat	929,04	335,79	452,24	762,24	2479,31
2. kat	929,04	335,79	452,24	762,24	2479,31
1. kat	929,04	335,79	452,24	762,24	2479,31
zemin kat	929,04	755,97	586,66	762,24	3033,90
bodrum kat	637,00	84,96	1114,71	155,47	1992,13

Toplam: 14943,27

Hareketli yükler çatı katı için $1,5 \text{ kN/m}^2$, diğer katlar içinse $2,0 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Hareketli yük azaltma katsayısı $n= 0,3$ olarak belirlenmiş ve hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları hesaplanarak Tablo 6.2’de belirtilmiştir.

Tablo 6.2 Hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları

Kat No	q_i (kN)	$n.q_i$ (kN)
4. kat	398,16	119,45
3. kat	530,88	159,26
2. kat	530,88	159,26
1. kat	530,88	159,26
zemin kat	530,88	159,26
bodrum kat	364,00	109,20

Bina toplam ağırlığı (6.1) ve (6.2) denklemleri kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 6.3’ te belirtilmiştir. Kat kütleleri ise Tablo 6.4’ de belirtilmiştir.

Tablo 6.3 Birinci yapı kat ağırlıkları

Kat No	gi (kN)	0,30.qi (kN)	gi + n.qi
4. kat	2479,31	119,45	2598,76
3. kat	2479,31	159,26	2638,57
2. kat	2479,31	159,26	2638,57
1. kat	2479,31	159,26	2638,57
zemin kat	3033,90	159,26	3193,17
bodrum kat	1992,13	109,20	2101,33

Toplam: 15808,97

Tablo 6.4 Birinci yapı kat kütleleri

Kat No	wi(kN)	mi(kNs ² /m)
4. kat	2598,76	264,91
3. kat	2638,57	268,97
2. kat	2638,57	268,97
1. kat	2638,57	268,97
zemin kat	3193,17	325,50
bodrum kat	2101,33	214,20

Toplam: 1611,52

6.2.4 Sisteme Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi**6.2.4.1 Düşey Yükler**

Yapıya etkiyen düşey yükler, yapı elemanlarının ağırlıklarından oluşacak yükler ve yönetmeliklerde tanımlanmış hareketli yüklerin oluşturacağı yüklerin belirli güvenlik katsayılarıyla çarpılarak birleştirilmesinden oluşur.

6.2.4.2 Yatay Yükler

Yapı için bilgisayar ortamında hesap modeli tanımlanmış ve kat kütleleri bu modele atanarak modal analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda yapının bir birine dik her iki deprem doğrultusu için periyot değerleri hesaplanmıştır. 1997 deprem yönetmeliğinde belirtildiği şekilde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yatay kuvvet hesaplanmıştır.

$$T_x=0,536 \text{ s} \quad T_y= 0,541 \text{ s}$$

$$V_t= W.A(T)/R_a(T) \geq 0,10.A_0.W \quad (6.3)$$

$$A(T)=A_0.I.S(T) \quad (6.4)$$

$$A_0=0,3 \quad \rightarrow \text{2. derece deprem bölgesi}$$

$$I= 1 \quad \rightarrow \text{konut yapısı}$$

$$T_A= 0,20 \text{ s} \quad T_B= 0,90 \text{ s} \quad \rightarrow \text{zemin sınıfı } Z_4$$

$$S(T_x)= S(T_y)= 2,5 \quad \rightarrow T_A < T_x < T_y < T_B$$

$$A(T_x)= A(T_y)= 0,3.1.2.5= 0.75$$

$$W=15808,972 \text{ KN}, \quad R= 4$$

$$V_{tx}= V_{ty}= 15808,972.0,75/4= \underline{2964,182} \text{ kN}$$

$$F_i= w_i.H_i / \Sigma(w_i.H_i) \quad (6.5)$$

Hesaplanan toplam yatay kuvvetin (6.5) formülü kullanılarak katlara dağılımı yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.5' de belirtilmiştir. Birbirine dik her iki doğrultuda toplam yatay kuvvet eşit olduğu için katlara etkiyen yatay kuvvetler de eşittir.

Tablo 6.5 Yatay kuvvetin katlara göre dağılımı

i. kat	i. katın yerden yüksekliği, H_i (m)	i. katın toplam ağırlığı, w_i (kN)	$w_i.H_i$	F_i (kN)
4. kat	17,50	2598,76	45478,24	846,11
3. kat	14,50	2638,57	38259,30	711,80
2. kat	11,50	2638,57	30343,59	564,53
1. kat	8,50	2638,57	22427,87	417,26
zemin kat	5,50	3193,17	17562,42	326,74
bodrum kat	2,50	2101,33	5253,32	97,74

Toplam (kN): 2964,18

6.2.5 SAP 2000 Programında Analiz Yapılması

6.2.5.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması

Yapıya ait bilgiler kullanılarak taşıyıcı sistemin üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Yapıda kullanılan malzeme bilgileri programda tanımlanmıştır. Elemanların boyutları programa girilerek kesitler oluşturulmuştur. Kolon ve perde kesitleri dikdörtgen kesit, kiriş kesitleri ise tablalı kesit olarak tanımlanmıştır. Taşıyıcı sistem elemanlarında mevcut donatı miktarları ve yerleri kesitlerde belirtilmiştir. Yapıya

etkiyen düşey ve yatay yükler tanımlanmış ve oluşturulan kombinasyonlar Tablo 6.6’da belirtilmiştir.

Tablo 6.6 Yük kombinasyonları

kombinasyon adı	G	Q	Ex	Ey	Ex-5	Ey-5
G+Q	1	1	*		*	*
1,4G+1,6Q	1,4	1,6	*	*	*	*
G+Q+Ex	1	1	1	*	*	*
G+Q+Ey	1	1	*	1	*	*
0,9G+Ex	0,9	*	1	*	*	*
0,9G+Ey	0,9	*	*	1	*	*
G+Q+Ex-5	1	1	*	*	1	*
G+Q+Ey-5	1	1	*	*	*	1
0,9G+Ex-5	0,9	*	*	*	1	*
0,9G+Ey-5	0,9	*	*	*	*	1

Yapıda oluşması muhtemel plastik mafsallar programda tanımlanarak elemanlara atanmıştır. Kullanılan plastik mafsallar PMM ve M mafsallarıdır. Kolon ve perdeler için PMM, kirişler içinse M mafsal özellikleri tanımlanarak ilgili elemanlara atanmıştır. Modele her kat için kütle değerleri ve eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesaplanan yatay kuvvetler atanmıştır. Sistemin üç boyutlu modeli tamamlandıktan sonra yapılan modal analiz sonucu bulunan kat ötelemeleri ve yapıya ait iki doğrultudaki periyotlar Tablo 6.7’de belirtilmiştir.

Tablo 6.7 Birinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri

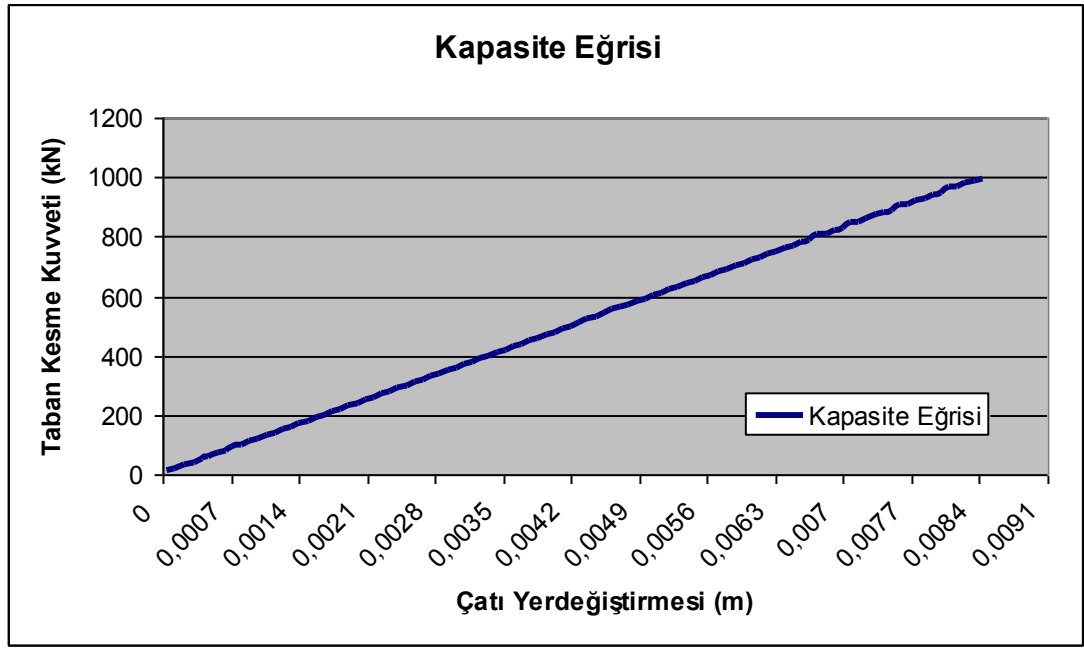
Tx= 0,536 s Ty= 0,541 s		
Kat No	Φ_{xi} (m)	Φ_{yi} (m)
4. kat	0,045350	0,042470
3. kat	0,036850	0,033970
2. kat	0,031650	0,024460
1. kat	0,016000	0,014630
zemin kat	0,006240	0,005980
bodrum kat	0,000627	0,000690

Modellenen yapının statik itme analizini yapabilmek için analizin hangi adımlardan oluşacağını ve bu adımların kapsamının programa tanıtılması gerekmektedir [14]. Statik itme analizi Push-0 ve Push-1 olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Bu adımlardan birincisi olan Push-0, sabit düşey yüklerin, yapının yanal deplasmanına olan etkisini göz önüne almak için tanımlanmıştır. Böylece, hesaplamalarda, deprem esnasında sabit düşey yüklerin yapıya olan etkisi de göz önünde tutulmuş olur. Zati

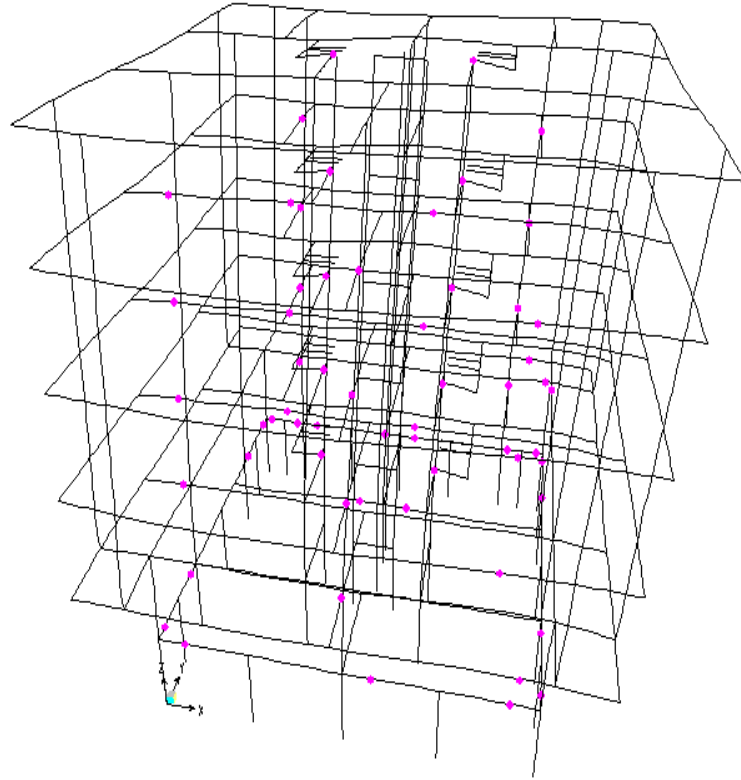
ve hareketli yüklerden oluşan düşey yükler istenilen katsayı ile çarpılarak hesaba dahil edilebilir. Bu çalışmada bu katsayı 1 olarak alınmıştır. Analizin birinci adımının sonunda, düşey yüklerin yapıda meydana getirdiği deformasyonlar, ikinci adıma ilave edilmek üzere kaydedilir. Analizin ikinci ve son adımı olan Push-1, belirtilen yatay kuvvetler tarafından yapılacak olan yanal ötelemeyi tanımlamaktır. Burada sözü edilen yatay kuvvetler; eşdeğer deprem yükü yöntemi ile hesaplanan kuvvetler, beklenen bir depremin spektrum değerleri veya modal kuvvetler olabilir. Bu çalışmada daha önce hesaplanan eşdeğer deprem yükleri, yatay kuvvet olarak tanımlanmış ve analizlerde bu kuvvetler esas alınmıştır. Analizin ikinci adımında, yatay kuvvetler, aralarındaki oran sabit kalacak şekilde sıfırdan başlayarak kademe kademe arttırılır. Kademe kademe artan bu kuvvetler altında yapı ötelenmeye zorlanır. Bu ötelenme, yapı labil hale gelene kadar veya önceden belirlenmiş olan bir deplasman değerine ulaşana kadar devam eder. Düşey yüklerin yapının yanal stabilitesine olan etkisini de göz önüne almak için, ikinci adımdaki analiz birinci adımın kaldığı yerden devam ettirilir. Programın statik itme analizine başlayabilmesi için öncelikle sistemin doğrusal ve modal analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu analizler tamamlandıktan sonra statik itme analizi yaptırılabilir. Yapılan statik itme analizi neticesinde, her bir öteleme adımı için binanın karşıladığı taban kesme kuvveti ile yaptığı deplasman (en üst kata ait) değerleri kaydedilir. Ayrıca, yapı elemanlarının hasar seviyeleri de belirtilir. Yapılan analiz sonucunda, eğer sistem önceden belirlenmiş olan deplasman değerine kadar ötelenmemişse, yapı elemanlarından biri veya birkaçı daha erken göçme değerine ulaşarak sistemin stabilitesinin bozulmasına sebep olmuş demektir. Bu durumda analiz sonuçları bu aşamaya kadar elde edilebilir, bu aşamadan sonra analize son verilir.

6.2.5.2 Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, X yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 1005,25$ kN ve çatı yer değiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,0084$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi grafiği Şekil 6.1 ‘de belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 0,34$ olarak bulunmuştur. Sistemde 59 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.2).



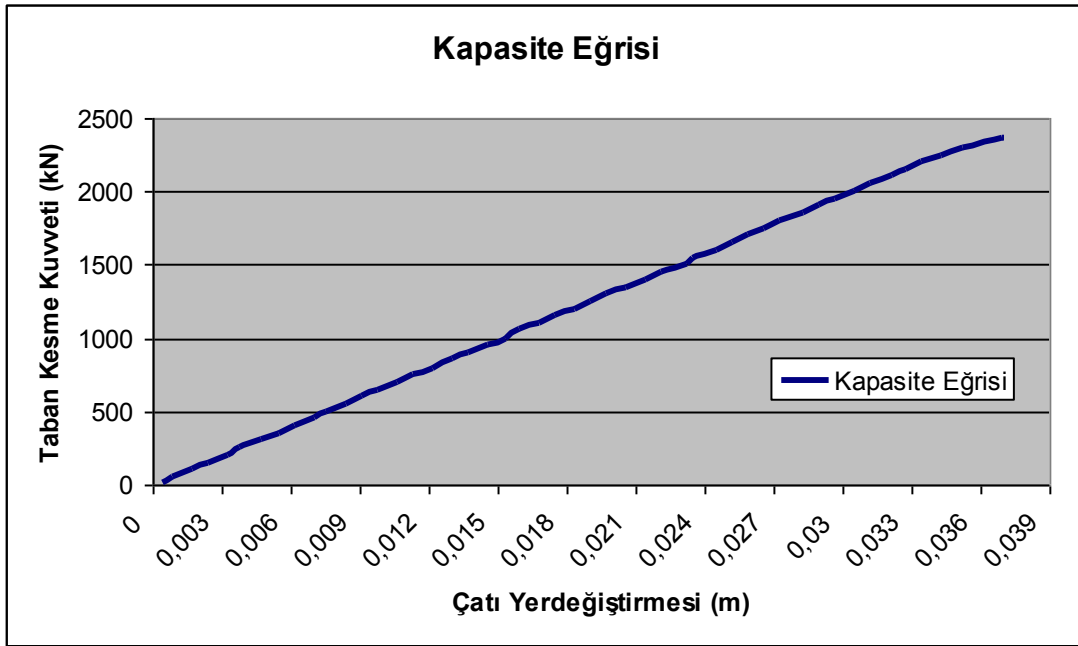
Sekil 6.1 Birinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



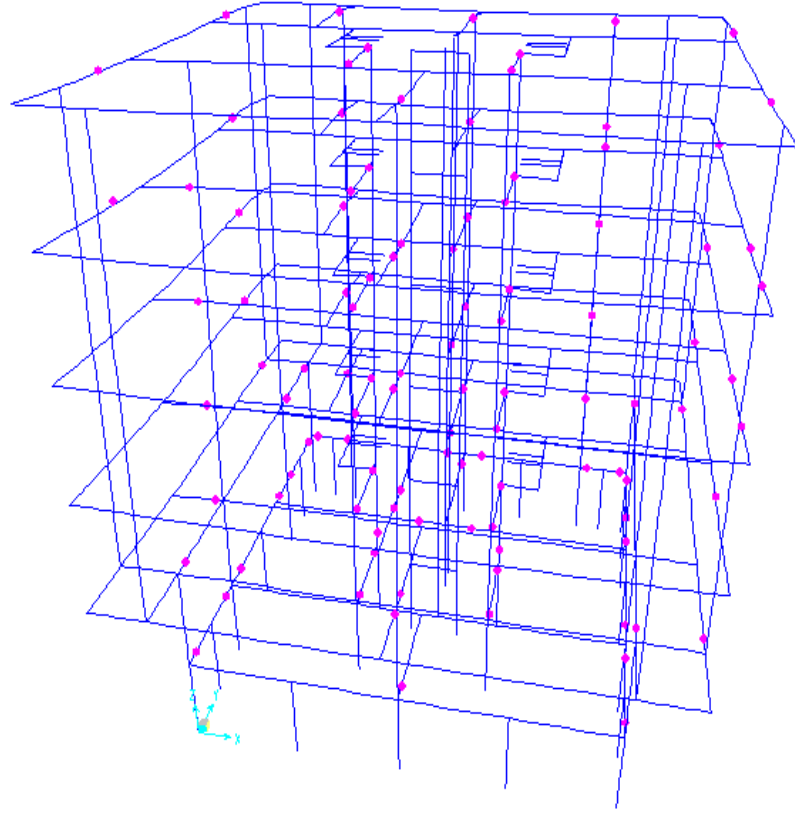
Şekil 6.2 Birinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar

6.2.5.3 Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, Y yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 2360,48$ kN ve çatı yer değiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,037$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi grafiği Şekil 6.3 'de verilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 0,79$ olarak bulunmuştur. Sistemde 104 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.4).



Şekil 6.3 Birinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

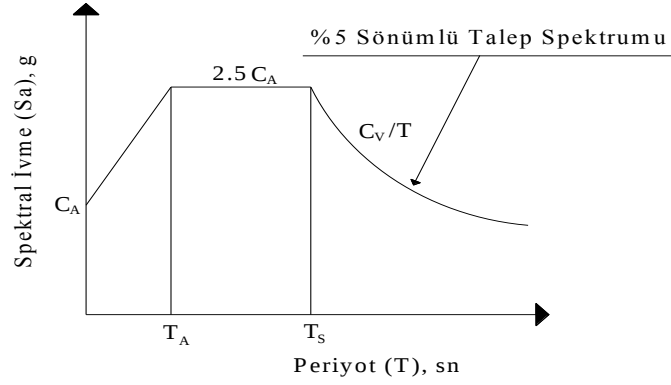


Şekil 6.4 Birinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar

6.2.6 Yapının Performans Noktasının İncelenmesi

Bu bölümde analiz sonucunda belirlenen her iki doğrultudaki kapasite eğrileri ve talep spektrumu kullanılarak yapılan işlemler sonucunda yapıya ait performans noktası bulunacaktır.

Performansın bulunabilmesi için yapının Şekil 6.5’ te görülen %5 sönümlü talep spektrum eğrisinin hesaplanması gerekmektedir. Bu eğri mevcut ve güçlendirilecek yapının her iki doğrultusu için de değişmemektedir.



Şekil 6.5 %5 sönümlü talep spektrumu grafiği

%5 sönümlü talep spektrum eğrisi C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak belirtilmiştir. Bu parametrelerin belirlenmesi için deprem katsayısı ZEN 'nin hesaplanması ve yerel zemin sınıfının tanımlanması gerekmektedir. Yerel zemin sınıfı Tablo 6.8' de gösterilmiştir. Bu örnek için yerel zemin sınıfı S_D sert zemindir.

Tablo 6.8 Zemin sınıflarının tanımı

Zemin Sınıfı	S_A	S_B	S_C	S_D	S_E	S_F
Zemin Tanımı	Sert kaya	Kaya	Çok sıkı zemin, yumuşak kaya	Sert zemin	Yumuşak zemin	İncelenmesi gerekli zemin

Deprem katsayısı ZEN , deprem bölge katsayısı Z , deprem etki türü katsayısı E ve bilinen bir deprem kaynağından olan uzaklık katsayıları olan N_A ve N_V değerlerinin birbirleri ile çarpımından elde edilir. Deprem bölgesi 3 numaralı bölgedir ve Tablo 6.9' dan Z değeri 0,3, deprem etki türü olarak tasarım depremi kullanıldığından $E=1.0$ ve orta bir deprem oluşturacak kaynağına olan uzaklık 15 km' den büyük olduğu için $N_A=1$ ve $N_V=1$ olarak Tablo 6.10' dan belirlenir.

Tablo 6.9 Deprem bölge katsayıları

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0,0075	0,1500	0,2000	0,3000	0,4000

Tablo 6. 10 Deprem kaynağına olan mesafe katsayısı N_A ve N_V

Deprem Kaynağı Türü	Blinen deprem kaynağına olan mesafe							
	≤ 2 km.		5 km.		10 km.		≥ 15 km.	
	N_A	N_V	N_A	N_V	N_A	N_V	N_A	N_V
A: Büyük bir deprem oluşturacak kaynak	1,5	2,0	1,2	1,6	1,0	1,2	1,0	1,0
B: Orta bir deprem oluşturacak kaynak	1,3	1,6	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
C: Küçük bir deprem oluşturacak kaynak	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Bulunan bu değerlerle $ZEN = 0,3 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,3$ olarak hesaplanır. Bulunan bu değere göre C_A parametresi Tablo 6.11' den zemin sınıfına bağlı olarak 0.36 ve C_V parametresi ise Tablo 6.12' den 0,54 olarak belirlenir.

Tablo 6.11 C_A değerleri

	Deprem Katsayısı ZEN					
Zemin Sınıfı	0,075	0,150	0,200	0,300	0,400	>0,400
S_A	0,080	0,150	0,200	0,300	0,400	$1,0 \cdot ZEN$
S_B	0,080	0,150	0,200	0,300	0,400	$1,0 \cdot ZEN$
S_C	0,900	0,180	0,240	0,330	0,400	$1,1 \cdot ZEN$
S_D	0,120	0,220	0,280	0,360	0,440	$1,6 \cdot ZEN$
S_E	0,190	0,300	0,340	0,360	0,360	$0,9 \cdot ZEN$
S_F	Yerel zeminin incelenmesi gerekli					

Tablo 6.12 C_V değerleri

	Deprem Katsayısı ZEN					
Zemin Sınıfı	0,075	0,150	0,200	0,300	0,400	>0,400
S_A	0,080	0,150	0,200	0,300	0,400	$1,0 \cdot ZEN$
S_B	0,080	0,150	0,200	0,300	0,400	$1,0 \cdot ZEN$
S_C	0,130	0,250	0,320	0,450	0,560	$1,4 \cdot ZEN$
S_D	0,180	0,320	0,400	0,540	0,640	$1,6 \cdot ZEN$
S_E	0,260	0,500	0,640	0,840	0,960	$2,4 \cdot ZEN$
S_F	Yerel zeminin incelenmesi gerekli					

Hesaplanan C_A ve C_V değerleri sonucu %5 sönümlü talep spektrumu oluşturularak Şekil 6.6' da belirtilmiştir.

6.2.6.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Performans noktasının belirlenmesi için öncelikle yapıya ait kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi ve indirgenmiş talep spektrumunun bulunması gerekmektedir.

Değerleri hesaplanan C_A ve C_V parametreleri yardımıyla Şekil 6.5' deki %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Bu eğriden Şekil 6.6' da $S_a - S_d$ formatındaki talep spektrumu oluşturulmuştur. Bu spektrum oluşturulurken, değerler Şekil 4.3' de gösterildiği gibi (4.5) formülü $[S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2]$ yardımıyla hesaplanarak yazılmıştır.

$$S_a = 2.5 * C_A = 0,9$$

$$T_s = C_V / (2.5 * C_A) = 0.6 \text{ s}$$

$$T_a = 0.2 * T_s = 0.12 \text{ s}$$

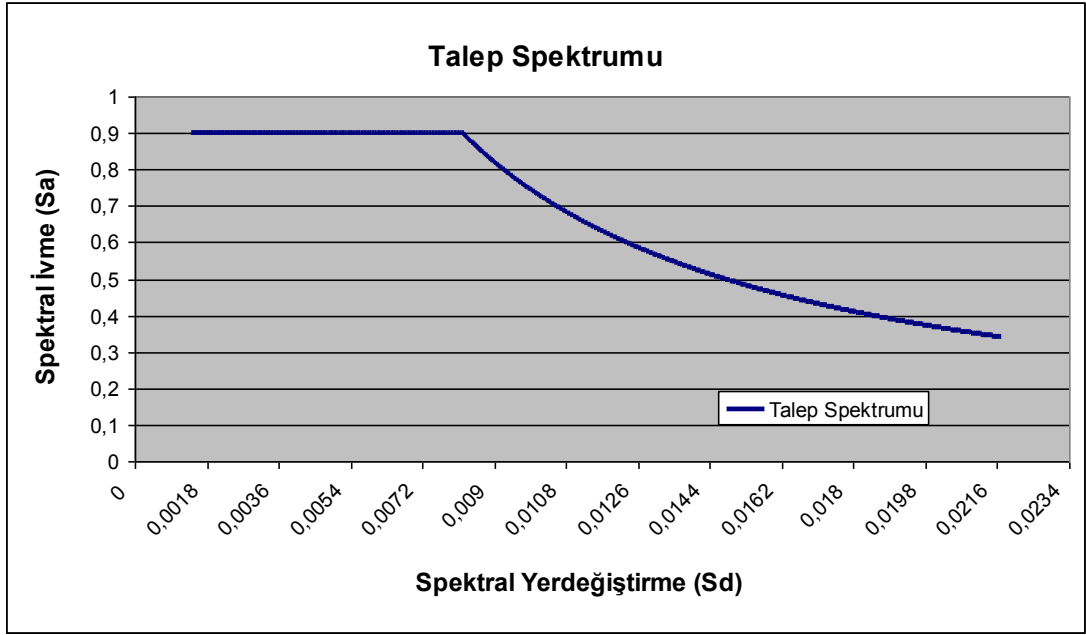
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{i1} değerleri modal analiz sonucunda X doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.7 ' de belirtilmiştir.

$$PF_x = 29,2656$$

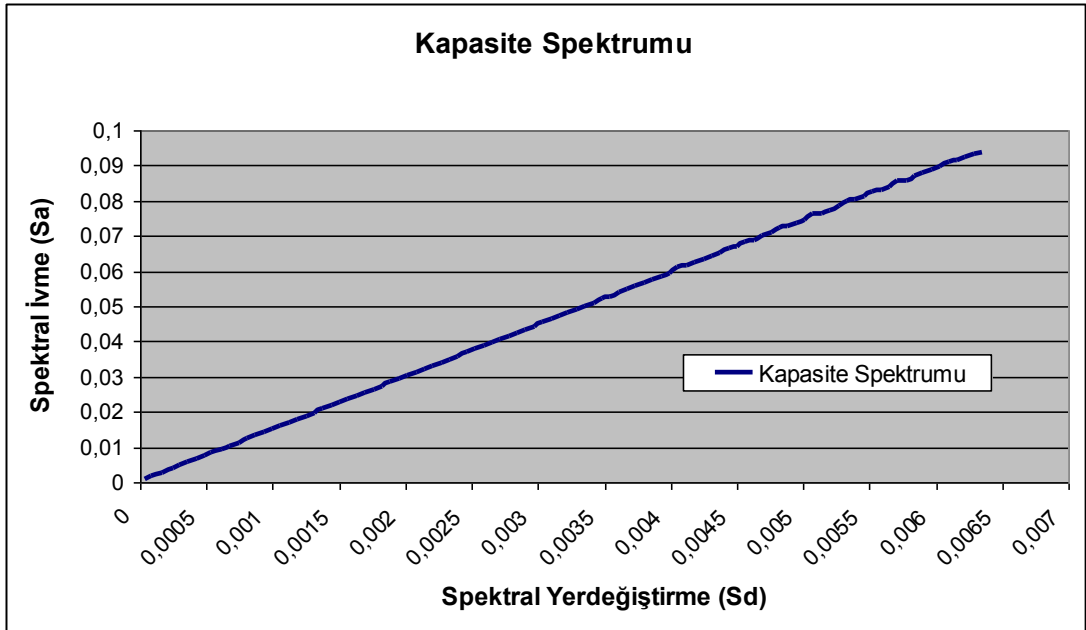
$$\alpha_x = 0,67024$$

PF = Birinci doğal titreşim modu için modal katılım katsayısı

α = Birinci doğal titreşim modu için modal kütle katsayısı

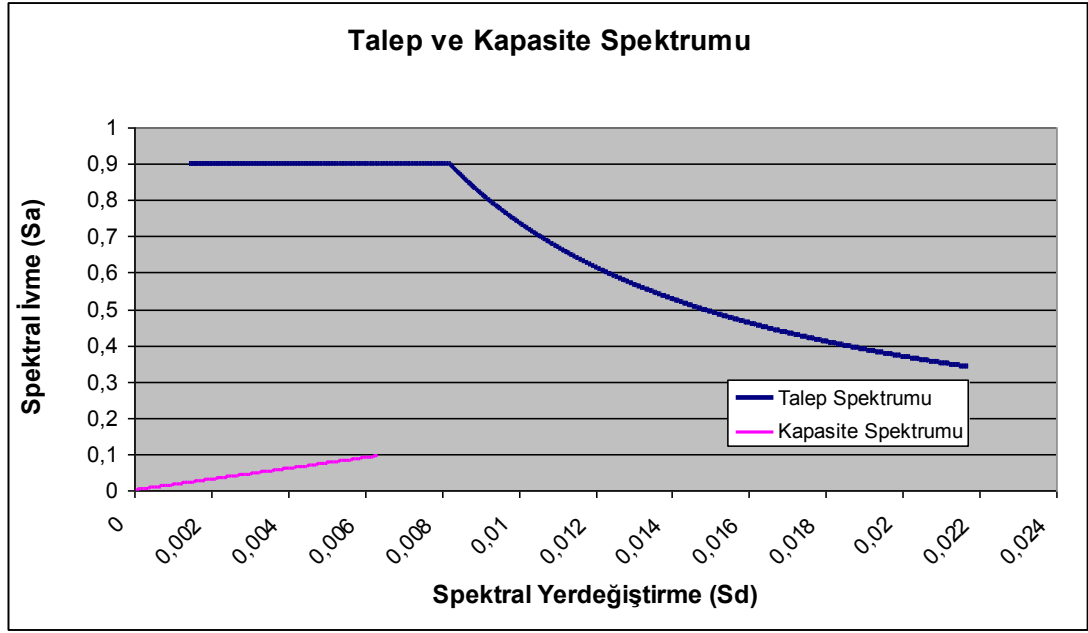


Şekil 6.6 Birinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu



Şekil 6.7 Birinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu

Belirlenen kapasite ve talep spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.8’ de belirtilmiştir.



Şekil 6.8 Birinci yapıda X yönüne ait talep ve kapasite spektrumu

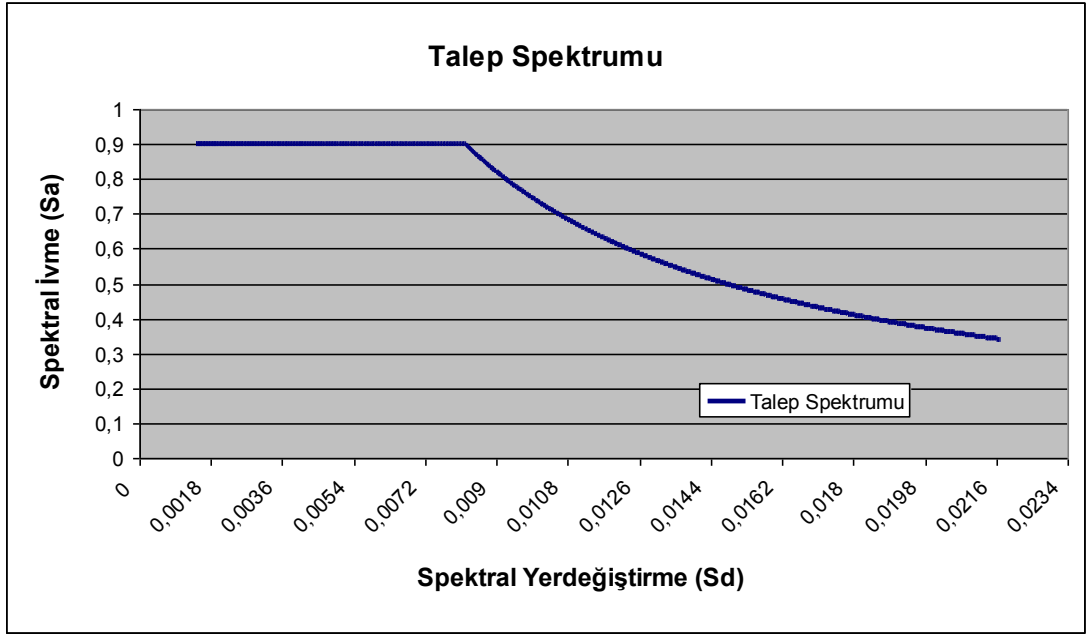
Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenemediği için, kabul edilen başlangıç performans noktası belirlenememiştir.

Talep ve kapasite spektrumunun birlikte çizilmesi sonucunda görüldüğü gibi yapının X doğrultusunda kapasitesinin çok düşük olmasından dolayı iki spektrum eğrisinin kesişmesi söz konusu değildir. Yapıda bu durumda bir performans seviyesi tanımlanamamaktadır.

6.2.6.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Yapının Y doğrultusuna ait performans noktasının belirlenmesinde X doğrultusunda yapılan inceleme ile aynı yöntem kullanılmıştır.

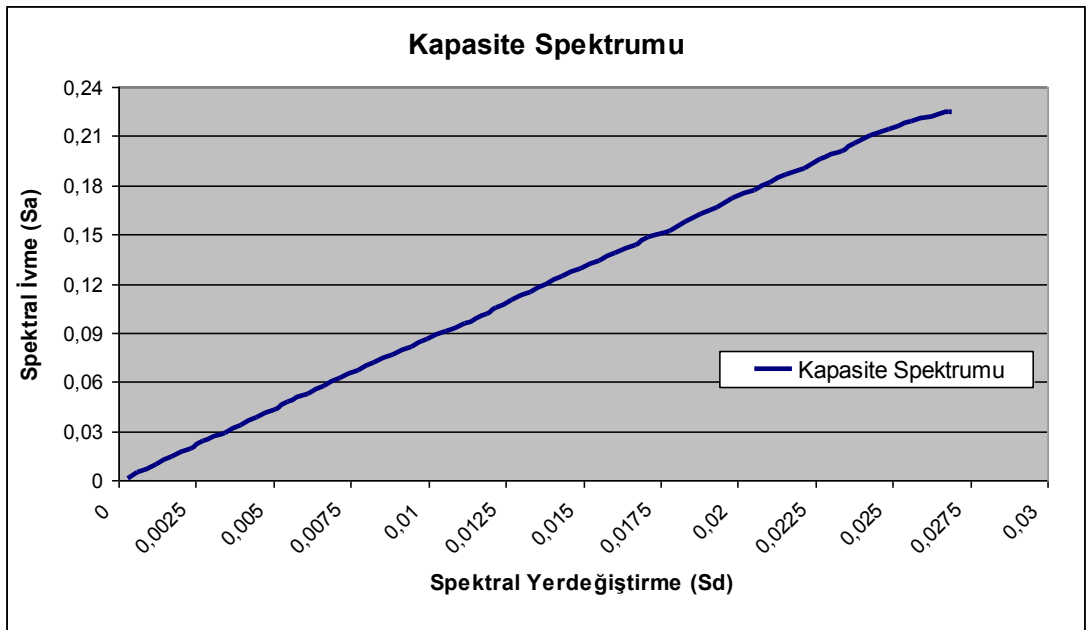
X doğrultusu için belirlenen %5 sönümlü talep spektrumu Y yönü için de aynı değerlerden oluşmaktadır ve Şekil 6.9’ da verilmiştir.



Şekil 6.9 Birinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

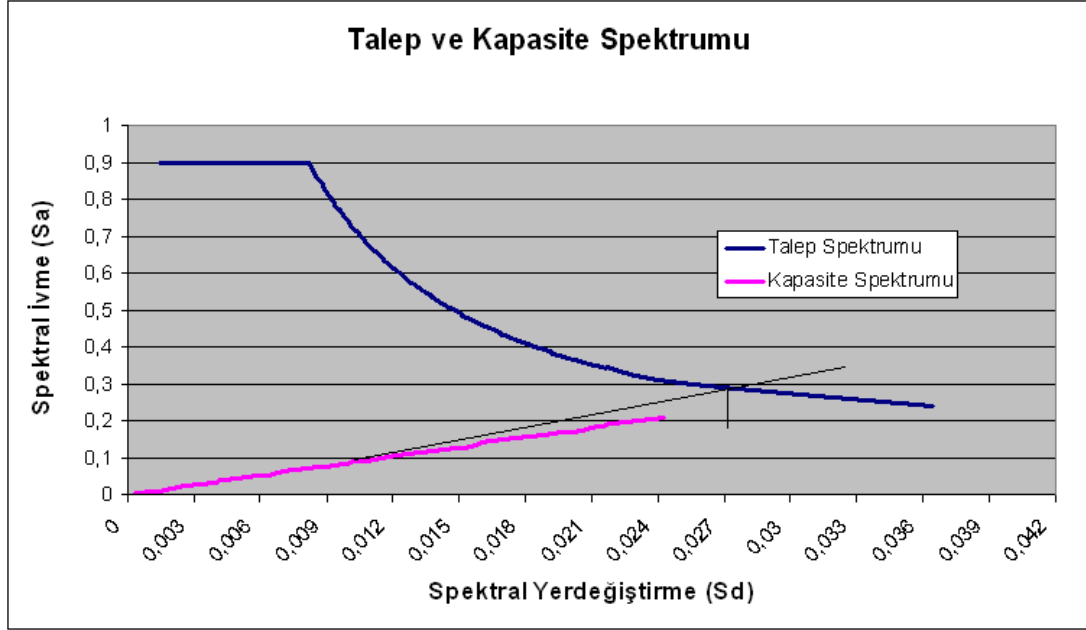
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{11} değerleri modal analiz sonucunda Y doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.10 'da belirtilmiştir.

$$PF_y = 32,3988 \quad \alpha_y = 0,66336$$



Şekil 6.10 Birinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu

Belirlenen kapasite ve talep spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.11’ de belirtilmiştir.



