



T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İTME ANALİZİNİN TÜRKİYE’DEKİ PREFABRİK YAPILARIN SİSMİK
DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULANMASI

CANER YILDIZ

Mart 2011

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İTME ANALİZİNİN TÜRKİYE'DEKİ PREFABRİK YAPILARIN SİSMİK
DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULANMASI

CANER YILDIZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK

Mart 2011

Baki ÖZTÜRK danışmanlığında **Caner YILDIZ** tarafından hazırlanan “İtme Analizinin Türkiye’deki Prefabrik Yapıların Sismik Değerlendirilmesinde Uygulanması” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK (Danışman, Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ersin AYDIN (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yunus DERE (Selçuk Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20....

Doç. Dr. Nurettin ACIR

Enstitü Müdürü

ÖZET

İTME ANALİZİNİN TÜRKİYE’DEKİ PREFABRİK YAPILARIN SİSMİK DEĞERLENDİRİLMESİNDE UYGULANMASI

YILDIZ, Caner

Niğde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

: Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK

Mart 2011, 72 sayfa

Depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılan yöntemler: “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi”, “Mod Birleştirme Yöntemi”, “Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi” dir. Bu çalışmadaki prefabrik yapılar ise “İtme Analizi Hesap Yöntemi” ne göre incelenmiş olup, “Kapasite Spektrumu Metodu” kullanılarak yapısal analizleri SAP2000 ile yapılmıştır. Yapılan analizlerde 20 adet deprem ivme kaydı kullanılmıştır.

Anahtar sözcükler: Depreme dayanıklı yapı tasarımı, Kapasite spektrumu yöntemi, İtme analizi, Yer hareketi kaydı, Prefabrik yapılar.

SUMMARY

APPLICATION OF PUSHOVER ANALYSIS IN SEISMIC EVALUATION OF PREFABRICATED STRUCTURES IN TURKEY

YILDIZ, Caner

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assistant Professor Dr. Baki ÖZTÜRK

March 2011, 72 pages

Methodologies used in earthquake-resistant structural design are: “Equivalent earthquake load method”, “Mode superposition method” and “Time history analysis method”. In this study, five prefabricated buildings located at highly seismic zones, which are subjected to “Pushover analysis”, are investigated. The structural analyses are conducted using “Capacity spectrum approach”. 20 earthquake ground motions are used for analyses using SAP2000 analysis program.

Key words: Earthquake resistant design, Capacity spectrum method, Pushover analysis, Ground motion record, Prefabricated structures.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK' ün katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde sanayi bölgelerindeki yapılarda prefabrik yapılar tercih edilmektedir. Bu çalışmada projelendirilmesi yapılmış beş adet prefabrik yapının çeşitli deprem ivme kayıtlarına göre yapısal analizleri SAP2000 programıyla yapılmış ve sonuçlar incelenmiştir. Sonuçların incelenmesinde “Kapasite Spektrumu Metodu” ndan ve “İtme Analizin” den faydalanılmıştır. Bu çalışmanın sanayimiz ve üniversitelerde yapılan akademik çalışmalara katkı sağlamasını temenni ediyorum.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmayı yürüten, engin bilgilerinden faydalandığım ve bana her konuda desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Baki ÖZTÜRK'e,

Her zaman varlıklarından onur duyduğum tüm aile fertlerim, babam Adnan YILDIZ'a, annem Gülbin YILDIZ'a, kardeşim Ceren YILDIZ'a, ve kız arkadaşım Gülcan DANIŞKAN'a,

Çalışmalarımda bana yardımcı olan M. Melih SADAK'a,

Yüksek Lisans hayatımda beni yalnız bırakmayan kadim dostlarım, Mehmet KESKİN, Burhan HIRLAÇOĞLU, Doğan TEMİZKAN ve Mustafa YALÇIN'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
ÖNSÖZ	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMA VE SİMGELER	xiv
BÖLÜM I GİRİŞ	1
1.1 Deprem Mühendisliği	1
BÖLÜM II PREFABRİK YAPILAR	2
2.1 Prefabrik Elemanlar	3
2.1.1 Kiriş elemanlar	3
2.1.2 Kolon elemanlar	3
2.1.3 Çerçeve elemanlar	4
2.1.4 Pano elemanlar	4
2.1.5 Kabuk elemanlar	4
2.1.6 Kompozit elemanlar	4
2.1.7 Anolu elemanlar	4
BÖLÜM III YAPILARIN PERFORMANS SEVİYELERİ.....	5
3.1 Bir Yapının Belirlenen Performans Seviyeleri	5
3.2 Taşıyıcı Elemanlar için Performans Seviyeleri	6
3.2.1 Hemen kullanım performans seviyesi (S-1).....	6
3.2.2 Can güvenliği performans seviyesi (S-2).....	6
3.2.3 Yapısal stabilite seviyesi (S-3).....	6

3.2.4 Toptan göçme seviyesi (S-4).....	7
BÖLÜM IV MODELLER	8
4.1 İncelenecek Binaların Karakteristik Özellikleri	8
4.1.1 Bina 1 için karakteristik özellikler	9
4.1.2 Bina 2 için karakteristik özellikler	10
4.1.3 Bina 3 için karakteristik özellikler	11
4.1.4 Bina 4 için karakteristik özellikler	12
4.1.5 Bina 5 için karakteristik özellikler	13
4.2 Deprem İvme Kayıtları	14
4.3 Maksimum Yer İvmelerinin (PGA) Elde Edilmesi	25
4.4 Yapıların Periyotları	26
BÖLÜM V İTME (PUSHOVER) ANALİZİ	27
5.1 İtme (Pushover) Analizinin Amacı	27
5.2 İtme (Pushover) Analizinin Yapılışı	27
5.2.1 Mafsalların eklenmesi	28
5.2.2 Çerçeve mafsal özelliklerinin atanması	29
5.2.3 Ölü yüklemenin değiştirilmesi	29
5.2.4 İtme (Pushover) yüklemesinin analize eklenmesi.....	30
5.2.5 Analizin yapılması	31
BÖLÜM VI ANALİZ SONUÇLARI	32
6.1 Tepki Spektrumlarının Belirlenmesi.....	32
6.2 Yapıların Doğal Periyotlarına Tekabül Eden Spektral İvmeler	33
6.3 Yapıların Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi.....	35
6.4 Yapıların Kapasite Spektrumlarının Belirlenmesi	41
6.5 Yapıların Performans Noktalarının Belirlenmesi	47
6.6 Yapıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi	48
BÖLÜM VII SONUÇLAR.....	50

KAYNAKLAR	51
EKLER.....	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri	6
Çizelge 4.1	Yapıların genel özellikleri.....	8
Çizelge 4.2	Maksimum yer ivmeleri (PGA)	25
Çizelge 4.3	Yapıların periyotları	26
Çizelge 6.1	Yapıların doğal periyotlarına tekabül eden spektral ivmeler	34
Çizelge 6.2	Yapıların X yönünde performans noktaları.....	47
Çizelge 6.3	Yapıların Y yönünde performans noktaları.....	47
Çizelge 6.4	Bina 1 ve Bina 2 için hasar kontrol seviyeleri	48
Çizelge 6.5	Bina 3, Bina 4 ve Bina 5 için hasar kontrol seviyeleri.....	48
Çizelge 6.6	Yapıların performans seviyeleri	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Kapasite spektrumunda performans seviyeleri ve aralıkları	5
Şekil 4.1	Bina 1'e ait SAP2000 modeli.....	9
Şekil 4.2	Bina 2'ye ait SAP2000 modeli.....	10
Şekil 4.3	Bina 3'e ait SAP2000 modeli.....	11
Şekil 4.4	Bina 4'e ait SAP2000 modeli.....	12
Şekil 4.5	Bina 5'e ait SAP2000 modeli.....	13
Şekil 4.6	Türkiye deprem bölgeleri haritası	14
Şekil 4.7	Adana-Ceyhan EW yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998).....	15
Şekil 4.8	Adana-Ceyhan NS yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998).....	15
Şekil 4.9	Bingöl EW yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003)	16
Şekil 4.10	Bingöl NS yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003).....	16
Şekil 4.11	Bolu EW yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)	17
Şekil 4.12	Bolu NS yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)	17
Şekil 4.13	Denizli EW yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976).....	18
Şekil 4.14	Denizli NS yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976).....	18
Şekil 4.15	Dinar EW yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995).....	19
Şekil 4.16	Dinar NS yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995)	19
Şekil 4.17	Düzce EW yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	20
Şekil 4.18	Düzce NS yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999).....	20
Şekil 4.19	Erzincan EW yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992).....	21
Şekil 4.20	Erzincan NS yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992).....	21
Şekil 4.21	İzmir EW yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977).....	22
Şekil 4.22	İzmir NS yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977).....	22
Şekil 4.23	İzmit EW yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)	23

Şekil 4.24	İzmit NS yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)	23
Şekil 4.25	Sakarya EW yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	24
Şekil 4.26	Sakarya NS yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999).....	24
Şekil 5.1	M3 Serbestlik dereceli mafsallar	28
Şekil 5.2	Çerçeve mafsallık özellikleri.....	29
Şekil 5.3	Ölü yüklemenin değiştirilmesi	29
Şekil 5.4	İtme (Pushover) yüklemesinin analize eklenmesi.....	30
Şekil 5.5	Analizin yapılması	31
Şekil 6.1	Tepki spektrumu örneği	32
Şekil 6.2	Kapasite eğrisi örneği.....	35
Şekil 6.3	Bina 1 için X doğrultusunda kapasite eğrisi	36
Şekil 6.4	Bina 1 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi	36
Şekil 6.5	Bina 2 için X doğrultusunda kapasite eğrisi	37
Şekil 6.6	Bina 2 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi	37
Şekil 6.7	Bina 3 için X doğrultusunda kapasite eğrisi	38
Şekil 6.8	Bina 3 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi	38
Şekil 6.9	Bina 4 için X doğrultusunda kapasite eğrisi	39
Şekil 6.10	Bina 4 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi	39
Şekil 6.11	Bina 5 için X doğrultusunda kapasite eğrisi	40
Şekil 6.12	Bina 5 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi	40
Şekil 6.13	Kapasite spektrumu örneği.....	41
Şekil 6.14	Bina 1 için X doğrultusunda kapasite spektrumu	42
Şekil 6.15	Bina 1 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu	42
Şekil 6.16	Bina 2 için X doğrultusunda kapasite spektrumu	43
Şekil 6.17	Bina 2 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu	43
Şekil 6.18	Bina 3 için X doğrultusunda kapasite spektrumu	44
Şekil 6.19	Bina 3 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu	44

Şekil 6.20	Bina 4 için X doğrultusunda kapasite spektrumu45
Şekil 6.21	Bina 4 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu45
Şekil 6.22	Bina 5 için X doğrultusunda kapasite spektrumu46
Şekil 6.23	Bina 5 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu46

KISALTMA VE SİMGELER

KISALTMA/SİMGE

ATC Applied Technology Council

EW Doğu-Batı

g Yer çekimi ivmesi

NS Kuzey-Güney

PGA Maksimum yer ivmesi

S_a Spektral ivme

S_{aX} X yönünde spektral ivme

S_{aY} Y yönünde spektral ivme

S_d Spektral yer değiştirme

t_{eff} Doğrusal olmayan statik analiz adımlarında kullanılan efektif periyot

V_t Taban kesme kuvveti

W Yapı toplam ağırlığı

β_{eff} Efektif sönüm oranı

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1 Deprem Mühendisliği

Deprem Mühendisliği yapılarda hasar meydana getirebilecek kuvvetli yer hareketlerini ve bu hareketler sırasında yapının göstereceği reaksiyonları inceleyen bilim dalıdır.