Şekil 6.11 Birinci yapıda Y yönüne ait talep ve kapasite spektrumu

Kapasite spektrumu ile talep spektrumu aynı grafik üzerinde Şekil 6.11’ de belirtilmiştir. Kapasite spektrumunun doğrusal olan kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki iz düşümü mevcut değildir. Talep ve kapasite spektrumunun birlikte çizilmesi sonucunda görüldüğü gibi yapının Y doğrultusunda da kapasitesinin düşük olmasından dolayı iki spektrum eğrisinin kesişmesi söz konusu değildir. Yapıda bu durumda bir performans seviyesi tanımlanamamaktadır.

Sonuç olarak yapı bir birine dik iki deprem doğrultusu için de çok düşük bir kapasiteye sahiptir. Yapının çerçeveleri arasına perde elemanlar ilave edilmesi ve uçlardaki kolonların mantolanması şeklinde bir güçlendirme yöntemi seçilmiştir.

6.2.7 Birinci Yapının Güçlendirilmesi

Yapılan analiz sonucunda yapının her iki deprem doğrultusu için de çok düşük bir kapasiteye sahip olduğu gözlenmiştir. Yapıya perde elemanlar ilave edilerek taşıyıcı sistemde iyileştirme yapılması amaçlanmıştır (Şekil A.6). Perdeler için kritik perde yükseklikleri ve perde uç bölgeleri Türk Deprem Yönetmeliği (1997)’nde tarifi yapılan esaslara göre hesaplanmıştır. Perdelerin uçlarındaki kolonların mantolanarak

çevrelenmesi uygun görülmüştür. Perde ilavesi nedeniyle temellerde de güçlendirme yapılması gerekebilir. Bu konuya burada yer verilmemiştir. Çünkü amaç ele alınan yapının performans yönüyle değerlendirilmesidir. Sistem geometrisi değişen yapı için yeni eklenen kısımlar tekrar tanımlanmış ve değişen yapı değerleri için yeniden hesap yapılmıştır. Güçlendirilmiş sistemin analizi aynı adımlar tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.2.7.1 Güçlendirilmiş Yapının Kütle ve Ağırlıklarının Hesabı

Yapı güçlendirilirken eklenen perde ve mantolanan kolonlar nedeniyle sabit yüklerden oluşan kat ağırlıklarında artış olmuştur. Bu nedenle kat ağırlıkları yeniden hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.13' ve Tablo 6.14' de belirtilmiştir.

Tablo 6.13 Güçlendirilmiş yapının sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları

Kat No	Döşeme (kN)	Kiriş (kN)	Kolon (kN)	Duvar (kN)	g_i (kN)
4. kat	929,04	335,79	1173,68	595,26	3033,77
3. kat	929,04	335,79	1173,68	595,26	3033,77
2. kat	929,04	335,79	1173,68	595,26	3033,77
1. kat	929,04	335,79	1173,68	595,26	3033,77
zemin kat	929,04	755,97	1308,10	595,26	3588,36
bodrum kat	637,00	84,96	1281,15	129,51	2132,61
Toplam:					17856,03

Tablo 6.14 Güçlendirilmiş birinci yapının kat ağırlıkları

Kat No	g_i (kN)	$0,30 \cdot q_i$ (kN)	$g_i + n \cdot q_i$
4. kat	3033,77	119,45	3069,60
3. kat	3033,77	159,26	3081,55
2. kat	3033,77	159,26	3081,55
1. kat	3033,77	159,26	3081,55
zemin kat	3588,36	159,26	3636,14
bodrum kat	2132,61	109,20	2165,37
17856,03		Toplam: 18115,74	

6.2.7.2 Güçlendirilmiş Yapıda Sisteme Etkiyen Yüklerin Hesabı

Yapıya eklenen perdeler ve mantolanan kolonların ağırlıkları program tarafından hesaplanacağı için yapının ilk hali için kullanılan düşey yük değerleri güçlendirilmiş durum için de aynı değerler kullanılmıştır.

Güçlendirilmiş durumda yapının ağırlığı ve periyot değerleri değiştiği için yatay kuvvetler yeniden hesaplanmıştır. Yeni kat ağırlıklarına göre yapılan hesap sonucu bulunan katlara ait eşdeğer deprem yükleri Tablo 6.15’ de belirtilmiştir.

$$T_x=0,397 \text{ s} \quad T_y= 0,324 \text{ s}$$

$$S(T_x)= S(T_y)= 2,5 \quad \rightarrow T_A < T_y < T_x < T_B$$

$$A(T_x)= A(T_y)= A_0 \cdot I \cdot S(T) = 0,3 \cdot 1 \cdot 2,5 = 0,75$$

$$W=18115,74 \text{ kN}$$

$$V_t = W \cdot A(T)/R_a(T) \geq 0,10 \cdot A_0 \cdot W$$

$$V_{tx}= V_{ty}= 3396,7 \text{ kN}$$

Tablo 6.15 Güçlendirilmiş birinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı

i. kat	i. katın yerden yüksekliği (m)	i. katın toplam ağırlığı (kN)	$w_i \cdot H_i$	F_i (kN)
4. kat	17,50	3069,60	53718,01	983,93
3. kat	14,50	3081,55	44682,41	818,43
2. kat	11,50	3081,55	35437,77	649,10
1. kat	8,50	3081,55	26193,14	479,77
zemin kat	5,50	3636,14	19998,77	366,31
bodrum kat	2,50	2165,37	5413,42	99,16

Toplam Kuvvet (kN) : 3396,70

6.2.8 SAP 2000 Programı ile Analiz Yapılması

6.2.8.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması

Güçlendirilen yapının SAP 2000 programında analizi için, yapının ilk halinde eklenen perdeler ve mantolanan kolonlar için değişiklikler yapılmıştır. Sistem modeli yeniden oluşturulduktan sonra, ilk durum için yapılan işlemler tekrarlanmıştır.

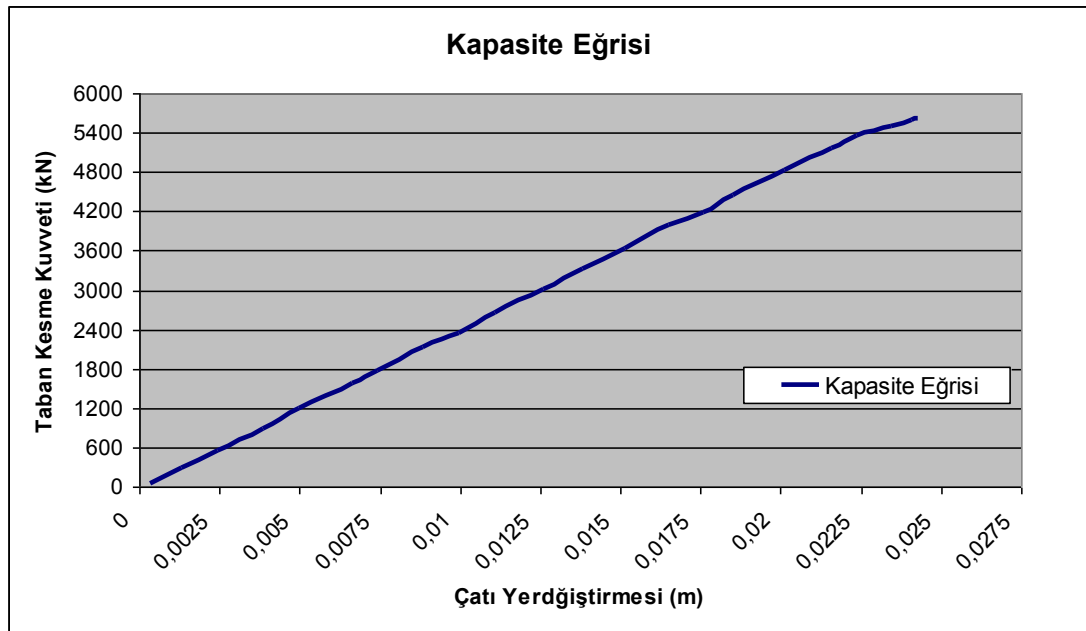
İlk olarak modal analiz yapılmıştır. Analiz sonucu bulunan periyotlar ve kat ötelemeleri Tablo 6.16’ da belirtilmiştir.

Tablo 6.16 Güçlendirilmiş birinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri

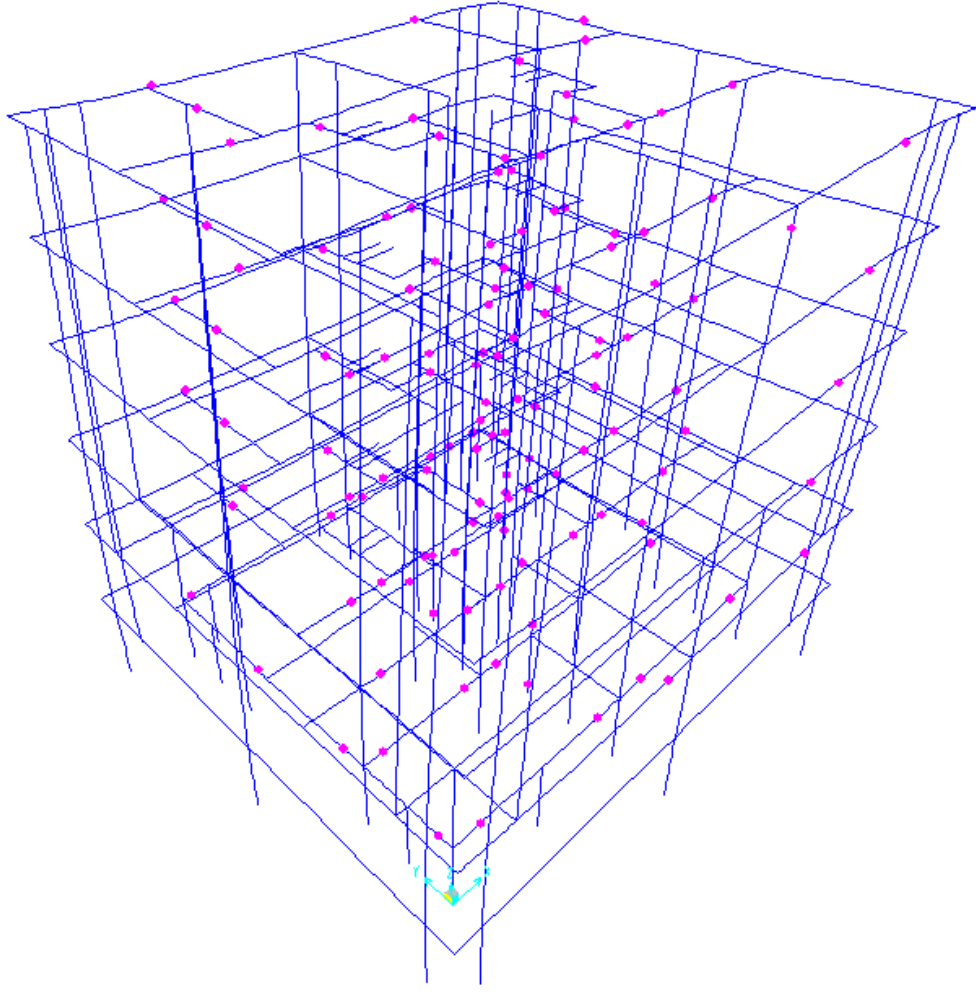
Tx= 0,397 s Ty= 0,324 s		
Kat No	Φ_{xi} (m)	Φ_{yi} (m)
4. kat	0,0363	0,0414
3. kat	0,0287	0,0304
2. kat	0,0207	0,0188
1. kat	0,0129	0,0084
zemin kat	0,0061	0,0011
bodrum kat	0,0012	0,0008

6.2.8.2 Güçlendirilmiş Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Güçlendirilmiş sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, X yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 5609,71$ kN ve çatı yerdeğiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,0243$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yerdeğiştirmesi grafiği Şekil 6.12 ‘de gösterilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 1,65$ olarak bulunmuştur. Sistemde 128 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.13).



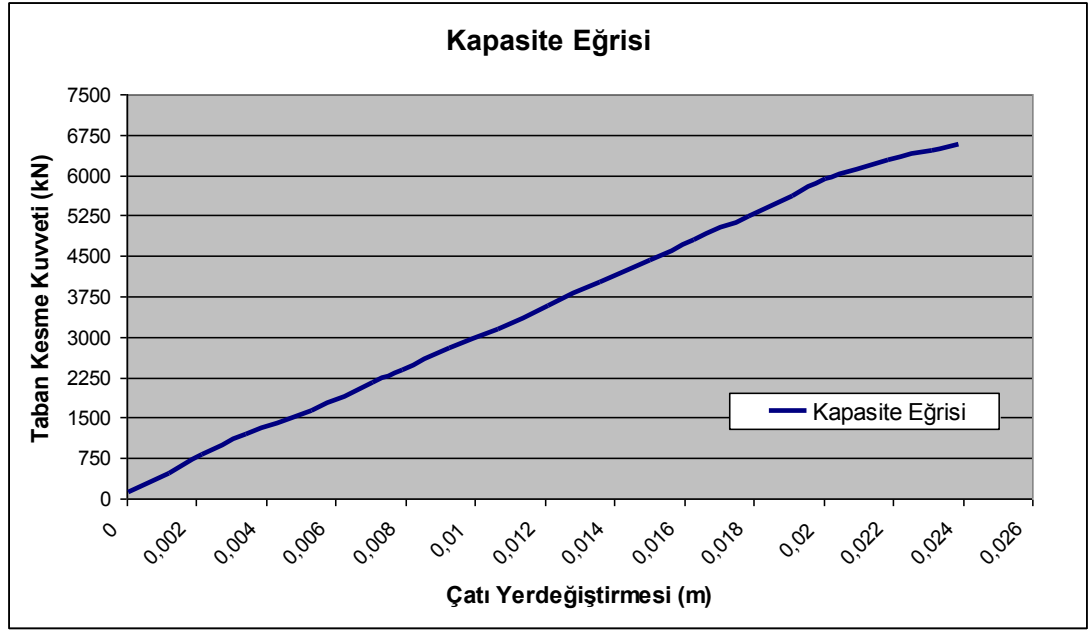
Şekil 6.12 Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



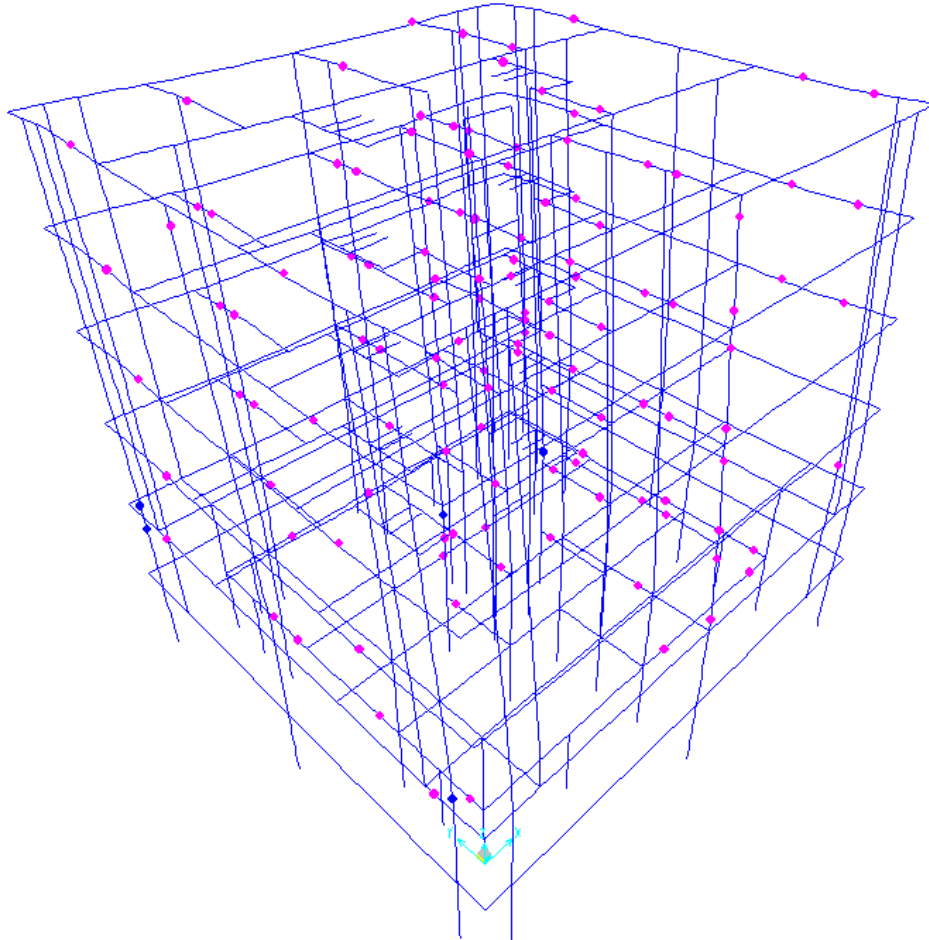
Şekil 6.13 Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar

6.2.8.3 Güçlendirilmiş Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Güçlendirilmiş sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, Y yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 6564,40$ kN ve çatı yerdeğiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,0239$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yerdeğiştirmesi grafiği Şekil 6.14 ‘te belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 1,93$ olarak bulunmuştur. Sistemde 123 adet(B-IO) hemen kullanım seviyesinde, 5 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 128 adet plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.15).



Şekil 6.14 Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



Şekil 6.15 Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar

6.2.9 Güçlendirilmiş Yapının Performans Noktasının İncelenmesi

Bu bölümde analiz sonucunda belirlenen her iki doğrultudaki kapasite eğrileri ve talep spektrumu kullanılarak yapılan işlemler sonucunda yapıya ait performans noktası bulunacaktır.

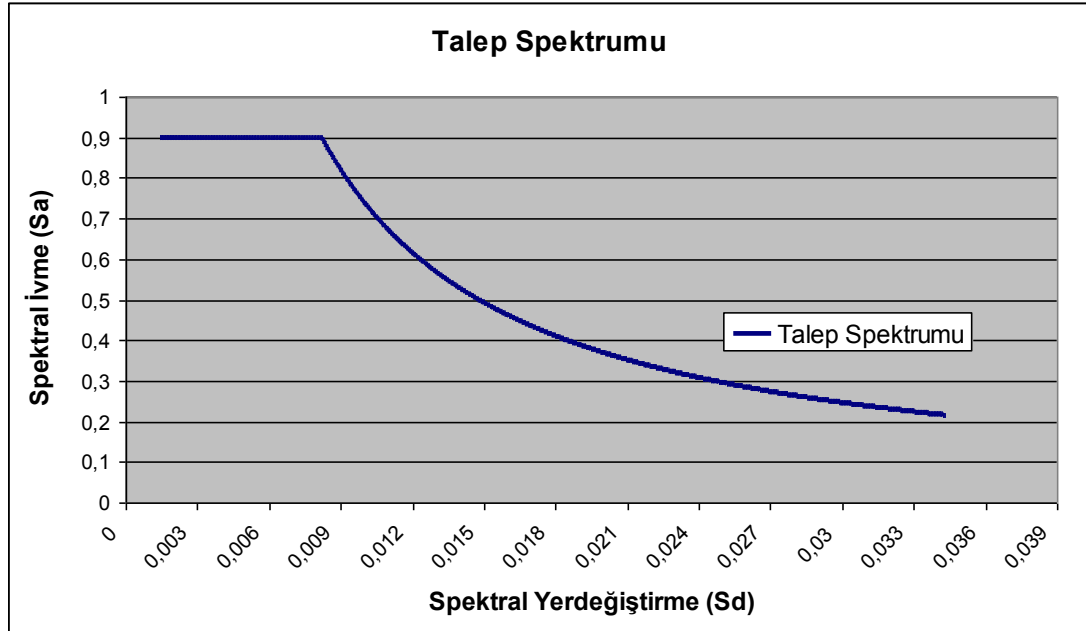
6.2.9.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Bölüm 6.2.6 da hesaplanan C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak Şekil 6.16’da gösterilen %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Spektrum oluşturulurken periyot yerine spektral yer değiştirme değerleri $S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2$ formülünden hesaplanarak yazılmıştır.

$$S_a = 2.5 * C_A = 0.9$$

$$T_s = C_V / (2.5 * C_A) = 0.6$$

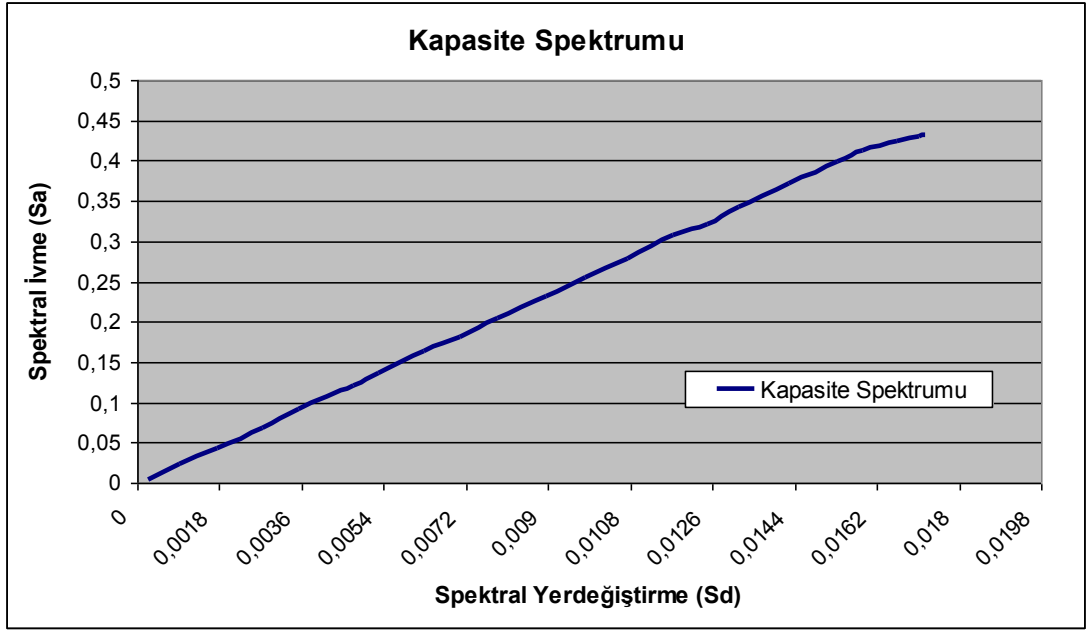
$$T_a = 0.2 * T_s = 0.12$$



Şekil 6.16 Güçlendirilmiş birinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

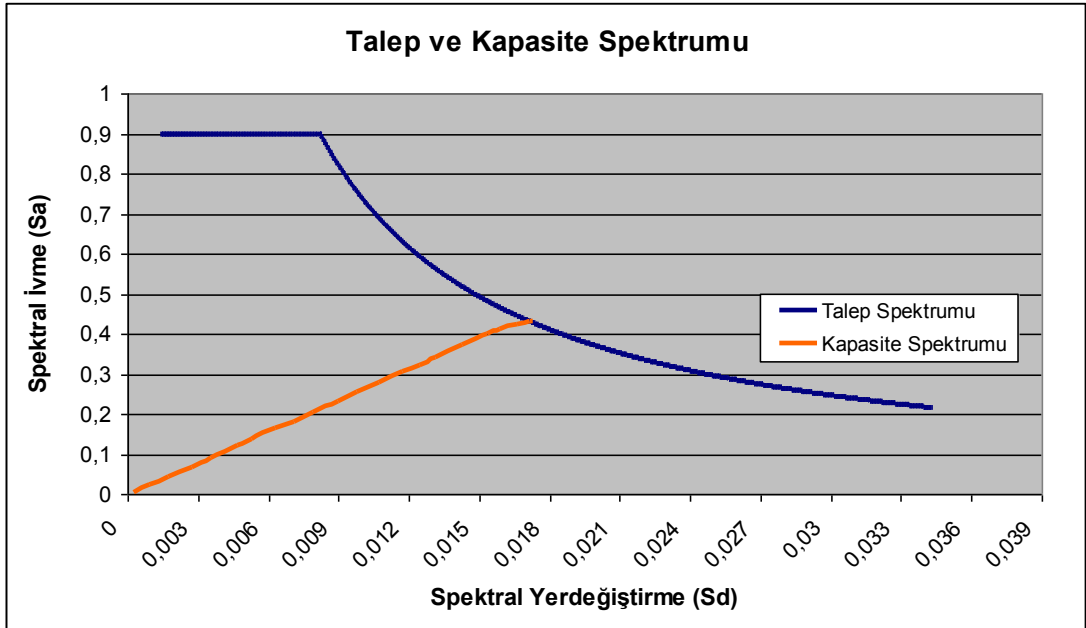
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{11} değerleri modal analiz sonucunda X doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.17’de verilmiştir.

$$PF_x = 29,268 \quad \alpha_x = 0,674$$



Şekil 6.17 Güçlendirilmiş birinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu

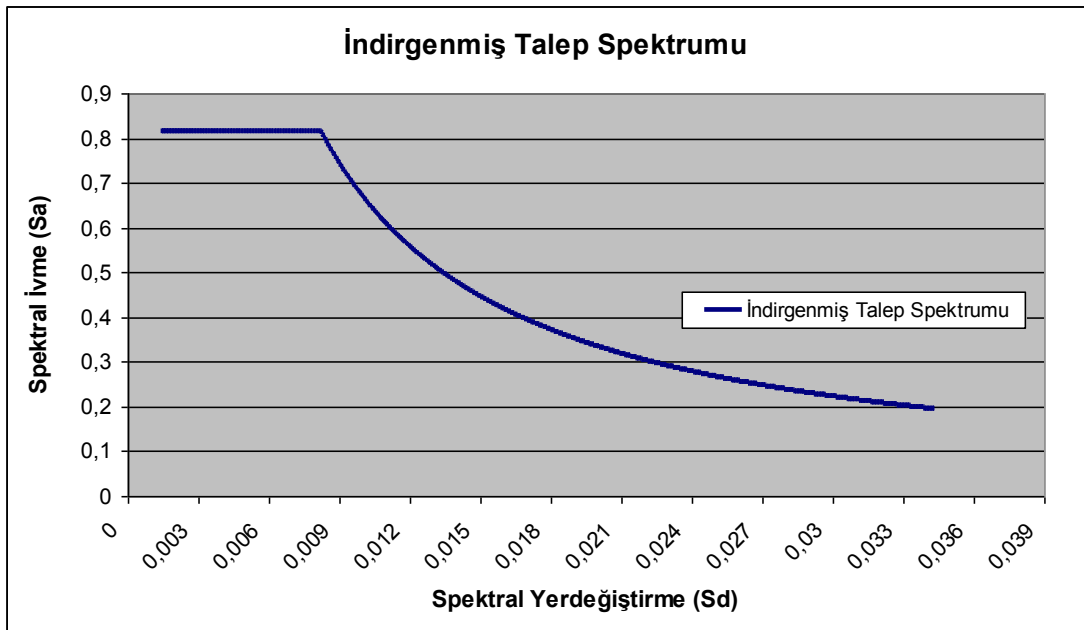
Talep spektrumu ile kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.18’ de belirtilmiştir. Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api}=0,4120$, ve $S_{dpi}=0,0158$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans seviyesidir.



Şekil 6.18 Güçlendirilmiş birinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası

Kapasite spektrumu başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumunun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay} = 0,3182$ $S_{dy} = 0,0126$ olarak okunmuştur.

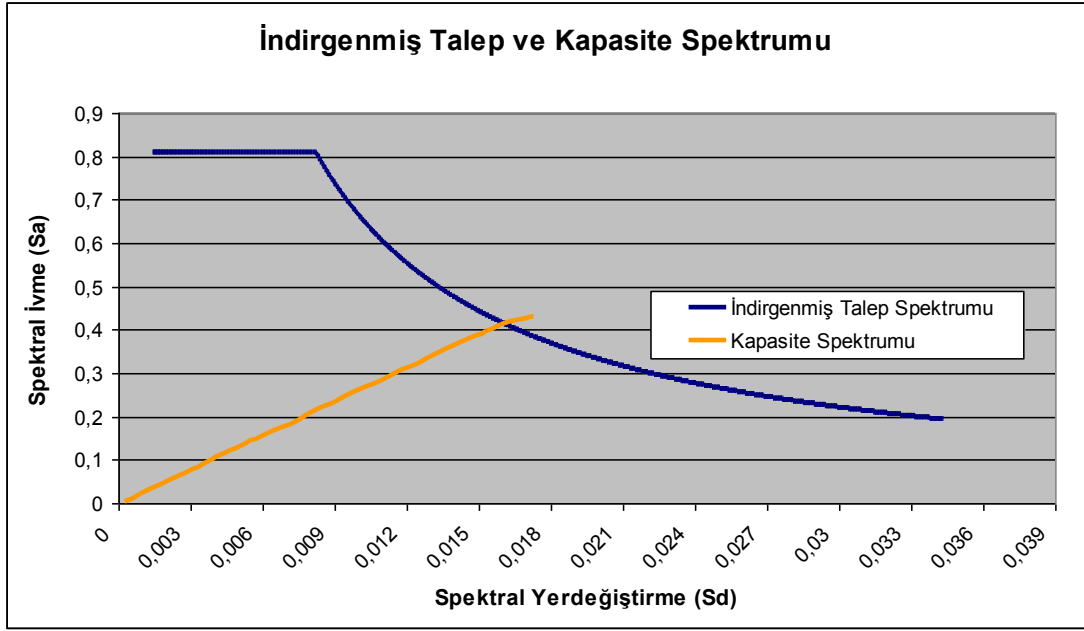
Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)' dan yararlanılmıştır. Mevcut yapının davranışı zayıf olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)' dan $\beta_{eff} = 0,0662$ (toplam etkili sönüm oranı) olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A = 0,907$ ve $SR_V = 0,930$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiş ve Şekil 6.19' da görüldüğü gibidir.



Şekil 6.19 Güçlendirilmiş birinci yapı için X yönüne ait indirgenmiş talep spektrumu

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.20' de verilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap} = 0,4236$ ve $S_{dp} = 0,0159$ olarak okunmuştur.

$$0,95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1,05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,0150 < 0,0159 < 0,0166$$



Şekil 6.20 Güçlendirilmiş birinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması

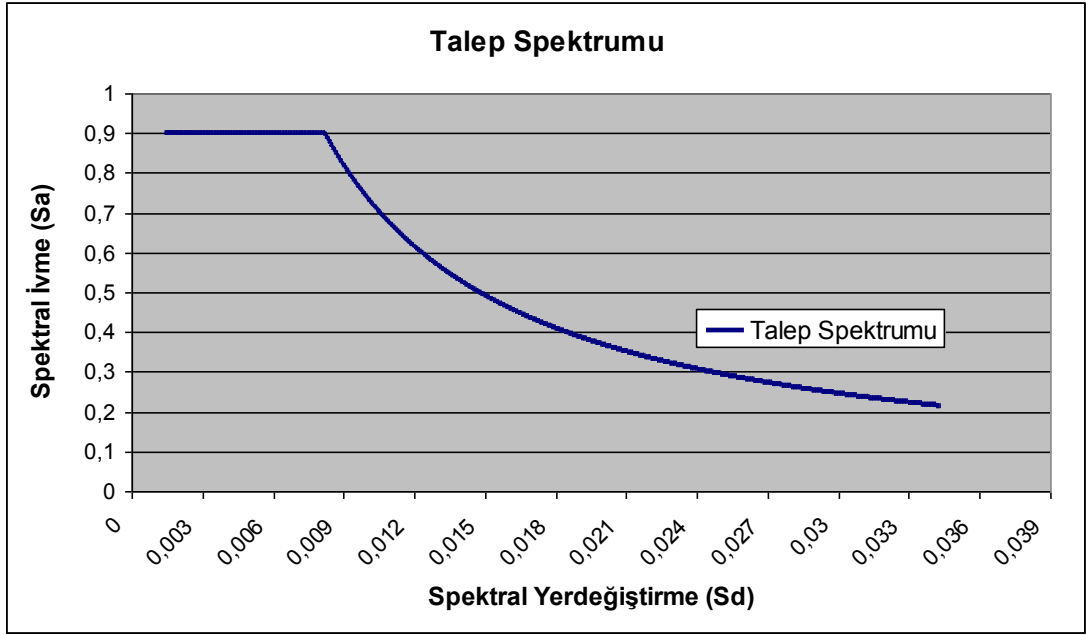
6.2.9.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Yapının Y doğrultusuna ait performansının hesaplanmasında da aynı işlemler sıralanacaktır. Bölüm 6.2.6 da hesaplanan C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak Şekil 6.21’de gösterilen %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Spektrum oluşturulurken periyot yerine spektral yer değiştirme değerleri $S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2$ formülünden hesaplanarak yazılmıştır.

$$S_a = 2,5 * C_A = 0,9$$

$$T_s = C_V / (2,5 * C_A) = 0,6$$

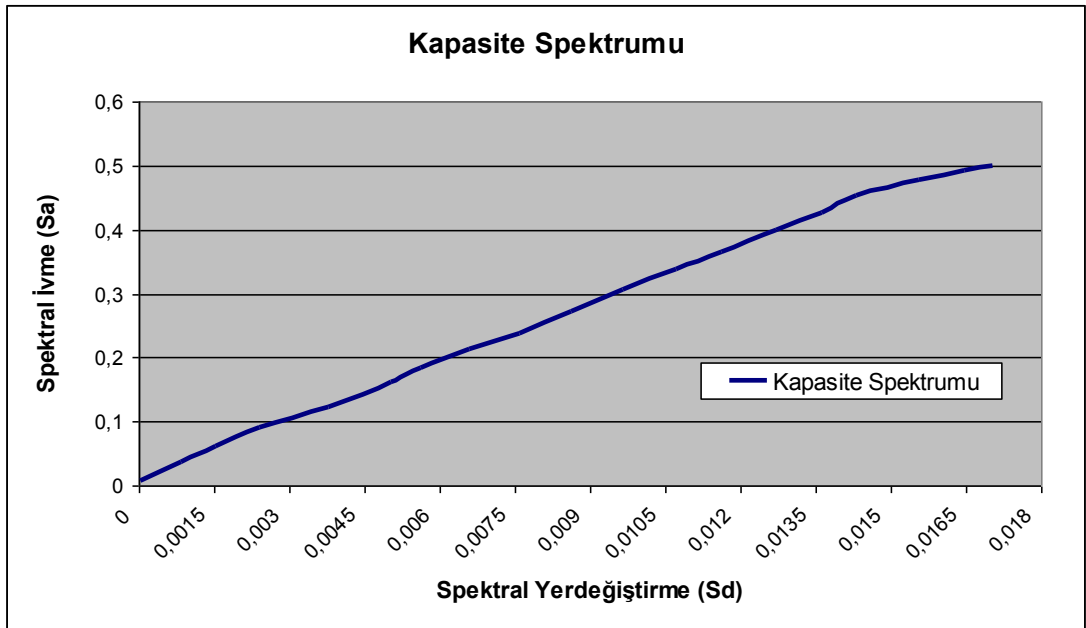
$$T_a = 0,2 * T_s = 0,12$$



Şekil 6.21 Güçlendirilmiş birinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

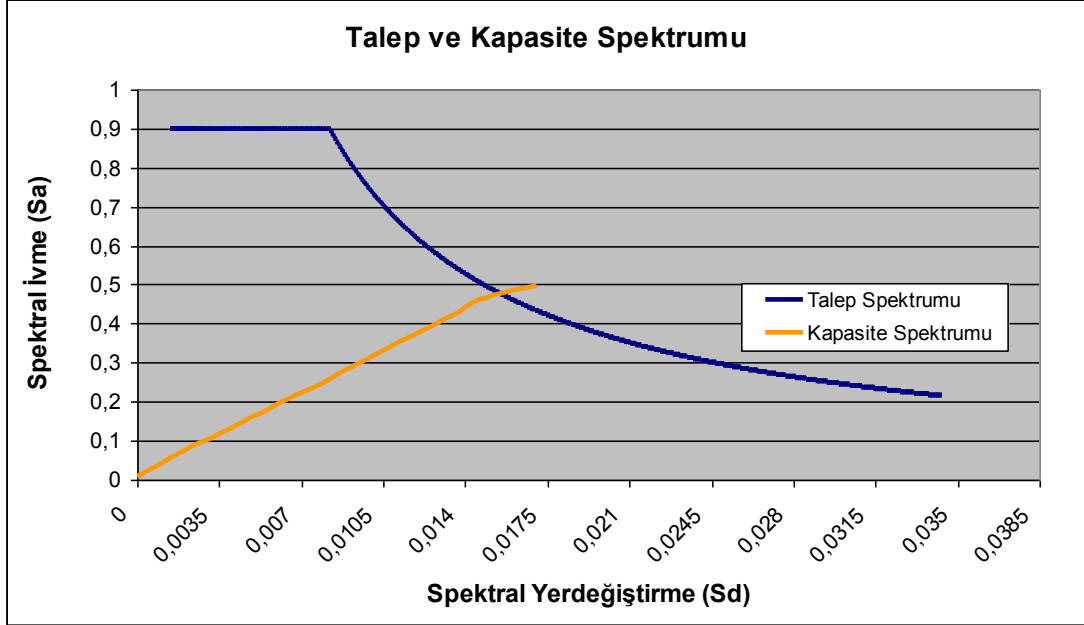
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{11} değerleri modal analiz sonucunda Y doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.22' de belirtilmiştir.

$$PF_y = 36,4214 \quad \alpha_y = 0,6824$$



Şekil 6.22 Güçlendirilmiş birinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu

Talep spektrumu ile kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.23’ de belirtilmiştir. Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api}= 0,4236$, ve $S_{dpi}= 0,0138$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans seviyesidir.