Deprem, önceden bir uyarı olmadan meydana gelmesi nedeni ile doğal afetler sırasında kendine has bir özelliğe sahiptir. Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem yerkabuğunun bir titreşimi olduğu için yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Özellikle depremin sık ve şiddetli olduğu ülkeler için bu titreşim hareketinin incelenmesi Yapı Dinamiği'nin ana problemlerinden biridir.

Dünyanın deprem kuşağı adı verilen bölgeleri içinde bulunan ülkemizde, her gün aletlerin kaydettiği ve insanlar tarafından farkına varılmayan çok sayıda yer hareketi meydana gelmektedir. Yer hareketini inceleyen Sismoloji Bilimi açısından bu kayıtlar önemli olmakla beraber deprem mühendisliği bakımından, kuvvetli yer hareketi meydana getiren şiddetli depremler önem taşır [1].

BÖLÜM II

PREFABRİK YAPILAR

Sanayi tesislerine yapılan yatırımlardan hızlı geri dönüş alınmak istenmesi ve bu yapıların maliyetlerini üretime geçerek kısa sürelerde amorti edebilmeleri için ekonomik, kaliteli ve pratik çözümler aranır. Gelişmekte olan teknoloji sayesinde sanayi yapılarının yaklaşık % 90'ı betonarme prefabrik yapım sistemleri ile inşa edilmektedir. Prefabrik yapı sistemleri; yatırımlarında ekonomi ve kalite arayan işletmeler için birçok avantaj sağlamaktadır. Prefabrik sistemlerin tercih edilme sebepleri aşağıda belirtilmiştir. Prefabrik sistemler;

1. Hızlı uygulanabilen
2. Ekonomik
3. Endüstrileşmiş yapım tekniklerine sahip
4. Uzun ömürlü
5. Çevreye duyarlı
6. Düşük bakım maliyetlerine sahip
7. Estetik
8. Verimli
9. Hızlı ve kolay montaj yapılabilen
10. Kaliteli sistemlerdir.

Prefabrik yapıların hesap ve tasarım aşamalarında ilgili şartnamelerden faydalanılır [2-5].

2.1 Prefabrik Elemanlar

Birleştirildiklerinde bir taşıyıcı sistemi meydana getiren ve atölyelerde önceden imal edilmiş olan betonarme veya ön gerilmeli beton kısımlara prefabrik eleman denir.

2.1.1 Kiriş elemanlar

Kiriş elemanlar, bir mütemadi kirişi veya bir çerçeve kirişini temsil etmek için kullanılan elemanlardır.

Kiriş elemanlar;

- a) Aşık kirişi
- b) Oluk kirişi
- c) Çatı kirişi
- d) Döşeme kirişi
- e) Kreyn kirişi
- f) Köprü kirişi
- g) Fener kirişi olarak isimlendirilirler.

2.1.2 Kolon elemanlar

Kolon elemanlar, bir, iki veya üç kat yüksekliğinde olabilirler. Kendileri ve kirişlerle birleşimleri mafsallı veya rijit olabilir. Kolonlar kirişlerin oturmaları için inceltilmiş uçlu konsollar veya kısa konsollar ihtiva edebilirler.

2.1.3 Çerçeve elemanlar

Çerçeve elemanlar, genel olarak T ve H harfleri ile $\alpha \geq 90^\circ$ şeklinde olabilirler. Birbirleri ile ve kirişlerle ekleri mafsallı veya rijit olabilir.

2.1.4 Pano elemanlar

Pano elemanlar genel olarak bir hacmin plan alanında olan veya bir yan yüzünü yekpare olarak örten dolu kesitli düzlemsel elemanlardır. Döşeme panoları ve duvar panoları olmak üzere iki çeşittir.

2.1.5 Kabuk elemanlar

Kabuk elemanlar düşünülen kabuk örtüyü meydana getirmek üzere teşkil edilmiş kabuk parçalarıdır.

2.1.6 Kompozit elemanlar

Kompozit elemanlar bir kısmı prefabrik olarak yapılmış ve bir kısmı yerinde dökme betonla oluşturulmuş elemanlardır.

2.1.7 Anolu elemanlar

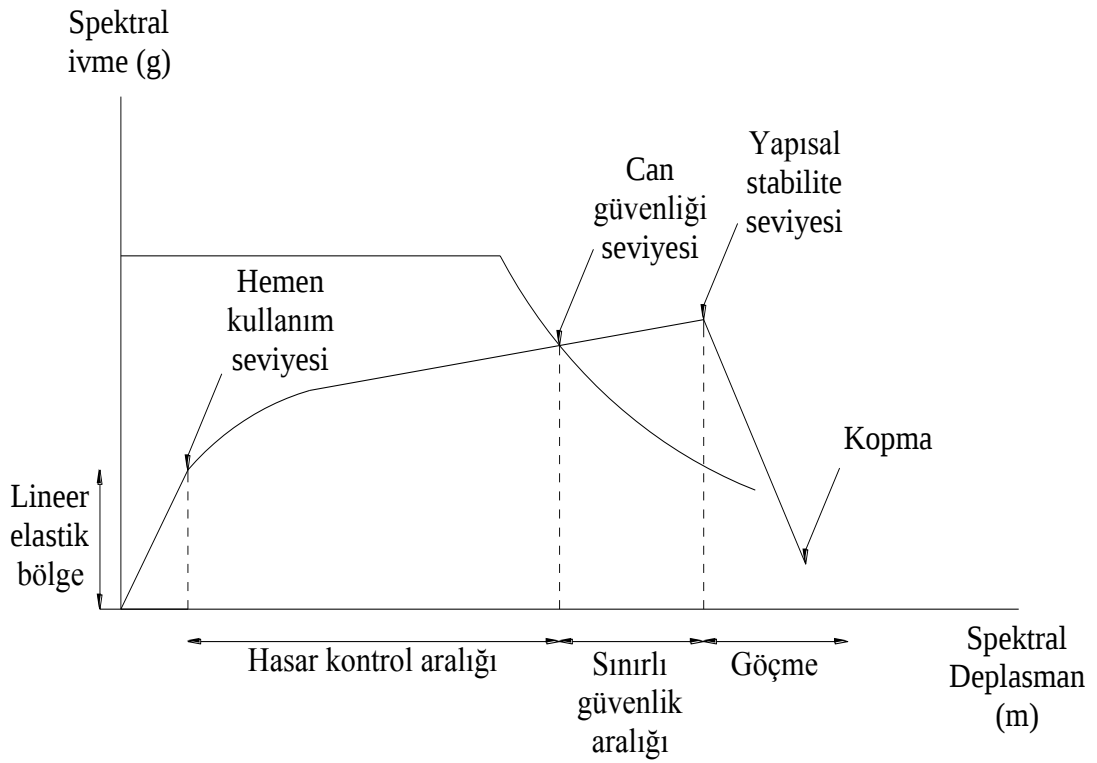
Anolu (parçalı) eleman prefabrik birkaç anodan oluşmaktadır. Anolar öngerilme ile birleştirilerek yekpare bir eleman elde edilmektedir.

BÖLÜM III

YAPILARIN PERFORMANS SEVİYELERİ

3.1 Bir Yapının Belirlenen Performans Seviyeleri

Performans seviyeleri, verilen bir deprem etkisi altında öngörülen hasar miktarının sınır durumlarıdır. Bu sınır durumlar, binadaki taşıyıcı elemanlardaki hasarın miktarına, bu hasarın can güvenliği bakımından bir tehlike oluşturup oluşturumamasına, deprem sonrasında binanın kullanılıp kullanılmamasına ve hasarın neden olduğu ekonomik kayıplara bağlı olarak belirlenir [6]. Şekil 3.1’de kapasite spektrumunda performans seviyeleri ve aralıkları gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Kapasite spektrumunda performans seviyeleri ve aralıkları

3.2 Taşıyıcı Elemanlar için Performans Seviyeleri

Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Taşıyıcı elemanlar için performans seviyeleri [6]

Performans Seviyesi	Performans Aralığı	KOD
Başlangıç seviyesi	Lineer Elastik Bölge	S - 1
Hemen Kullanım		
Can Güvenliği	Hasar Kontrol	S - 2
Yapısal Stabilite	Sınırlı Güvenlik	S - 3
Toptan Göçme	Göçmenin Önlenmesi	S - 4

3.2.1 Hemen kullanım performans seviyesi (S-1)

Taşıyıcı sistem hasarı çok azdır. Mevcut yapının deprem öncesindeki dayanım, rijitlik ve sünekliği deprem sonrasında da aynen korunmaktadır.

3.2.2 Can güvenliği performans seviyesi (S-2)

Taşıyıcı sistemde önemli hasar oluşabilir. Buna karşılık, bölgesel veya toptan göçme söz konusu değildir. Deprem sırasında yaralanmalar olabilir. Ancak, bu yaralanmalar yapısal hasarlar ile ilgili değildir. Yapısal hasar kaynaklı ölüm riski çok düşüktür.

3.2.3 Yapısal stabilite seviyesi (S-3)

Bu aralıkta taşıyıcı elemanların performansları tamamen can güvenliği koşullarını sağlamayabilir, ancak göçmenin önlenmesi performans seviyesinden daha yüksektir.

3.2.4 Toptan göçme seviyesi (S-4)

Yapıyı bölgesel veya toptan göçme sınırına getiren ağır hasar durumunu temsil eder. Taşıyıcı elemanlarda büyük hasar oluşmuş, dayanım ve rijitliklerde önemli azalmalar meydana gelmiştir. Önemli oranda can güvenliği riski bulunmaktadır.

BÖLÜM IV

MODELLER

4.1 İncelenecek Binaların Karakteristik Özellikleri

Bu çalışmada birinci derece deprem bölgelerinde inşa edilmek üzere tasarlanmış beş adet prefabrik sanayi yapısı incelenecektir. Yapı modellerinin zemin sınıfı, kat sayısı ve kotları Çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Yapıların projelendirilmesinde TS 500[2], TS 9967[3], TS 498[4] ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik[5] kullanılmıştır. Yapılara uygulanan analizlerde %5 sönüm oranı kabul edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan prefabrik yapılar ile ilgili ayrıntılı proje bilgileri ve farklı analiz sonuçları daha önceki çalışmalarda sunulmuştur [7-10]. Yapıların projelendirilmesinde SAP2000 kullanılmıştır [11].

Çizelge 4.1 Yapıların genel özellikleri [10]

BİNALAR	İSİM	Zemin Sınıfı	Kat sayısı	Kat 1	Kat 2	Kat 3
BİNA 1	ÖZSU YAPISI	Z3	1	+7.00	--	--
BİNA 2	GİZMOR YAPISI	Z3	3	+3.50	+5.60	+6.50
BİNA 3	HASAN ESER YAPISI	Z3	2	+4.00	+7.00	--
BİNA 4	NİĞTAV YAPISI	Z2	1	+4.50	--	--
BİNA 5	AVRASYA YAPISI	Z3	1	+7.50	--	--

4.1.1 Bina 1 için karakteristik özellikler

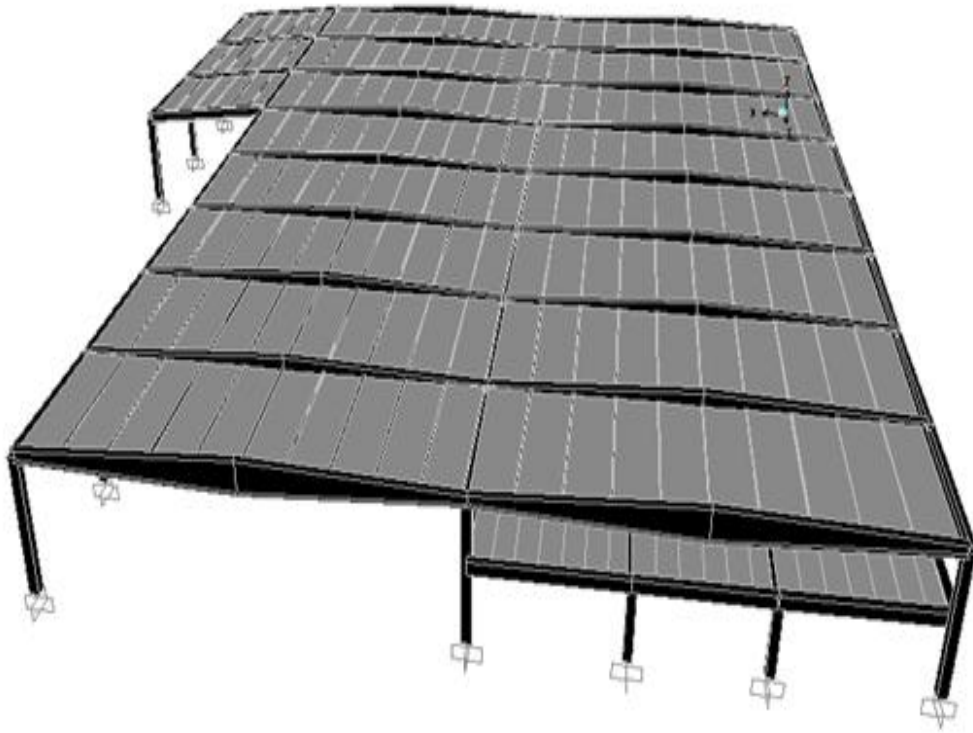
İncelenecek olan bina X yönünde 40 m, Y yönünde 56 m uzunluğunda ve kolon aksları eşit aralıklarla X yönünde 6.65 m, Y yönünde 8 m'dir. Binanın kotu +7.00 m olup; ağırlığı yaklaşık 530 ton' dur. Kolon kesitleri 50 x 60 cm'dir. Kirişler ise; I-50 ve I-150 olarak tasarlanmıştır. Bina 1'e ait SAP2000 modeli Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Bina 1'e ait SAP2000 modeli [10]

4.1.2 Bina 2 için karakteristik özellikler

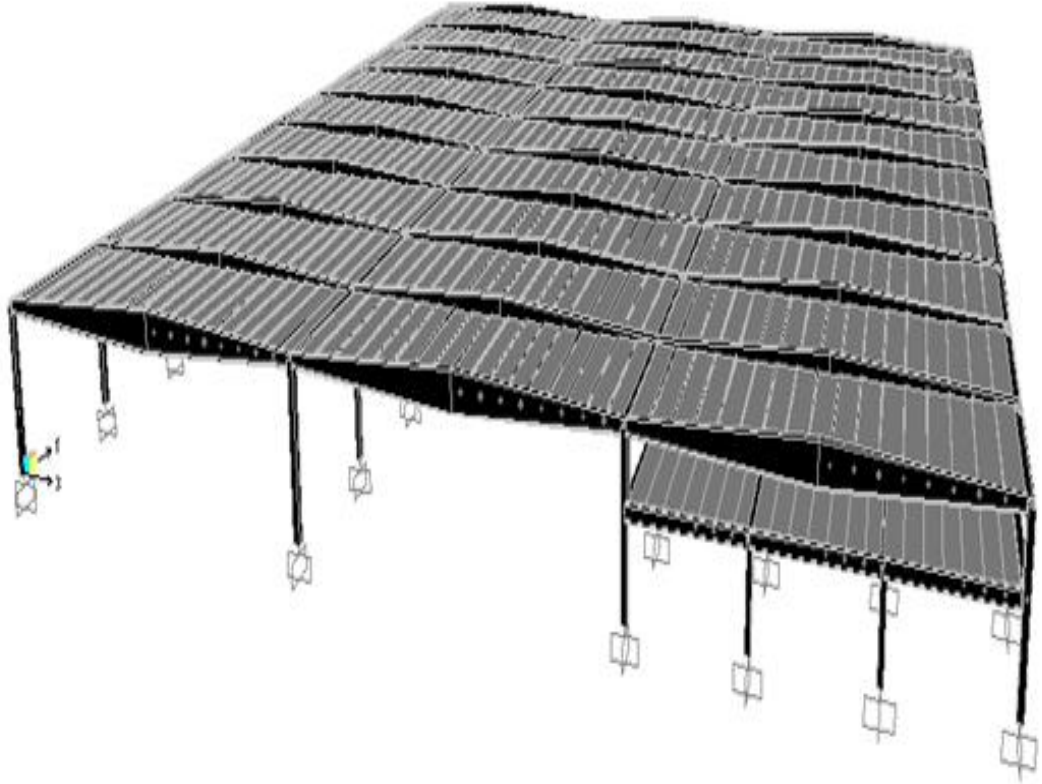
İncelenecek olan bina X yönünde 48.70 m, Y yönünde 60 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 7 m, 6 m, 7 m, 20 m, 8.70 m; Y yönünde eşit aralıklarla 7.50 m'dir. Binanın kotları sırasıyla +3.50 m, +5.60 m, +6.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 720 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm, 45 x 45 cm ve 50 x 50 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; 40 x 60 cm standart, 30 x 70 cm I tipi kiriş, I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır. Bina 2'ye ait SAP2000 modeli Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Bina 2'ye ait SAP2000 modeli [10]

4.1.3 Bina 3 için karakteristik özellikler

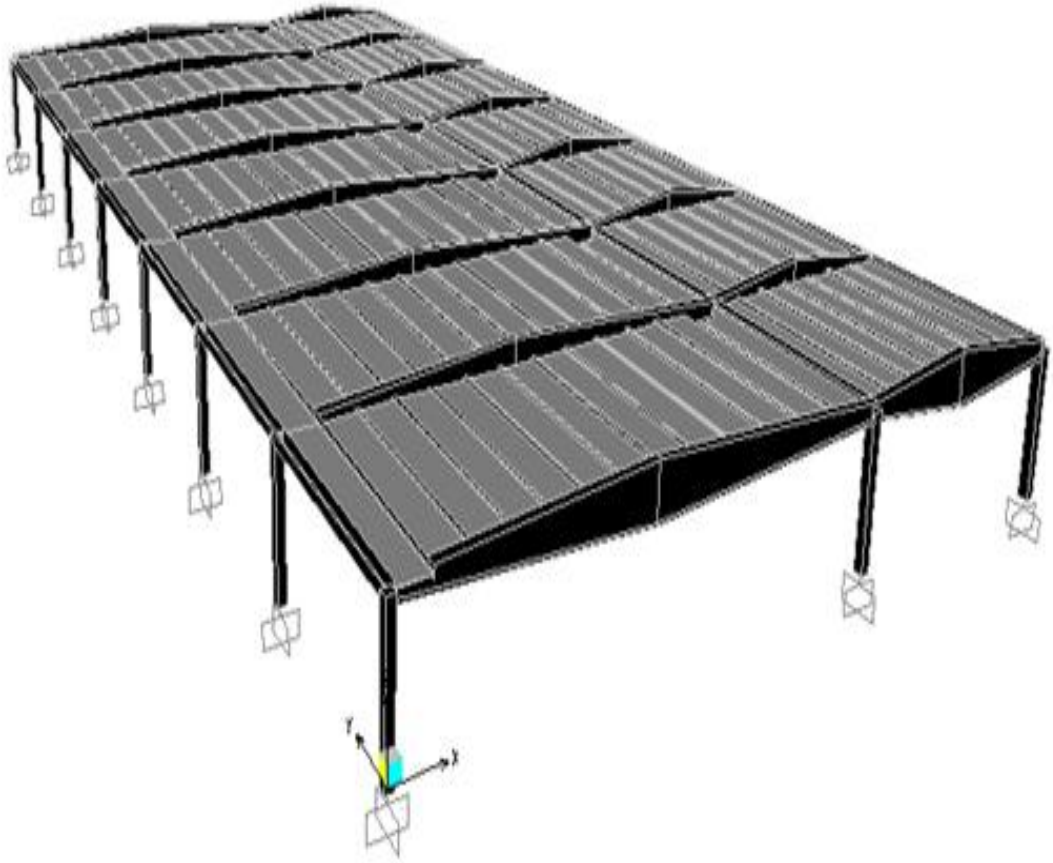
İncelenecek olan bina X yönünde 75 m, Y yönünde 81 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 25 m, 25 m, 8.30 m, 8.40 m, 8.30 m; Y yönünde eşit aralıklarla 9 m'dir. Binanın kotları sırasıyla +4.00 m, +7.00 m olup; ağırlığı yaklaşık 1300 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm ve 45 x 45 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; 40 x 60 cm I tipi kiriş, I2-50 ve I1-160' tan oluşmaktadır. Bina 3'e ait SAP2000 modeli Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Bina 3'e ait SAP2000 modeli [10]

4.1.4 Bina 4 için karakteristik özellikler

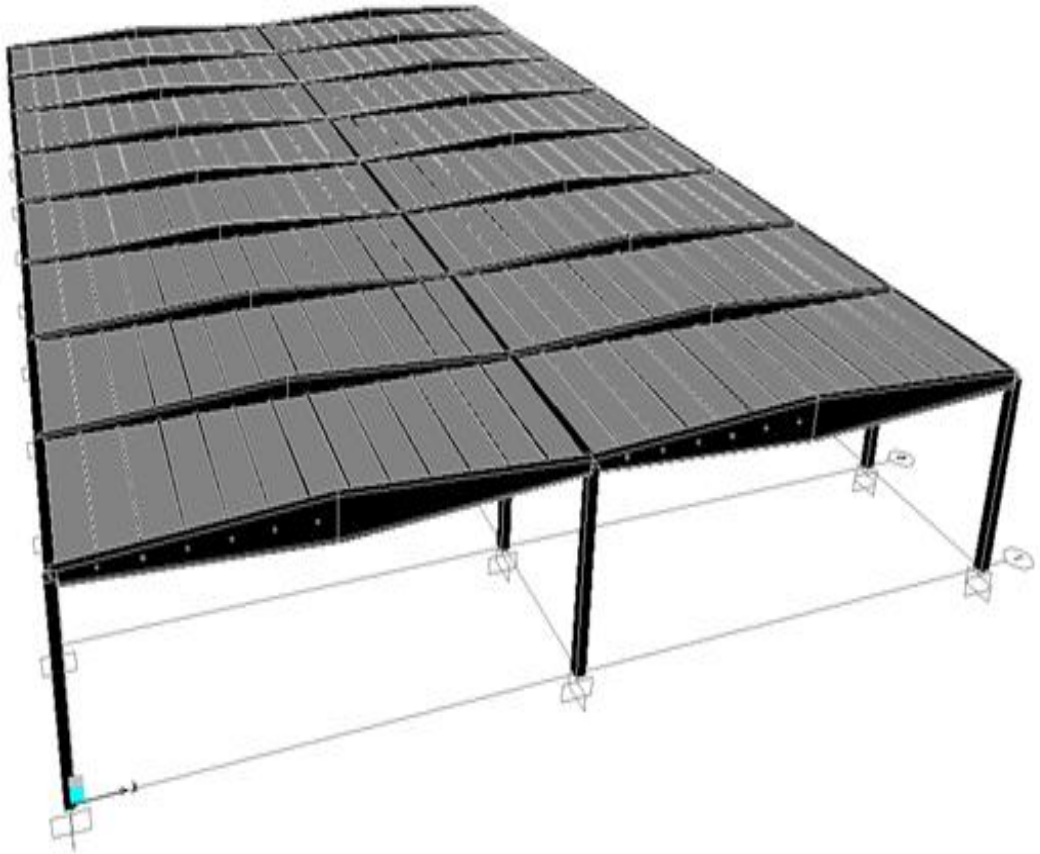
İncelenecek olan bina X yönünde 31 m, Y yönünde 62 m uzunluğunda ve kolon aksları X yönünde sırasıyla 21 m, 10 m; Y yönünde eşit aralıklarla 8.85 m, 8.90 m'dir. Binanın kotu +4.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 500 ton'dur. Kolon kesitleri 40 x 40 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır. Bina 4'e ait SAP2000 modeli Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Bina 4'e ait SAP2000 modeli [10]