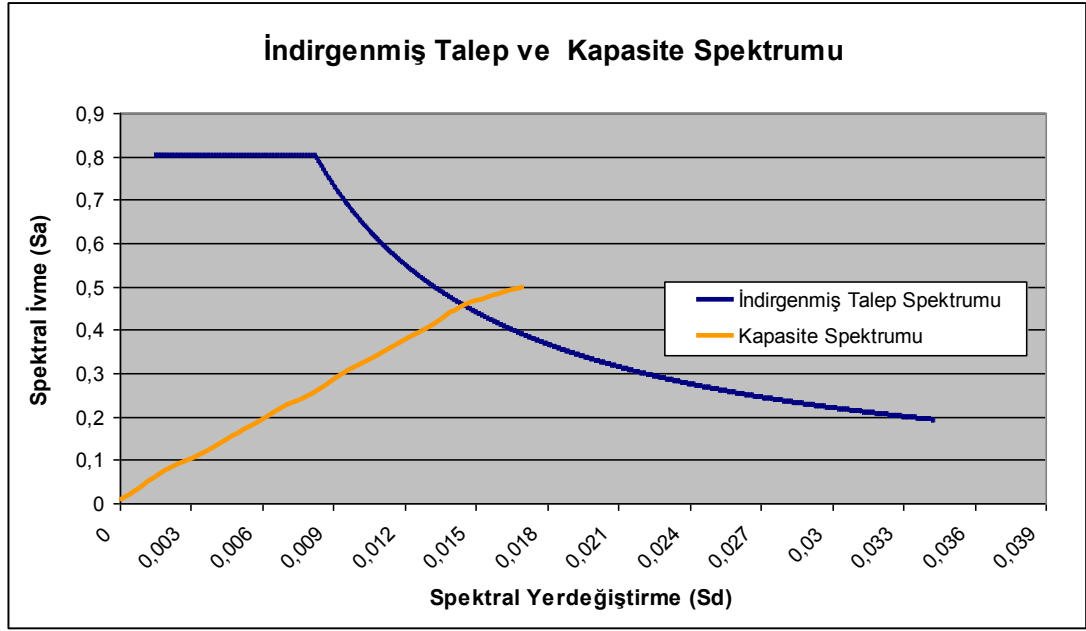
Şekil 6.23 Güçlendirilmiş birinci yapı için Y yönüne ait başlangıç performans noktası

Kapasite spektrumu başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanları eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay}= 0,0962$, $S_{dy}= 0,0031$ olarak okunmuştur.

Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)’ dan yararlanılmıştır. Yapı davranışı zayıf mevcut bina olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)’ dan $\beta_{eff}= 0,06934$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A= 0,893$ ve $SR_V= 0,919$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiş ve Şekil 6.24’ te belirtilmiştir.

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.24’ da belirtilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap}= 0,4519$ ve $S_{dp}= 0,0142$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,0131 < 0,01412 < 0,0145$$



Şekil 6.24 Güçlendirilmiş birinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması

6.2.10 Birinci Yapı İçin Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu bölümde analizi yapılan birinci yapıyla ilgili sonuçların değerlendirilmesi özetlenmiştir. Mevcut yapının SAP 2000 programında yapılan analiz sonucu bulunan değerler Tablo 6.17’ de özetlenmiştir.

Tablo 6.17 Birinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları

Yön	$\Delta_{göçme}$ (m)	$V_{göçme}$ (kN)	$P_{göçme}$	Oluşan Plastik Mafsals Sayısı
				(B-IO)
X	0,0084	1005,25	0,34	59
Y	0,0370	2360,48	0,79	104

Yapının mevcut halinin analiz yapılmasından birbirine dik her iki deprem doğrultusu için de kapasitesinin çok düşük olduğu görülmüştür. Yapının X yönündeki kapasitesi Y yönüne nazaran daha da düşüktür. Bunun nedeni ise Y yönünde çalışan perde sayısının X yönüne göre daha fazla olmasıdır.

Yapının SAP 2000 programında analizi sonucunda elde edilen değerler yardımıyla performans noktası hesaplanmaya çalışılmıştır. Fakat her iki yön için de kapasitenin oldukça düşük olması nedeniyle, mevcut yapıda bir performans seviyesi

belirlenememiştir. Bu durum yapının alt sınır değeri olan güç tükenmesi performans seviyesinin de altında bir performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Yapıya perde elemanlar ilave edilerek taşıyıcı sistemde iyileştirme yapılması amaçlanmıştır. Perdelerin bağlandığı kolonlar mantolanarak perdelerle beraber çalışması sağlanmıştır.

Güçlendirme sonucu SAP 2000 programı yardımıyla yapılan statik itme analizi sonucunda bulunan değerler Tablo 6.18’ de belirtilmiştir.

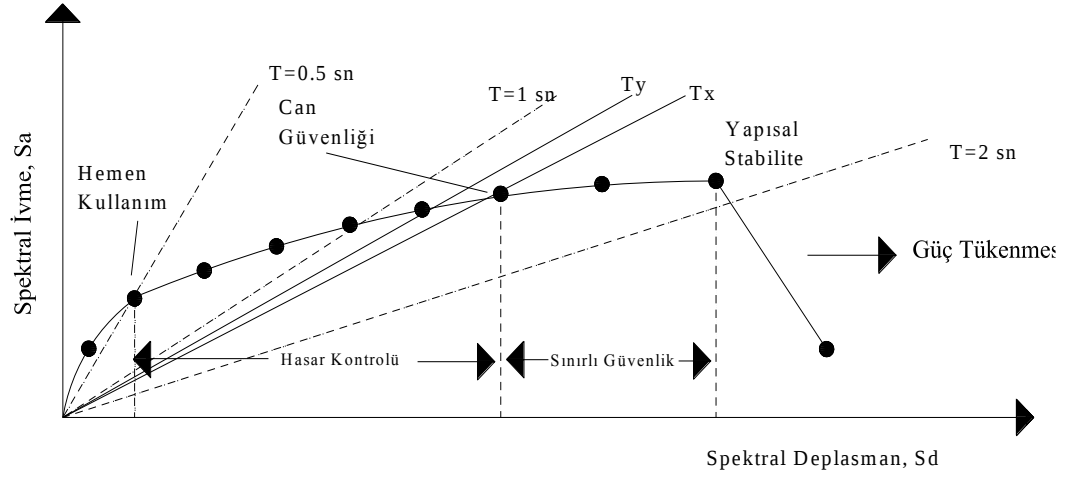
Tablo 6.18 Güçlendirilmiş birinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları

Yön	$\Delta_{göçme}$ (m)	$V_{göçme}$ (kN)	$P_{göçme}$	Oluşan Plastik Mafsalsayısı	
				(B-IO)	(IO-LS)
X	0,0243	5609,71	1,65	128	*
Y	0,0239	6564,40	1,93	123	5

Güçlendirme sonucunda analiz sonuçları kullanılarak performans noktası hesaplanmıştır. X yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim\%6.62$ performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,4236$ ve $S_{dp} = 0,0159$ olarak hesaplanmıştır. Y yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim\%6.93$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,4519$ ve $S_{dp} = 0,0142$ olarak hesaplanmıştır.

Güçlendirme sonucunda her iki yönde de zayıf olan yapının, eklenen perdeler ve mantolanan kolonlar yardımıyla deprem güvenliği arttırılmıştır. Yapıya etki eden yatay deprem kuvveti mevcut ve eklenen perdeler yardımıyla karşılanmaktadır. Güçlendirme sonucu yatay yük parametresinde X yönü için 4,85 Y yönü için 2,44 kat artış sağlanmıştır.

Güçlendirilmiş yapının performans seviyesinin isimlendirilmesinde Şekil 6.25’ de görülen eğriden faydalanılır. Bulunan performans noktasının koordinatları kullanılarak $T = 2\pi\sqrt{(S_d / S_a)}$ yardımıyla $T_x = 1,21$ s ve $T_y = 1,11$ s olarak bulunur. Bulunan bu periyot değerlerine göre yapının performans seviyesi belirlenmiştir. X ve Y yönü için yapı ‘‘Hasar Kontrolü’’ aralığındadır.



Şekil 6.25 Güçlendirilmiş birinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

Taşıyıcı olmayan elemanlar için can güvenliği performans seviyesinin seçilmesi halinde X ve Y yönleri için oluşan bina performans seviyesi Tablo 6.19' dan bulunabilir.

Tablo 6.19 Güçlendirilmiş birinci yapı için performans seviyesi

Yapısal Olmayan Performans Seviyeleri	Yapısal Performans Seviyeleri					
	S-1 Hemen Kullanım	S-2 Kontrollü Hasar Aralığı	S-3 Can Güvenliği	S-4 Sınırlı Güvenlik Aralığı	S-5 Yapısal Stabilité	S-6 Hasarın Göz Önüne Alınmadığı Durum
N-A Kullanıma Devam	1-A Kullanıma Hemen Devam	2-A	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez
N-B Hemen Kullanım	1-B Hemen Kullanım	2-B	3-B	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez
N-C Can Güvenliği	1-C	2-C	3-C Can Güvenliği	4-C	5-C	6-C
N-D Azaltılmış Hasar	Tavsiye Edilmez	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
Hasarın Göz Önüne Alınmadığı Durum	Tavsiye Edilmez	Tavsiye Edilmez	3-E	4-E	5-E Yapısal Stabilité	Uygulanamaz

6.3 İkinci Yapının İncelenmesi

6.3.1 Genel Yapı Bilgileri

İnceleme konusu olan ikinci yapı bir zemin kat ve beş normal kattan oluşmakta olan bir konut yapısıdır. Bina da zemin kat alanı 192 m^2 , normal katlar alanı ise $268,25 \text{ m}^2$ dir. Plandan da anlaşılabacağı üzere, yapının zemin kat tavan kalıbından itibaren dış aksların $1,25 \text{ m}$ ötelenmesiyle konsollar teşkil edilmiş ve böylece 1. kat üzerindeki diğer katların kullanım alanlarında artış sağlanmıştır. Zemin katın üzerindeki katların dış akslarındaki kolonlarda bu şekilde ötelenerek kısa konsol kirişlerin uçlarına oturtulmuştur. Bu şekli ile yapı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'te tanımlanan, B3 türü Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği, düzensizliğine sahip bir binadır.

Kat yükseklikleri her kat için $3,0 \text{ m}$ dir. Bina toplam yüksekliği $18,0 \text{ m}$ dir. Bina taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Yapıda betonarme perdeler mevcut değildir. Yapıya ait kalıp planları Şekil A.8 ve Şekil A.9'da gösterilmektedir. Yapı planda her iki yönde de simetriktir.

Binaya ait bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

➤ Kat sayısı	: Zemin kat + 5 normal kat
➤ Kat yüksekliği	: $3,0 \text{ m}$
➤ Toplam bina yüksekliği	: $18,0 \text{ m}$
➤ Dış duvar kalınlığı	: 19 cm
➤ Dış duvar malzemesi	: Delikli tuğla (20/20/19) cm
➤ İç duvar kalınlığı	: 9 cm
➤ İç duvar malzemesi	: Delikli tuğla (20/20/9) cm
➤ Döşeme kalınlığı	: 12 cm
➤ Deprem bölgesi	: 1. derece
➤ Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R)	: 4
➤ Yerel zemin sınıfı	: Z_3
➤ Zemin spektrum karakteristik periyotları	: $T_A=0,15 \text{ sn}$ ve $T_B=0,60 \text{ sn}$

➤ Bina önem katsayısı	: 1
➤ Beton sınıfı	: C 20
➤ f_{ck}	: 20 N/mm ²
➤ E_c	: 28000 N/mm ²
➤ Çelik sınıfı	: S 220
➤ f_{yd}	: 220 N/mm ²

6.3.2 Kiriş – Kolon –Boyutları ve Donatıları

Binada bulunan çerçeve kiriş boyutları 25/60 (cm/cm), dış aks kiriş boyutları ise 25/40 (cm/cm) olarak düzenlenmiştir. Kolon boyutları ve donatıları ekler bölümünde Şekil A.10’ da verilmiştir.

6.3.3 Kütle ve Ağırlıkların Hesabı

Bina toplam ağırlığı olan W,

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (6.1)$$

bağıntısından, kat ağırlıkları

$$w_i = g_i + n \cdot q_i \quad (6.2)$$

formülünden hesaplanacaktır. Burada g sabit yüklerden oluşan q ise hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıklarını, n ise hareketli yük azaltma katsayısını ifade etmektedir.

Duvar ağırlığı dış duvarlarda 3,0 kN/m², iç duvarlarda ise 2,5 kN/m² olarak alınmıştır. Her kat için hesaplanan sabit yüklerden oluşan kat ağırlık değerleri Tablo 6.20’ de verilmiştir.

Tablo 6.20 İkinci yapıda sabit yüklerden oluşan kat ağırlıkları

Kat No	Döşeme (kN)	Kiriş (kN)	Kolon (kN)	Duvar (kN)	gi (kN)
5. kat	804,75	357,00	490,50	797,70	2449,95
4. kat	804,75	357,00	490,50	797,70	2449,95
3. kat	804,75	357,00	490,50	797,70	2449,95
2. kat	804,75	357,00	490,50	797,70	2449,95
1. kat	804,75	357,00	490,50	797,70	2449,95
zemin kat	804,75	979,67	611,25	679,20	3074,87

Toplam: 15324,62

Hareketli yükler çatı katı için $1,5 \text{ kN/m}^2$, diğer katlar içinse $2,0 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Hareketli yük azaltma katsayısı $n = 0,3$ olarak belirlenmiş ve hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları hesaplanarak Tablo 6.21’de belirtilmiştir.

Tablo 6.21 İkinci yapıda hareketli yüklerden oluşan kat ağırlıkları

Kat No	qi (kN)	n.qi (kN)
5. kat	402,38	120,71
4. kat	536,50	160,95
3. kat	536,50	160,95
2. kat	536,50	160,95
1. kat	536,50	160,95
zemin kat	536,50	160,95

Bina toplam ağırlığı (6.1) ve (6.2) denklemleri kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 6.22’ te belirtilmiştir. Kat kütleleri ise Tablo 6.23’ da belirtilmiştir.

Tablo 6.22 İkinci yapı kat ağırlıkları

Kat No	gi (kN)	$0,30 \cdot q_i$ (kN)	$g_i + n \cdot q_i$
5. kat	2449,95	120,71	2570,66
4. kat	2449,95	160,95	2610,90
3. kat	2449,95	160,95	2610,90
2. kat	2449,95	160,95	2610,90
1. kat	2449,95	160,95	2610,90
zemin kat	3074,87	160,95	3235,82

Toplam: 16250,09

Tablo 6.23 İkinci yapı kat kütleleri

Kat No	w_i (kN)	m_i (Kn.s ² /m)
5. kat	2570,66	262,05
4. kat	2610,90	266,15
3. kat	2610,90	266,15
2. kat	2610,90	266,15
1. kat	2610,90	266,15
zemin kat	3235,82	329,85
Toplam:		1656,48

6.3.4 Sisteme Etkiyen Yüklerin Belirlenmesi**6.3.4.1 Düşey Yükler**

Yapıya etkiyen düşey yükler, yapı elemanlarının ağırlıklarından oluşacak yükler ve yönetmeliklerde tanımlanmış hareketli yüklerin oluşturacağı yüklerin belli güvenlik katsayılarıyla çarpılarak birleştirilmesinden oluşur.

6.3.4.2 Yatay Yükler

Yapının bilgisayar ortamında modellenerek tanımlanan kat kütleleri sonucu modal analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda yapının her iki bir birine dik deprem doğrultusu için periyot değerleri hesaplanmıştır. 1997 Türk Deprem Yönetmeliği'nde belirtildiği şekilde, eşdeğer deprem yükü yöntemine göre yatay kuvvet hesaplanmıştır.

$$T_x=0,7649 \text{ s} \quad T_y= 0,8039 \text{ s}$$

$$V_t= W.A(T)/R_a(T) \geq 0,10.A_0.W \quad (6.3)$$

$$A(T)=A_0.I.S(T) \quad (6.4)$$

$$A_0=0,4 \quad \rightarrow \text{1. derece deprem bölgesi}$$

$$I= 1 \quad \rightarrow \text{konut yapısı}$$

$$T_A= 0,15 \text{ s} \quad T_B= 0,60 \text{ s} \quad \rightarrow \text{zemin sınıfı } Z_3$$

$$S(T)= 2,5*(T_B / T)^{0.8} \quad \rightarrow T_A < T_B < T_x < T_y$$

$$S(T_x)= 2,5*(0,6 / 0,7649)^{0.8} = 2,058$$

$$S(T_y)= 2,5*(0,6 / 0,8039)^{0.8} = 1,978$$

$$A(T_x) = 0,4 \cdot 1 \cdot 2,058 = 0,8232 \quad , \quad A(T_y) = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,978 = 0,7912$$

$$W = 16250,087 \text{ kN} \quad , \quad R = 4$$

$$V_{tx} = 16250,087 \cdot 0,8232 / 4 = \underline{3344,268 \text{ kN}}$$

$$V_{ty} = 16250,087 \cdot 0,7912 / 4 = \underline{3214,267 \text{ kN}}$$

$$F_i = w_i \cdot H_i / \sum (w_i \cdot H_i) \quad (6.5)$$

Hesaplanan toplam yatay kuvvetin (6.5) formülü kullanılarak katlara dağılımı yapılmış ve sonuçlar Tablo 6.24 ve 6.25’ te belirtilmiştir.

Tablo 6.24 İkinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı – X yönü

i. kat	i. katın yerden yüksekliği, H_i (m)	i. katın toplam ağırlığı, w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$	F_i (kN)
5. kat	18	2570,66	46271,93	934,25
4. kat	15	2610,90	39163,50	790,72
3. kat	12	2610,90	31330,80	632,58
2. kat	9	2610,90	23498,10	474,43
1.kat	6	2610,90	15665,40	316,29
zemin kat	3	3235,82	9707,47	196,00

Toplam (kN): 3344,27

Tablo 6.25 İkinci yapıda yatay kuvvetin katlara dağılımı – Y yönü

i. kat	i. katın yerden yüksekliği, H_i (m)	i. katın toplam ağırlığı, w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$	F_i (kN)
5. kat	18	2570,66	46271,93	897,93
4. kat	15	2610,90	39163,50	759,99
3. kat	12	2610,90	31330,80	607,99
2. kat	9	2610,90	23498,10	455,99
1.kat	6	2610,90	15665,40	303,99
zemin kat	3	3235,82	9707,47	188,38

Toplam (kN): 3214,27

6.3.5 İkinci Yapıda SAP 2000 Programında Analiz Yapılması

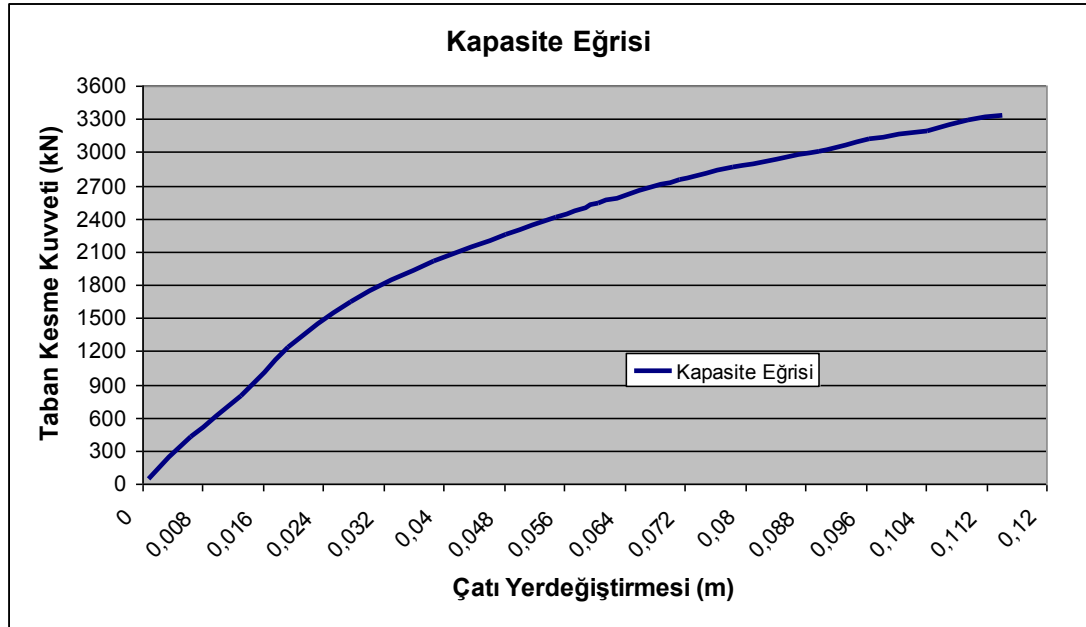
Birinci yapı için yapılmış olan analiz adımları bu yapı için de kullanılmıştır. Sistemin üç boyutlu modeli tamamlandıktan sonra yapılan modal analiz sonucu bulunan kat ötelemeleri ve yapıya ait iki doğrultudaki periyotlar Tablo 6.26’da belirtilmiştir.

Tablo 6.26 İkinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri

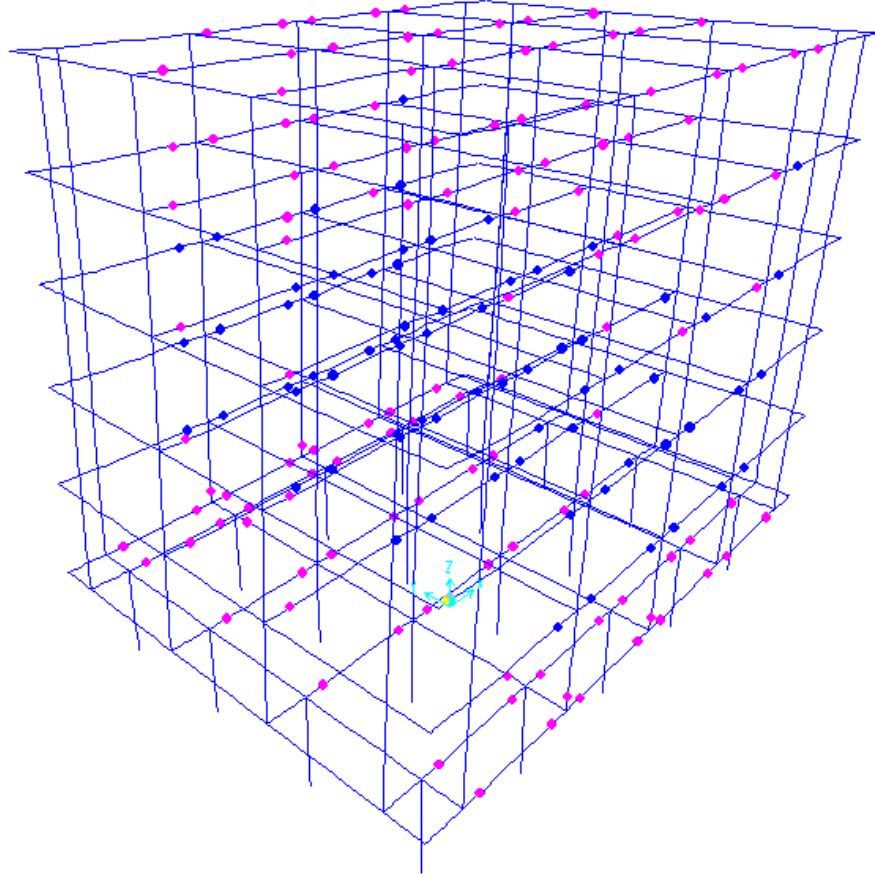
Tx= 0,7649 s Ty= 0,8039s		
Kat No	Φ_{xi} (m)	Φ_{yi} (m)
5. kat	0,03776	0,03792
4. kat	0,03338	0,03334
3. kat	0,02718	0,02706
2. kat	0,01933	0,01924
1. kat	0,01070	0,01071
Zemin kat	0,00315	0,00321

6.3.5.1 İkinci Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, X yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 3320,7805$ kN ve çatı yerdeğiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,1145$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yerdeğiştirmesi grafiği Şekil 6.26 ‘da belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 0,9929$ olarak bulunmuştur. Sistemde 122’si hemen kullanım seviyesi (B-IO), 70’i hasar kontrol aralığında (IO-LS), olmak üzere toplam 192 adet plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.27).



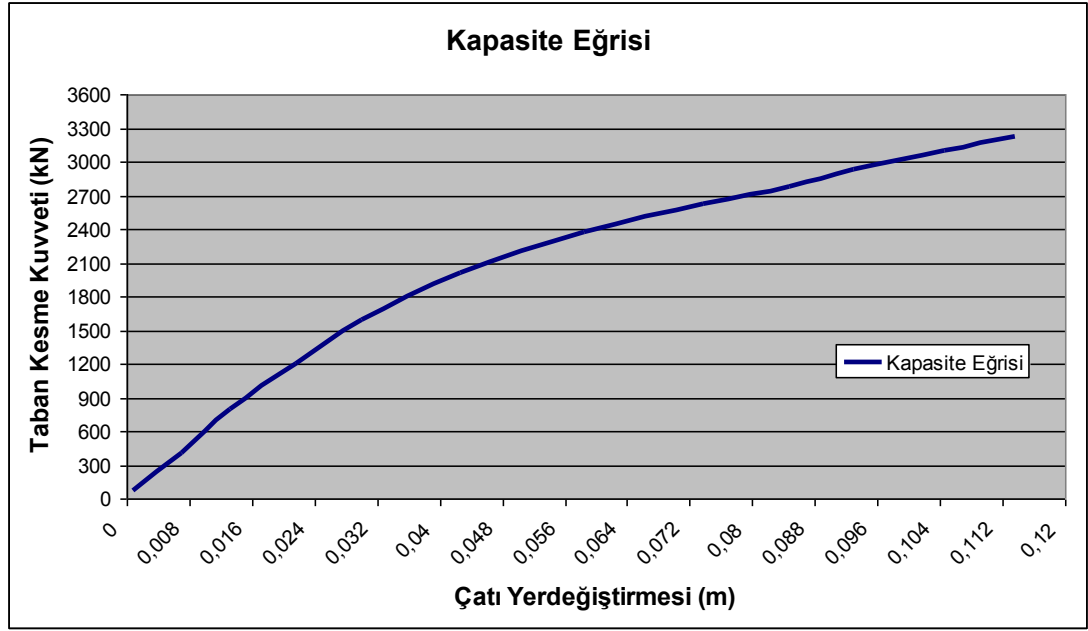
Şekil 6.26 İkinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



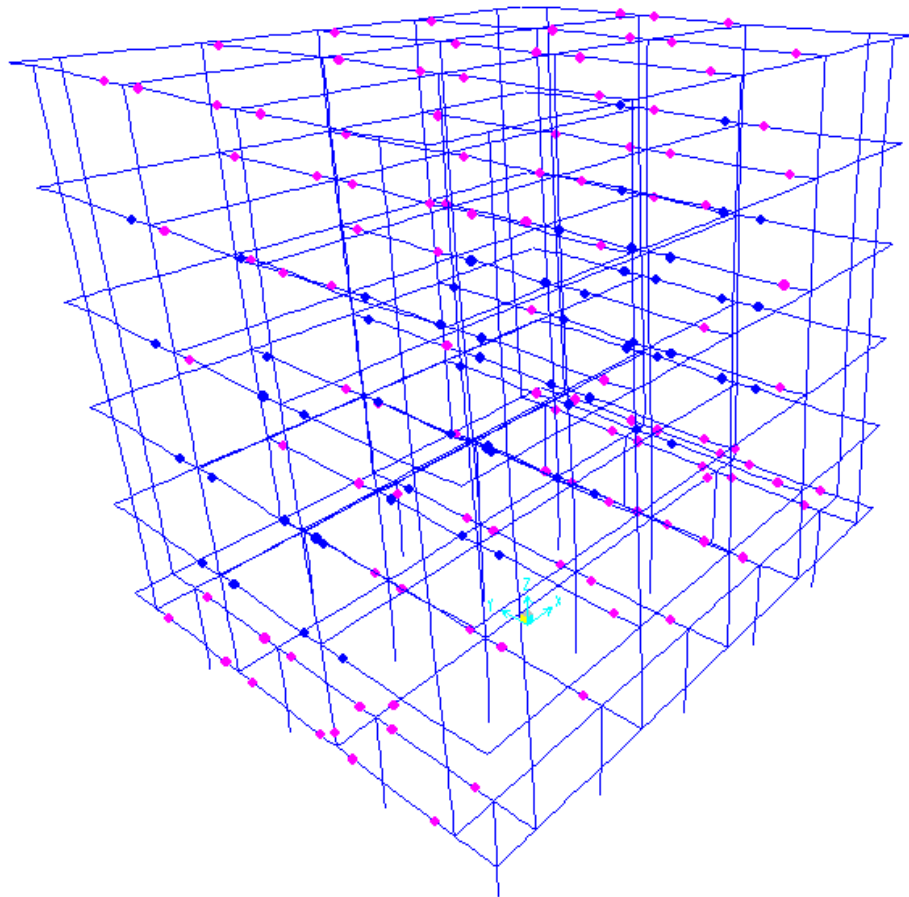
Şekil 6.27 İkinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafsallar

6.3.5.2 İkinci Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, Y yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 3215,4426$ kN ve çatı yerdeğiştirmesi $\Delta_{göçme} = 0,1142$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yerdeğiştirmesi grafiği Şekil 6.28’ de belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 1,0004$ olarak bulunmuştur. Sistemde 111’i hemen kullanım seviyesi (B-IO), 60’ı hasar kontrol aralığında (IO-LS), olmak üzere toplam 171 adet plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.29).



Şekil 6.28 İkinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

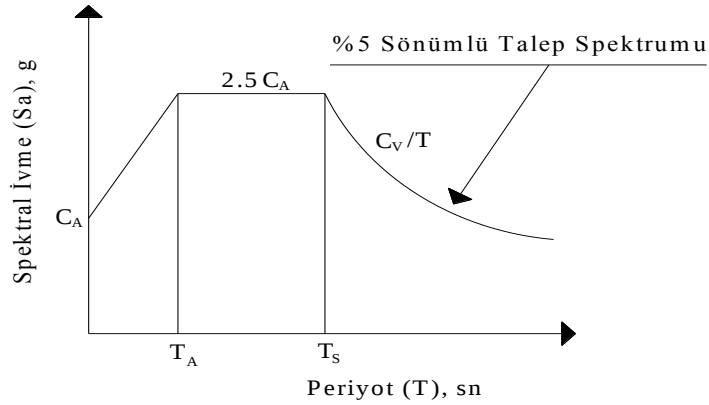


Şekil 6.29 İkinci yapıda Y yönünde oluşan plastik mafsallar

6.3.6 İkinci Yapının Performans Noktasının İncelenmesi

Bu bölümde analiz sonucunda belirlenen her iki doğrultudaki kapasite eğrileri ve talep spektrumu kullanılarak yapılan işlemler sonucunda yapıya ait performans noktası bulunacaktır.

Performansın bulunabilmesi için yapının Şekil 6.30’ da görülen %5 sönümlü talep spektrum eğrisinin hesaplanması gerekmektedir. Bu eğri mevcut ve güçlendirilecek yapının her iki doğrultusu için de değişmemektedir.



Şekil 6.30 %5 Sönümlü talep spektrumu grafiği

%5 sönümlü talep spektrum eğrisi C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak belirtilmiştir. Bu parametrelerin belirlenmesi için deprem katsayısı ZEN 'nin hesaplanması ve yerel zemin sınıfının tanımlanması gerekmektedir. Yerel zemin sınıfı bir önceki örnekte gösterilmiştir. Bu örnek için yerel zemin sınıfı S_D sert zemindir.

Deprem katsayısı ZEN , deprem bölge katsayısı Z , deprem etki türü katsayısı E ve bilinen bir deprem kaynağından olan uzaklık katsayıları olan N_A ve N_V değerlerinin birbirleri ile çarpımından elde edilir. Deprem bölgesi 3 numaralı bölgedir ve Z değeri 0,3, deprem etki türü olarak tasarım depremi kullanıldığından $E=1,0$ ve orta bir deprem oluşturacak kaynağına olan uzaklık 15 km' den büyük olduğu için $N_A=1$ ve $N_V=1$ olarak alınmıştır.

Bulunan bu değerlerle $ZEN=0,3 \times 1 \times 1 \times 1=0,3$ olarak hesaplanır. Bulunan bu değere göre C_A parametresi zemin sınıfına bağlı olarak 0,36 ve C_V parametresi ise 0,54 olarak belirlenir.

Hesaplanan C_A ve C_V değerlerinden sonuçla %5 sönümlü talep spektrumu oluşturularak Şekil 6.30' da gösterilmiştir.

6.3.6.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Performans noktasının belirlenmesi için öncelikle yapıya ait kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi ve indirgenmiş talep spektrumunun bulunması gerekmektedir.

Değerleri hesaplanan C_A ve C_V parametreleri yardımıyla Şekil 6.30' daki %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Bu eğriden Şekil 6.31' te belirtilen $S_a - S_d$ formatındaki talep spektrumu oluşturulmuştur. Bu spektrum oluşturulurken, değerler Şekil 4.3' de gösterildiği gibi (4.5) formülü $[S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2]$ yardımıyla hesaplanarak yazılır.

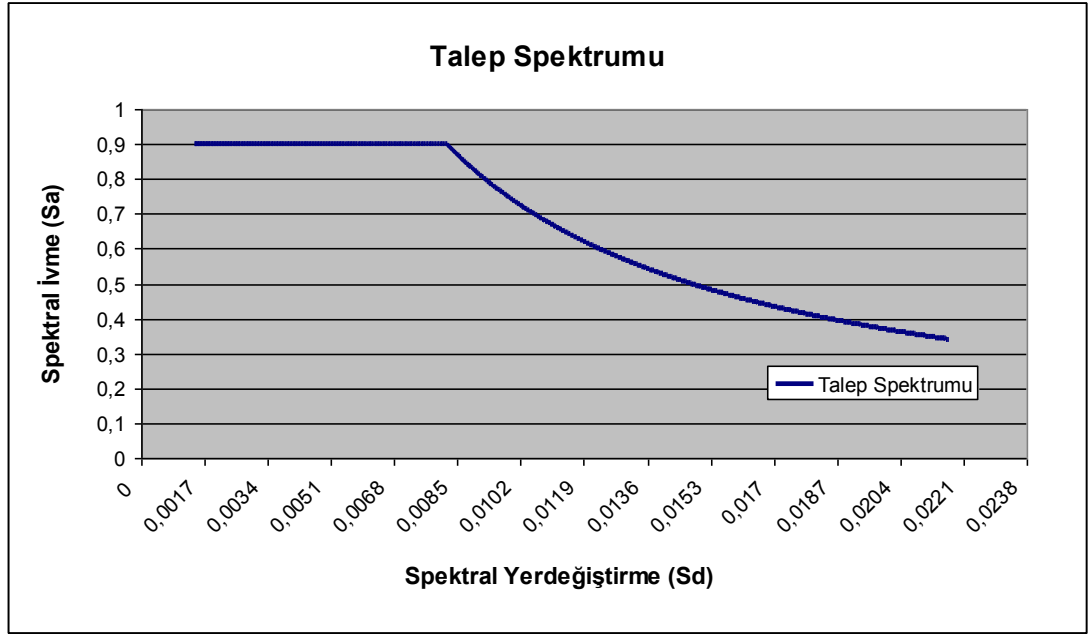
$$S_a = 2.5 * C_A = 0,9$$

$$T_s = C_V / (2.5 * C_A) = 0.6 \text{ s}$$

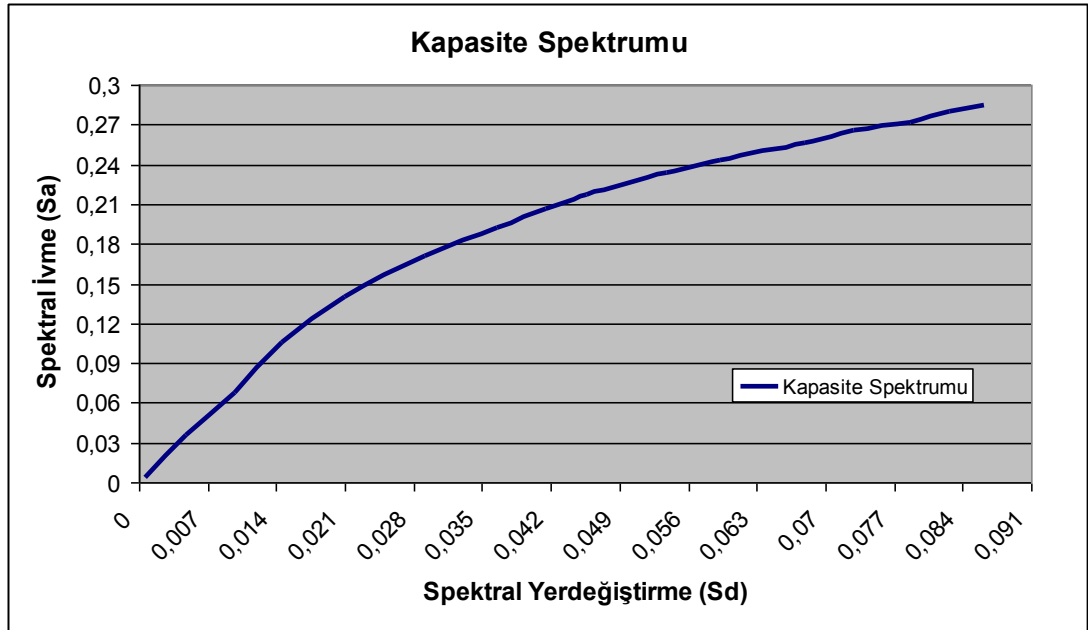
$$T_a = 0.2 * T_s = 0.12 \text{ s}$$

Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{i1} değerleri modal analiz sonucunda X doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.32 ' de belirtilmiştir.

$$PF_x = 35,0447, \alpha_x = 0,7414$$

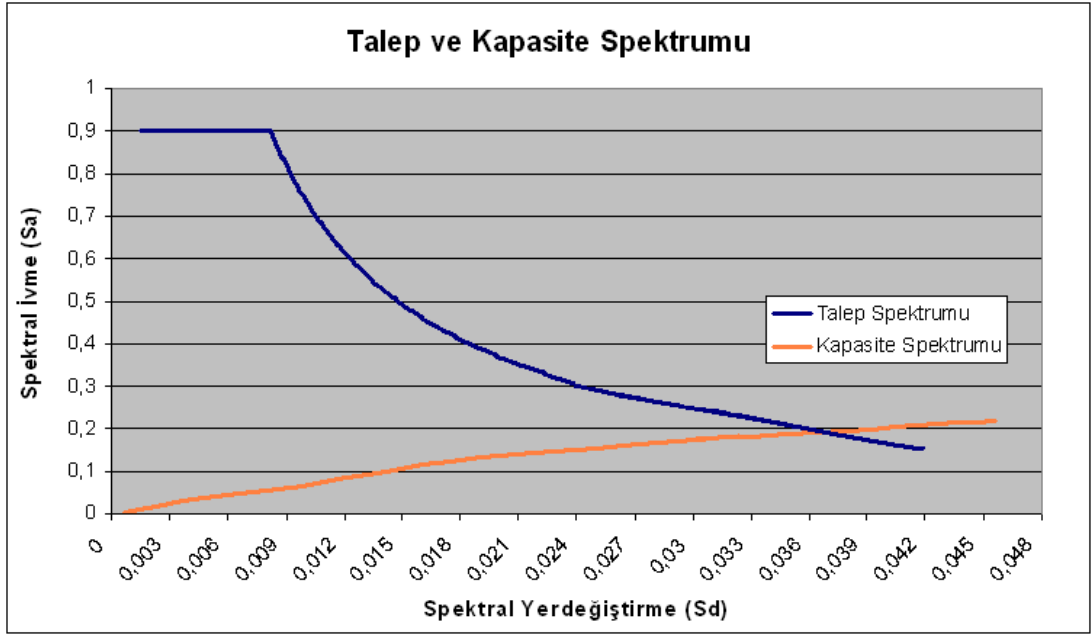


Şekil 6.31 İkinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

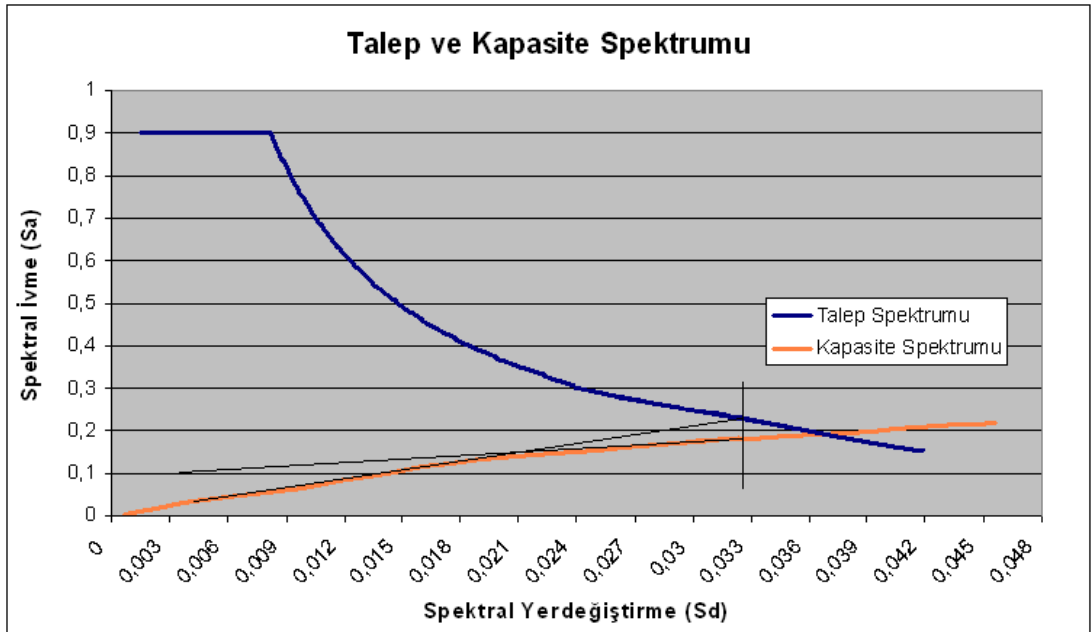


Şekil 6.32 İkinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu

Belirlenen kapasite ve talep spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.33’ de belirtilmiştir.