4.1.5 Bina 5 için karakteristik özellikler

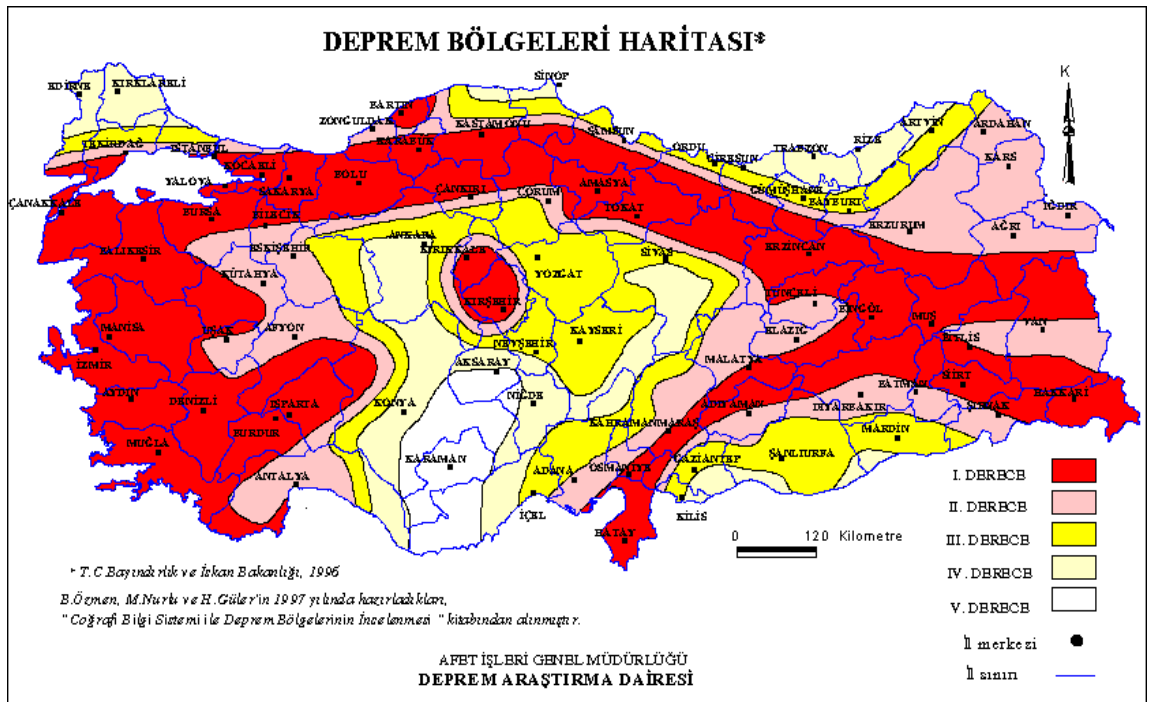
İncelenecek olan bina X yönünde 40 m, Y yönünde 60 m uzunluğunda ve kolon aksları eşit aralıklarla X yönünde 20 m, Y yönünde 7.50 m'dir. Binanın kotu +7.50 m olup; ağırlığı yaklaşık 725 ton'dur. Kolon kesitleri 50 x 50 cm' dir. Kiriş kesitleri ise; I2-50 ve I1-150' den oluşmaktadır. Bina 5'e ait SAP2000 modeli Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



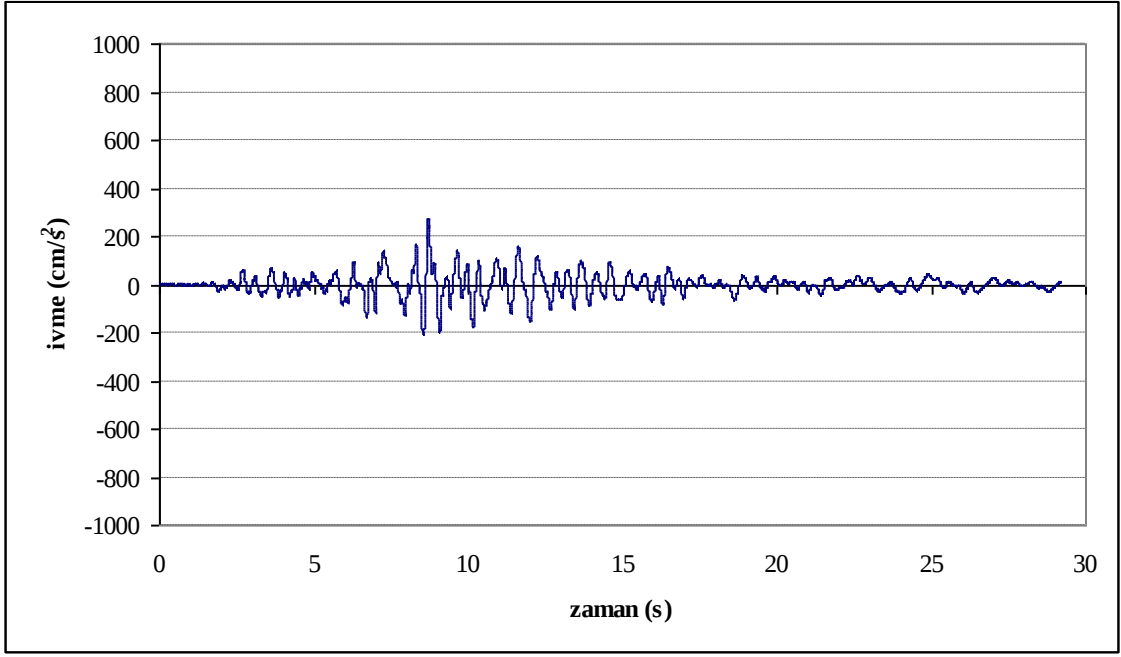
Şekil 4.5 Bina 5'e ait SAP2000 modeli [10]

4.2 Deprem İvme Kayıtları

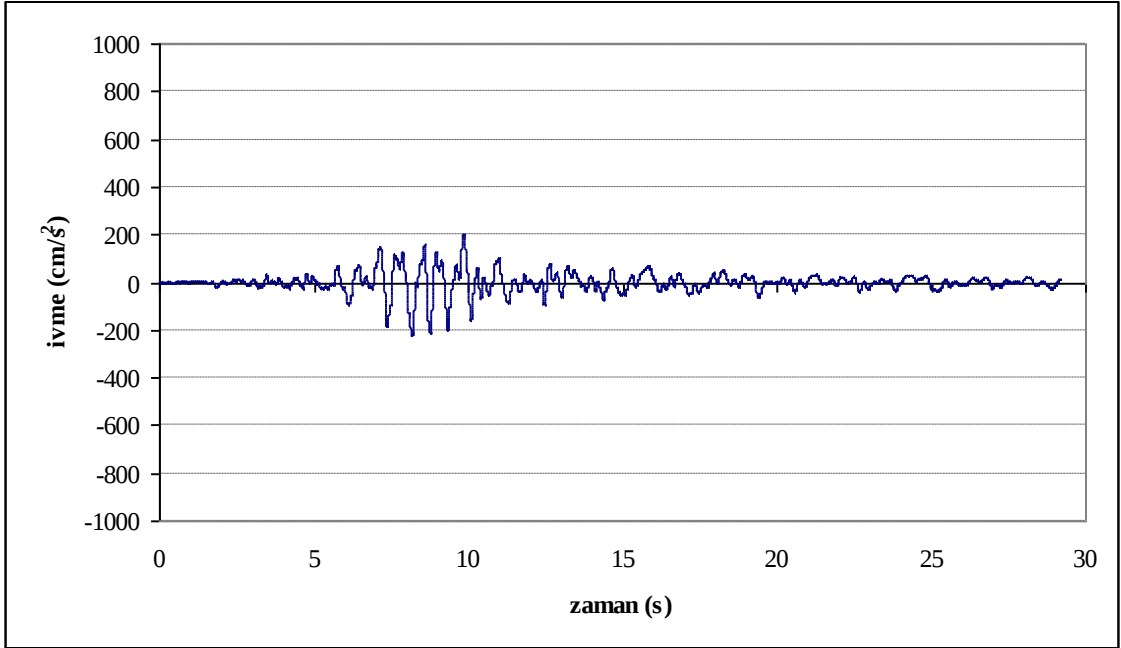
Deprem Araştırma Dairesi [12]'den alınan on farklı deprem için her iki yönde yirmi adet ivme kaydı Şekil 4.7-4.26'de gösterilmiştir. Bunların seçiminde 1g'ye kadar olan ve doğrusal olarak artan maksimum yer ivmesi değerleri kullanılmıştır. Böylece uygulanacak olan depremlerle birlikte binaların dayanımı tespit edilecek ve yorumlanacaktır. Türkiye deprem bölgeleri haritası Şekil 4.6'da verilmiştir.