Şekil 6.33 İkinci yapıda X yönüne ait talep ve kapasite spektrumu



Şekil 6.34 İkinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası

Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api} = 0,16950$, $S_{dpi} = 0,03245$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans noktasıdır.

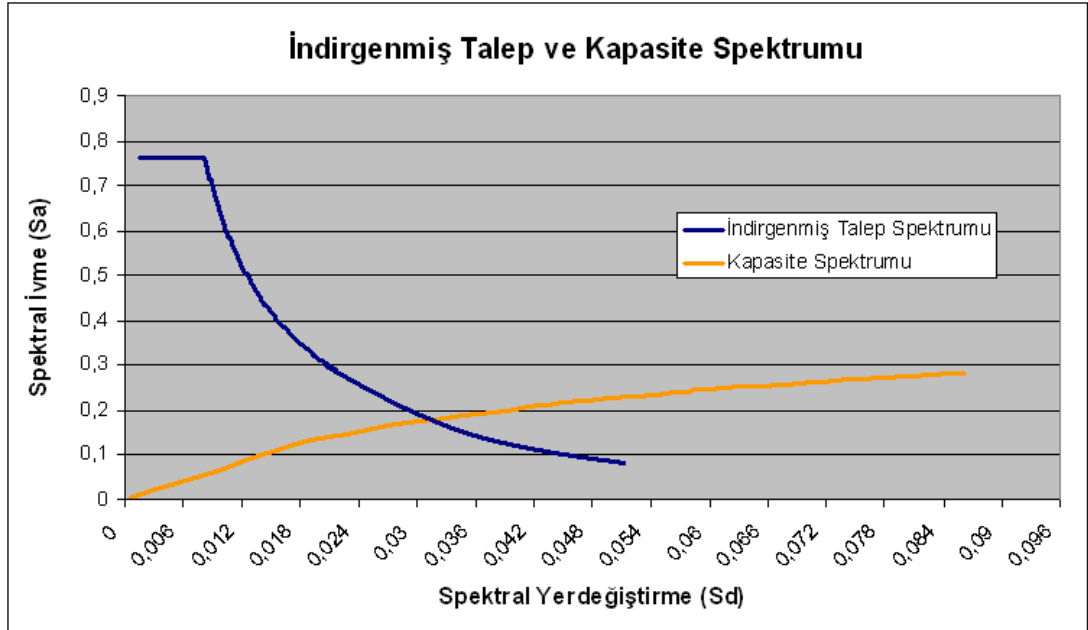
Kapasite spektrumu, başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumunun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu

noktanın koordinatları $S_{ay}= 0,13750$, $S_{dy}= 0,02180$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu Şekil 6.34’ de belirtilmiştir.

Belirlenen bu noktalardan sonra indirgenmiş talep spektrumu belirlenecektir. Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)’ dan yararlanılmıştır. Yapı davranışı zayıf mevcut bina olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)’ dan $\beta_{eff}= 0,0793$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A= 0,85$ ve $SR_V= 0,88$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiştir.

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.35’ de belirtilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap}= 0,17850$ ve $S_{dp}= 0,03342$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,03082 < 0,03342 < 0,03407$$

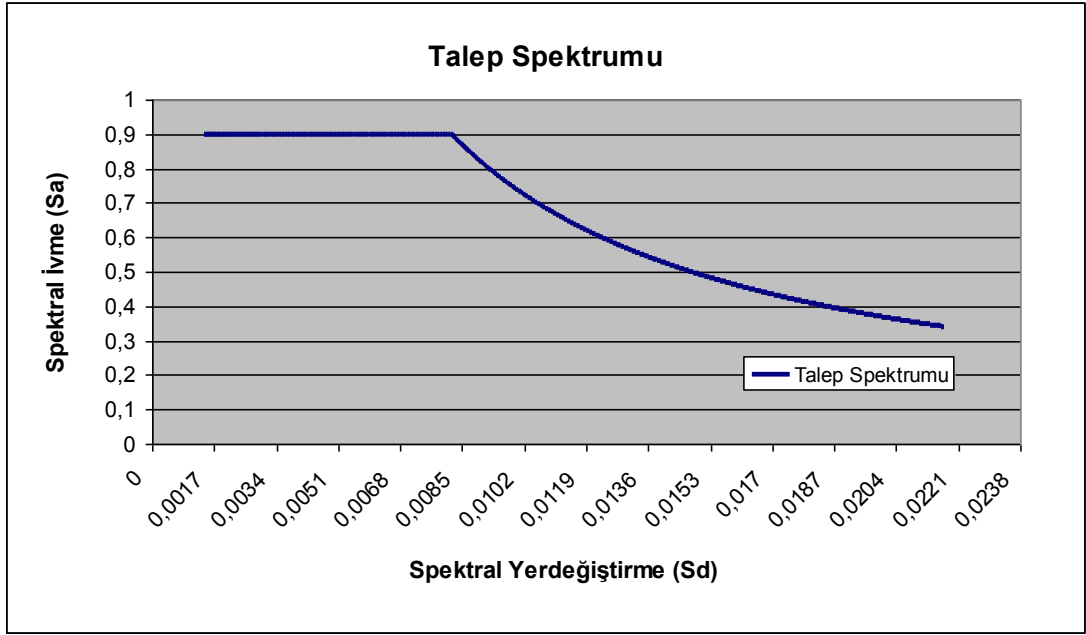


Şekil 6.35 İkinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması

6.3.6.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Yapının Y doğrultusunda ait performans noktasının incelenmesinde X doğrultusunda yapılan inceleme ile aynı yöntem uygulanmıştır.

X doğrultusu için belirlenen %5 sönümlü talep spektrumu Y yönü için de aynı değerlerden oluşmaktadır ve Şekil 6.36’ da belirtilmiştir.

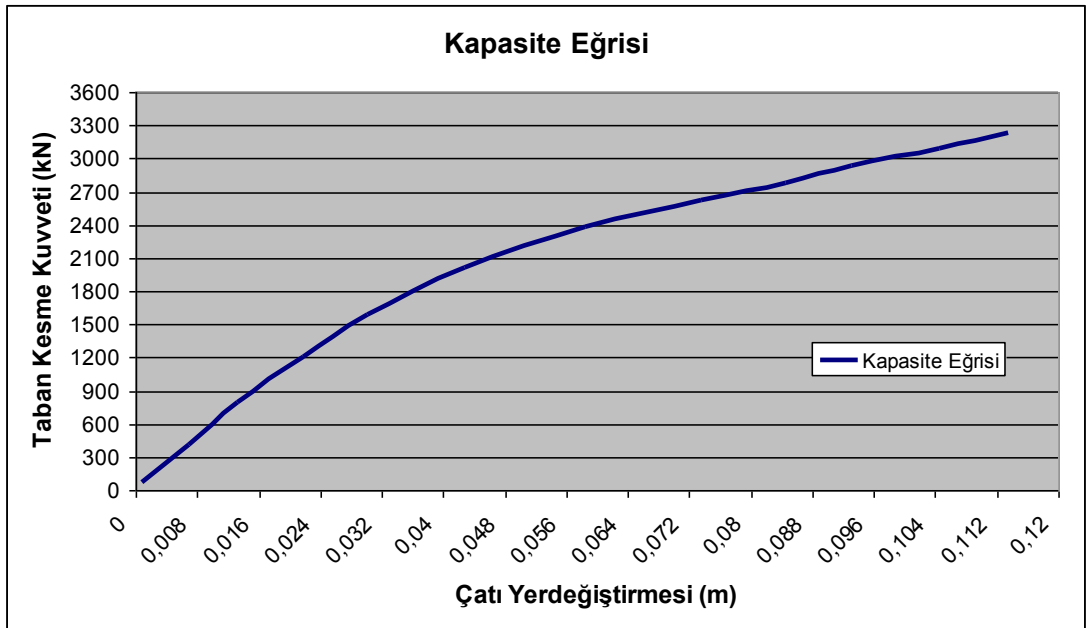


Şekil 6.36 İkinci yapı için Y yönü ait %5 sönümlü talep spektrumu

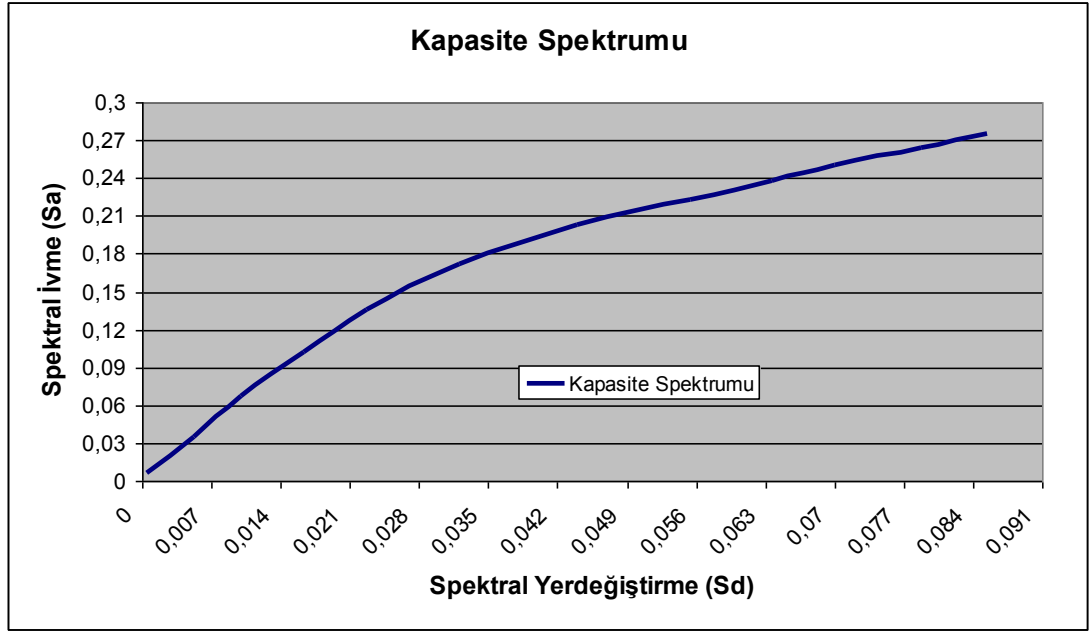
Kapasite eğrisinin Şekil 6.37’ de belirtildiği gibidir. Kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{i1} değerleri modal analiz sonucunda Y doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.38 ‘ de belirtilmiştir.

$$PF_y = 35,0429$$

$$\alpha_y = 0,74131$$

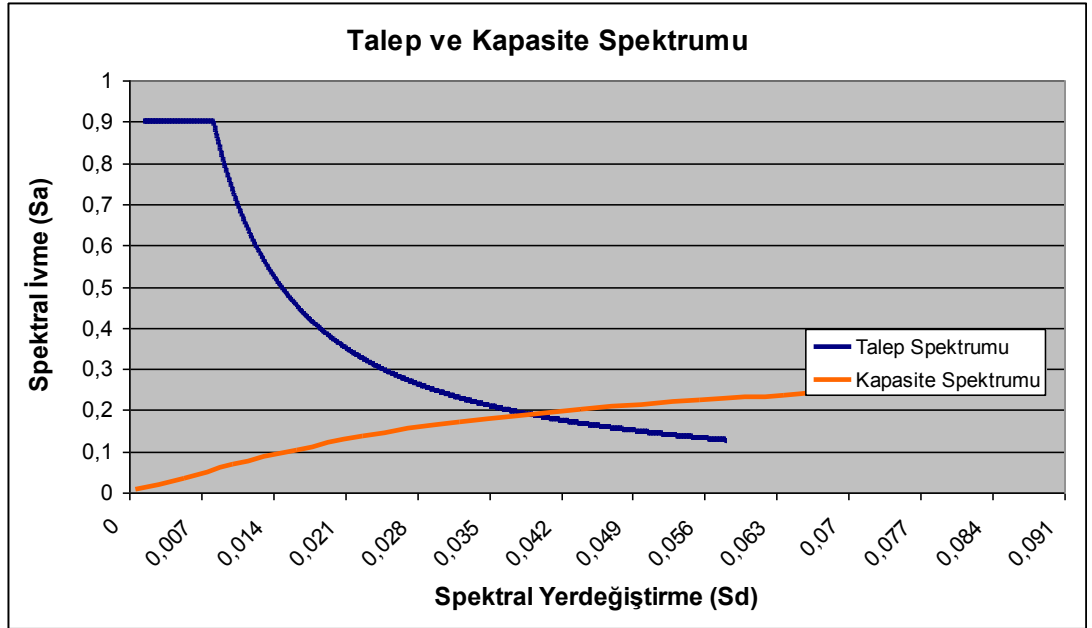


Şekil 6.37 İkinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



Şekil 6.38 İkinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu

Belirlenen kapasite ve talep spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.39’ da belirtilmiştir.



Şekil 6.39 İkinci yapıda Y yönüne ait talep ve kapasite spektrumu

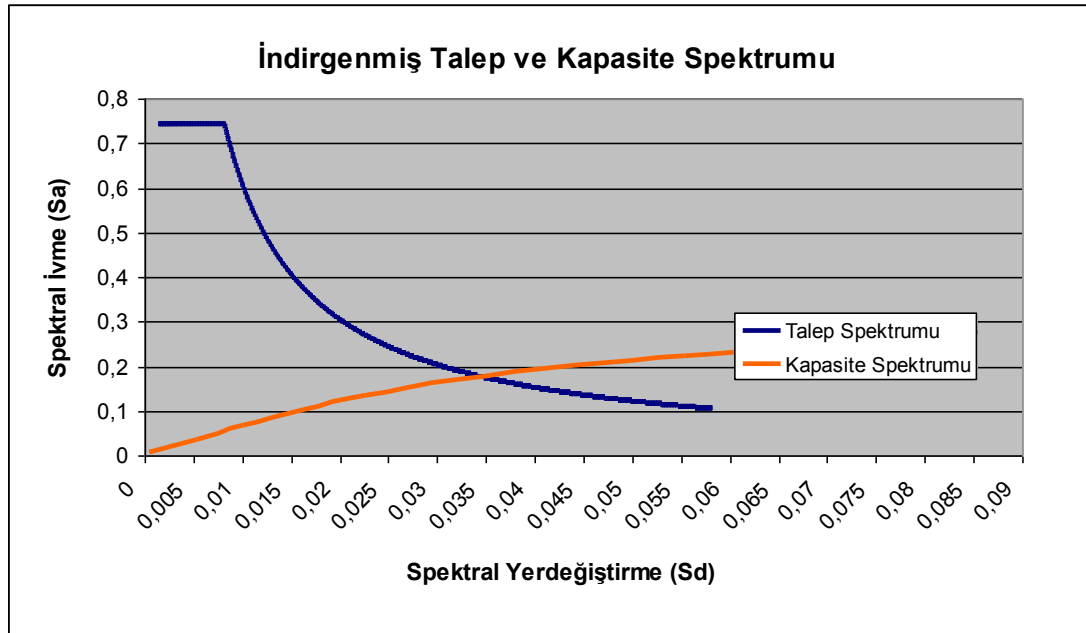
Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api} = 0,16150$, $S_{dpi} = 0,03186$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans noktasıdır.

Kapasite spektrumu, başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumunun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay}= 0,11550$, $S_{dy}= 0,01738$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu Şekil 6.39’ da verilmiştir.

Belirlenen bu noktalardan sonra indirgenmiş talep spektrumu belirlenecektir. Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)’ dan yararlanılmıştır. Yapı davranışı zayıf mevcut bina olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)’ dan $\beta_{eff}= 0,08566$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A= 0,825$ ve $SR_V= 0,866$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiştir.

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.40’ da belirtilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap}= 0.1703$ ve $S_{dp}= 0.033178$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0.030267 < 0.033178 < 0.033453$$



Şekil 6.40. İkinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması

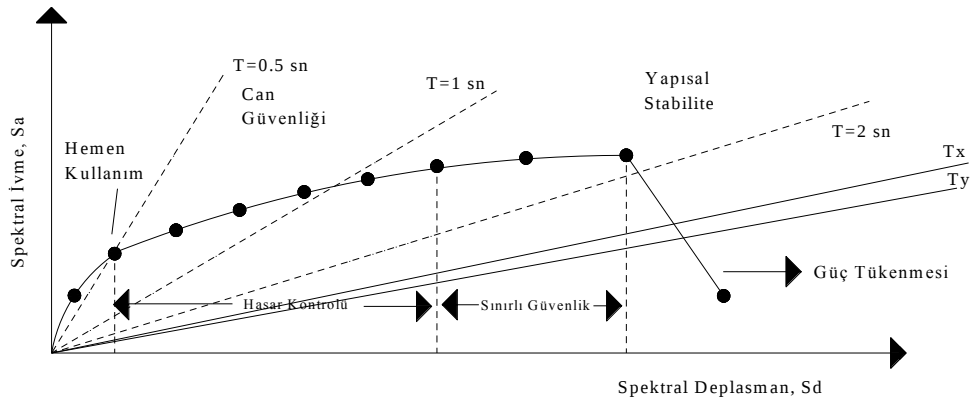
6.3.7 İkinci Yapı İçin Sonuçlar

Bu bölümde analizi yapılan ikinci yapıyla ilgili sonuçların değerlendirilmesi özetlenmiştir. Mevcut yapının SAP 2000 programında yapılan analiz sonucu bulunan değerler Tablo 6.27’ de özetlenmiştir.

Tablo 6.27 İkinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları

Yön	$\Delta_{göçme}$ (m)	$V_{göçme}$ (kN)	$P_{göçme}$	Oluşan Plastik Mafsal Sayısı		
				(B-IO)	(IO-LS)	Toplam
X	0,1145	3320,78	0,9930	122	70	192
Y	0,1142	3215,44	1,0004	111	60	171

İkinci yapının performans seviyesinin isimlendirilmesinde Şekil 6.41’ de görülen eğriden faydalanılır. Bulunan performans noktasının koordinatları kullanılarak $T=2\pi\sqrt{(S_d / S_a)}$ yardımıyla $T_x=2,72$ s ve $T_y= 2,77$ s olarak bulunur. Bulunan bu periyot değerlerine göre yapının performans seviyesi araştırılmıştır. X ve Y yönü için yapı ‘Güç Tükenmesi’ durumundadır. Yapının kapasitesinin artırılması için her iki doğrultuda da güçlendirilmesi tasarlanmıştır.



Şekil 6.41 İkinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

6.3.8 İkinci Yapının Güçlendirilmesi

Yapının düzensizliği giderilerek mevcut taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi planlanmıştır. Bina dış akslarında bulunan ve zemin katta devam etmeyen kolonların zemin katta da devamı sağlanmış ve bina köşelerine L şeklinde perde elemanlar ilave edilmiştir. Perdelerin konumları ekler bölümümde Şekil A.11’ de belirtilmiştir. Perdeler için kritik perde yükseklikleri ve perde uç bölgeleri Türk Deprem Yönetmeliği (1997)’nde tanımlanan esaslara göre hesaplanmıştır. Perdelerin uçlarındaki kolonların mantolanarak çevrenmesi uygun görülmüştür. Perde ilavesi nedeniyle temellerde de güçlendirme yapılması gerekebilir. Bu konuya burada yer verilmemiştir. Çünkü amaç ele alınan yapının performans yönüyle değerlendirilmesidir. Sistem geometrisi değişen yapı için yeni eklenen kısımlar tekrar tanımlanmış ve değişen yapı değerleri için yeniden hesap yapılmıştır.

Güçlendirilmiş sistemin analizi aynı adımlar tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

6.3.8.1 Güçlendirilmiş Yapının Kütle ve Ağırlıklarının Hesabı

Yapı güçlendirilirken eklenen perde ve mantolanan kolonlar nedeniyle sabit yüklerden oluşan kat ağırlıklarında artış olmuştur. Bu nedenle kat ağırlıkları yeniden hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.28’de belirtilmiştir.

Tablo 6.28 Güçlendirilmiş ikinci yapının kat ağırlıkları

Kat No	g_i (kN)	$0,30.q_i$ (kN)	$g_i + n.q_i$
5. kat	2700,15	120,71	2820,86
4. kat	2700,15	160,95	2861,10
3. kat	2700,15	160,95	2861,10
2. kat	2700,15	160,95	2861,10
1. kat	2700,15	160,95	2861,10
zemin kat	3325,07	160,95	3486,02

Toplam: 17751,29

6.3.8.2 Güçlendirilmiş Yapıda Sisteme Etkiyen Yüklerin Hesabı

Yapıya eklenen perdeler ve mantolanan kolonların ağırlıkları program tarafından hesaplanacağı için yapının ilk hali için kullanılan düşey yük değerleri güçlendirilmiş durum için de aynı kullanılmıştır.

Güçlendirilmiş durumda yapının ağırlığı ve periyot değerleri değiştiği için yatay kuvvetler yeniden hesaplanmıştır. Yeni kat ağırlıklarına göre yapılan hesap sonucu bulunan, katlara ait eşdeğer deprem yükleri Tablo 6.29 ve Tablo 6.30’ da belirtilmiştir.

$$T_x=0,655 \text{ s} \quad T_y= 0,666 \text{ s}$$

$$V_t= W.A(T)/R_a(T) \geq 0,10.A_0.W \quad (6.3)$$

$$A(T)=A_0.I.S(T) \quad (6.4)$$

$$A_0=0,4 \quad \rightarrow \text{1. derece deprem bölgesi}$$

$$I= 1 \quad \rightarrow \text{konut yapısı}$$

$$T_A= 0,15 \text{ s} \quad T_B= 0,60 \text{ s} \quad \rightarrow \text{zemin sınıfı } Z_3$$

$$S(T_x) = 2,5 \cdot (T_B / T_x)^{0,8} \rightarrow T_B < T_x$$

$$S(T_y) = 2,5 \cdot (T_B / T_y)^{0,8} \rightarrow T_B < T_y$$

$$S(T_x) = 2,5 \cdot (0,60 / 0,655)^{0,8} = 2,33$$

$$S(T_y) = 2,5 \cdot (0,60 / 0,666)^{0,8} = 2,30$$

$$A(T_x) = 0,40 \cdot 1 \cdot 2,33 = 0,932 \quad W=17751,287 \text{ kN} \quad R=4$$

$$A(T_y) = 0,40 \cdot 1 \cdot 2,3 = 0,92 \quad W=17751,287 \text{ kN} \quad R=4$$

$$V_{tx} = 17751,287 \cdot 0,932 / 4 = \underline{4136,05 \text{ kN}}$$

$$V_{ty} = 17751,287 \cdot 0,92 / 4 = \underline{4082,80 \text{ kN}}$$

$$F_i = w_i \cdot H_i / \Sigma(w_i \cdot H_i) \quad (6.5)$$

Tablo 6.29 Güçlendirilmiş ikinci sistemde yatay kuvvetin katlara dağılımı – X yönü

i. kat	i. katın yerden yüksekliği, H_i (m)	i. katın toplam ağırlığı, w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$	F_i (kN)
5. kat	18	2820,86	50775,53	1157,72
4. kat	15	2861,10	42916,50	978,53
3. kat	12	2861,10	34333,20	782,82
2. kat	9	2861,10	25749,90	587,12
1.kat	6	2861,10	17166,60	391,41
zemin kat	3	3486,02	10458,07	238,45

Toplam (kN): 4136,05

Tablo 6.30 Güçlendirilmiş ikinci sistemde yatay kuvvetin katlara dağılımı – Y yönü

i. kat	i. katın yerden yüksekliği, H_i (m)	i. katın toplam ağırlığı, w_i (kN)	$w_i \cdot H_i$	F_i (kN)
5. kat	18	2820,86	50775,53	1142,61
4. kat	15	2861,10	42916,50	965,76
3. kat	12	2861,10	34333,20	772,61
2. kat	9	2861,10	25749,90	579,46
1.kat	6	2861,10	17166,60	386,30
zemin kat	3	3486,02	10458,07	235,34

Toplam (kN): 4082,08

6.3.9 SAP 2000 Programında Analiz Yapılması

6.3.9.1 Analiz Programı Giriş Bilgilerinin Oluşturulması

Güçlendirilen yapının SAP 2000 programında analizi için, yapının ilk halinde eklenen perdeler ve mantolanan kolonlar için değişiklikler yapılmıştır. Sistem modeli yeniden oluşturulduktan sonra, ilk durum için yapılan işlemler tekrarlanmıştır.

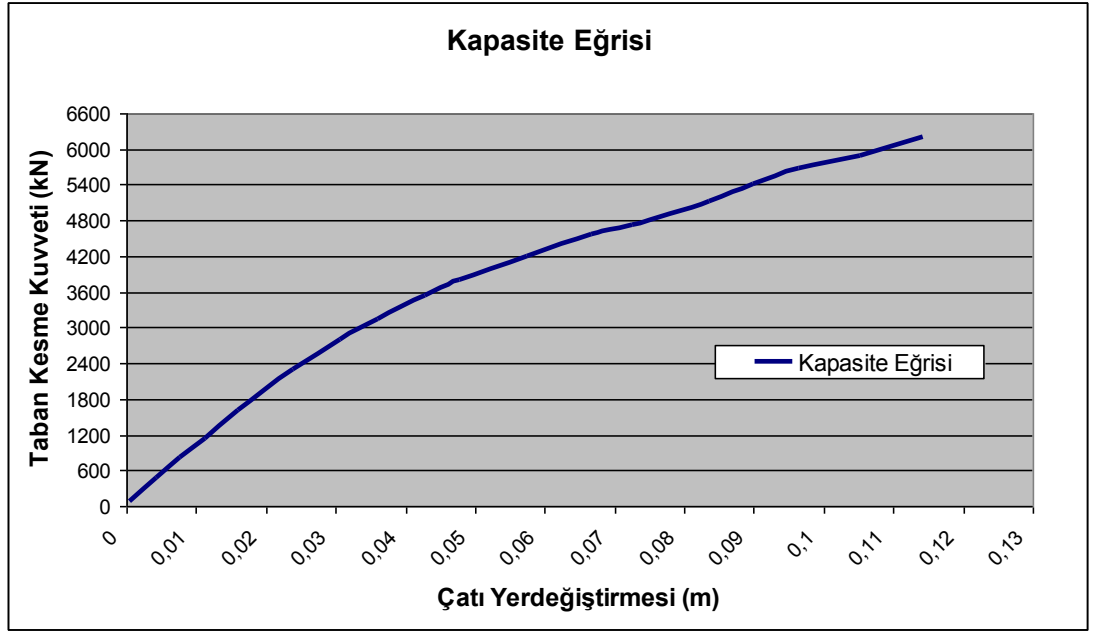
İlk olarak modal analiz yapılmıştır. Analiz sonucu bulunan periyotlar ve kat ötelemeleri Tablo 6.31’ de belirtilmiştir.

Tablo 6.31 Güçlendirilmiş ikinci yapıya ait periyot ve kat ötelemeleri

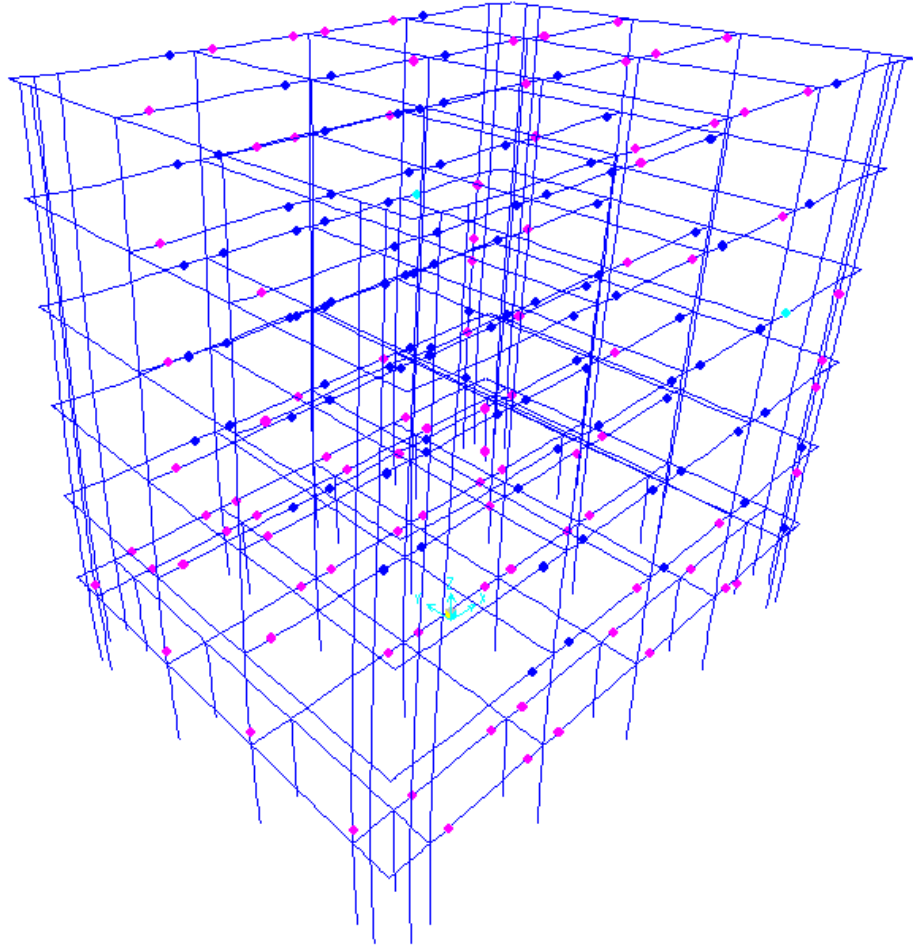
Tx= 0,666 s		Ty= 0,655 s
Kat No	Φ_{xi} (m)	Φ_{yi} (m)
5. kat	0,0634	0,0366
4. kat	0,0309	0,0310
3. kat	0,0241	0,0240
2. kat	0,0161	0,0160
1. kat	0,0082	0,0080
Zemin kat	0,0021	0,0020

6.3.9.2 Güçlendirilmiş Yapının X Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Güçlendirilmiş sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, X yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme}=6203,67$ kN ve çatı yerdeğiştirmesi $\Delta_{göçme}=0,1143$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yerdeğiştirmesi grafiği Şekil 6.42’ de belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme}= 1,50$ olarak bulunmuştur. Sistemde 92 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde, 96 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 188 adet plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.43).



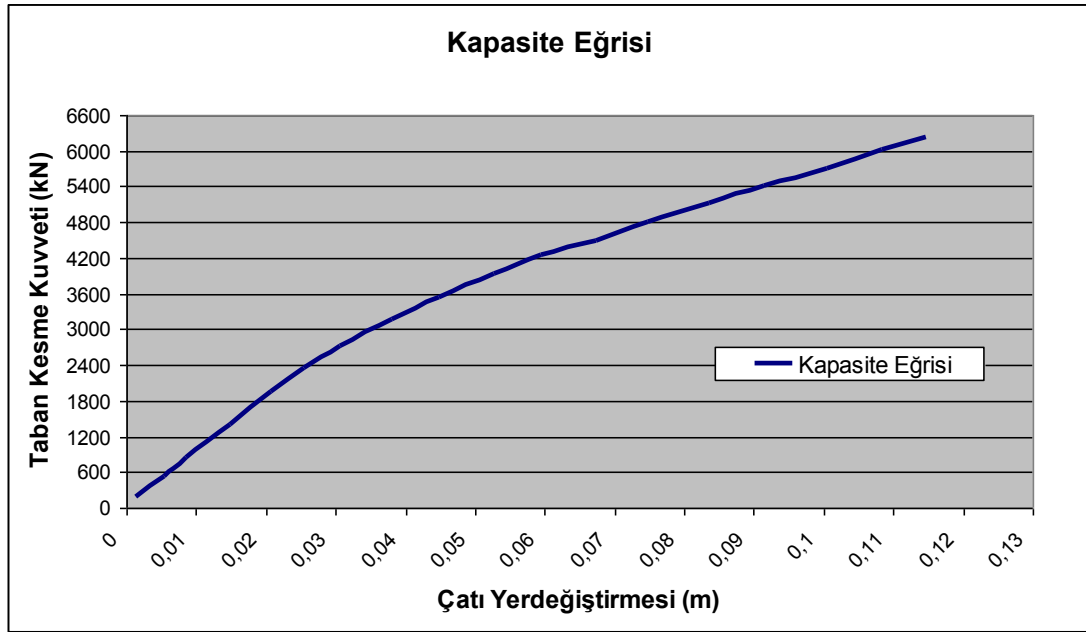
Şekil 6.42 Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



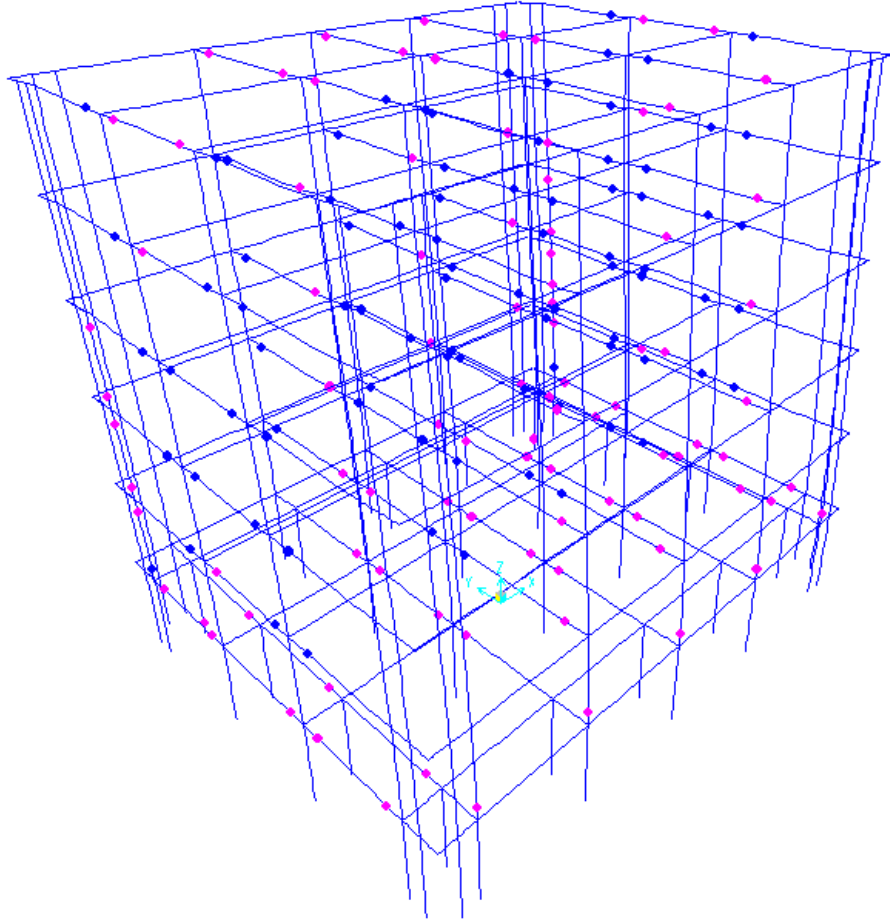
Şekil 6.43 Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönünde oluşan plastik mafışallar

6.3.9.3 Güçlendirilmiş Yapının Y Yönüne Ait Analiz Sonuçları

Güçlendirilmiş sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından, Y yönü için taban kesme kuvveti $V_{göçme}=6219,97$ kN ve çatı yer değiştirmesi $\Delta_{göçme}=0,1147$ m olarak bulunmuştur. Analiz sonucu oluşan taban kesme kuvveti – çatı yer değiştirmesi grafiği Şekil 6.44 ‘de belirtilmiştir. Yapının bu yönde taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme}= 1,52$ olarak bulunmuştur. Sistemde 92 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde, 85 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 177 adet plastik mafsall oluşmuştur (Şekil 6.45).