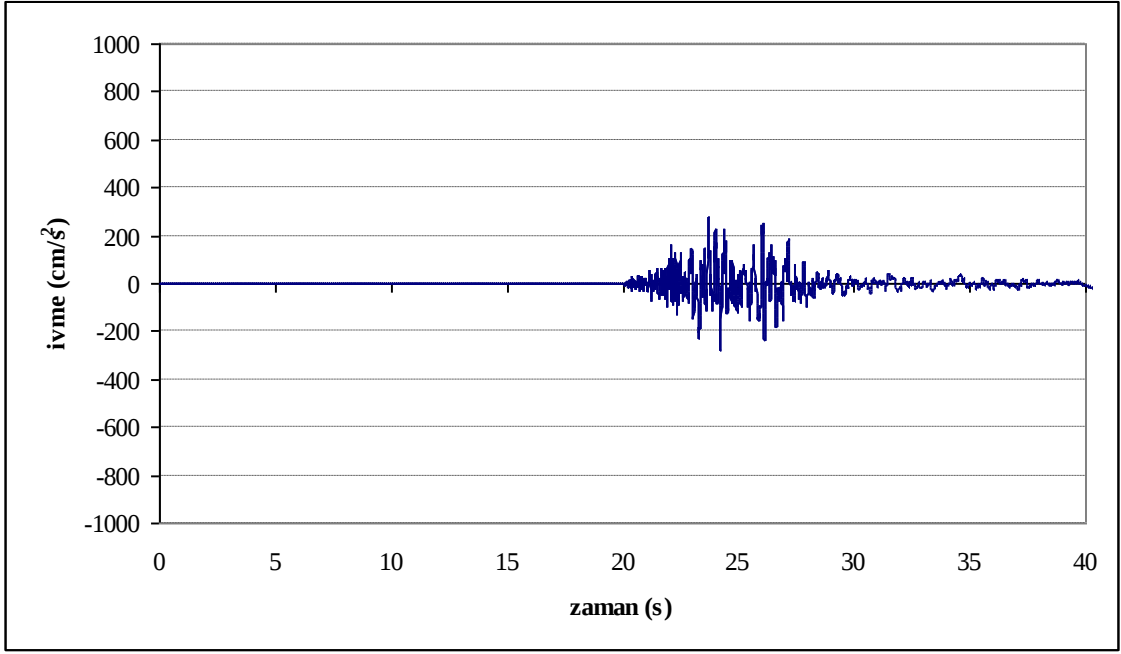
Şekil 4.6 Türkiye deprem bölgeleri haritası [12]



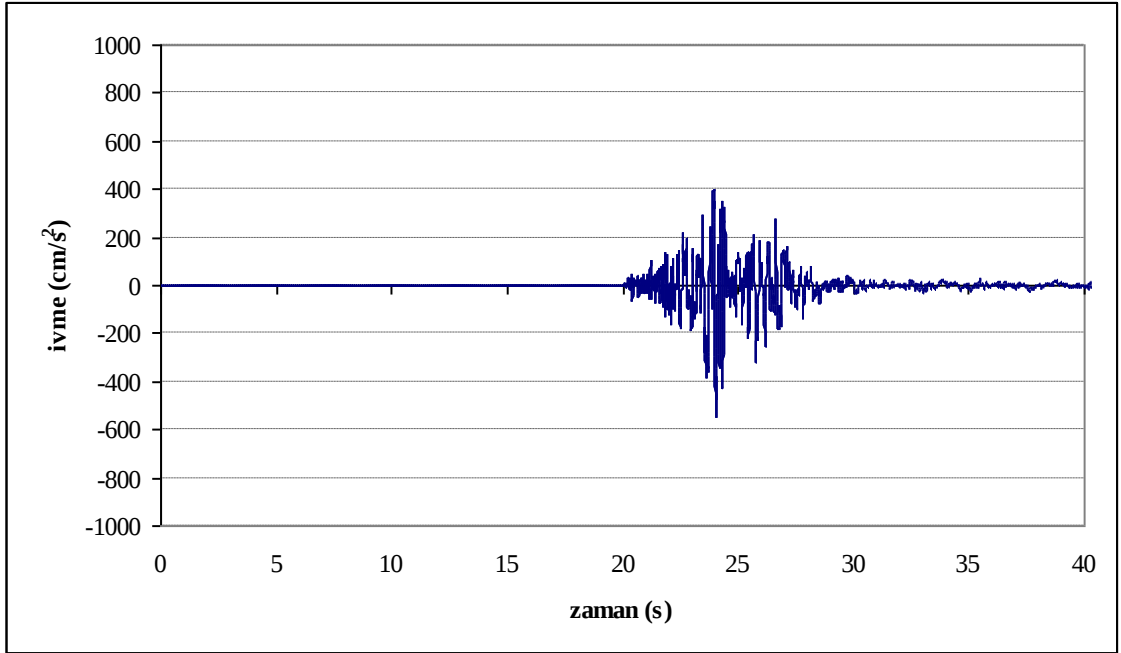
Şekil 4.7 Adana-Ceyhan EW yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998)



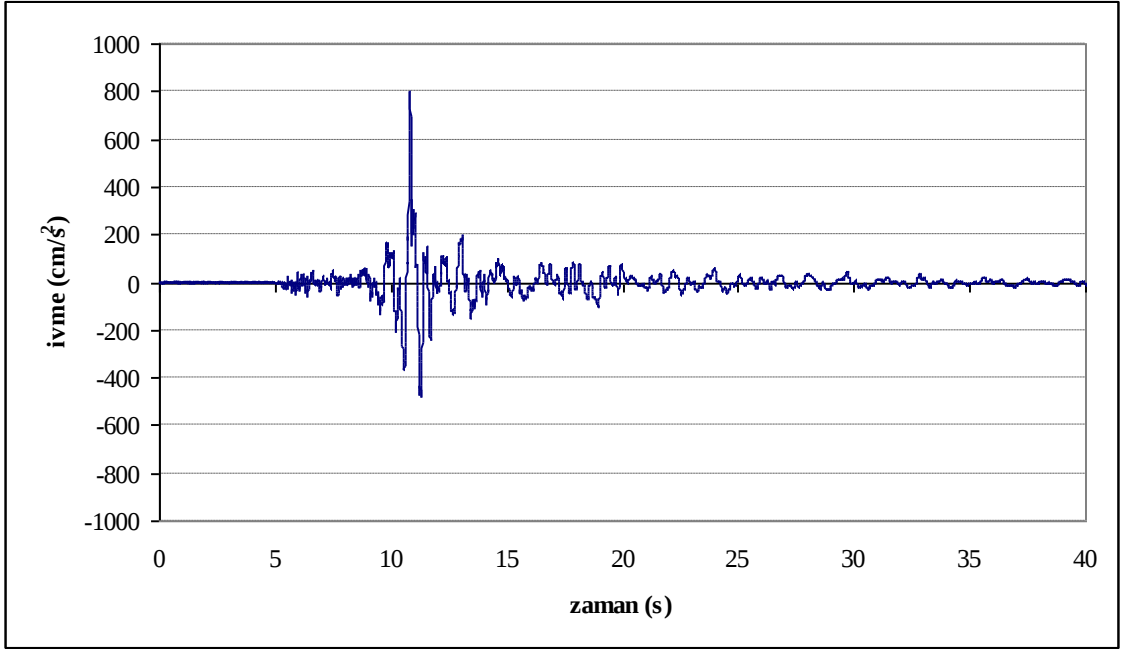
Şekil 4.8 Adana-Ceyhan NS yönü ivme kayıt grafiği (Adana 1998)



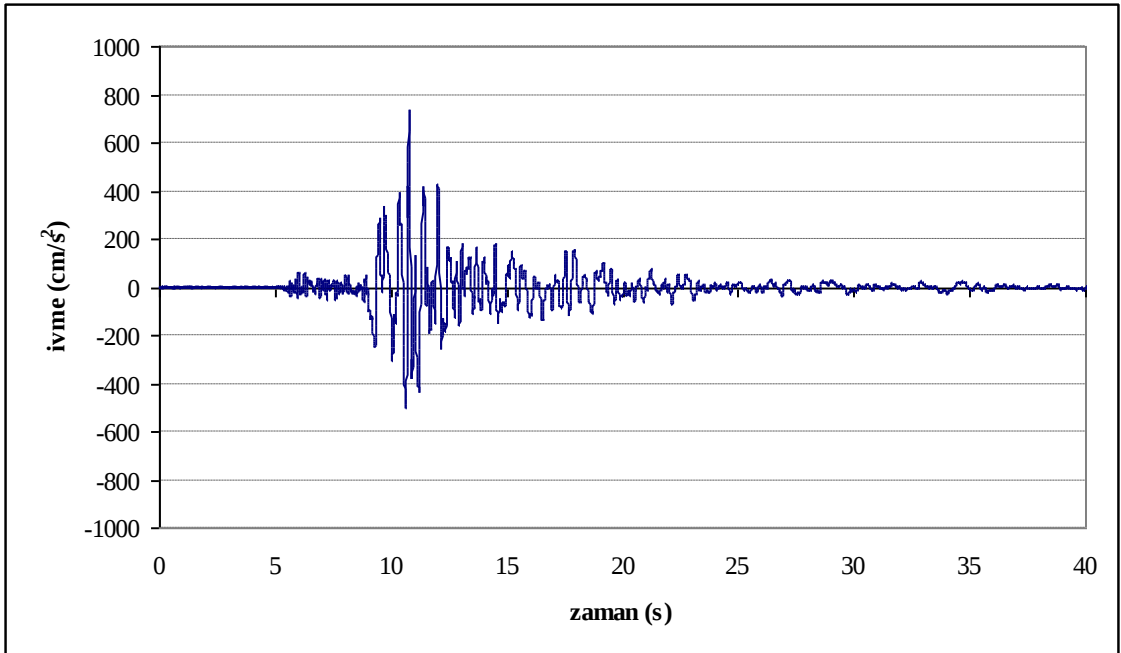
Şekil 4.9 Bingöl EW yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003)



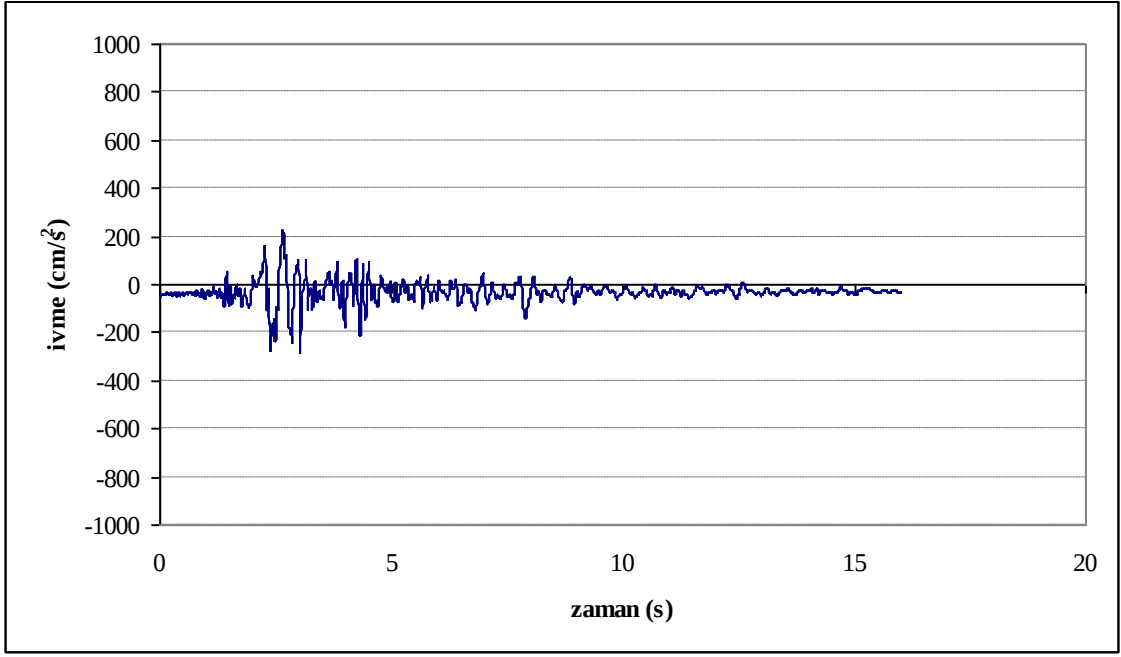
Şekil 4.10 Bingöl NS yönü ivme kayıt grafiği (Bingöl 2003)