Sekil 6.44 Güçlendirilmiş ikinci yapıda Y yönüne ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği



Şekil 6.45 Güçlendirilmiş ikinci yapının Y yönünde oluşan plastik mafsallar

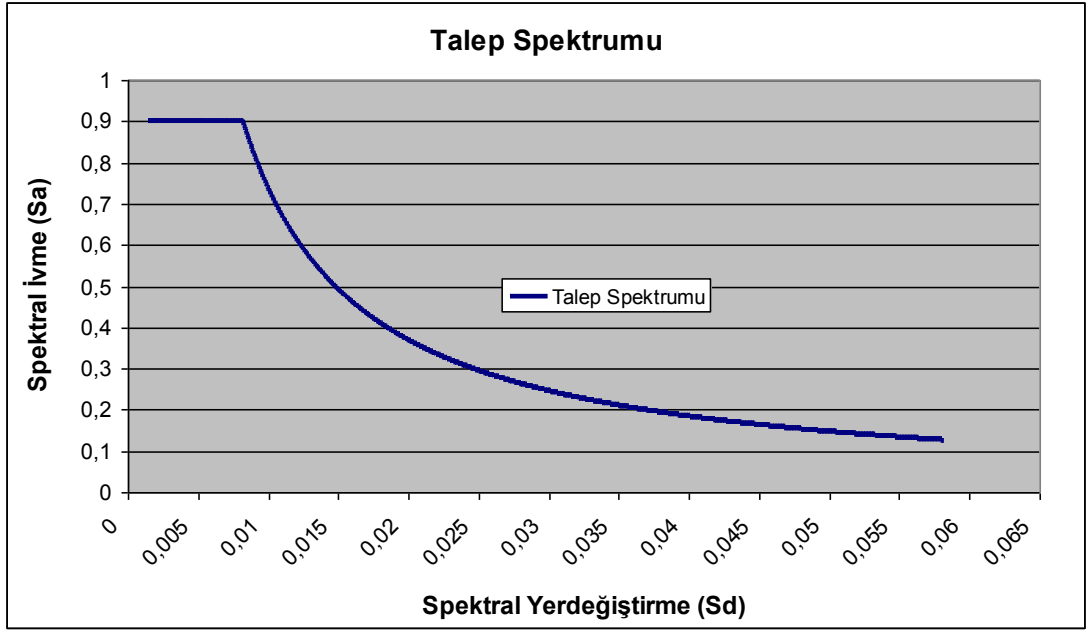
6.3.10 Güçlendirilmiş Yapının Performans Noktasının İncelenmesi

Bu bölümde analiz sonucunda belirlenen her iki doğrultudaki kapasite eğrileri ve talep spektrumu kullanılarak yapılan işlemler sonucunda yapıya ait performans noktası bulunacaktır.

6.3.10.1 Yapının X Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

Bir önceki bölümde hesaplanan C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak Şekil 6.46' da gösterilen %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Spektrum oluşturulurken periyot yerine spektral yerdeğiştirme değerleri $S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2$ formülünden hesaplanarak yazılmıştır.

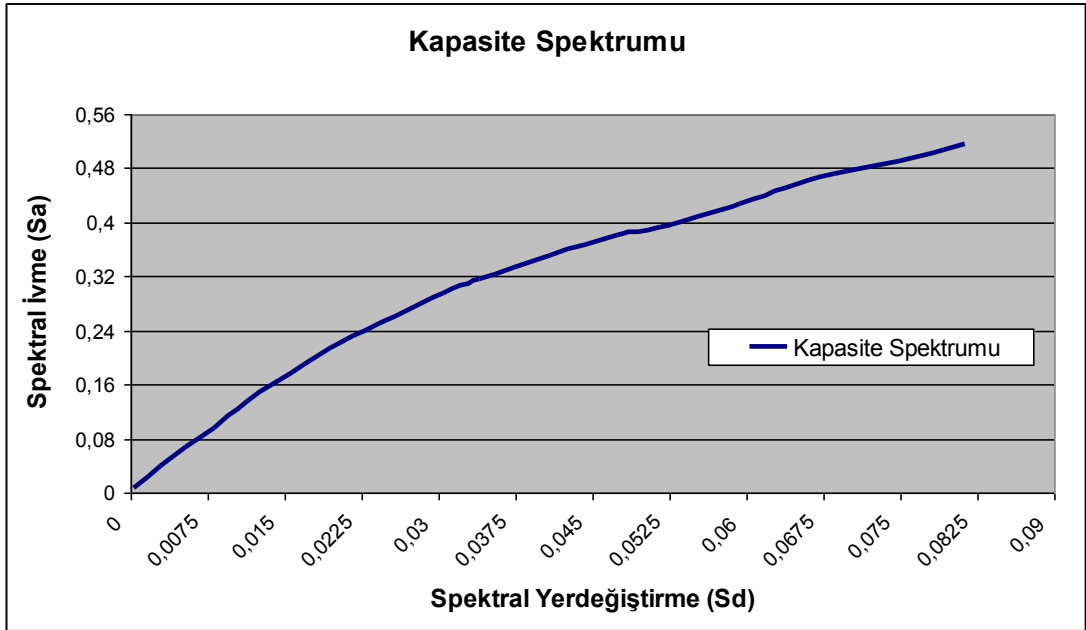
$$S_a = 2.5 * C_A = 0.9 \quad T_s = C_V / (2.5 * C_A) = 0.6 \text{ s} \quad T_a = 0.2 * T_s = 0.12 \text{ s}$$



Şekil 6.46 Güçlendirilmiş ikinci yapı için X yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

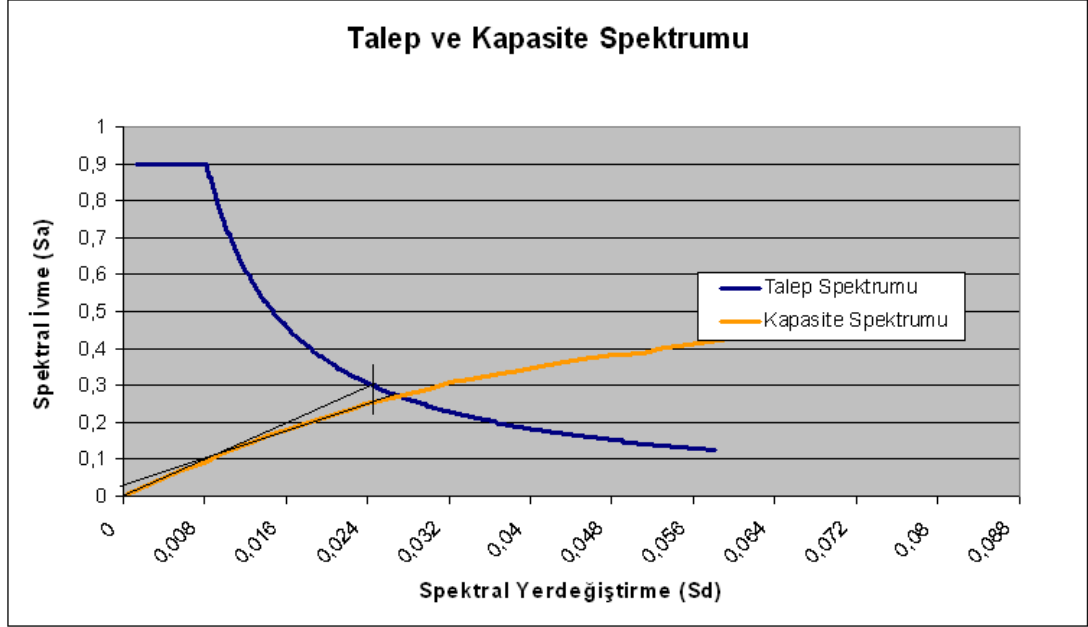
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{11} değerleri modal analiz sonucunda X doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.47' de belirtilmiştir.

$$PF_x = 34,9237 \quad \alpha_x = 0,6751$$



Şekil 6.47 Güçlendirilmiş ikinci yapıda X yönüne ait kapasite spektrumu

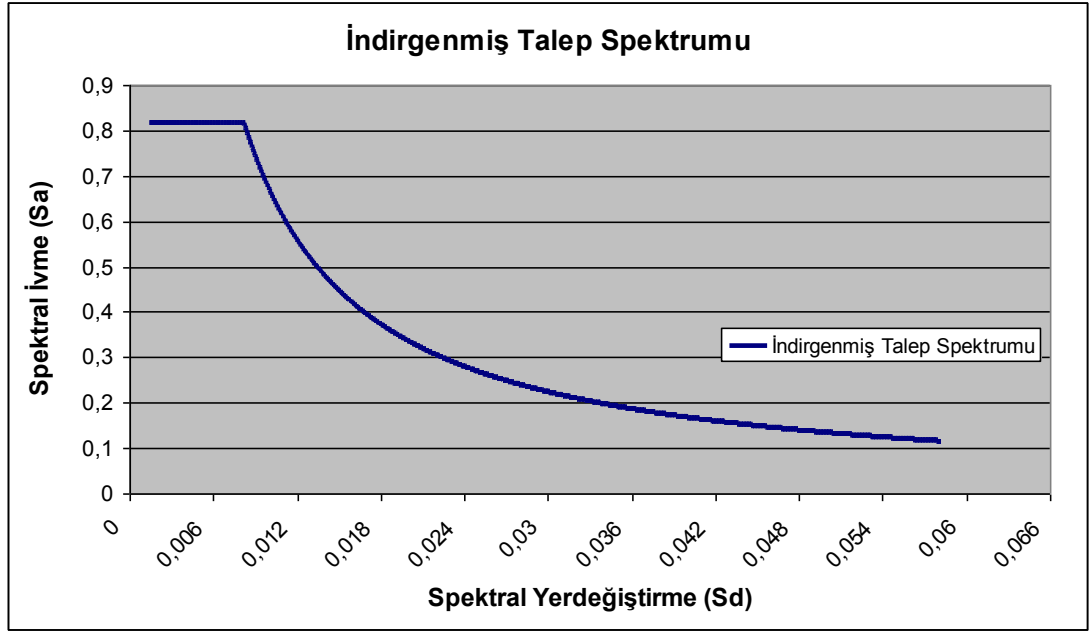
Talep spektrumu ile kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.48’ de belirtilmiştir. Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api}=0,2550$ ve $S_{dpi}=0,0248$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans seviyesidir.



Şekil 6.48 Güçlendirilmiş ikinci yapı için X yönüne ait başlangıç performans noktası

Kapasite spektrumu başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay}= 0,1240$, $S_{dy}= 0,0088$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu Şekil 6.48’ de belirtilmiştir.

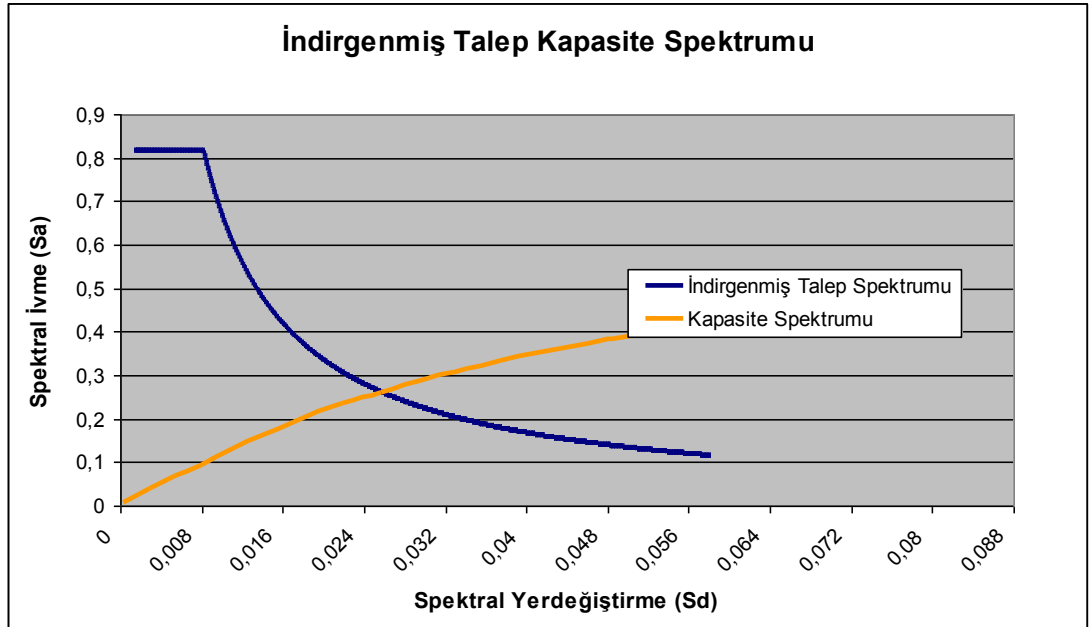
Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)’ dan yararlanılmıştır. Yapı davranışı zayıf mevcut bina olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)’ dan $\beta_{eff}= 0,06734$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A= 0,902$ ve $SR_V= 0,926$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiş ve Şekil 6.49’ de belirtilmiştir.



Şekil 6.49 Güçlendirilmiş ikinci yapı için indirgenmiş talep spektrumu

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.50’ de belirtilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap} = 0,2610$ ve $S_{dp} = 0,0256$ olarak okunmuştur.

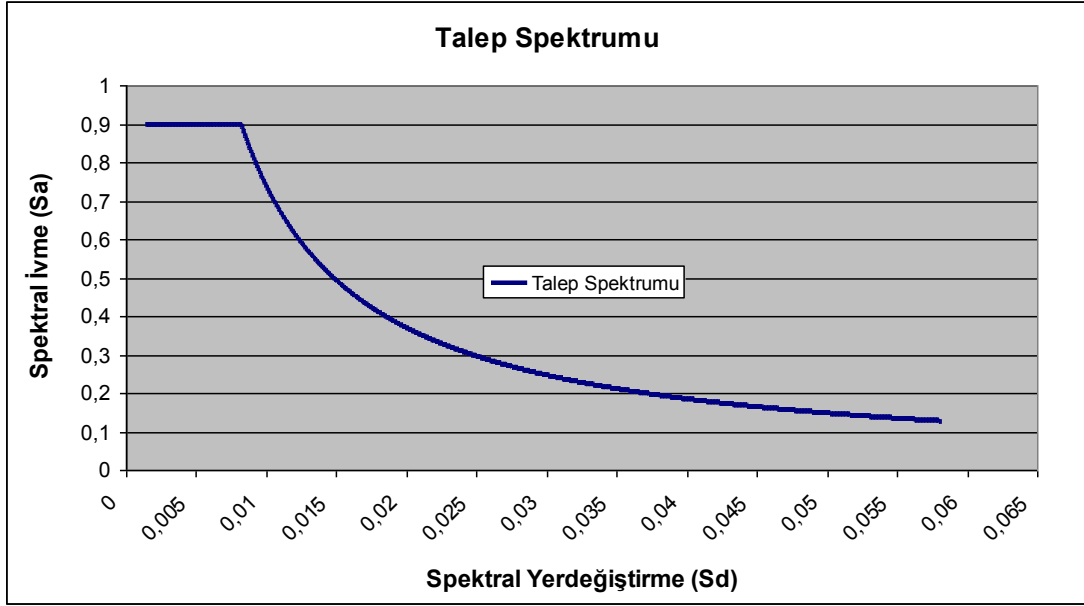
$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,0236 < 0,0256 < 0,0261$$



Şekil 6.50 Güçlendirilmiş ikinci yapının X yönüne ait performans noktasının bulunması

6.3.10.2 Yapının Y Yönünde Performans Noktasının İncelenmesi

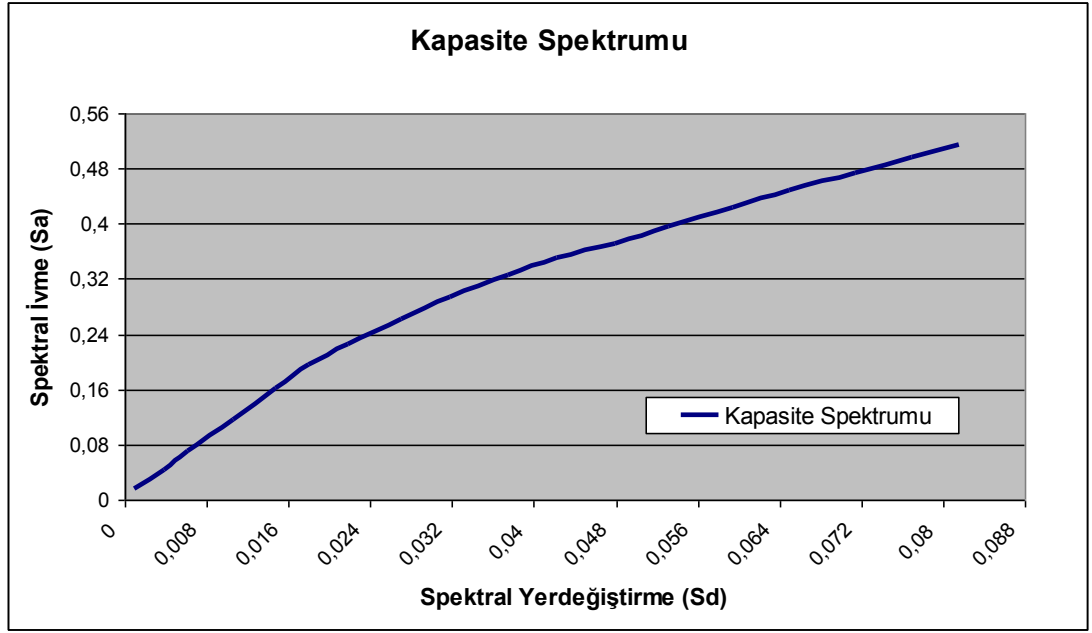
Yapının Y doğrultusuna ait performansının hesaplanmasında da aynı işlemler sıralanacaktır. Önceki bölümde hesaplanan C_A ve C_V parametrelerine bağlı olarak %5 sönümlü talep spektrumu oluşturulmuştur. Spektrum oluşturulurken periyot yerine spektral yer değiştirme değerleri $S_d = (S_a * T^2) / 4\pi^2$ formülünden hesaplanarak yazılmıştır (Şekil 6.51).



Şekil 6.51 Güçlendirilmiş ikinci yapı için Y yönüne ait %5 sönümlü talep spektrumu

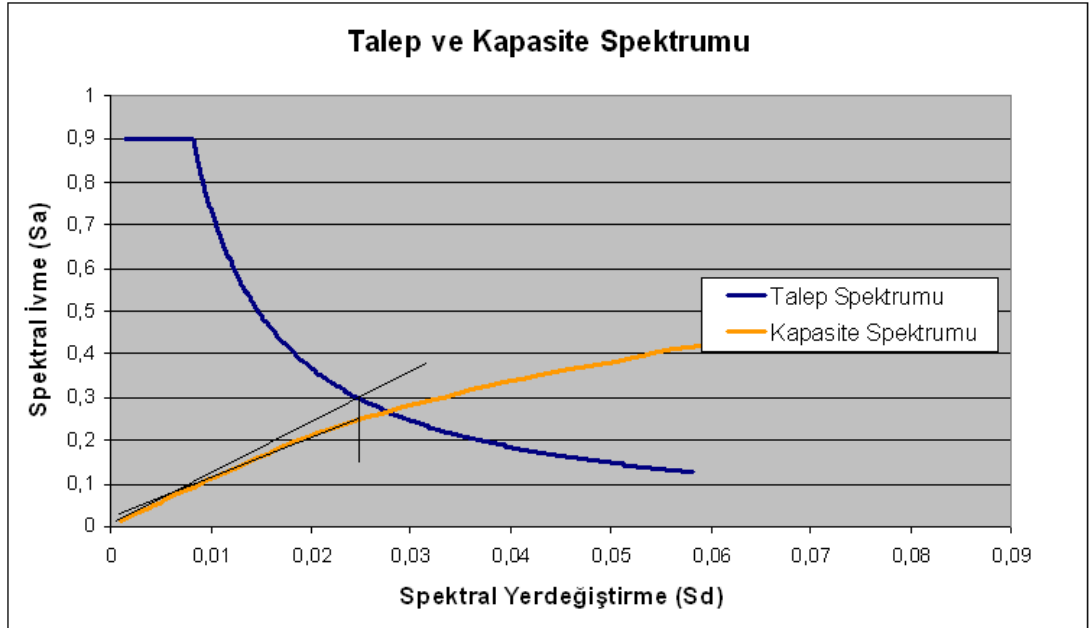
Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_{11} değerleri modal analiz sonucunda Y doğrultusunda bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu Şekil 6.52' de verilmiştir.

$$PF_y = 35,0814 \quad \alpha_y = 0,6803$$



Şekil 6.52 Güçlendirilmiş ikinci yapıda Y yönüne ait kapasite spektrumu

Talep spektrumu ile kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.53’ de gösterilmiştir. Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey iz düşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api}=0,2532$ ve $S_{dpi}=0,0254$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans seviyesidir.



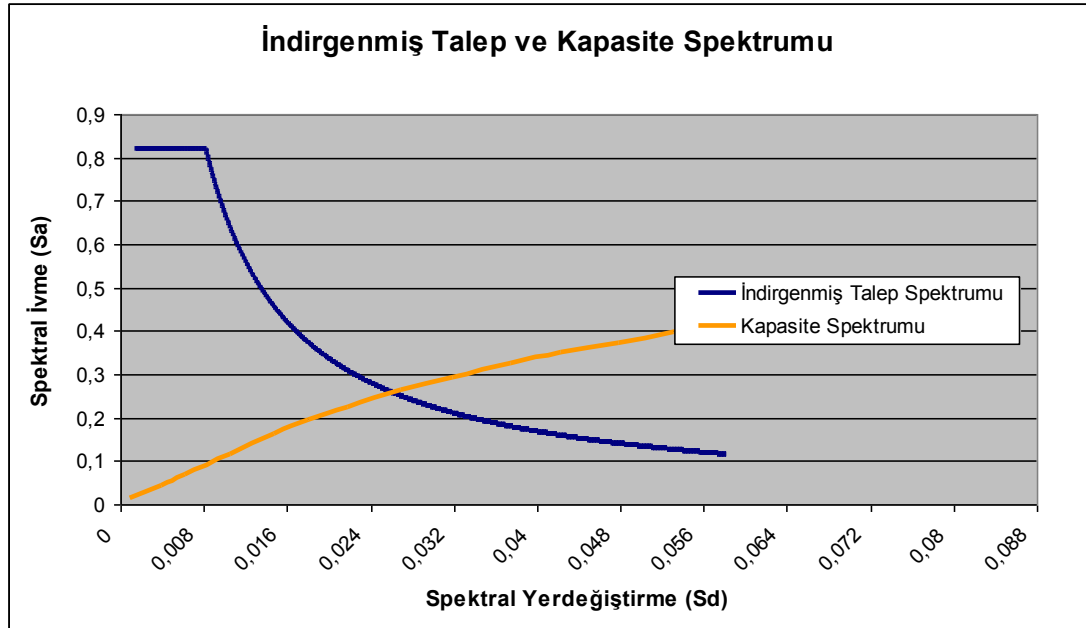
Şekil 6.53 Güçlendirilmiş ikinci yapı için Y yönüne ait başlangıç performans noktası

Kapasite spektrumu başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay}=0,1052$, $S_{dy}=0,0084$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu Şekil 6.53’ de belirtilmiştir.

Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)’ dan yararlanılmıştır. Yapı davranışı zayıf mevcut bina olduğu için Tip C seçilmiştir. Bu tip binalar için formülde geçen düzeltme katsayısı, κ , 0,33 olarak alınmıştır. Denklem (4.6)’ dan $\beta_{eff}= 0,06596$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A= 0,909$ ve $SR_V= 0,931$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiştir.

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek Şekil 6.54’ de belirtilmiştir. Kesişim noktası koordinatları $S_{ap}= 0,2551$ ve $S_{dp}= 0,0261$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,0241 < 0,0234 < 0,0267$$



Şekil 6.54 Güçlendirilmiş ikinci yapının Y yönüne ait performans noktasının bulunması

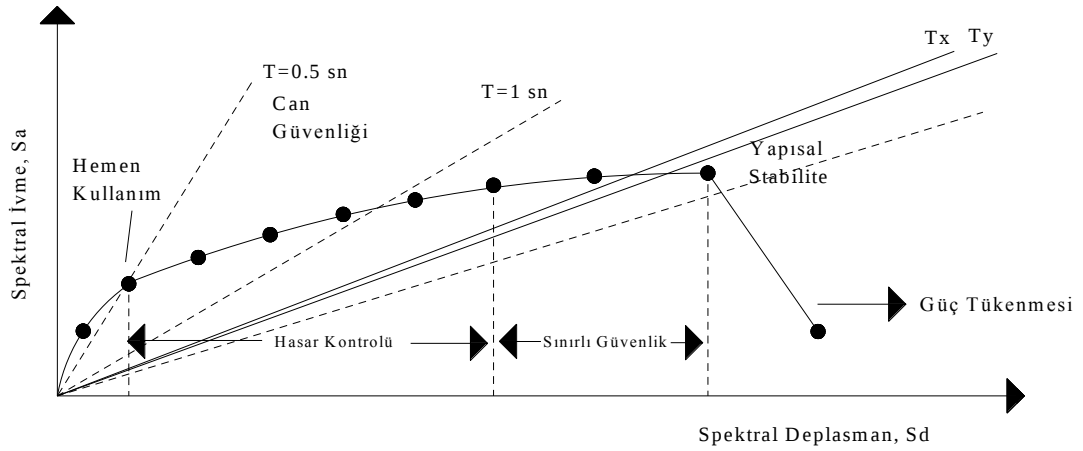
6.3.11 İkinci Yapı İçin Güçlendirilmiş Durum Sonuçları

Bu bölümde analizi yapılan ikinci yapının güçlendirilmiş durumu ile ilgili sonuçların değerlendirilmesi özetlenmiştir. Mevcut yapının SAP 2000 programında yapılan analiz sonucu bulunan değerler Tablo 6.32’ de özetlenmiştir.

Tablo 6.32 Güçlendirilmiş ikinci yapının SAP 2000 programı analiz sonuçları

Yön	$\Delta_{göçme}$ (m)	$V_{göçme}$ (kN)	$P_{göçme}$	Oluşan Plastik Mafsal Sayısı		
				(B-IO)	(IO-LS)	Toplam
X	0,1143	6203,67	1,50	92	96	188
Y	0,1147	6219,97	1,52	117	68	185

İkinci yapının performans seviyesinin isimlendirilmesinde Şekil 6.55’ de görülen eğriden faydalanılır. Bulunan performans noktasının koordinatları kullanılarak $T=2\pi\sqrt{(S_d / S_a)}$ yardımıyla $T_x=1,97$ s ve $T_y= 2,01$ s olarak bulunur. Bulunan bu periyot değerlerine göre yapının performans seviyesi araştırılmıştır. X ve Y yönü için yapı “Sınırlı Güvenlik” aralığındadır.



Şekil 6.55 Güçlendirilmiş ikinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

7. İKİ BOYUTLU ÇERÇEVE ANALİZİ

7.1 Giriş

Bu bölümde iki boyutlu bir çerçevenin iki farklı analiz programında çözümlemesi yapılacaktır. İncelemeye konu edilecek çerçeve daha önceki bölümde analizi yapılmış olan ikinci binanın C – C aksı olarak seçilmiştir (Şekil 7.1). Analiz programı olarak SAP 2000 ve CAPP (Capacity Analysis Pushover Program) nonlinear analiz programları kullanılmıştır [16].

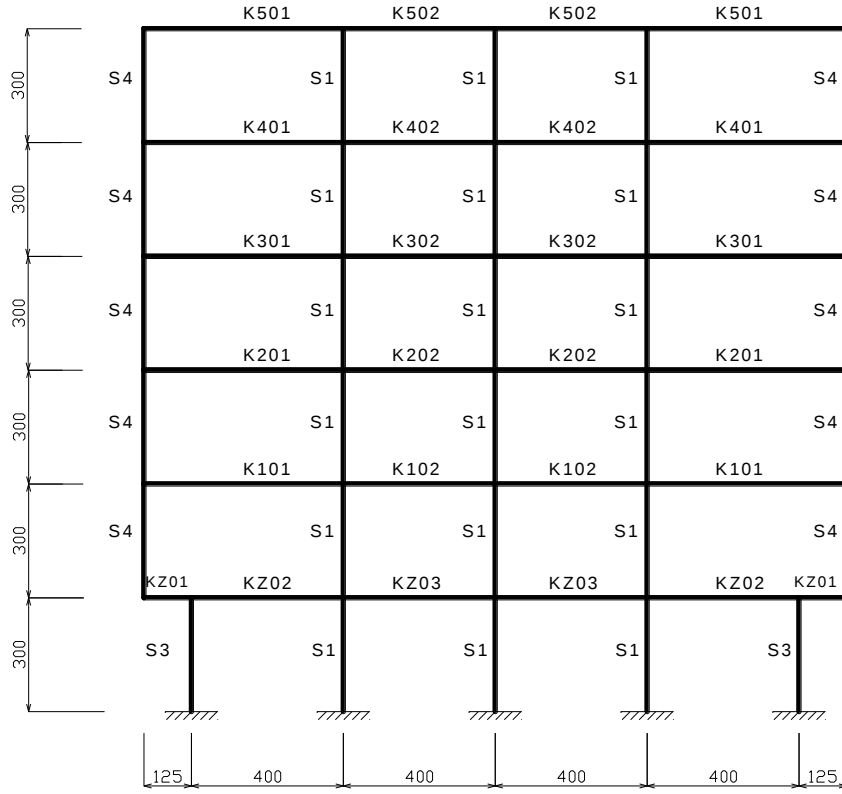
Çerçevede bulunan kiriş ve kolon boyutları ve donatıları tablolarda belirtilmiştir (Tablo 7.1,2). Çerçeve sisteme etkiyen düşey ve yatay kuvvetler tablolarda belirtilmiştir (Tablo 7.3). Yatay kuvvetler, daha önceki bölümde inceleme konusu olan ikinci bina için bulunan X yönündeki toplam yatay kuvvetin %25 i olarak alınmıştır.

Tablo 7.1 Çerçeve sistem kiriş boyutları ve donatıları

Kiriş Numarası	Kiriş Boyutları	Donatı Çapı	Sol Uç Kesitte		Sağ Uç Kesitte	
			üst	alt	üst	alt
KZ01	50/120	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	2	2	4	2
KZ02	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	4	2	4	2
KZ03	25/60	Φ16	2	*	2	*
		Φ12	4	2	4	2
K101	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	4	2	4	2
K101	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	4	2	4	2

Tablo 7.2 Çerçeve sistem kolon boyutları ve donatıları

Kolon Numarası	Kolon Boyutu	Donatı Çapı	Adet
S1	70x70	Φ 20	34
S3	50x65	Φ 20	24
S4	50x40	Φ 20	16



Şekil 7.1 İki boyutlu çerçeve modeli

Tablo 7.3 Çerçeve sistem kirişlerine etkiyen yükler

Kiriş numarası	G (kN/m)	Q (kN/m)
KZ01	20,43	5,33
KZ02	20,43	5,33
KZ03	20,43	5,33
K101	23,79	6,73
K102	20,93	5,33
K501	16,79	5,04
K502	13,93	4,00

Tablo 7.4 Çerçeve sisteme etkiyen yatay kuvvetler

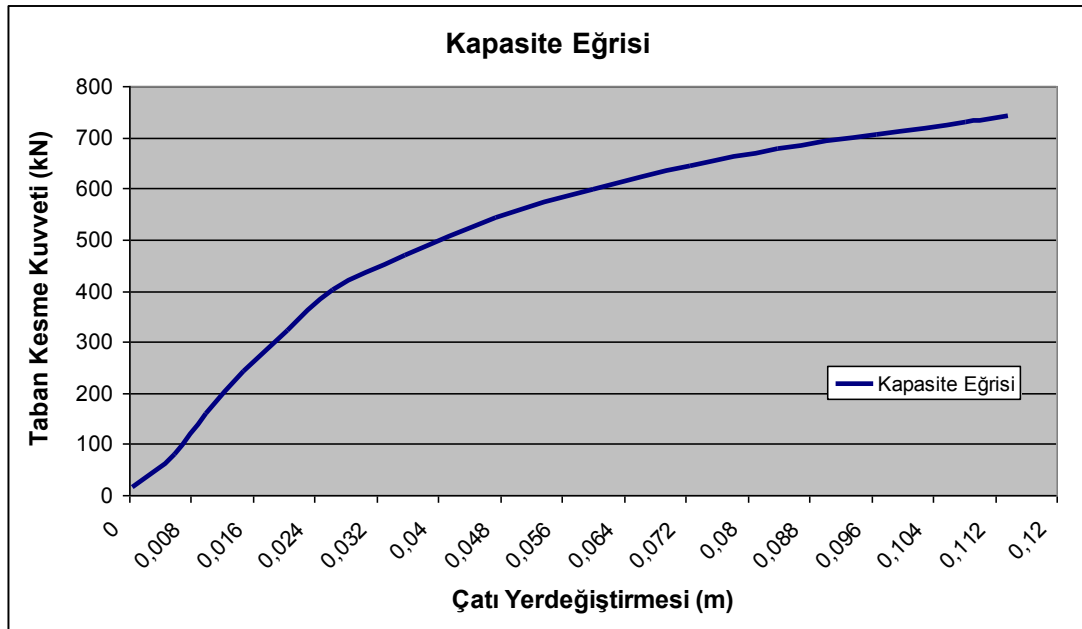
Kat No	Yatay Kuvvet (kN)
5.kat	233,60
4.kat	197,70
3.kat	158,15
2.kat	118,60
1.kat	79,10
zemin kat	49,00

Toplam : 836,15

7.2 Çerçevenin SAP 2000 Hesap Programı ile Analizi

İnceleme konusu olan çerçeve SAP 2000 programında modellenerek analizi yapılmıştır. Program hesap adımları Bölüm 5’te anlatılan esaslara göre yapılmıştır. Bilgisayar ortamında çerçevenin hesap modeli oluşturulmuş, bu model üzerinde kesitler ve yükler atanarak Bölüm 6’da izlenen adımlar uygulanarak çerçevenin analizi tamamlanmıştır.

Sistemin SAP2000 programında analiz edilmesinin ardından $V_{göçme}=738,6$ kN ve $\Delta_{göçme}=0,1144$ m olarak hesaplanmıştır Yapılan analiz sonucu elde edilen yatay yük – yerdeğiştirme grafiği şekilde gösterilmiştir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2 Çerçeve sisteme ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

Çerçevenin taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 0,88$ olarak bulunmuştur.

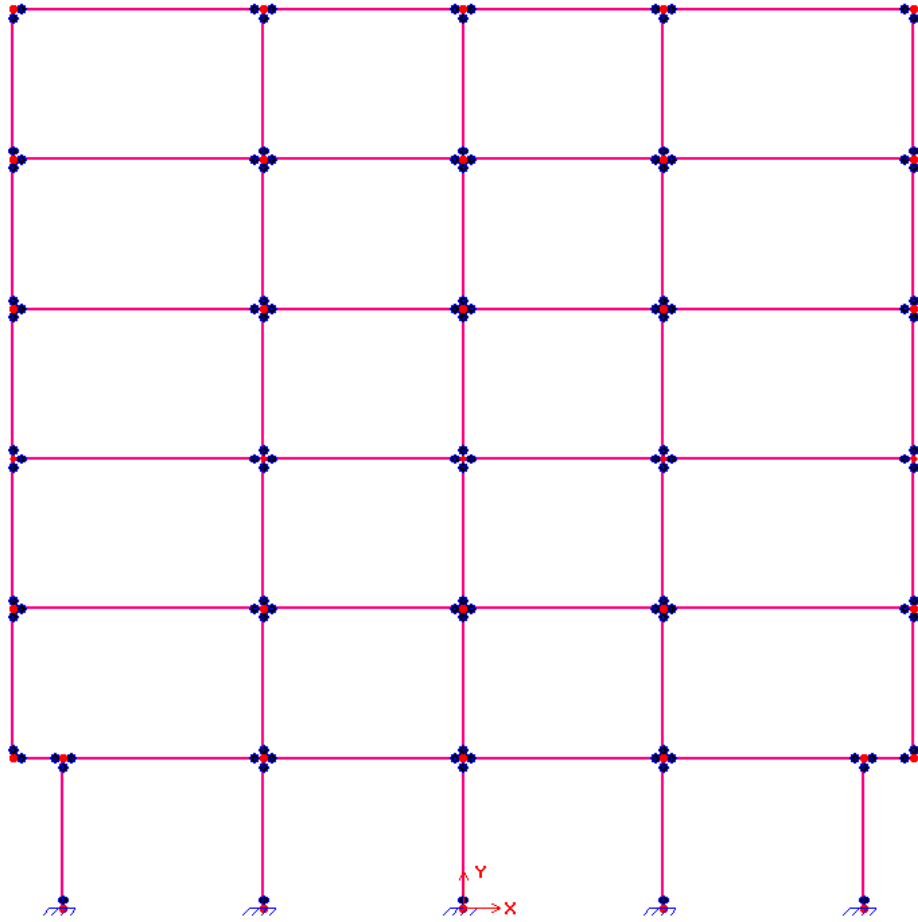
7.3 Çerçevenin CAPP Hesap Programında Analizi

Bu bölümde inceleme konusu çerçevenin farklı bir hesap programıyla analizi yapılacaktır. Analiz sonucu elde edilen veriler SAP 2000 programından elde edilen verilerle karşılaştırılacaktır.

İkinci analiz programı olarak iki boyutlu çerçevelerde lineer olmayan analiz yönteminin uygulanmasına olanak sağlayan CAPP (Capacity Analysis Pushover

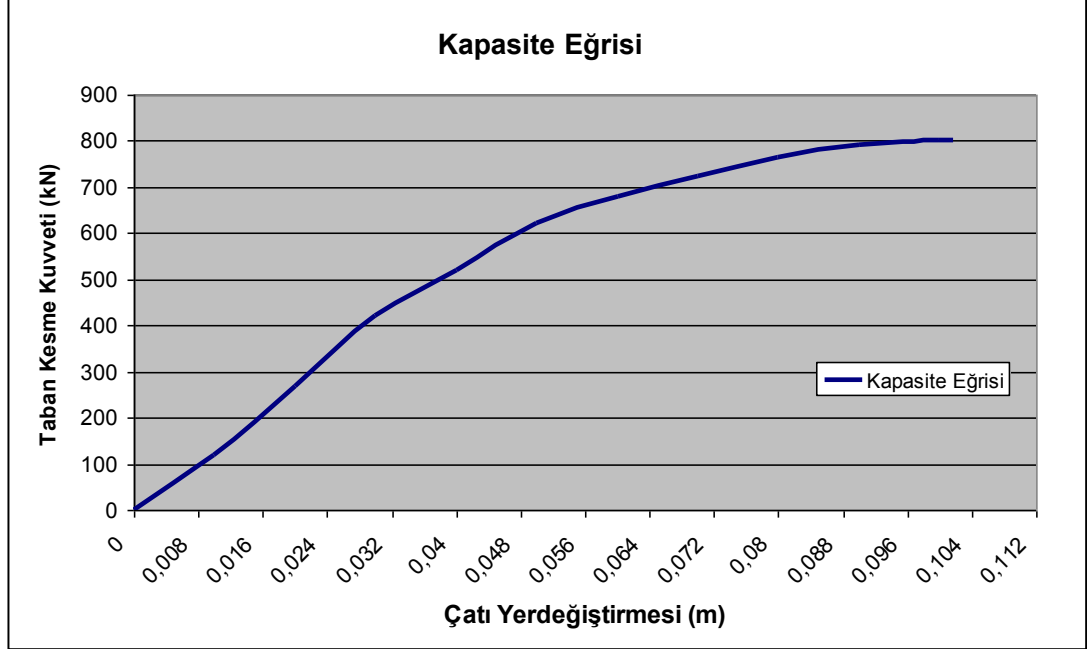
Program) hesap programı seçilmiştir. CAPP hesap programı Imbsen & Associates yazılım şirketinin bir ürünüdür [16].