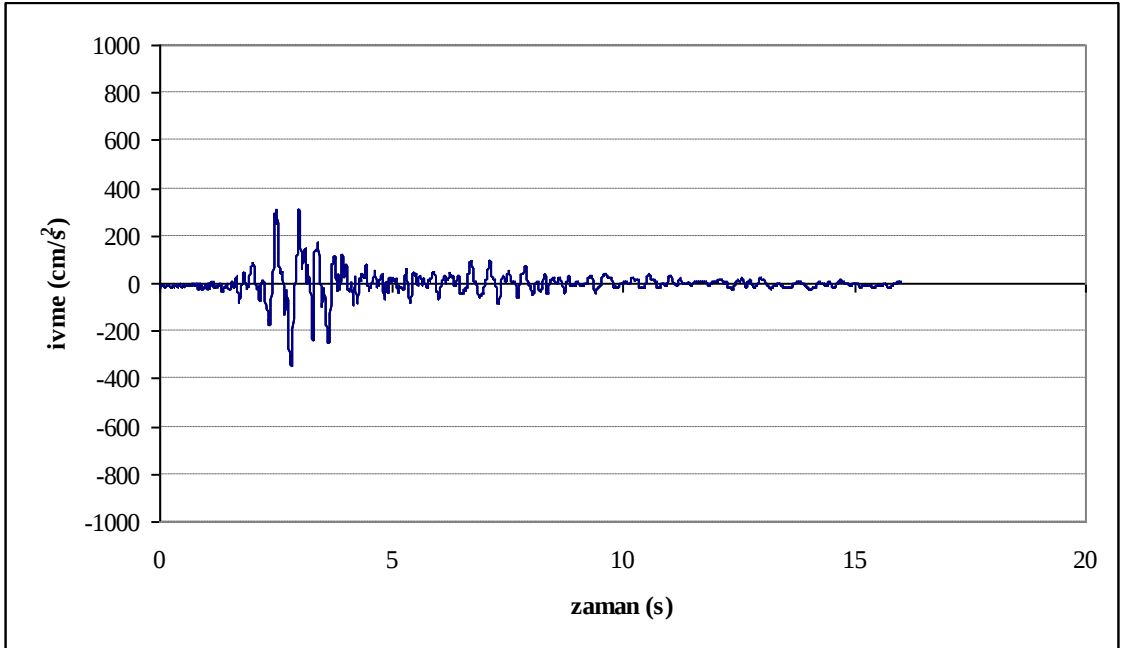
Şekil 4.11 Bolu EW yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



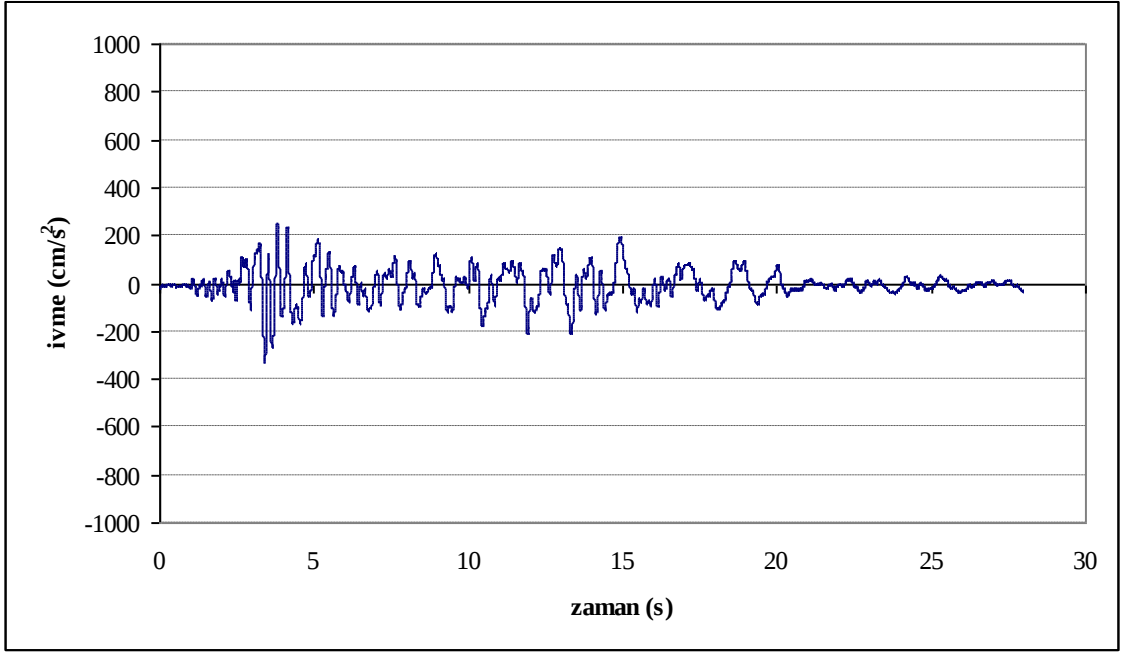
Şekil 4.12 Bolu NS yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



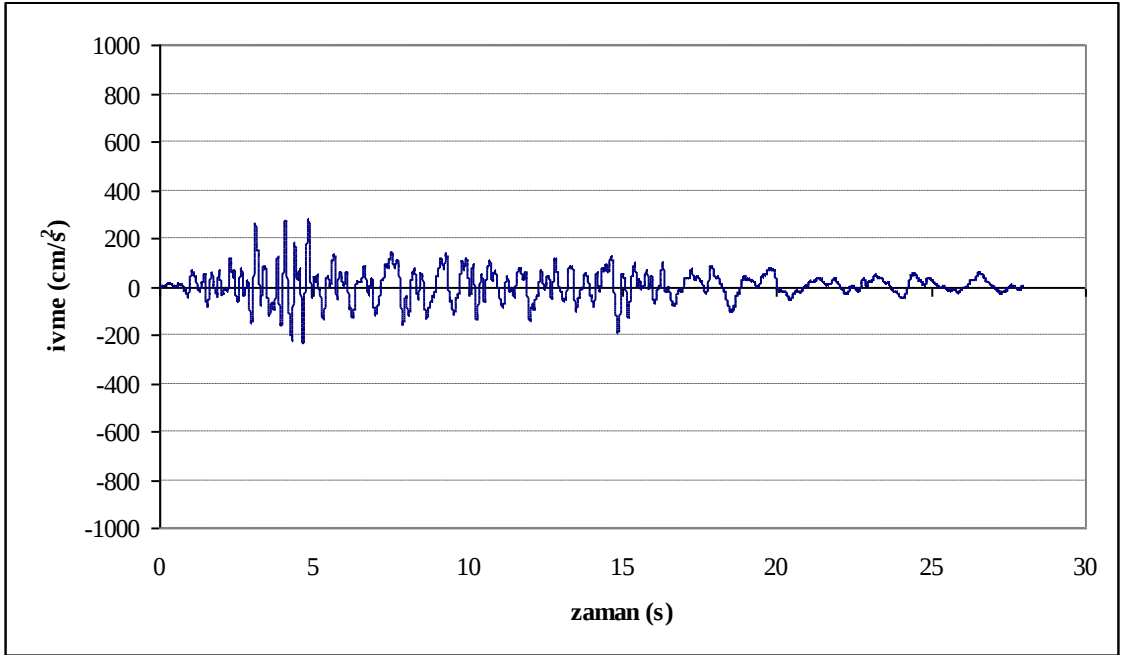
Şekil 4.13 Denizli EW yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976)



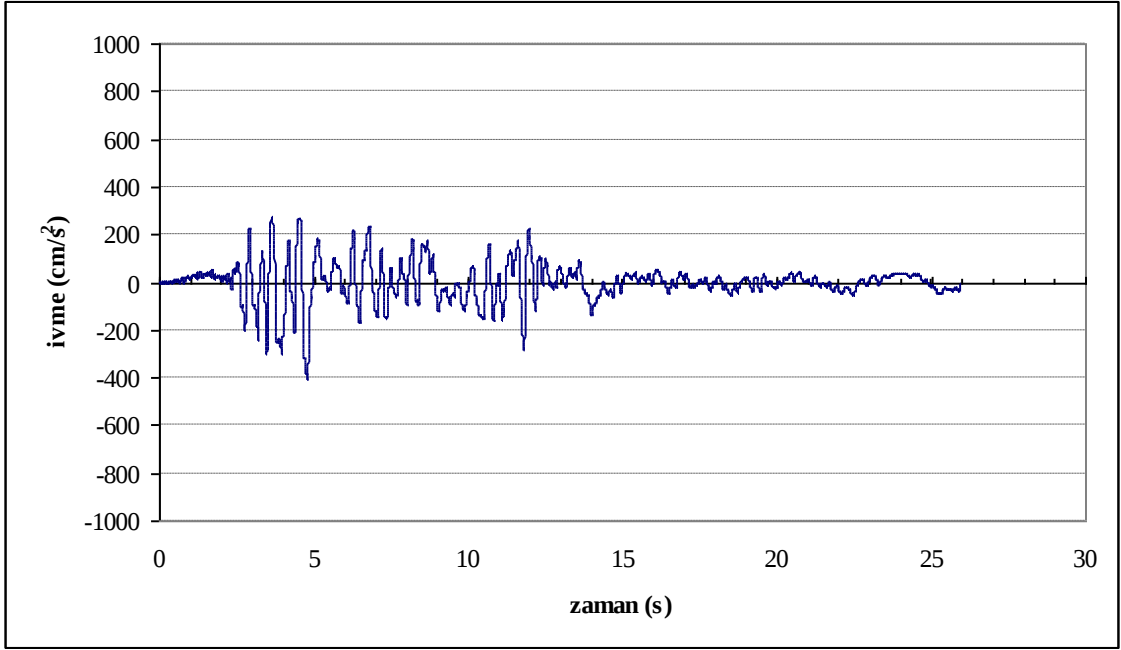
Şekil 4.14 Denizli NS yönü ivme kayıt grafiği (Denizli 1976)



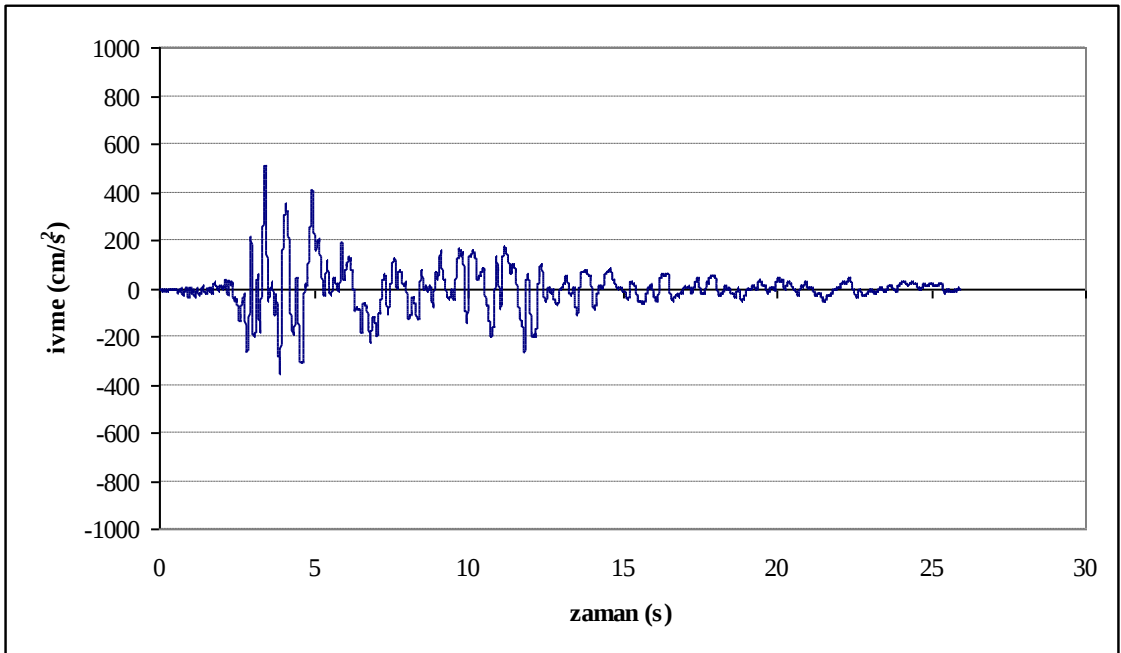
Şekil 4.15 Dinar EW yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995)