Programda hesap yapılması için öncelikli olarak malzeme, kesit ve plastik mafsalları gibi hesap modelinin oluşturulmasında kullanılacak giriş verilerin tanımlanması gerekmektedir. Bölüm 7.2 'te inceleme konusu olan çerçeve için tanımlanan veriler programa atanarak hesap modeli oluşturulmuştur (Şekil 7.3). Oluşturulan hesap modeline düşey sabit ve hareketli yük değerleri atanmış, deprem etkisi yatay yük olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yük değerleri kullanılarak yük kombinasyonları oluşturulmuştur. $G + Q + E$ ve $0.9G + E$ kombinasyonları kullanılmıştır. Yatay yük değerleri olarak atanan deprem kuvvetleri programa "push" yük durumu olarak atanmıştır. Bu durumda hesap yapılırken yatay kuvvetin arttırımlı yükler olarak çerçeveye etkilmesi sağlanmıştır. Tanımlanan yük kombinasyonları ile sistemin analizi yapılmıştır. Analiz sonucu çerçeveye ait yatay yük – yerdeğiştirme eğrisi elde edilmiştir (Şekil 7.4).



Şekil 7.3 CAPP programı hesap modeli

Çerçevenin CAPP programında analiz edilmesinin ardından $V_{göçme}=807,76$ kN ve $\Delta_{göçme}=0,1016$ m olarak hesaplanmıştır Yapılan analiz sonucu elde edilen yatay yük – yerdeğiştirme grafiği şekilde gösterilmiştir (Şekil 7.2). Çerçevenin taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 0,96$ olarak bulunmuştur.



Şekil 7.4 CAPP programına ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

İki boyutlu çerçevenin farklı analiz programlarında yapılan analizin sonuçları tabloda verilmiştir (Tablo 7.5).

Tablo 7.5 Çerçeve sistem analiz sonuçları

Analiz Programı	Yatay Kuvvet (kN)	Yerdeğiştirme (m)
SAP2000	738,60	0,1144
CAPP	807,76	0,1016

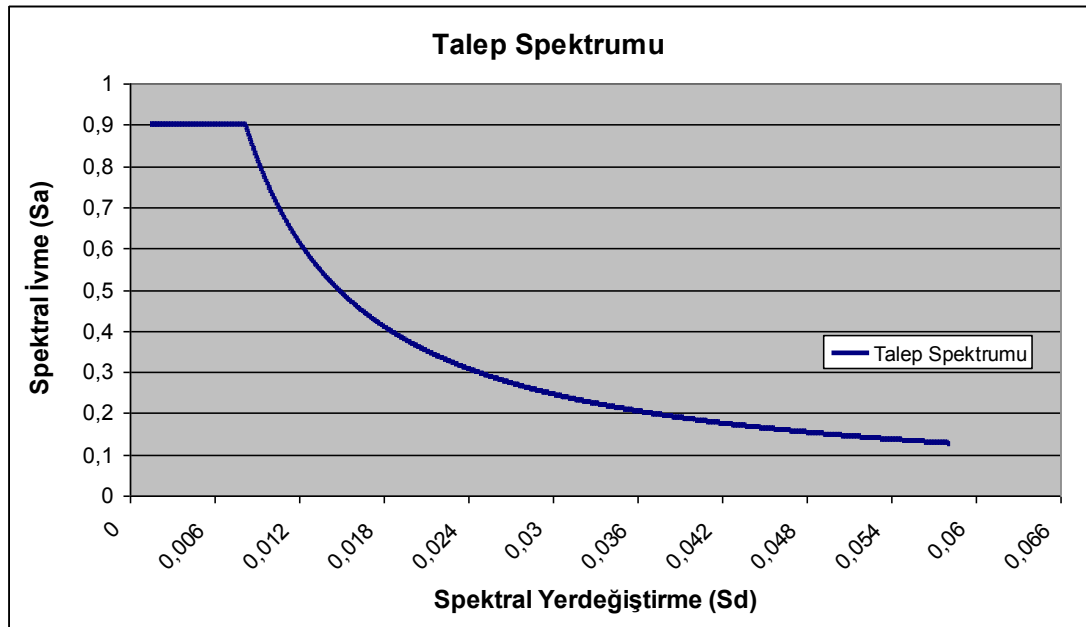
Yapılan analiz sonucunda SAP 2000 programı hesap modelinde, CAPP programı hesap modeline göre, daha az yatay kuvvet etkisinde, daha fazla yer değiştirme yaptığı belirlenmiştir. Yatay kuvvetler oranı 0,914 iken yerdeğiştirmeler oranı 1,126 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7.6 Çerçeve sisteme ait periyot ve kat ötelemeleri

T=0,538 s	
Kat No	Φ_i (m)
5. Kat	0,1062
4. Kat	0,0934
3. Kat	0,0762
2. Kat	0,0548
1. Kat	0,0315
Zemnin Kat	0,0104

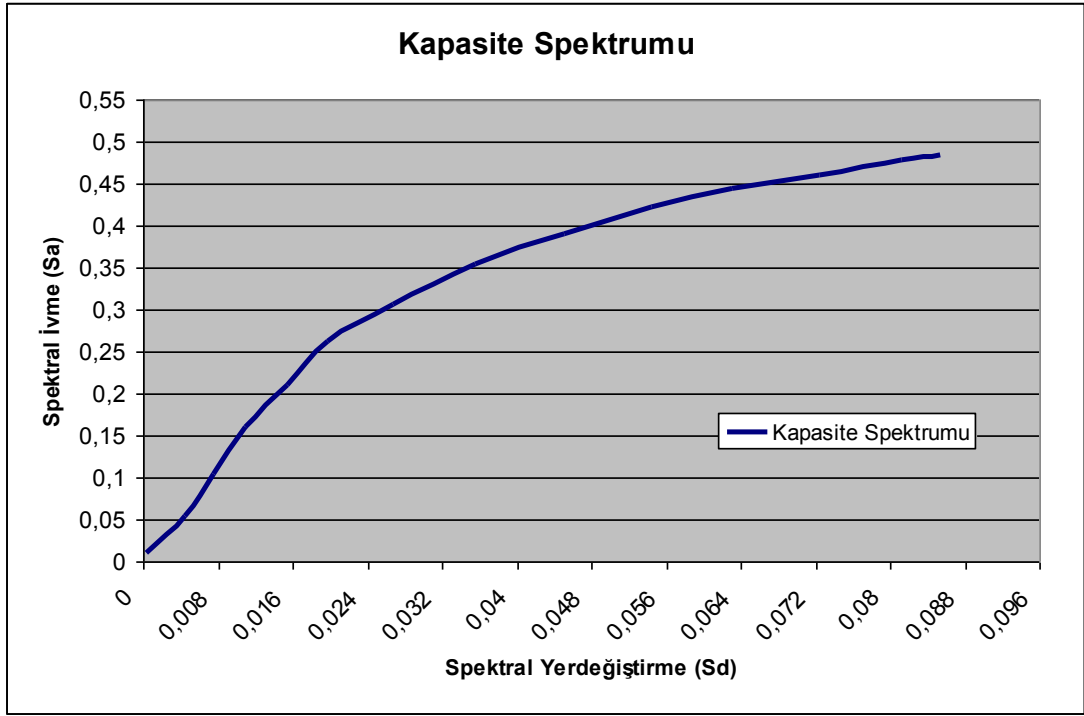
7.4 Çerçevenin Performans Noktasının İncelenmesi

Çerçeve sistemin lineer olmayan analizi sonucu elde edilen verilere göre performans noktası belirlenecektir. Performans noktasının belirlenmesi için çerçeveye ait kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi ve indirgenmiş talep spektrumunun bulunması gerekmektedir. Talep spektrumu olarak Bölüm 6.3 te hesaplanan grafik kullanılacaktır (Şekil 7.5). Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_i değerleri modal analiz sonucu bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu şekilde belirtilmiştir (Şekil 7.6).



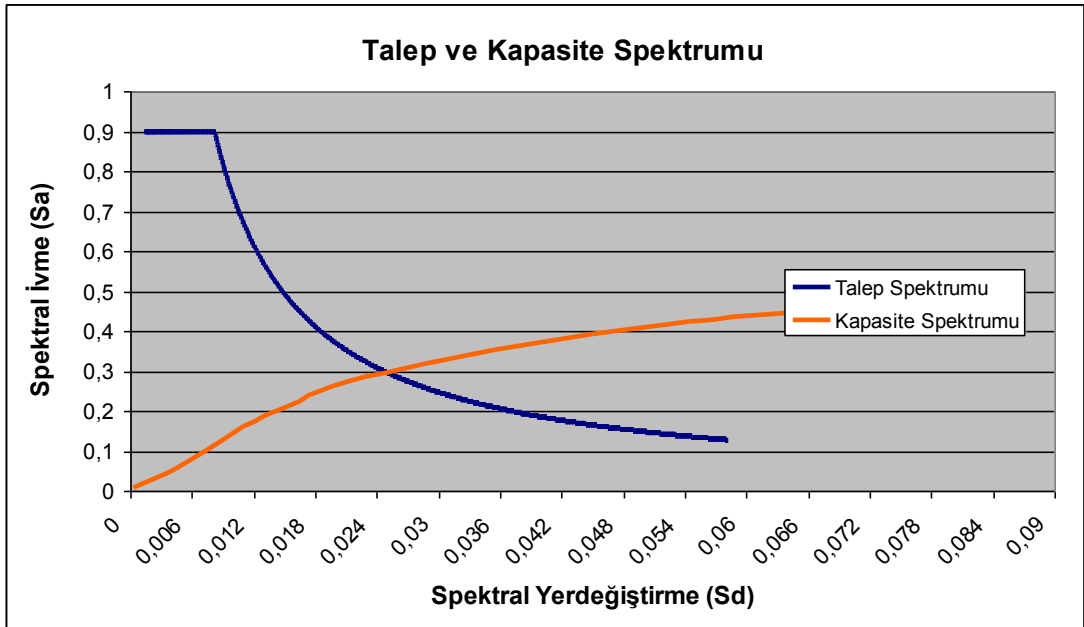
Şekil 7.5 Çerçeve sistem için talep spektrumu

PF= 12,544 $\alpha=0,7525$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.6 Çerçeve sisteme ait kapasite spektrumu

Belirlenen talep ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek şekilde belirtilmiştir (Şekil 7.7).

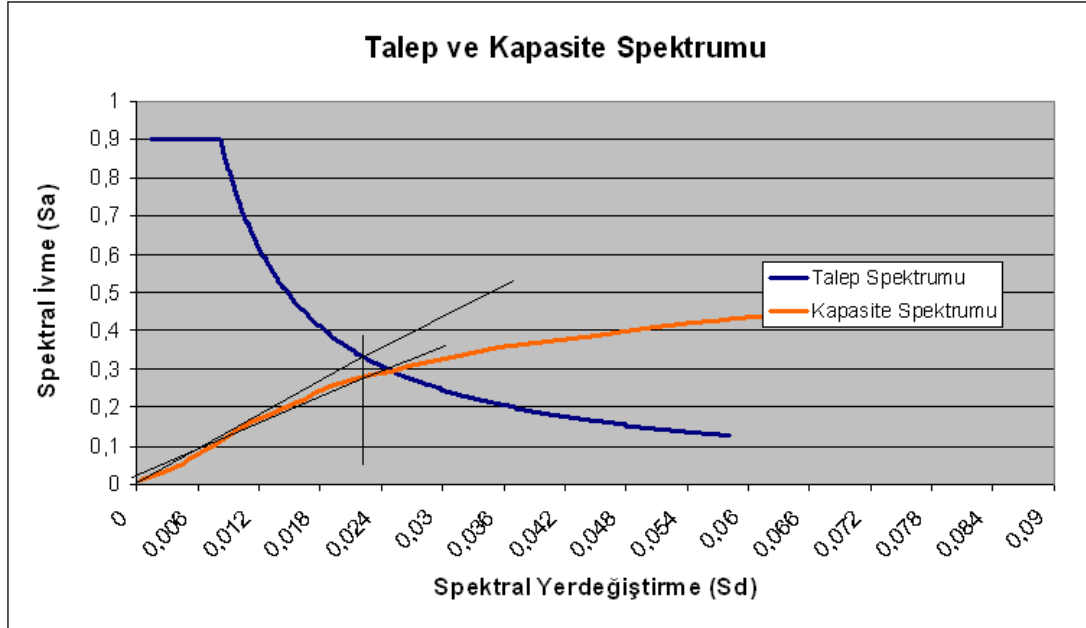


Şekil 7.7 Çerçeve sisteme ait talep ve kapasite spektrumu

Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey izdüşümü

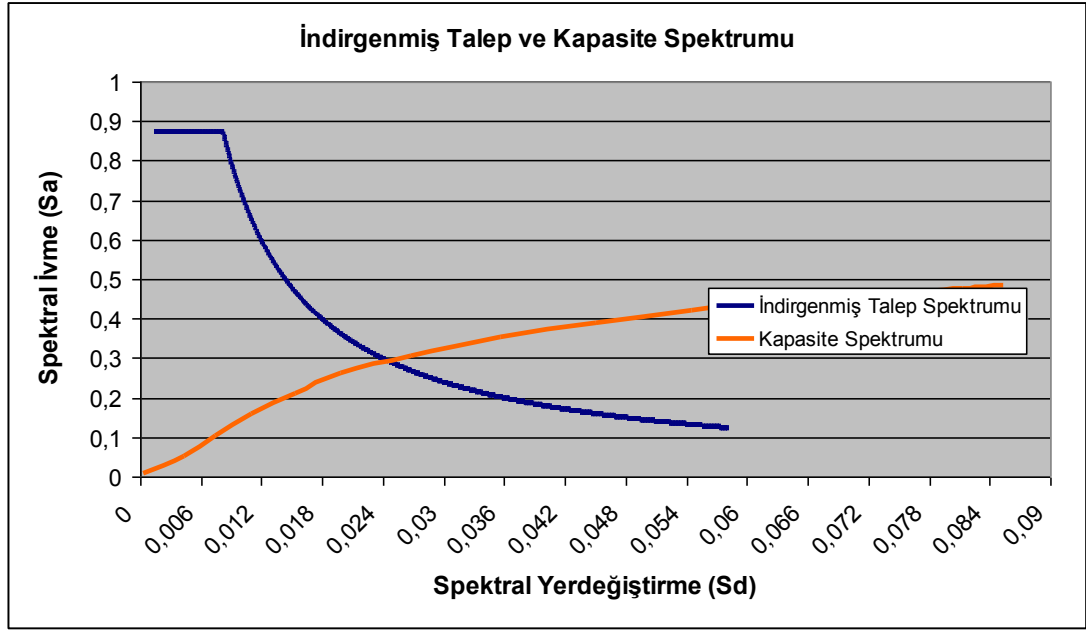
işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api} = 0,281$ ve $S_{dpi} = 0,023$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans noktasıdır.

Kapasite spektrumu, başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumunun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay} = 0,195$, $S_{dy} = 0,012$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu oluşturulmuştur (Şekil 7.8).



Şekil 7.8 Çerçeve sistem için başlangıç performans noktası

Belirlenen bu noktalardan sonra indirgenmiş talep spektrumu belirlenecektir. Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)' dan yararlanılacaktır. Denklem (4.6)'dan $\beta_{eff} = 0,0544$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A = 0,97$ ve $SR_V = 0,98$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiştir.

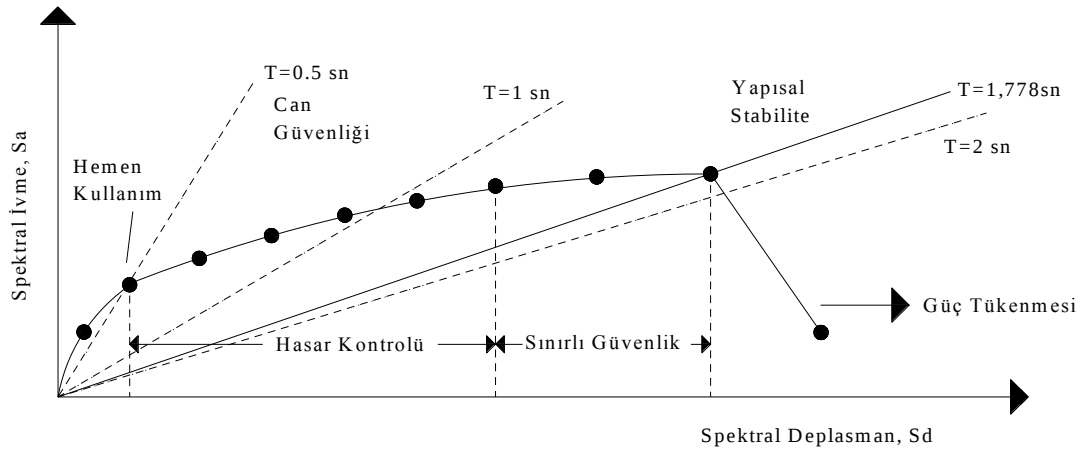


Şekil 7.9 Çerçeve sisteme ait indirgenmiş talep ve kapasite spektrumu

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek gösterilmiştir (Şekil 7. 9). Kesişim noktası koordinatları $S_{ap} = 0,2970$ ve $S_{dp} = 0,0238$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,02261 < 0,02295 < 0,02490$$

İnceleme konusu olan çerçevenin performans seviyesinin isimlendirilmesinde şekildeki eğriden faydalanılacaktır (Şekil 7.10).

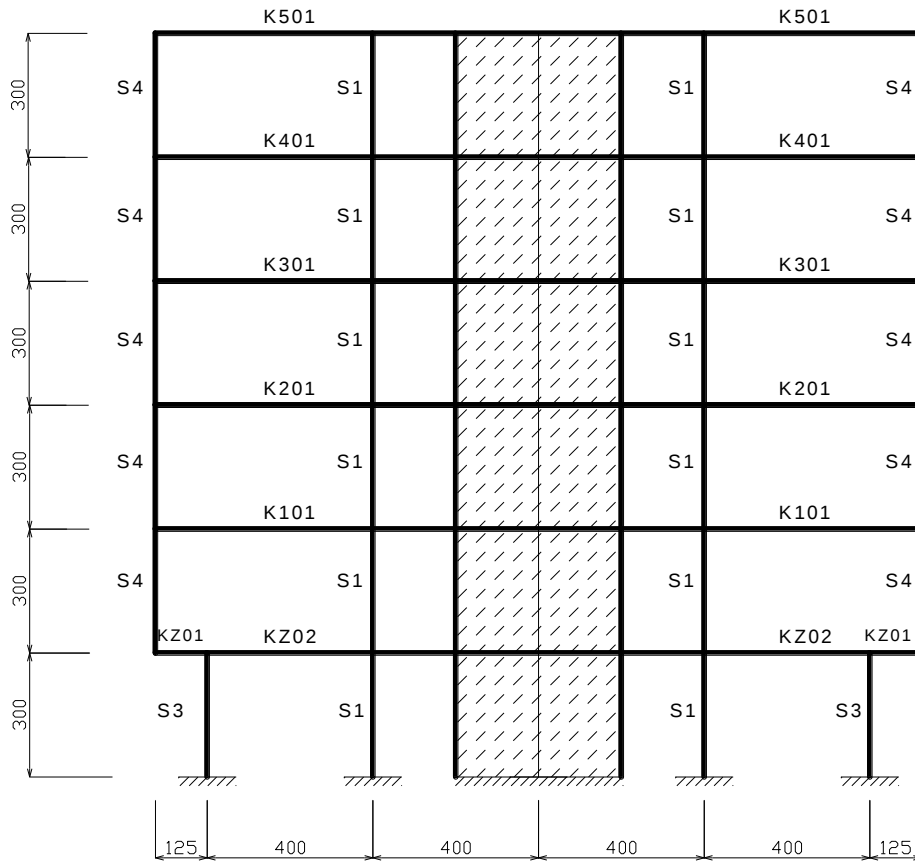


Şekil 7.10 Çerçeve sistem için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

Bulunan performans noktası koordinatları kullanılarak $T = 2\pi\sqrt{(S_d/S_a)}$ yardımıyla, $T = 1,778$ s olarak bulunmuştur. Bulunan bu periyot değerine göre sistemin performans seviyesi araştırılmıştır. Çerçeve bu durumu ile 'Yapısal Stabilité' noktasındadır.

7.5 Perde – Çerçeve Sistemin Analizi

Bu bölümde incelemeye konu olan iki boyutlu bir çerçeve sisteme perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonucu hesap adımları tekrarlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. İnceleme konu olan çerçeve sisteme orta aksa 25/400 boyutunda perde ilave edilerek perde – çerçeve sistem oluşturulmuştur (Şekil 7.11). Bölüm 6’da analizi yapılan ikinci binanın güçlendirilmesinde kullanılan P_{x2} perdesi seçilmiştir. Analiz programı olarak SAP 2000 ve CAPP (Capacity Analysis Pushover Program) nonlinear analiz programları kullanılmıştır [15].

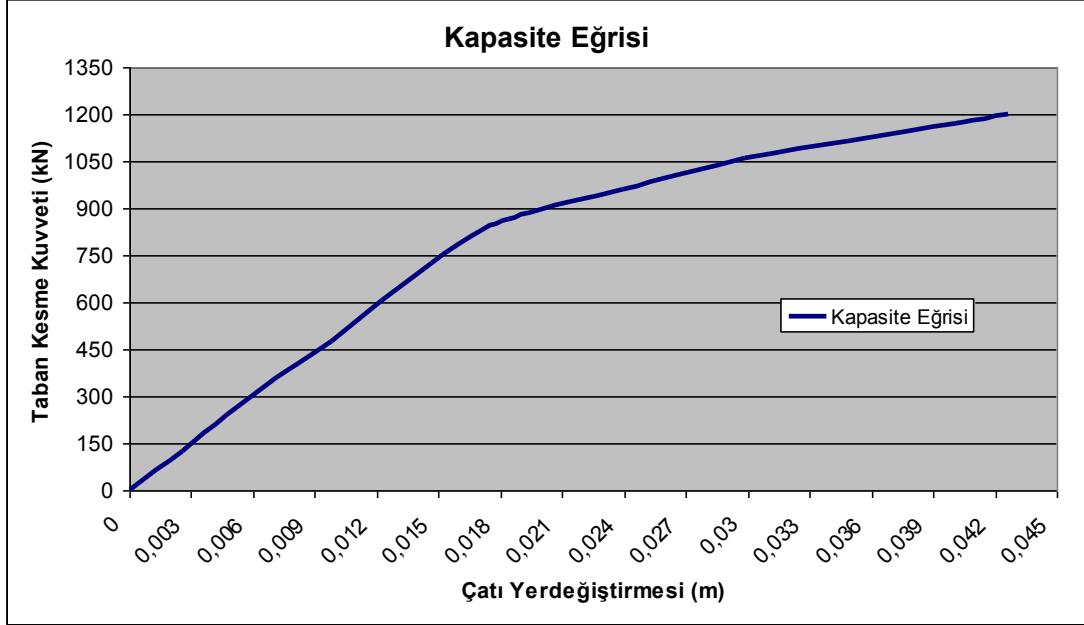


Şekil 7.11 Perde çerçeve sistem modeli

7.5.1 Perde – Çerçeve Sistemin SAP 2000 Hesap Programında Analizi

İnceleme konusu perde – çerçeve sistem SAP 2000 programında modellenerek analizi yapılmıştır. Program hesap adımları Bölüm 5’te anlatılan esaslara göre yapılmıştır. Bilgisayar ortamında çerçevenin hesap modeli oluşturulmuş, bu model üzerinde kesitler ve yükler atanarak Bölüm 6’da izlenen adımlar uygulanarak çerçevenin analizi tamamlanmıştır.

Sistemin SAP 2000 programında analiz edilmesinin ardından $V_{göçme}=1200$ kN ve $\Delta_{göçme}=0,04266$ m olarak hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucu elde edilen yatay yük – yerdeğiştirme grafiği şekilde gösterilmiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.12 Perde çerçeve sisteme ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

Sistemin taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 1,44$ olarak bulunmuştur.

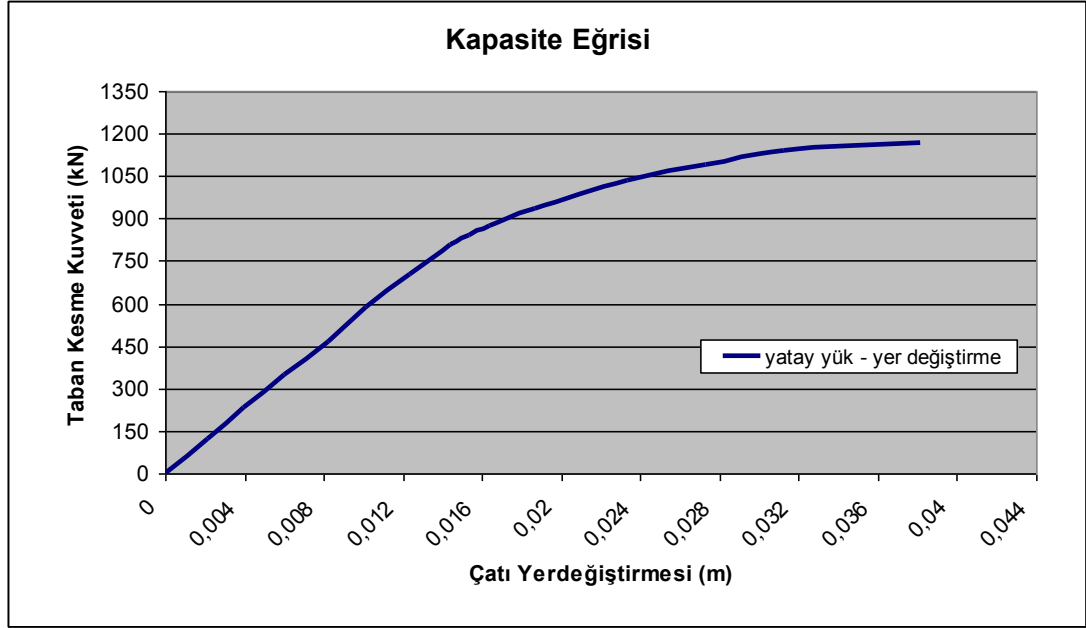
7.5.2 Perde – Çerçeve Sistemin CAPP Hesap Programında Analizi

Bu bölümde inceleme konusu çerçevenin farklı bir hesap programıyla analizi yapılacaktır. Analiz sonucu elde edilen veriler SAP 2000 programından elde edilen verilerle karşılaştırılacaktır.

Perde – çerçeve sistem için Bölüm 7.3 ‘te izlenen hesap adımları tekrarlanarak hesap modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan hesap modeline düşey sabit ve hareketli yük değerleri atanmış, deprem etkisi yatay yük olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu yük değerleri kullanılarak yük kombinasyonları oluşturulmuştur. $G + Q + E$ ve $0.9G + E$ kombinasyonları kullanılmıştır. Yatay yük değerleri olarak atanan deprem kuvvetleri programa “push” yük durumu olarak atanmıştır. Bu şekilde hesap yapılırken yatay kuvvetin artırımlı yükler olarak çerçeveye etkililmesi sağlanmıştır. Tanımlanan yük kombinasyonları ile sistemin analizi yapılmıştır.

Çerçevenin CAPP programında analiz edilmesinin ardından $V_{göçme}=1168$ kN ve $\Delta_{göçme}=0,03815$ m olarak hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonucu elde edilen yatay yük

– yer değiştirme grafiği şekilde gösterilmiştir (şekil 7.13). erevenin taban kesme kuvvetinin yük parametresi $P_{göçme} = 1,4$ olarak bulunmuştur.



şekil 7.13 CAPP programına ait yatay yük yerdeğiştirme grafiği

İki boyutlu çerçevenin farklı analiz programlarında yapılan analiz sonuçları tabloda belirtilmiştir (Tablo 7.7).

Tablo 7.7 Perde ereve sistem analiz sonuçları

Analiz Programı	Yatay Kuvvet (kN)	Yerdeğiştirme (m)
SAP2000	1200	0,04266
CAPP	1168	0,03815

Yapılan analiz sonucunda SAP 2000 programı hesap modelinde, CAPP programı hesap modeline göre, daha fazla yatay kuvvet etkisinde, daha fazla yer değiştirme yaptığı belirlenmiştir. Yatay kuvvetler oranı 1,02 iken yer değiştirmeler oranı 1,12 olarak hesaplanmıştır.

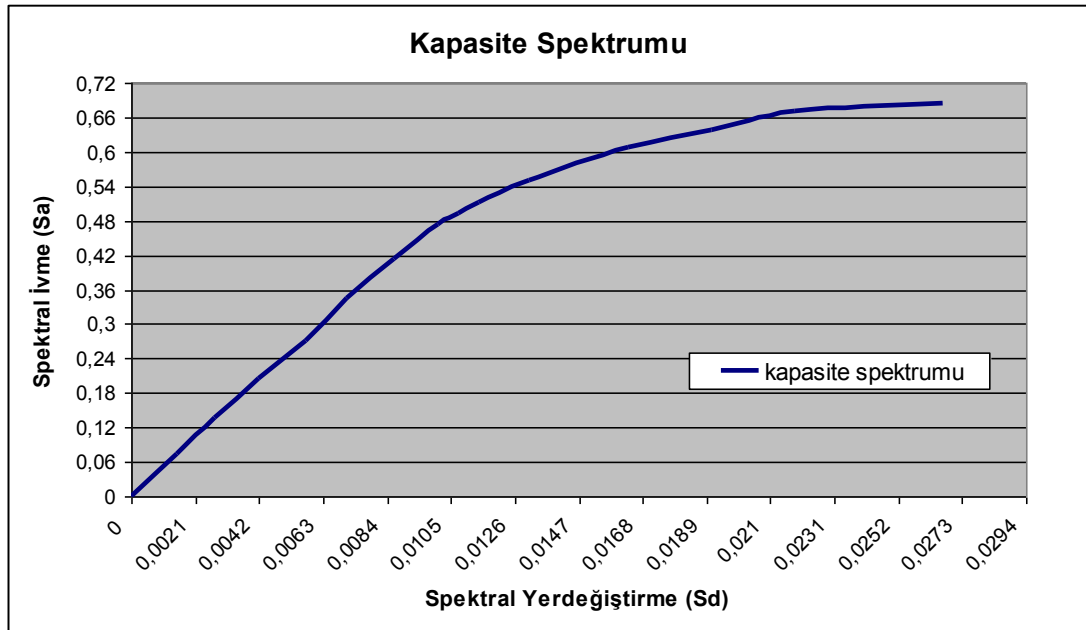
Tablo 7.8 Perde – çerçeve sisteme ait periyot ve kat ötelemeleri

T=0,2985 s	
Kat No	Φ_i (m)
5. Kat	0,1184
4. Kat	0,0936
3. Kat	0,0684
2. Kat	0,0441
1. Kat	0,0228
Zemnin Kat	0,0700

7.6 Perde – Çerçeve Sistemin Performans Noktasının İncelenmesi

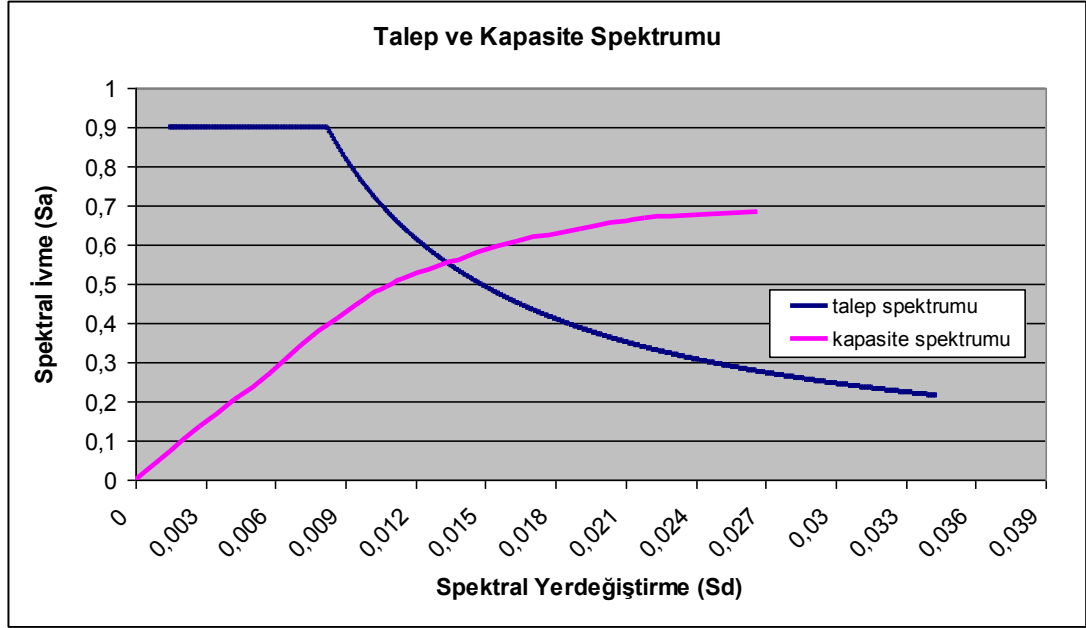
Perde – çerçeve sistemin lineer olmayan analizi sonucu elde edilen verilere göre performans noktası belirlenecektir. Performans noktasının belirlenmesi için çerçeveye ait kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi ve indirgenmiş talep spektrumunun bulunması gerekmektedir. Talep spektrumu olarak Bölüm 6.3 te hesaplanan grafik kullanılacaktır (Şekil 7.5). Kapasite eğrisinin kapasite spektrumuna dönüştürülmesi işleminde (4.1), (4.2), (4.3) ve (4.4) bağıntılarından yararlanılır. Denklemlerde kullanılan Φ_i değerleri modal analiz sonucu bulunan değerlerdir. Bağıntılar sonucu oluşturulan kapasite spektrumu şekilde belirtilmiştir (Şekil 7.14).

PF= 12,08 α =0,8389 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7.14 Perde çerçeve sisteme ait kapasite spektrumu

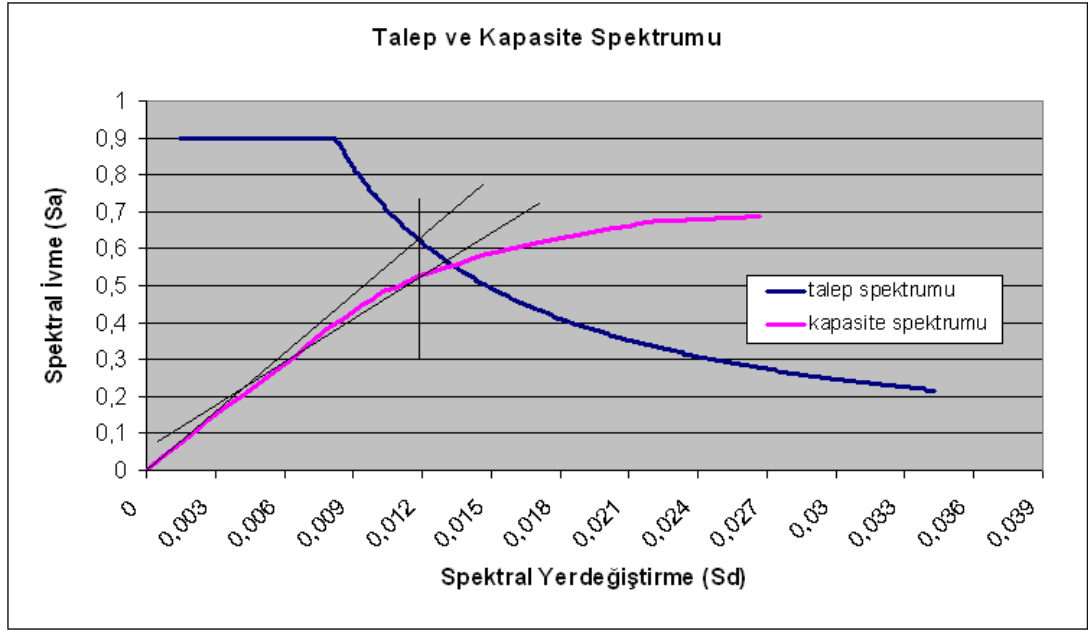
Belirlenen talep ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek şekilde belirtilmiştir (Şekil 7.15).



Şekil 7.15 Perde çerçeve sisteme ait talep ve kapasite spektrumu

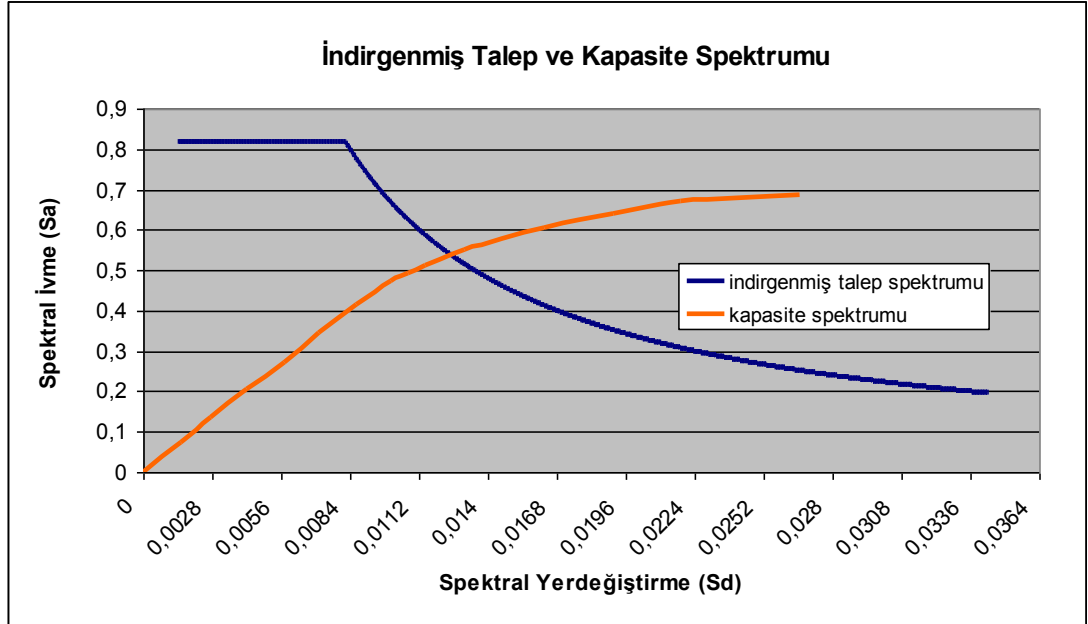
Kapasite spektrumunun doğrusal kısmı uzatılmış ve talep spektrumu ile kesiştirilmiştir. Bu noktanın kapasite spektrumu üzerindeki düşey izdüşümü işaretlenmiş ve koordinatları $S_{api} = 0,536$ ve $S_{dpi} = 0,0119$ olarak okunmuştur. Bu nokta kabul edilen başlangıç performans noktasıdır.