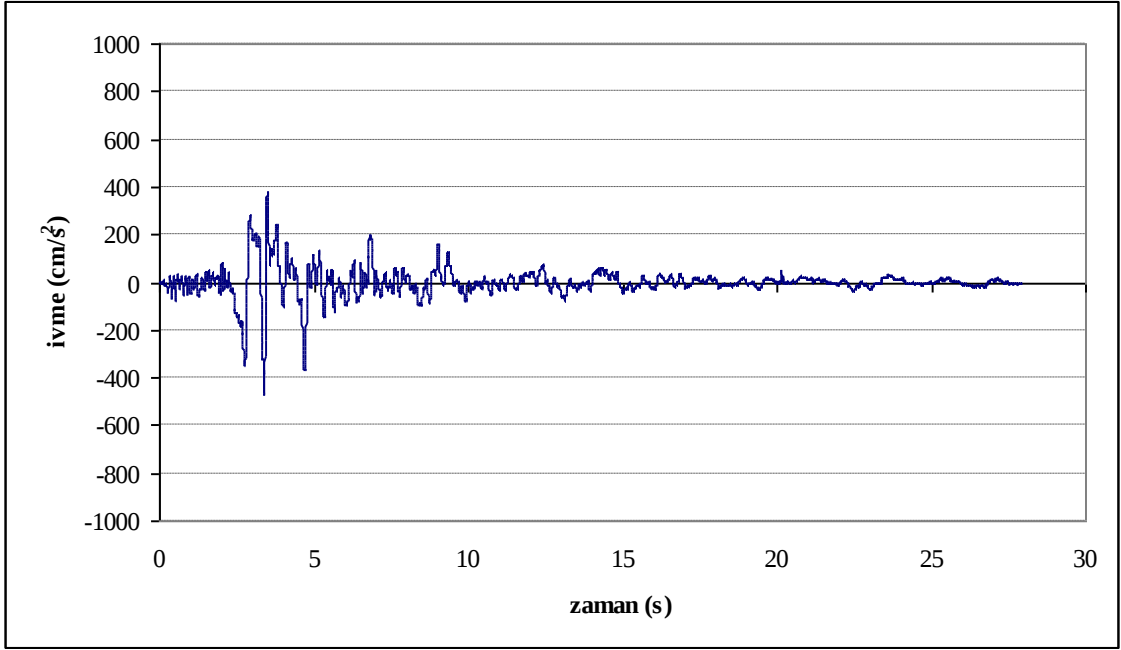
Şekil 4.16 Dinar NS yönü ivme kayıt grafiği (Dinar 1995)



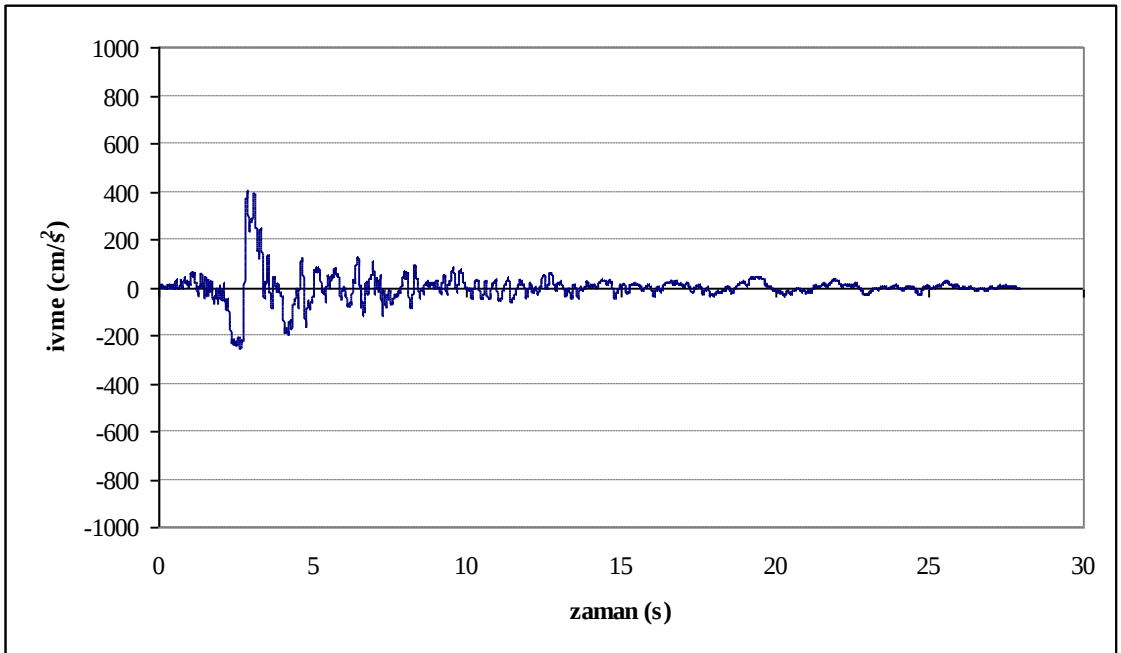
Şekil 4.17 Düzce EW yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



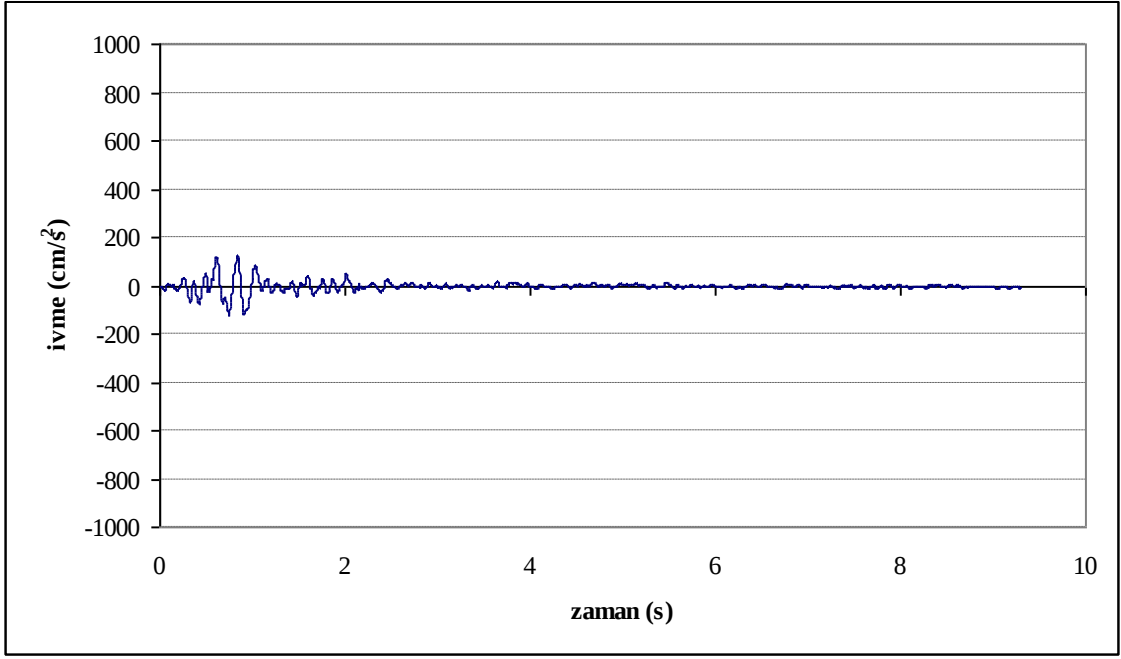
Şekil 4.18 Düzce NS yönü ivme kayıt grafiği (Düzce 1999)



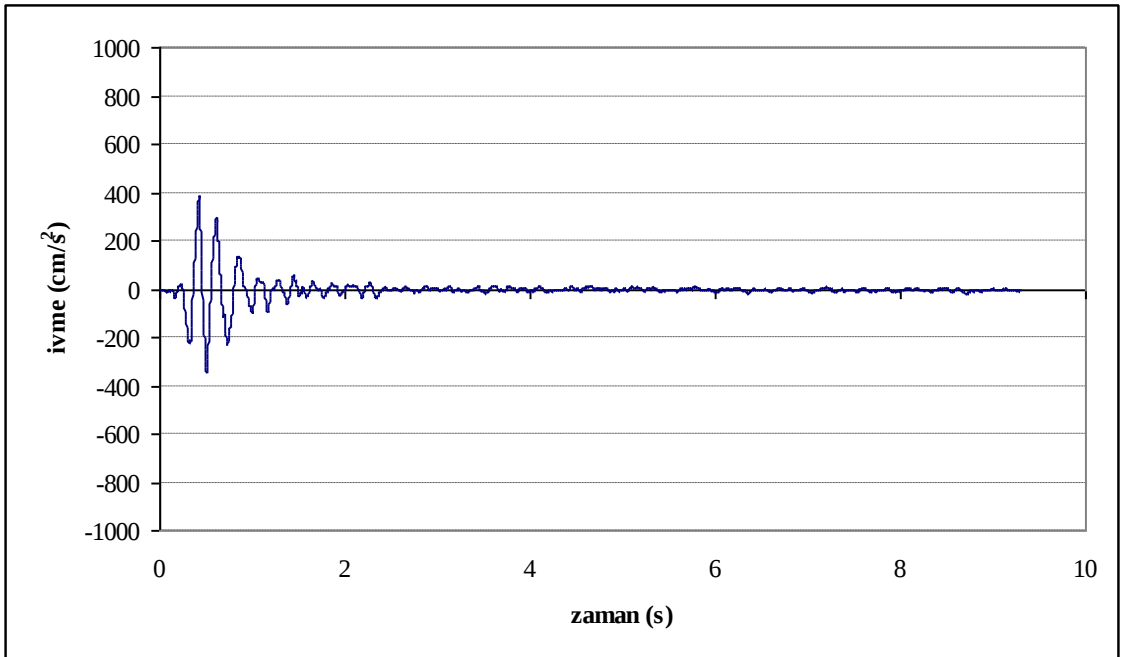
Şekil 4.19 Erzincan EW yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992)



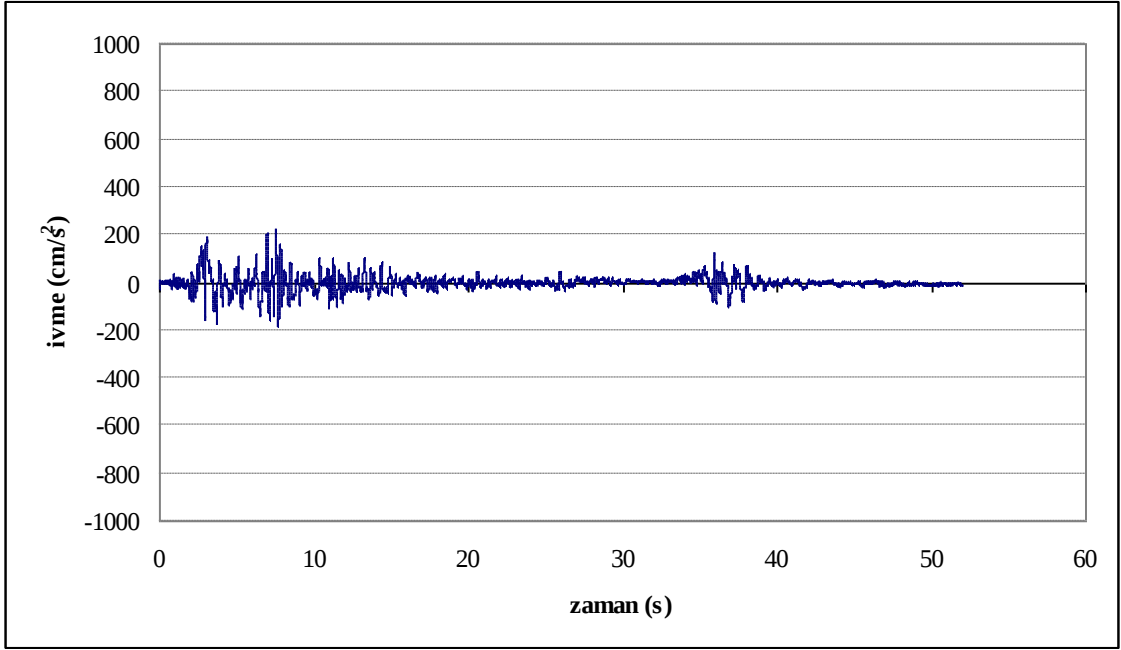
Şekil 4.20 Erzincan NS yönü ivme kayıt grafiği (Erzincan 1992)