Kapasite spektrumu, başlangıç performans noktası ile kapasite spektrumunun doğrusal kısmından uzatılan doğru alanlar eşit olacak şekilde birleştirilir. Bu noktanın koordinatları $S_{ay} = 0,3870$, $S_{dy} = 0,0077$ olarak okunmuş ve kırıklı kapasite spektrumu oluşturulmuştur (Şekil 7.16).



Şekil 7.16 Perde çerçeve sistem için başlangıç performans noktası

Belirlenen bu noktalardan sonra indirgenmiş talep spektrumu belirlenecektir. Talep spektrumunun indirgenmesi için denklem (4.6)'dan yararlanılacaktır. Denklem (4.6)'dan $\beta_{eff} = 0,06574$ olarak hesaplanmıştır. Denklem (4.7) ve (4.8) kullanılarak $SR_A = 0,91$ ve $SR_V = 0,93$ olarak hesaplanmıştır. %5 talep spektrumu bu katsayılarla indirgenmiştir.

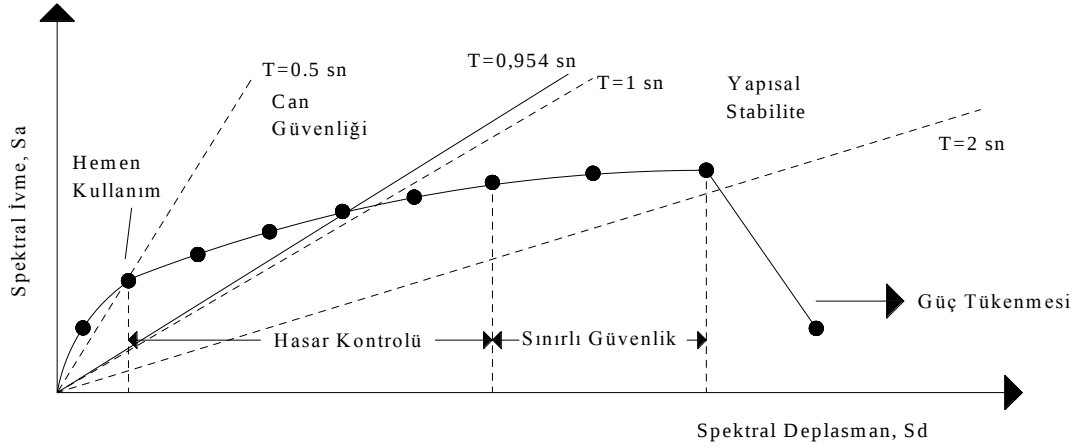


Şekil 7.17 Perde çerçeve sistem için indirgenmiş talep ve kapasite spektrumu

İndirgenmiş talep spektrumu ve kapasite spektrumu aynı grafik üzerinde çizilerek belirtilmiştir (Şekil 7.17). Kesişim noktası koordinatları $S_{ap} = 0,5381$ ve $S_{dp}=0,0124$ olarak okunmuştur.

$$0.95 \cdot S_{dpi} < S_{dp} < 1.05 \cdot S_{dpi} \rightarrow 0,01178 < 0,01190 < 0,01303$$

İnceleme konusu olan çerçevenin performans seviyesinin isimlendirilmesinde şekildeki eğriden faydalanılacaktır (Şekil 7.18).



Şekil 7.18 Perde çerçeve sistem için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

Bulunan performans noktası koordinatları kullanılarak $T = 2\pi\sqrt{(S_d/S_a)}$ yardımıyla, $T=0,954$ s olarak bulunmuştur. Bulunan bu periyot değerine göre sistemin performans seviyesi araştırılmıştır. Perde – çerçeve sistem için performans seviyesi ‘Hasar Kontrolü’ aralığındadır.

8. SONUÇLAR

Düşeyde düzensiz mevcut binaların deprem güvenliklerinin belirlenmesi, bu tez çalışmasına konu olmuştur. Yapılan gözlemler ve incelemeler yapı ne kadar basit düzenlenmişse, depreme dayanıklılığının da o derecede yüksek olduğu belirtmektedir. Basit ve düzenli yapıların yapımın kolay olması ve yapım aşamasında hata yapma olasılığının azlığı da bu sonucu sağlamaktadır. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik' te yapıların depreme dayanıklı tasarıma göre yapılmasını öngörülmüş, olumsuzlukları nedeni ile düzensiz yapılar teşvik edilmemiş, caydırıcı olması amacıyla ağır hükümler getirilmiştir.

Sayısal çözüm için mevcut iki farklı bina seçilmiştir. İnceleme konusu olan düşeyde düzensiz yapılar performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile ele alınmıştır. Hesaplamalarda elastik ötesi analiz yapma olanağı sağladığı için, statik itme analiz yöntemi kullanılmıştır. İlgili hesaplamalar için statik itme analiz yöntemini kullanmaya uygun olan SAP 2000 analiz programı kullanılmıştır. Ayrıca inceleme konu olan ikinci binadan düşeyde düzensizliğe sahip bir çerçeve seçilerek analizi yapılmıştır. Bu hesaplamalar için iki boyutlu çerçevelerin lineer olmayan analizinin yapılmasına uygun olan CAPP (Capacity Analysis Pushover Program) analiz programı seçilmiştir. Aynı çerçeve sistemin SAP 2000 programında da analizi yapılarak, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

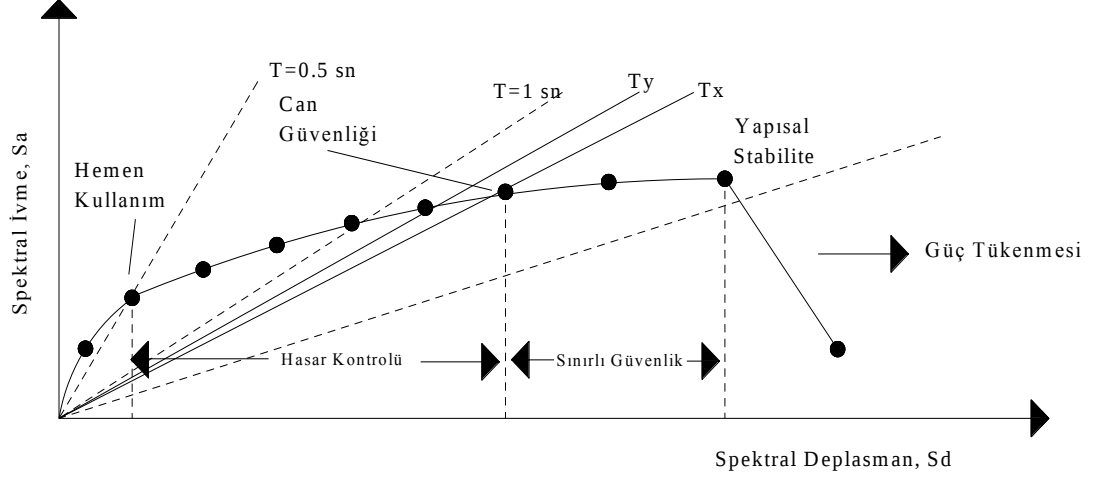
Yapılan analiz sonucu mevcut binaların olası bir deprem sırasında davranışının nasıl olacağı araştırılmış ve deprem güvenliği belirlenmeye çalışılmıştır. Bina taşıyıcı sistemlerine taşıyıcı elemanlar ilave edilerek yatay yük taşıma kapasiteleri artırılması amaçlanmış ve analizler tekrarlanmıştır. Yapılan çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir

- Birinci bina için SAP 2000 programı kullanılarak yapılan statik itme analizi sonucunda, X yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 1005,25 \text{ kN}$, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 0,34$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,0084 \text{ m}$ olarak bulunmuştur. Sistem toplam 59 adet (B – IO) hemen kullanım seviyesinde plastik

mafsal oluşması sonucu labil hale gelmiştir. Yapının Y yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 2360,48$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 0,79$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,037$ m olarak bulunmuştur. Sistem toplam 104 adet (B – IO) hemen kullanım seviyesinde plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, inceleme konusu olan birinci yapının X yönündeki deprem güvenliğinin Y yönüne nazaran oldukça zayıf olduğu görülmüştür.

- Birinci yapı için SAP 2000 programından elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak deprem güvenliğinin artırılmasına karar verilmiştir. Yapı için perde elemanlar ilave edilmesi ve perde uçlarındaki kolonların mantolanması şeklinde bir güçlendirme yöntemi seçilmiştir. İlave edilen perde elemanların konumu Şekil A.6 ‘da gösterilmiştir.
- Güçlendirilen birinci yapı için SAP 2000 programı kullanılarak tekrar yapılan statik itme analizi sonucunda, X yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 5609,71$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,65$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,0243$ m olarak bulunmuştur. Sistem toplam 128 adet (B – IO) hemen kullanım seviyesinde plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir. Yapının Y yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 6564,40$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,93$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,0239$ m olarak bulunmuştur. Sistem 123 adet(B-IO) hemen kullanım seviyesinde ve 5 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 128 adet plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir.
- Güçlendirilen birinci yapının, SAP 2000 programında elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak yapılan performans noktası hesaplarına ait değerler; X yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim \% 6,62$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,4236$ ve $S_{dp} = 0,0159$, Y yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim \% 6,93$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,4519$ ve $S_{dp} = 0,0142$ olarak bulunmuştur.

- Birinci yapıda mevcut durum için bir performans seviyesi belirlenememiştir. Güçlendirmeden sonraki performans seviyesi için Şekil 8.1 'de gösterilen grafik kullanılmıştır. Mantolanan kolonlar ile sisteme eklenen perdeler, sistemin rijitliğinin artmasına neden olmuştur. Bu artış sonucunda yapının performans seviyesi yükselmiştir.

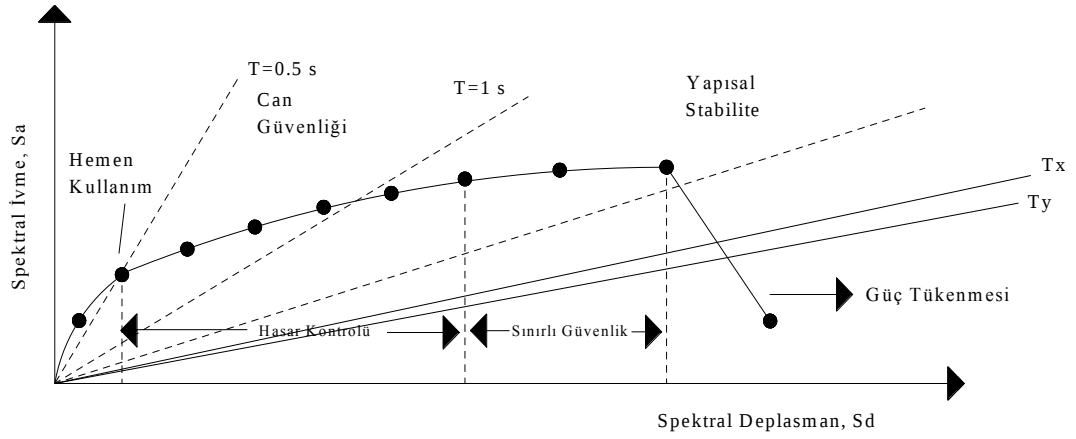


Şekil 8.1 Güçlendirilmiş birinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

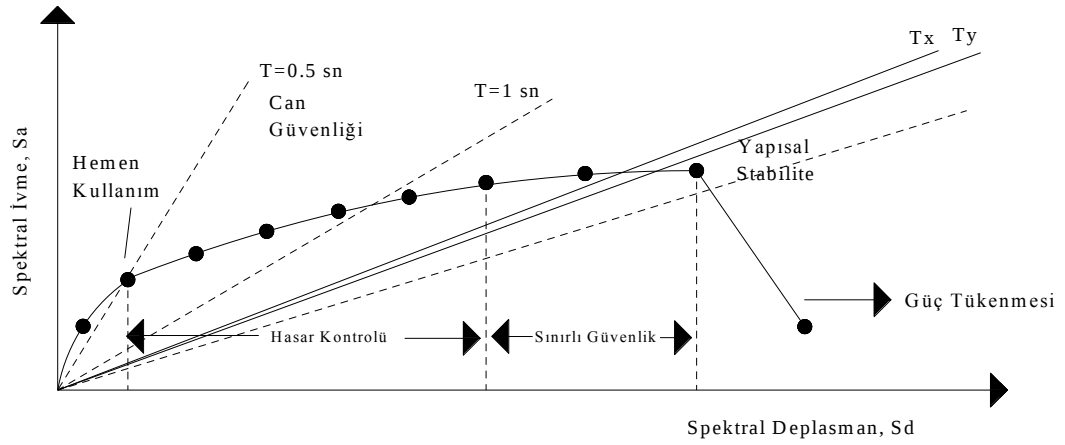
- İkinci bina için SAP 2000 programı kullanılarak yapılan statik itme analizi sonucunda, X yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 3320,7805$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 0,99$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1145$ m olarak bulunmuştur. Sistem 122 adeti (B – IO) hemen kullanım seviyesinde ve 70 adeti (IO – LS) hasar kontrol aralığında olmak üzere toplam 192 adet plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir. Yapının Y yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 3215,4426$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1142$ m olarak bulunmuştur. Sistem 111 adeti (B – IO) hemen kullanım seviyesinde ve 60 adeti (IO – LS) hasar kontrol aralığında olmak üzere toplam 171 adet plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir.
- İkinci yapı için SAP 2000 programından elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak performans seviyesi araştırıldığında, her iki doğrultu içinde güç tükenmesi durumunda olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanılarak yapının deprem güvenliğinin artırılmasına karara verilmiştir. Yapının düzensizliği giderilerek mevcut taşıyıcı sistemin iyileştirilmesi planlanmıştır.

Bina dış akslarında bulunan ve zemin katta devam etmeyen kolonların zemin katta da devamı sağlanmış ve bina köşelerine L şeklinde perde elemanlar ilave edilmiştir. Perdelerin konumları ekler bölümümde Şekil A.11’ de belirtilmiştir.

- Güçlendirilen ikinci yapı için SAP 2000 programı kullanılarak tekrar yapılan statik itme analizi sonucunda, X yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 6203,67$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,50$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1143$ m olarak bulunmuştur. Sistem 92 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde ve 96 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 188 adet plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir. Yapının Y yönü için göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 6219,97$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,52$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1147$ m olarak bulunmuştur. Sistem 92 adet (B-IO) hemen kullanım seviyesinde ve 85 adet ise hasar kontrol aralığında (IO-LS) olmak üzere toplam 177 adet plastik mafsall oluşması sonucu labil hale gelmiştir.
- Güçlendirilen ikinci yapının, SAP 2000 programında elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak yapılan performans noktası hesaplarına ait değerler; X yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim \% 6,73$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,2610$ ve $S_{dp} = 0,0256$, Y yönü için etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim \% 6,59$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,2551$ ve $S_{dp} = 0,0261$ olarak bulunmuştur. Güçlendirilen yapının performans seviyesinin her iki yön için de ‘Sınırlı Güvenlik’ aralığında olduğu belirlenmiştir.
- İkinci yapının güçlendirme yapılmadan önceki performans seviyeleri ile güçlendirmeden sonraki performans seviyeleri arasındaki değişim Şekil 8.2 ve Şekil 8.3 gösterilmiştir. Güçlendirmeden sonra mantolanan kolonlar ve sisteme eklenen perdelerden dolayı yapının her iki yönde de rijitliği artmıştır. Sistemdeki rijitlik artışına paralel olarak, sistemin yatay yük taşıma kapasitesi de artmıştır.

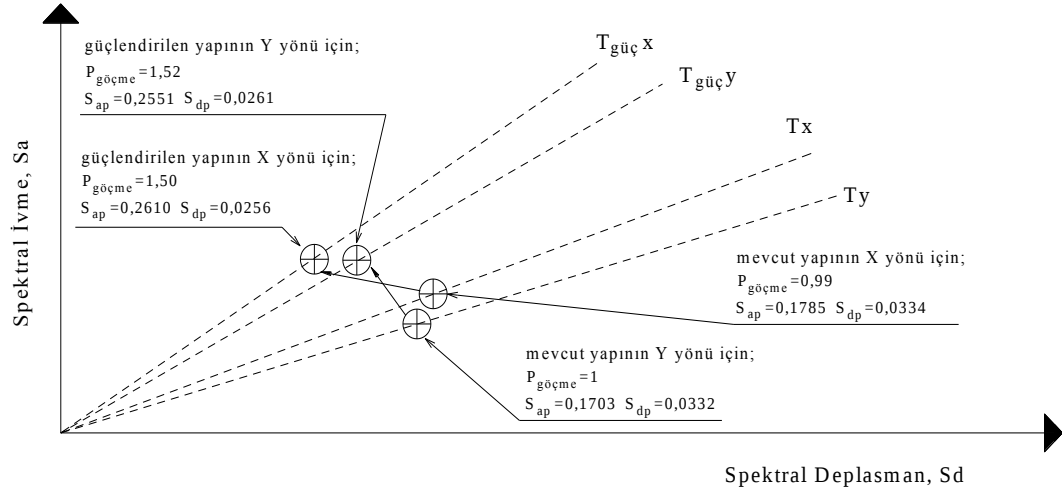


Şekil 8.2 İkinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi



Şekil 8.3 Güçlendirilmiş ikinci yapı için taşıyıcı sistemde kapasite spektrum eğrisi

- İkinci yapının performans seviyelerindeki değişim Şekil 8.4'te gösterilmiştir. Bu gösterime göre, mevcut durum için yapının X yönüne ait performans seviyesi güç tükenmesi durumundadır. Güçlendirmeden sonra yapının X yönündeki performans seviyesi sınırlı güvenlik durumda hasar kontrol aralığına yakındır. Mevcut durum için yapının Y yönüne ait performans seviyesi de güç tükenmesi durumundadır. Güçlendirmeden sonra yapının Y yönündeki performans seviyesi sınırlı güvenlik durumdadır.

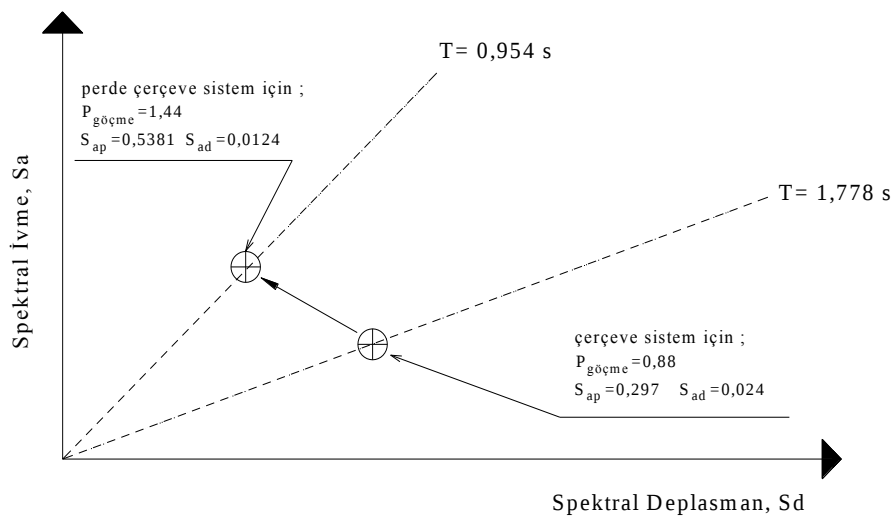


Şekil 8.4 İkinci yapının performans seviyelerindeki değişim

- Çerçeve sistem için SAP 2000 programı kullanılarak yapılan statik itme analizi sonucunda, göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 738,6$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 0,88$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1144$ m olarak bulunmuştur.
- Çerçeve sistem için CAPP programı kullanılarak yapılan statik itme analizi sonucunda, göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 807,76$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 0,96$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,1016$ m olarak bulunmuştur.
- Çerçeve sistem için farklı iki programda yapılan analizlerin sonuçlarının yakın değerler olduğu belirlenmiştir. Fakat birebir karşılaştırma yapıldığında arada bazı farkların olduğu belirlenmektedir. Sistemin CAPP programında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti, SAP 2000 programından elde edilen sonuçtan $\sim\% 9$ kadar fazladır. Deplasman değerlerinde ise; CAPP programından elde edilen değer SAP 2000 programından elde edilenden $\sim 1,3$ cm daha azdır.
- Çerçeve sistemin, SAP 2000 programında elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak yapılan performans noktası hesaplarına ait değerler; etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim\% 5,4$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,297$, $S_{dp} = 0,024$ olarak bulunmuştur. Çerçeve sistemin performans noktası ‘Yapısal Stabilité’ noktası olarak belirlenmiştir.
- Çerçeve sisteme perde ilave edilerek perde çerçeve sistem oluşturulmuştur. Perde çerçeve sistem için SAP 2000 programı kullanılarak yapılan statik itme analizi

sonucunda, göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 1200$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,44$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,04266$ m olarak bulunmuştur.

- Perde çerçeve sistem için CAPP programı kullanılarak yapılan statik itme analizi sonucunda, göçmeye neden olan maksimum taban kesme kuvveti $V_{göçme} = 1168$ kN, bu kuvvete karşı gelen yatay yük parametresi $P_{göçme} = 1,4$ ve göçme anında meydana gelen çatı deplasmanı $\Delta_{göçme} = 0,03815$ m olarak bulunmuştur.
- Perde çerçeve sistemin farklı iki programda yapılan analizlerinin sonuçları için birebir karşılaştırma yapıldığında arada bazı farkların olduğu belirlenmektedir. Sistemde SAP 2000 programında elde edilen maksimum taban kesme kuvveti, CAPP programından elde edilen sonuçtan $\sim\% 2,7$ kadar fazladır. Deplasman değerlerinde ise; CAPP programından elde edilen değer SAP 2000 programından elde edilenden $\sim 0,5$ cm daha azdır.
- Perde çerçeve sistemin, SAP 2000 programında elde edilen analiz sonuçlarına dayanılarak yapılan performans noktası hesaplarına ait değerler; etkin sönüm oranı $\beta_{eff} = \sim \% 6,5$, performans noktasının koordinatları $S_{ap} = 0,5381$ $S_{dp} = 0,0124$ olarak bulunmuştur. Perde çerçeve sistemin performans seviyesi olarak ‘hasar kontrol aralığı’ belirlenmiştir. Çerçeve ve perde sistemin performans seviyesindeki değişim Şekil 8.5’te gösterilmiştir.



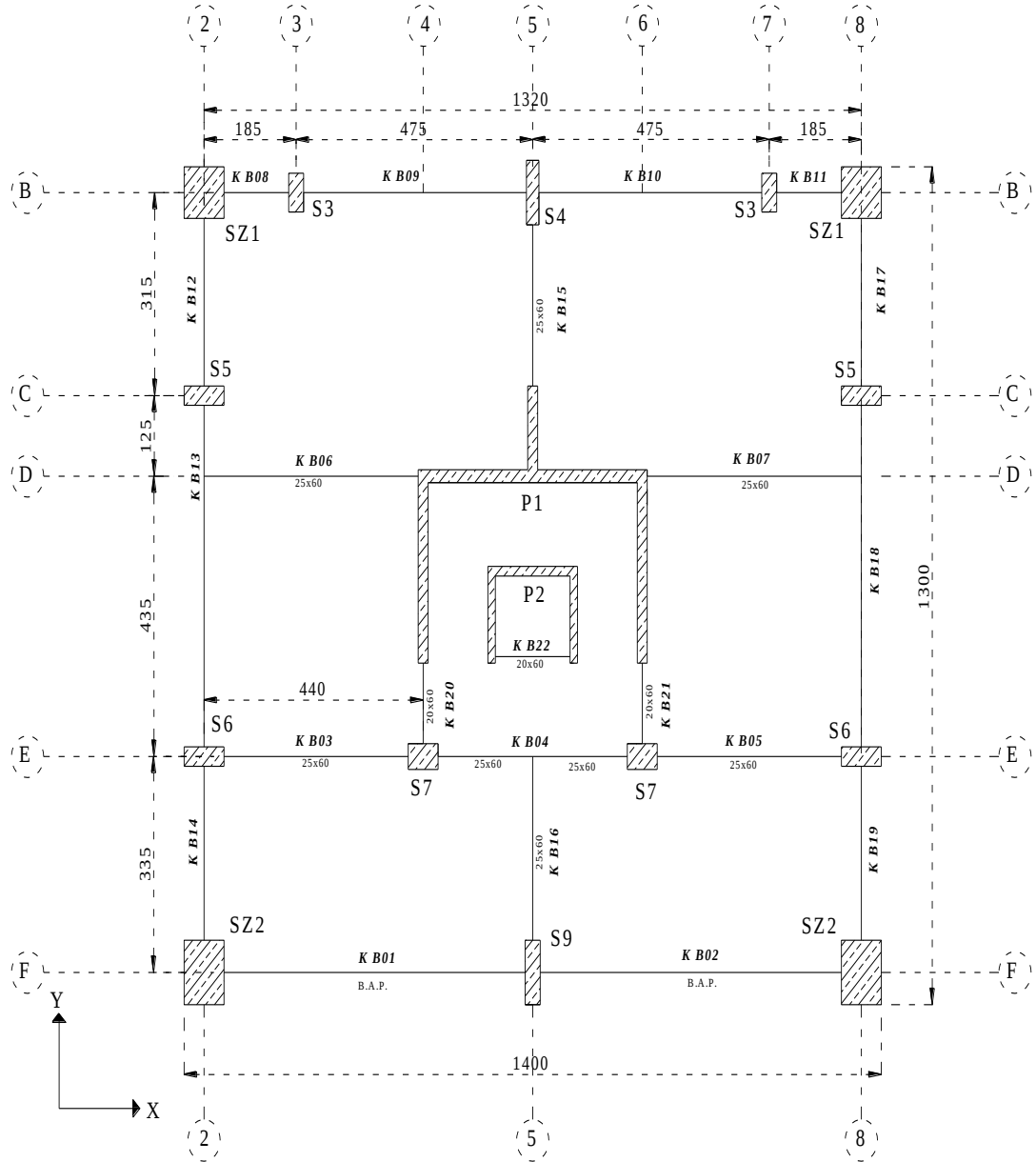
Şekil 8.5 Çerçeve sistemin performans seviyelerindeki değişim

KAYNAKLAR

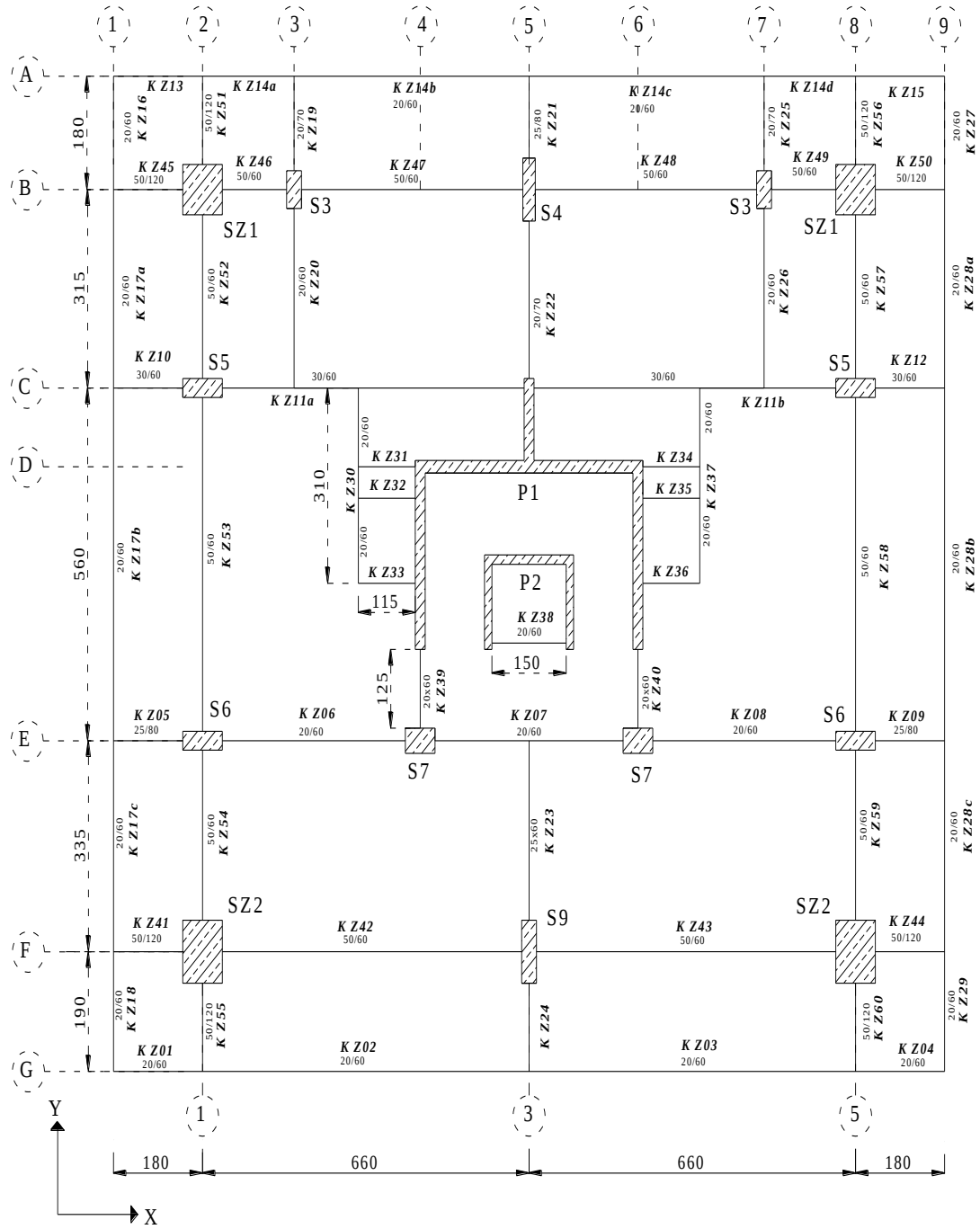
- [1] **Applied Technology Council, ATC – 40**, Kasım 1996, Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, V 1 Redwood City, California/USA
- [2] **Federal Emergency Management Agency, FEMA 273/356**, 1996, Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, V 1, Redwood City, California/USA
- [3] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [4] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [5] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2001. Yapı Dinamiği, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [6] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik**, 1997. Bayındırlık Bakanlığı, Ankara.
- [7] **TS-500**, 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
- [8] **Bozorgnia, Y. ve Bertero, V.**, 2004, Earthquake Engineering from Engineering Seismology to Performance-Bases Engineering, CRC Press, USA.
- [9] **Naeim, F.**, 2001, The Seismic Design Handbook, Kluwer Academic Publisher, USA.
- [10] **Güler, K. ve Altan, M.**, 2004. An Examination of Reinforced Concrete Consolated Buildings in Turkey due to 17 august 1999 Kocaeli Earthquake, *The 13th International Conferences on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.
- [11] **Güler, K.**, 1996. Dynamic behavior of a building having vertically irregular structural system, *Proceedings of the European Workshop on the Seismic Behavior of Asymmetric and Setback Structures*, Anacapri, Isle of Capri, Italy.
- [12] **Chopra, A. K. and Chintanapakdee, C.**, 2004. Evaluation of Modal Pushover Analysis Using Vertically Irregular Frames, *The 13th International Conferences on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6.
- [13] **Özer, E.**, 2004, Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- [14] **Celep, Z.**, 2005, Performansa Dayalı Tasarım ve Güçlendirme, Mustafa İnan Tatbiki Mekanik Seminerleri, İnşaat Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Mart 22.
- [15] **SAP2000 NonLinear.**, Structural Analysis Program, Computers and Structures, Inc.
- [16] **CAPP (Capacity Analysis Pushover Program).**,2003, Structural Analysis Program, Imbsen, Inc.

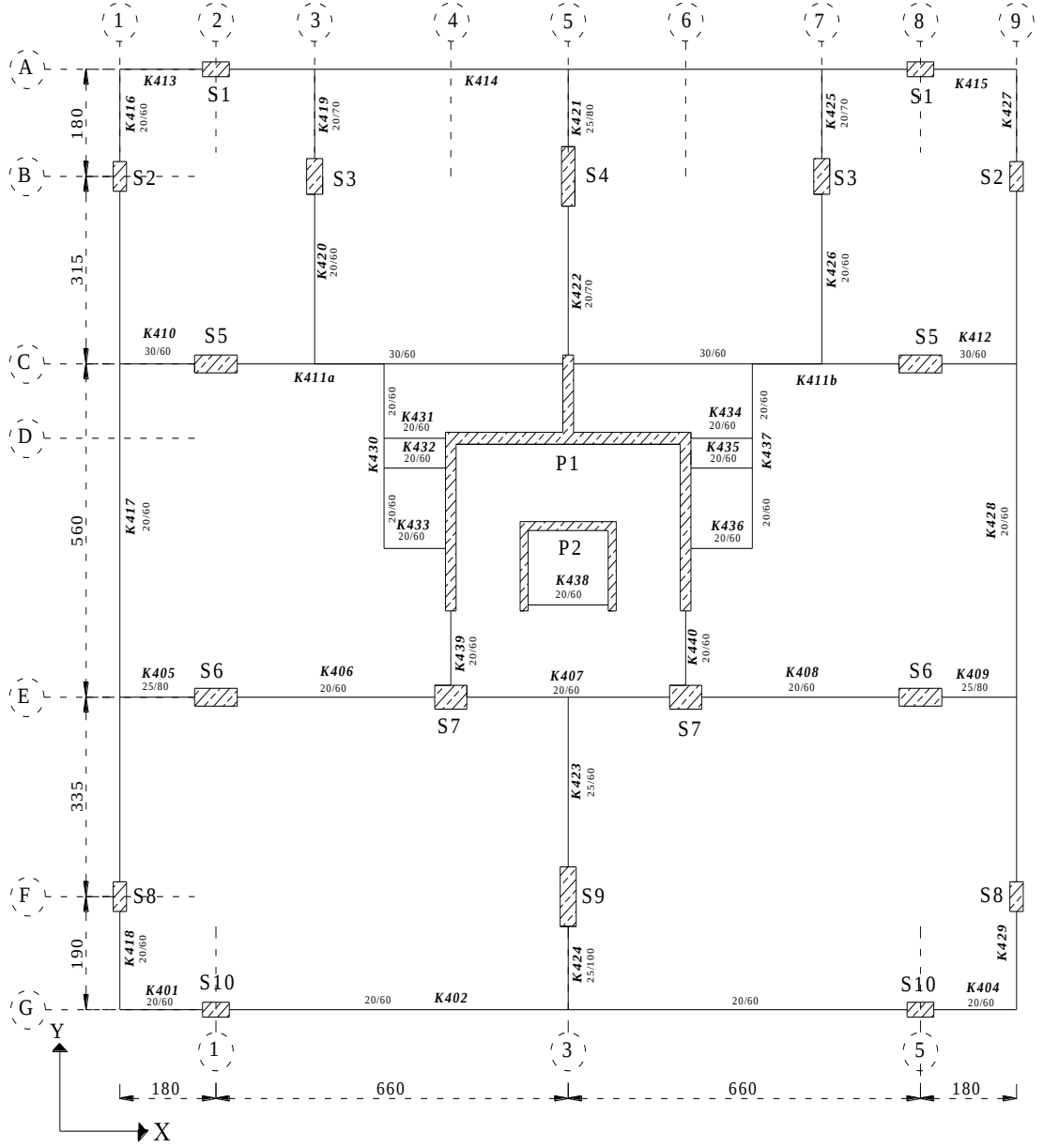
EK – A



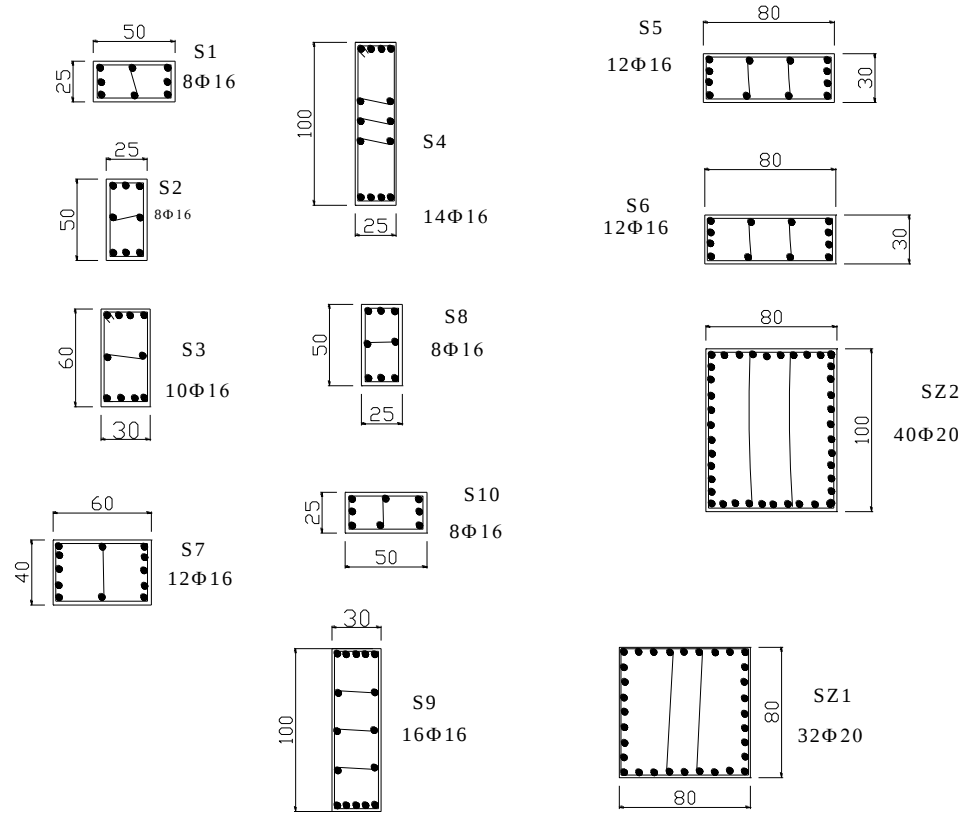
Şekil A.1 Birinci yapıya ait bodrum kat tavan kalıp planı



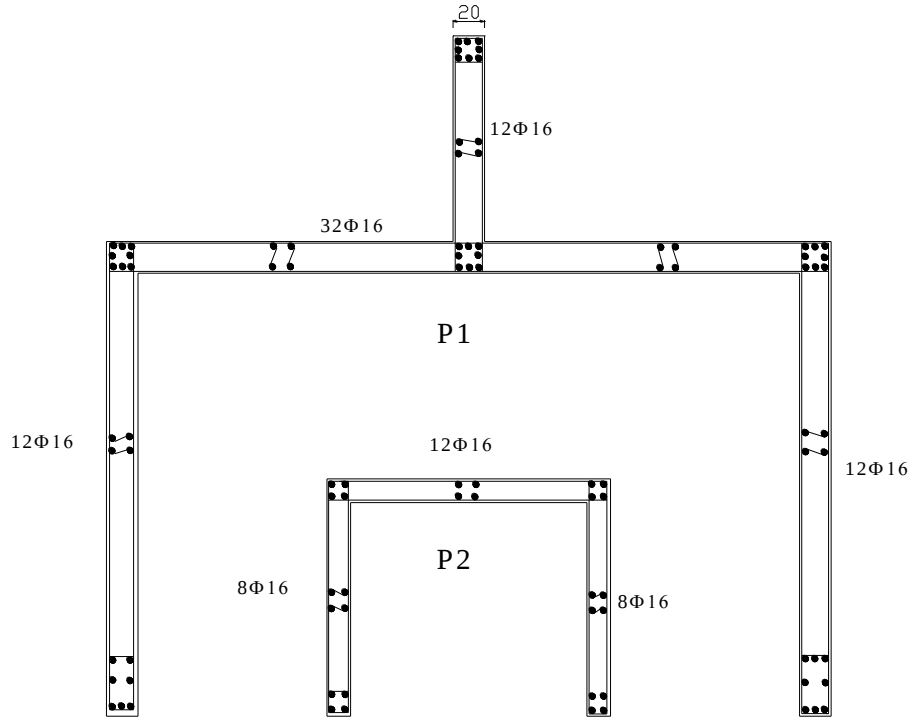
Şekil A.2 Birinci yapıya ait zemin kat tavan kalıp planı



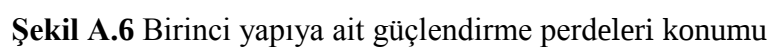
Şekil A.3 Birinci yapıya ait normal kat tavan kalıp planı

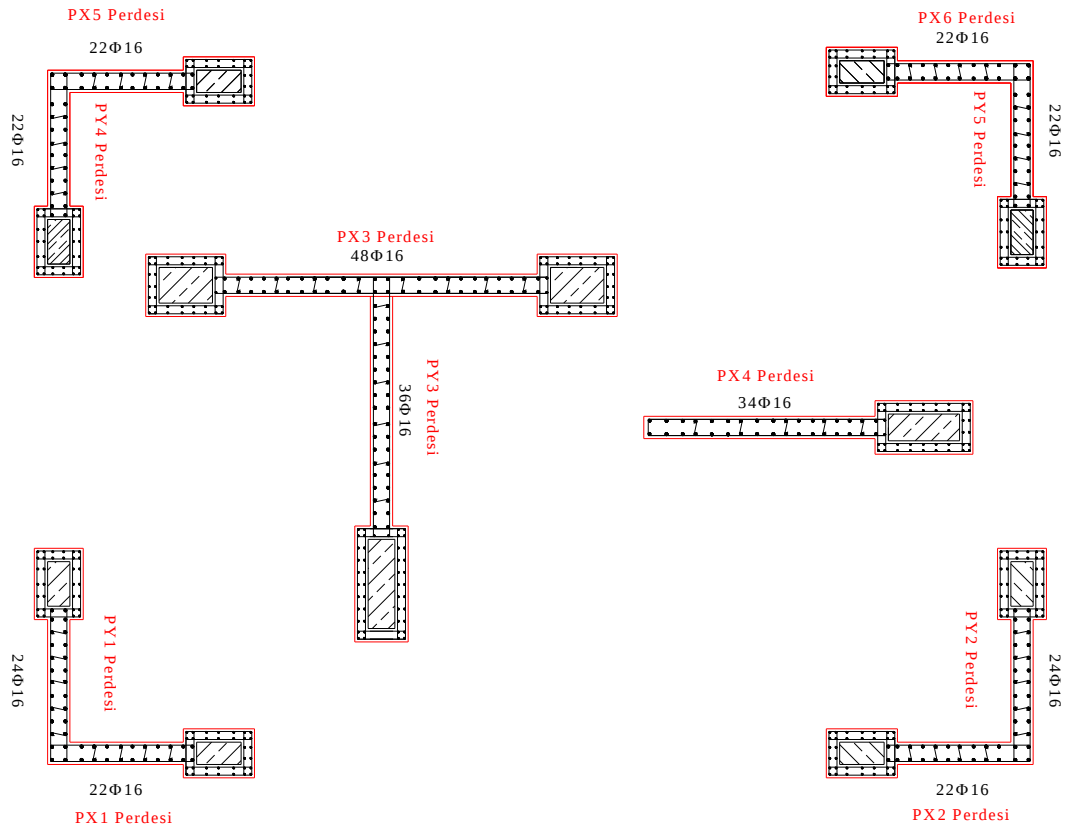


Şekil A.4 Birinci yapıya ait kolon donatıları

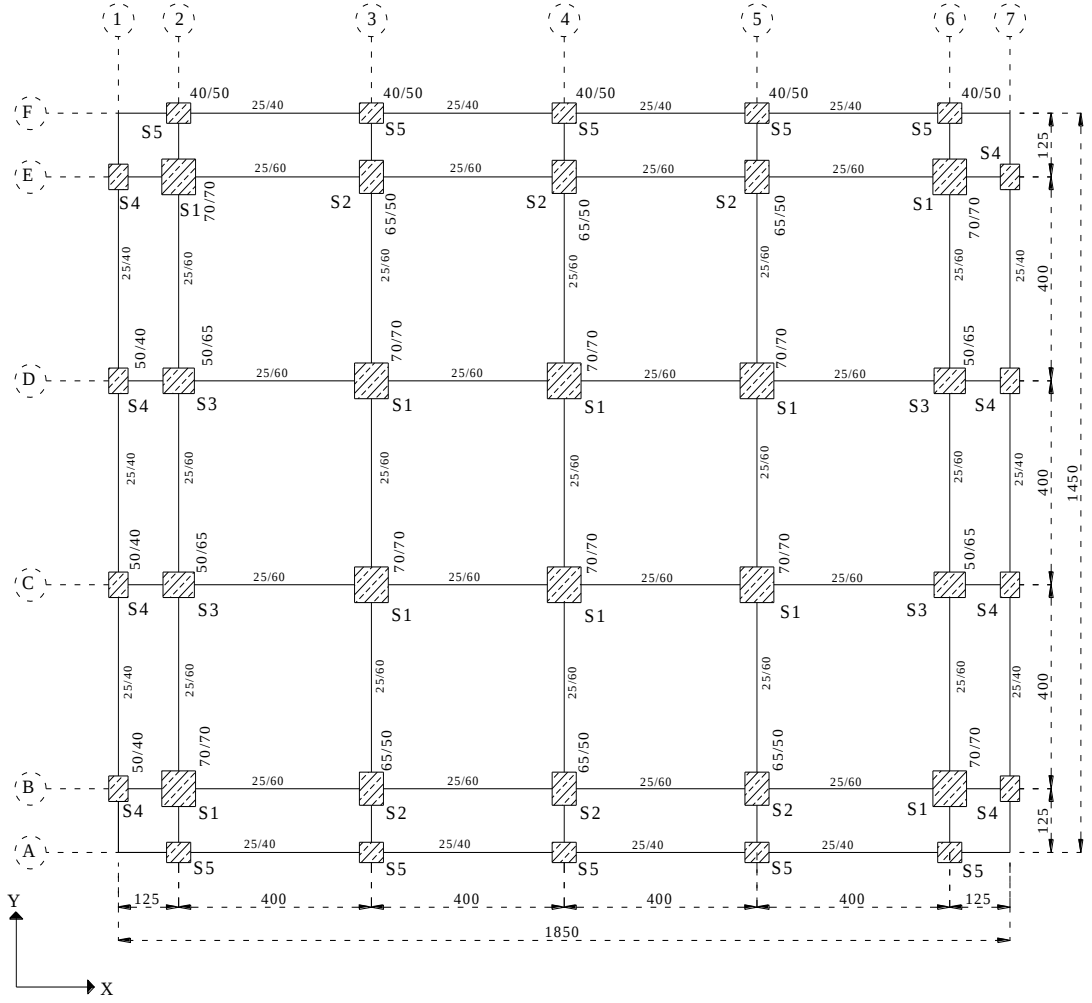


Şekil A.5 Birinci yapıya ait perde donatıları

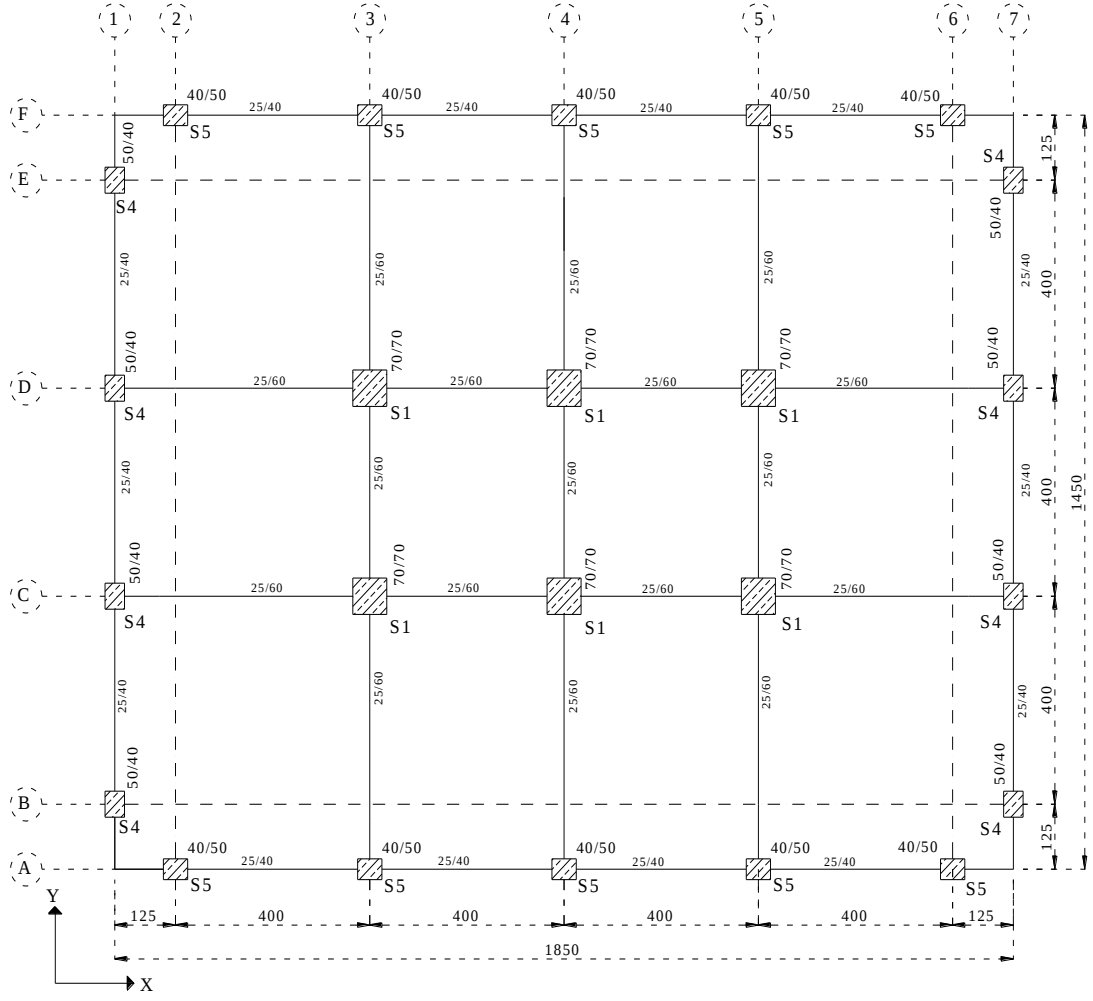




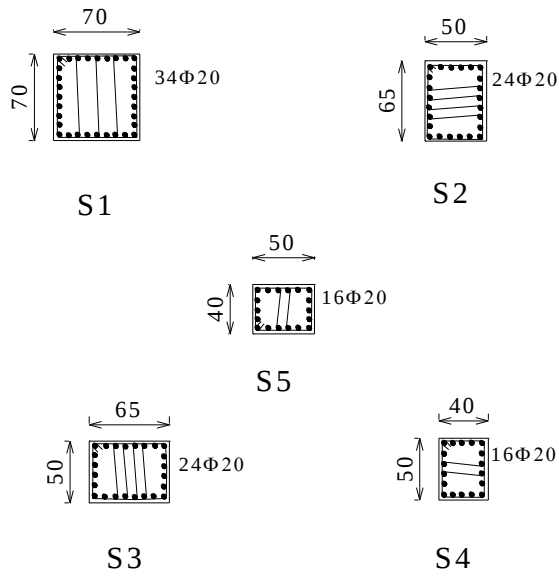
Şekil A.7 Birinci yapıya ait güçlendirme perdeleri donatıları



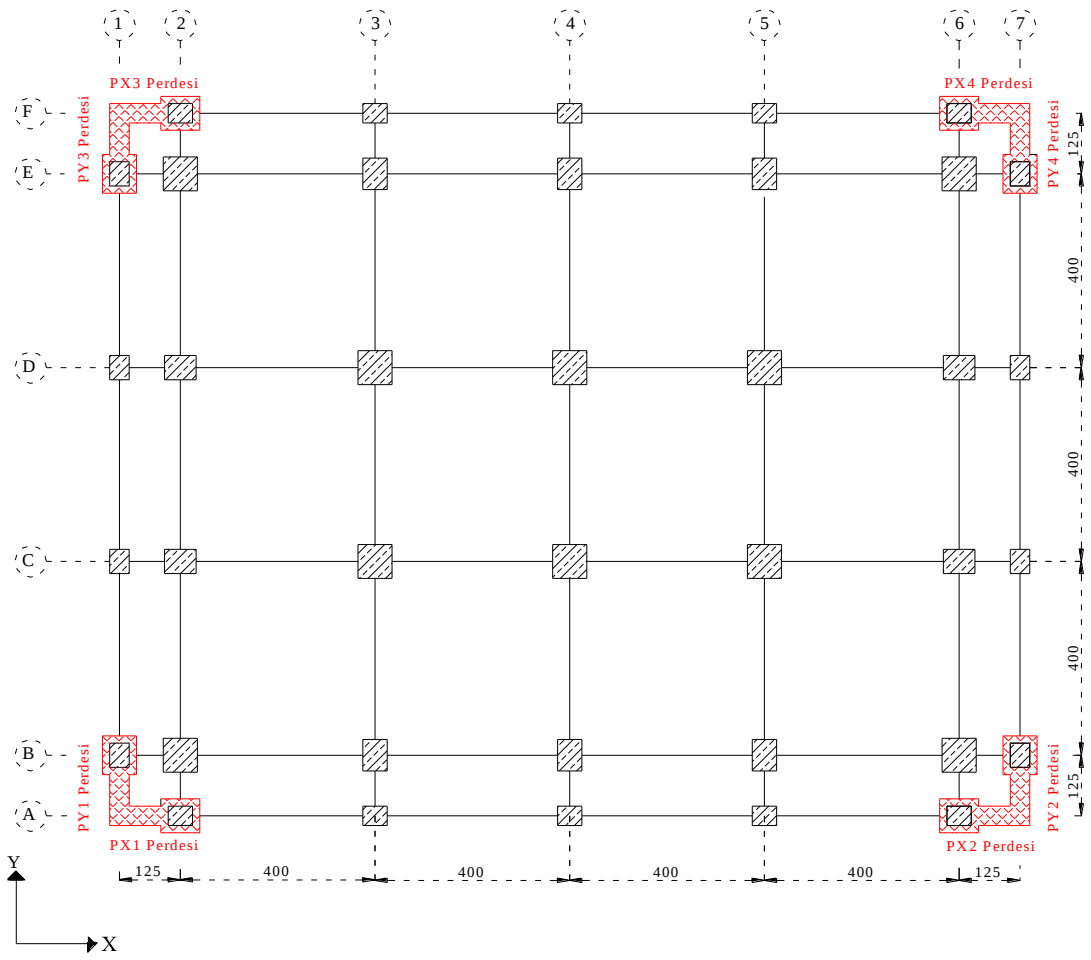
Şekil A.8 İkinci yapıya ait zemin kat tavan kalıp planı



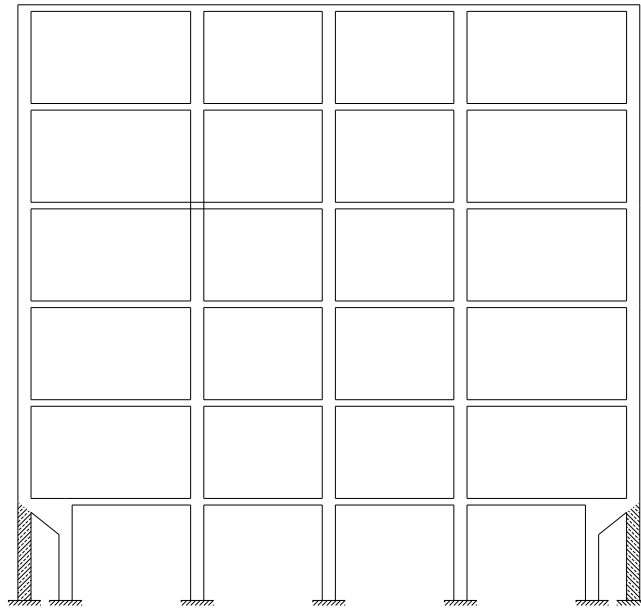
Şekil A.9 İkinci yapıya ait normal kat tavan kalıp planı



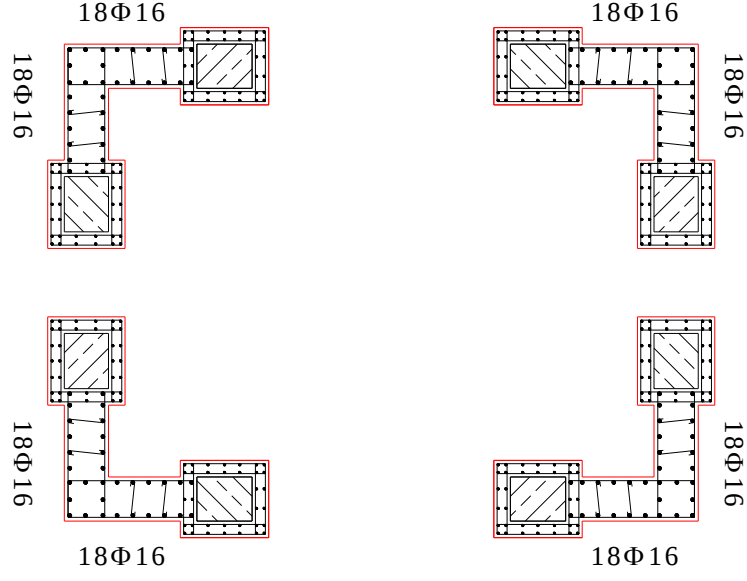
Şekil A.10 İkinci yapıya ait kolon donatıları



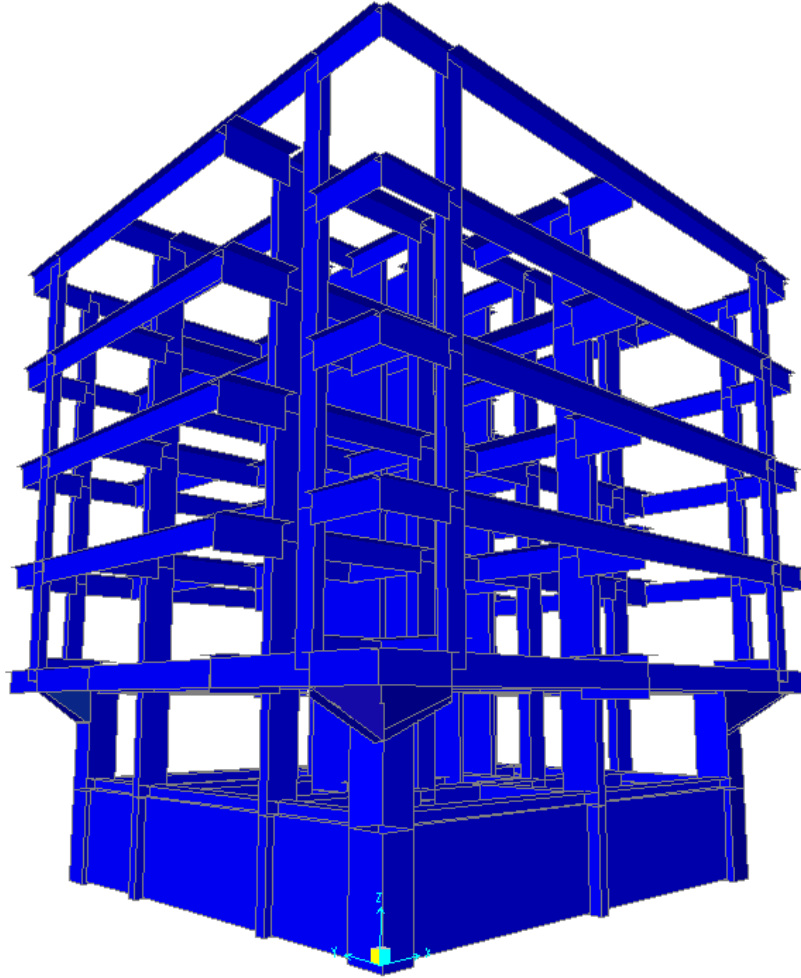
Şekil A.11 İkinci yapıya ait güçlendirme perdeleri konumu



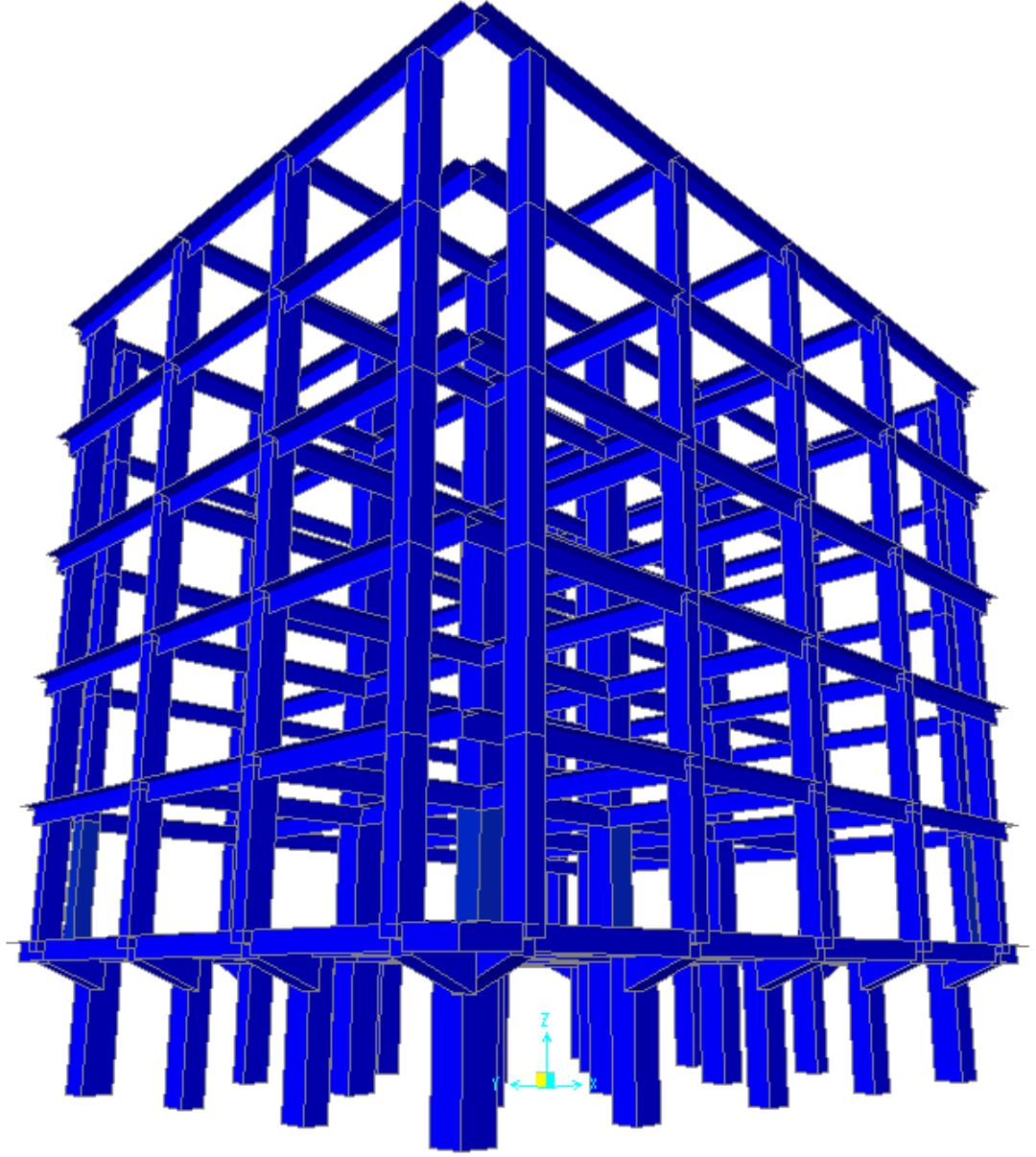
Şekil A.12 Güçlendirilmiş ikinci yapıda C – C aksı



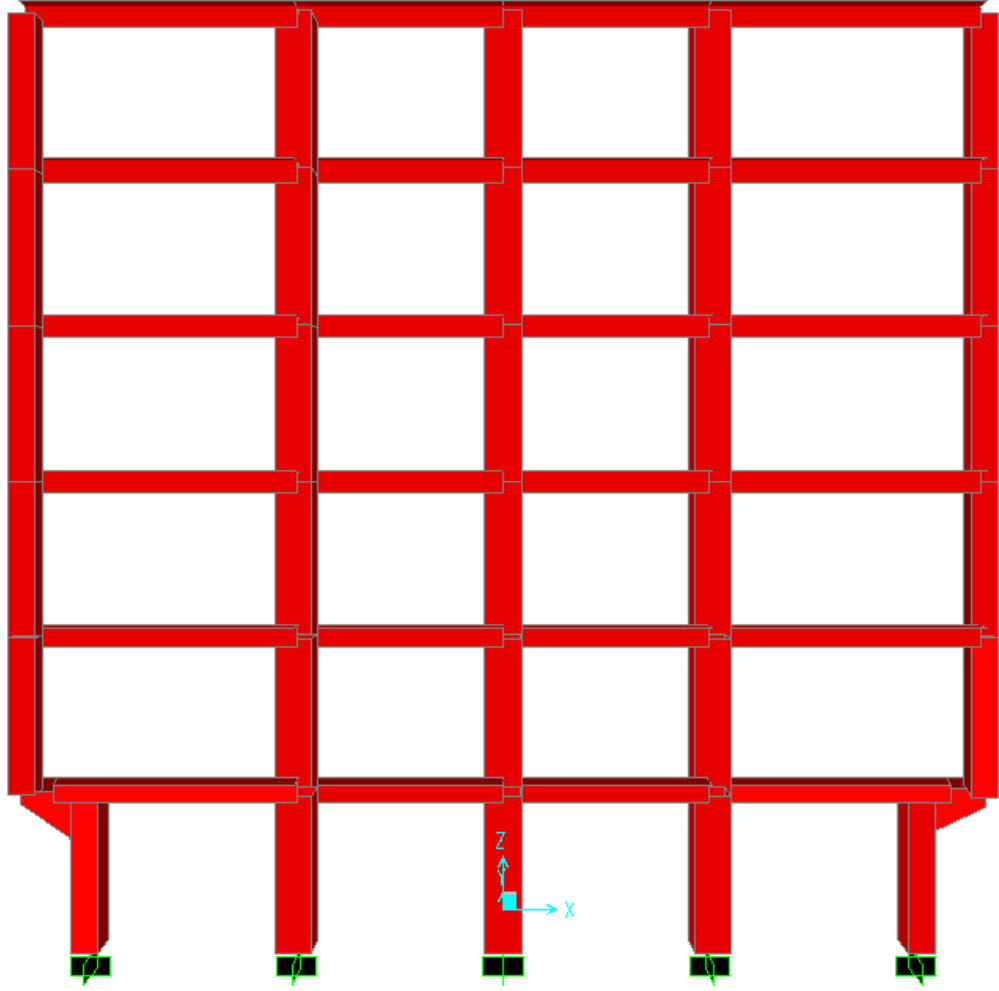
Şekil A.13 İkinci yapıya ait güçlendirme perdeleri donatıları



Şekil A.14 Birinci yapıya ait üç boyutlu hesap modeli



Şekil A.15 İkinci yapıya ait üç boyutlu hesap modeli



Şekil A.16 Çerçeve sisteme ait hesap modeli

Tablo A.1 Birinci yapıya ait bodrum kat kiriş donatıları

kiriş numarası	kiriş boyutları	donatı çapı	sol uç kesitte		sağ uç kesitte	
			üst	alt	üst	alt
KB01	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB02	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB03	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	2	2	4	2
KB04	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	4	2	4	2
KB05	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	4	2	2	2
KB06	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	5	5	3	3
KB07	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	3	3	3	3
KB08	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB09	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB10	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB11	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB12	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB13	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB14	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB15	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	3	2	3	2
KB16	25/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	2	2	2	2
KB17	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB18	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB19	20/60	Φ12	2	2	2	2
KB20	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KB21	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KB22	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2

Tablo A.2 Birinci yapıya ait zemin kat kiriş donatıları

kiriş numarası	kiriş boyutları	donatı çapı	sol uç kesitte		sağ uç kesitte	
			üst	alt	üst	alt
KZ01	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	4	2
		Φ16	3	2	3	2
KZ02	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	2	4	2
		Φ16	3	2	3	2
KZ04	20/60	Φ12	*	*	2	*
		Φ14	6	2	2	2
		Φ16	3	2	3	2
KZ05	25/80	Φ12	2	*	4	*
		Φ14	*	2	*	2
		Φ16	6	3	9	*
KZ06	20/60	Φ12	4	*	2	*
		Φ14	*	2	2	*
		Φ16	9	*	3	2
KZ07	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	2	2
		Φ16	3	*	3	*
KZ08	20/60	Φ12	2	*	4	*
		Φ14	2	2	*	2
		Φ16	3	*	9	*
KZ09	25/80	Φ12	4	*	4	*
		Φ14	*	2	*	2
		Φ16	9	*	6	3
KZ10	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	9	3	12	*
KZ11a	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	12	*
KZ11b	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	12	*

KZ12	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	9	3
KZ13	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	4
KZ14a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	4
KZ14b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	2	4
KZ14c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	2	4
KZ14d	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	6	4
KZ15	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	4	4
KZ16	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	4	4
KZ17a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	6	4
		Φ16	2	*	*	*
KZ17b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	2	*
		Φ16	2	2	2	2
KZ17c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	2
		Φ16	*	*	2	*
KZ18	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	4
KZ19	20/70	Φ12	2	2	2	2
		Φ16	9	2	6	5
KZ20	20/60	Φ12	2	*	2	2
		Φ16	3	2	9	2
KZ21	25/80	Φ12	*	2	2	*
		Φ16	11	*	8	5
KZ22	20/70	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	5	2	11	2
KZ23	25/60	Φ12	*	4	*	*
		Φ16	12	2	6	2
KZ24	25/100	Φ12	*	3	*	4
		Φ16	9	5	12	2
KZ25	20/70	Φ12	2	2	2	2
		Φ16	9	2	6	5

KZ26	20/60	Φ12	2	*	2	2
		Φ16	3	2	9	2
KZ27	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	2
KZ28a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	*
		Φ16	*	*	2	2
KZ28b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	2	*
		Φ16	2	2	2	2
KZ28c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	6	4
		Φ16	2	2	*	*
KZ29	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	2	4	4
KZ30	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KZ31	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ32	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ33	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ34	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ35	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ36	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ37	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
KZ38	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KZ39	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KZ40	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
KZ41	50/120	Φ14	4	*	*	4
		Φ16	*	4	*	4
		Φ18	18	8	22	4
KZ42	50/60	Φ16	*	4	*	4
		Φ18	17	*	9	*

KZ43	50/60	Φ16	*	4	*	4
		Φ18	9	*	17	*
KZ44	50/120	Φ14	*	4	4	*
		Φ16	*	4	*	4
		Φ18	22	4	18	8
KZ45	50/120	Φ14	4	*	*	4
		Φ16	3	*	3	*
		Φ18	14	12	18	8
KZ46	50/60	Φ16	3	*	3	*
		Φ18	13	4	9	8
KZ47	50/60	Φ12	*	*	4	*
		Φ16	3	*	3	3
		Φ18	9	8	*	*
KZ48	50/60	Φ12	4	*	*	*
		Φ16	3	3	3	*
		Φ18	*	*	9	8
KZ49	50/60	Φ16	3	*	3	*
		Φ18	9	8	13	4
KZ50	50/120	Φ14	*	4	4	*
		Φ16	3	*	3	*
		Φ18	18	8	14	12
KZ51	50/120	Φ14	*	4	4	*
		Φ16	*	4	*	4
		Φ20	25	4	20	9
KZ52	50/60	Φ16	4	8	*	4
		Φ20	10	*	2	*
KZ53	50/60	Φ16	4	8	4	8
		Φ20	10	*	10	*
KZ54	50/60	Φ16	*	4	4	8
		Φ20	20	*	10	*
KZ55	50/120	Φ14	2	*	*	4
		Φ16	*	4	*	4
		Φ20	20	9	25	4
KZ56	50/120	Φ14	*	4	4	*
		Φ16	*	4	*	4
		Φ20	25	4	20	9
KZ57	50/60	Φ16	4	8	*	4
		Φ20	10	*	2	*
KZ58	50/60	Φ16	4	8	4	8
		Φ20	10	*	10	*
KZ59	50/60	Φ16	*	4	4	8
		Φ20	20	*	10	*
KZ60	50/120	Φ14	2	*	*	4
		Φ16	*	4	*	4
		Φ20	20	9	25	4

Tablo A.3 Birinci yapıya ait normal kat kiriş donatıları

kiriş numarası	kiriş boyutları	donatı çapı	sol uç kesitte		sağ uç kesitte	
			üst	alt	üst	alt
K101	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	4	2
		Φ16	3	2	3	2
K102	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	2	4	2
		Φ16	3	2	3	2
K104	20/60	Φ12	*	*	2	*
		Φ14	6	2	2	2
		Φ16	3	2	3	2
K105	25/80	Φ12	2	*	4	*
		Φ14	*	2	*	2
		Φ16	6	3	9	*
K106	20/60	Φ12	4	*	2	*
		Φ14	*	2	2	*
		Φ16	9	*	3	2
K107	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	2	2
		Φ16	3	*	3	*
K108	20/60	Φ12	2	*	4	*
		Φ14	2	2	*	2
		Φ16	3	*	9	*
K109	25/80	Φ12	4	*	4	*
		Φ14	*	2	*	2
		Φ16	9	*	6	3
K110	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	9	3	12	*
K111a	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	12	*
K111b	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	12	*
K112	30/60	Φ12	3	*	3	*
		Φ16	*	3	*	3
		Φ18	12	*	9	3
K113	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	4
K114a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	4
KZ14b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	2	4

K114c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	2	4
K114d	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	4	6	4
K115	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	4	4
K116	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	4	4
K117a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	2	6	4
		Φ16	2	*	*	*
K117b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	2	*
		Φ16	2	2	2	2
K117c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	2
		Φ16	*	*	2	*
K118	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	4
K119	20/70	Φ12	2	2	2	2
		Φ16	9	2	6	5
K120	20/60	Φ12	2	*	2	2
		Φ16	3	2	9	2
K121	25/80	Φ12	*	2	2	*
		Φ16	11	*	8	5
K122	20/70	Φ12	2	*	2	*
		Φ16	5	2	11	2
K123	25/60	Φ12	*	4	*	*
		Φ16	12	2	6	2
K124	25/100	Φ12	*	3	*	4
		Φ16	9	5	12	2
K125	20/70	Φ12	2	2	2	2
		Φ16	9	2	6	5
K126	20/60	Φ12	2	*	2	2
		Φ16	3	2	9	2
K127	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	4	4	6	2
K128a	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	4	2	*
		Φ16	*	*	2	2

K128b	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	2	*
		Φ16	2	2	2	2
K128c	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	2	*	6	4
		Φ16	2	2	*	*
K129	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	6	2	4	4
K130	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
K131	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K132	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K133	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K134	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K135	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K136	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K137	20/60	Φ12	*	2	*	2
		Φ16	2	2	4	*
K138	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
K139	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2
K140	20/60	Φ12	2	*	2	*
		Φ14	*	2	*	2

Tablo A.4 Birinci yapıya ait kolon ve perde boyutları

kolon - perne no	boyut	kolon - perne no	boyut
S1	25/50**	SZ1	80/80*
S2	25/50**	SZ2	80/100*
S3	30/60	P1A	20/280
S4	25/100	P1B	20/460
S5	30/80	P1C	20/280
S6	30/80	P1D	20/130
S7	40/60	P2A	15/150
S8	25/50**	P2B	15/180
S9	30/100	P2C	15/150
S10	25/50**		
	* bodrum ve zemin katta		
	** normal katlarda		

ÖZGEÇMİŞ

İsmail Önder KARTAL, 1978 yılında Çorum’ da doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Çorum’ da tamamlamıştır. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği lisans eğitimine başlamıştır. 2002 yılında İnşaat Mühendisi unvanı ile mezun olmuş ve aynı tarihte İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Deprem Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır. 2003 – 2005 yılları arasında Bakü Tiflis Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi, Ceyhan Deniz Terminali Şantiyesinde saha mühendisi olarak görev yapmıştır. 2005 yılında Taisei Corporation, Marmaray projesinde inşaat mühendisi olarak göreve başlamış ve halen bu görevini sürdürmektedir.