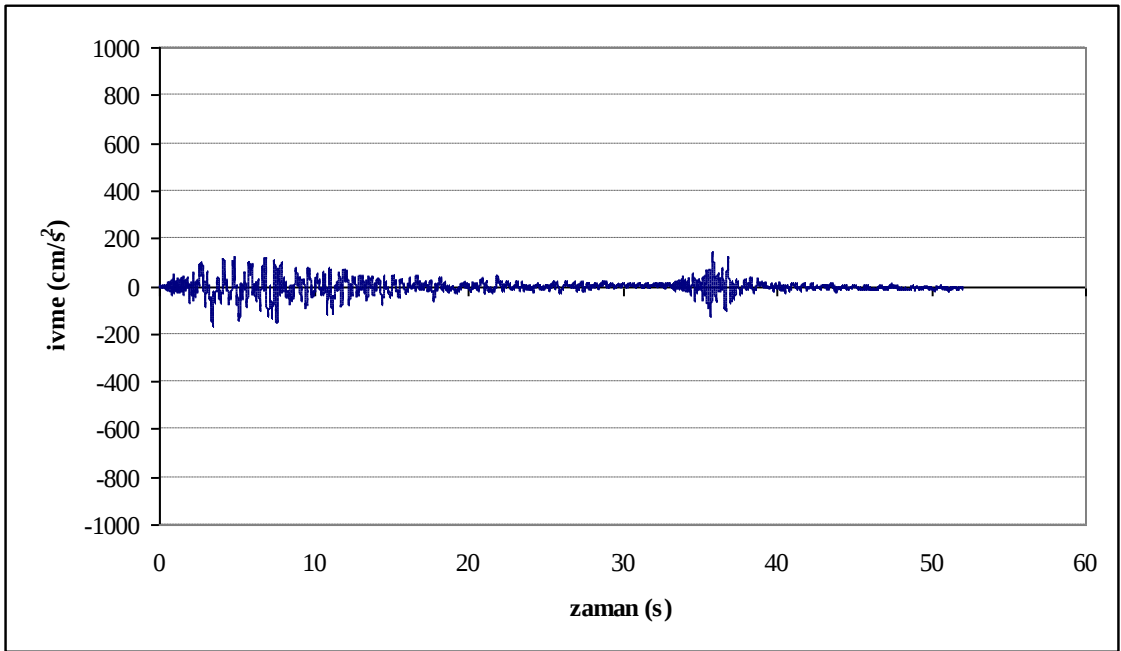
Şekil 4.21 İzmir EW yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977)



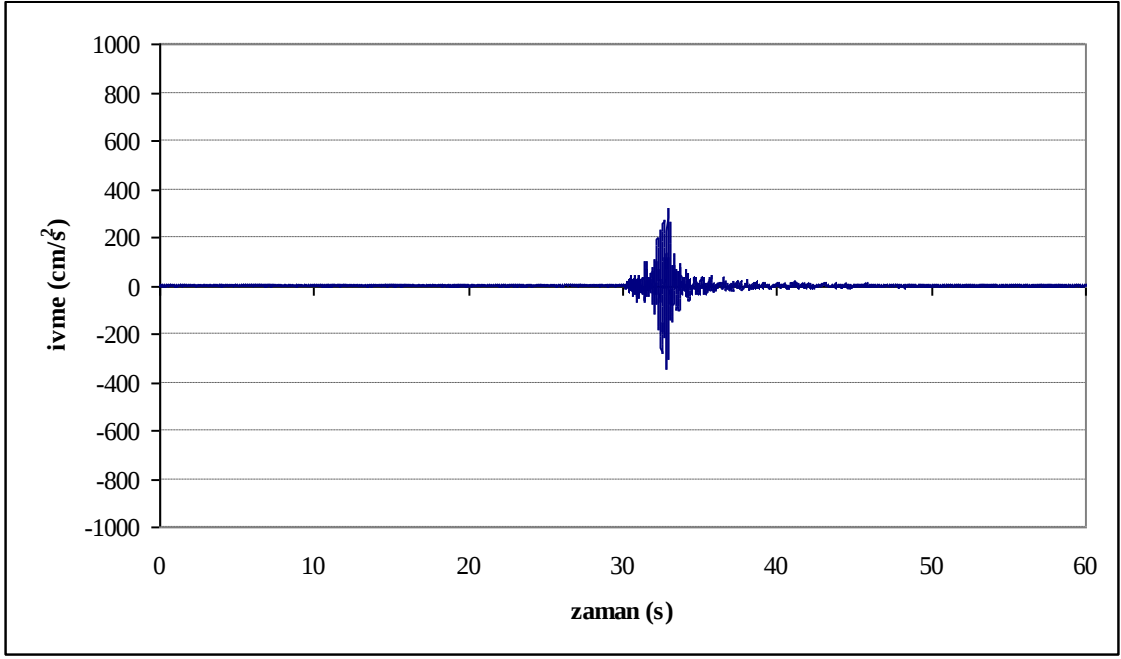
Şekil 4.22 İzmir NS yönü ivme kayıt grafiği (İzmir 1977)



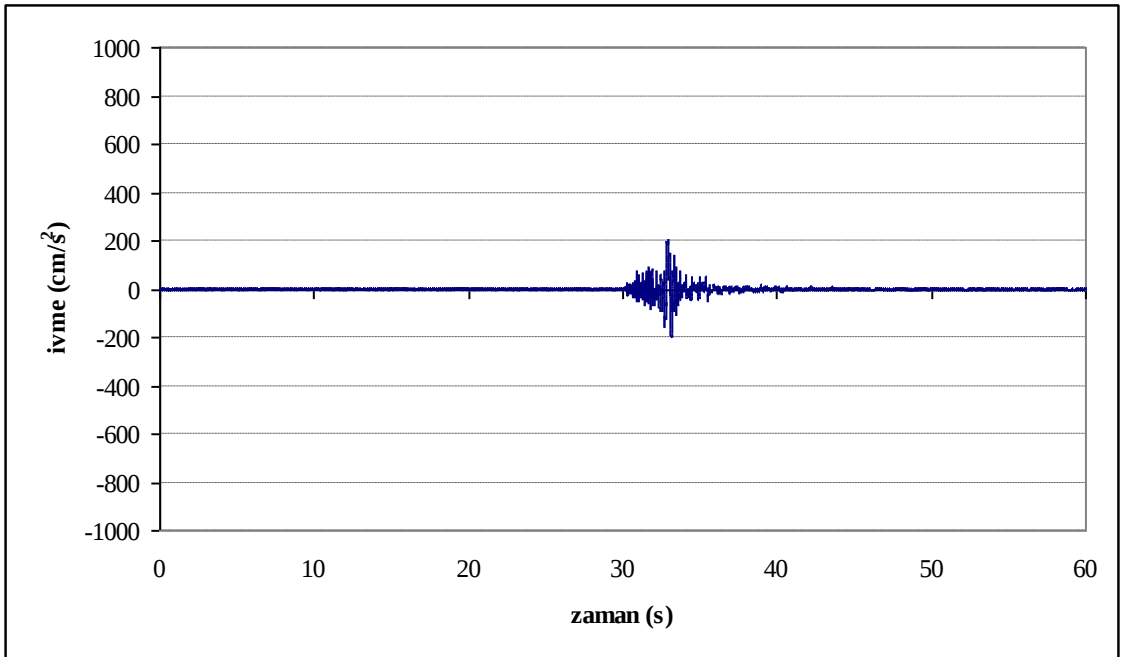
Şekil 4.23 İzmit EW yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



Şekil 4.24 İzmit NS yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



Şekil 4.25 Sakarya EW yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)



Şekil 4.26 Sakarya NS yönü ivme kayıt grafiği (Marmara 1999)

4.3 Maksimum Yer İvmelerinin (PGA) Elde Edilmesi

Kaydedilen on farklı depreme ait her iki yönde ivme–zaman grafiklerinin mutlak maksimum ve mutlak minimum değerlerinin g (m/s^2) cinsinden elde edilmesi sonucunda PGA (Peak Ground Acceleration) değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Maksimum yer ivmeleri (PGA)

Konum	PGA (g)
Adana-Ceyhan-EW (Adana-Ceyhan depremi 1998)	0,28
Adana-Ceyhan-NS (Adana Ceyhan depremi 1998)	0,23
Bingöl-EW (Bingöl depremi 2003)	0,28
Bingöl-NS (Bingöl depremi 2003)	0,55
Bolu-EW (Düzce depremi 1999)	0,82
Bolu-NS (Düzce depremi 1999)	0,73
Denizli-EW (Denizli depremi 1976)	0,29
Denizli-NS (Denizli depremi 1976)	0,35
Dinar-EW (Dinar depremi 1995)	0,33
Dinar-NS (Dinar depremi 1995)	0,28
Düzce-EW (Düzce depremi 1999)	0,41
Düzce-NS (Düzce depremi 1999)	0,52
Erzincan-EW (Erzincan depremi 1992)	0,48
Erzincan-NS (Erzincan depremi 1992)	0,41
İzmir-EW (İzmir depremi 1977)	0,12
İzmir-NS (İzmir depremi 1977)	0,39
İzmit-EW (Marmara depremi 1999)	0,23
İzmit-NS (Marmara depremi 1999)	0,17
Sakarya-EW (Düzce depremi 1999)	0,35
Sakarya-NS (Düzce depremi 1999)	0,21

4.4 Yapıların Periyotları

SAP2000’de modal analiz sonucunda elde edilen beş farklı modele ait periyot değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yapıların periyotları

Mod	Periyot (s)				
	Bina 1	Bina 2	Bina 3	Bina 4	Bina 5
1	1,040715	0,712403	0,795687	0,530622	0,967794
2	0,873341	0,658519	0,763108	0,525069	0,966704
3	0,763331	0,520763	0,628323	0,469879	0,857594
4	0,529545	0,287771	0,463562	0,326420	0,314106
5	0,509109	0,287770	0,463561	0,326207	0,314105
6	0,470028	0,287768	0,463559	0,326206	0,314103
7	0,456622	0,287765	0,463558	0,326206	0,314101
8	0,446534	0,287763	0,463555	0,326206	0,314098
9	0,424235	0,287761	0,463553	0,326205	0,314097
10	0,415970	0,287759	0,463552	0,286075	0,314095
11	0,387776	0,287018	0,463551	0,285831	0,313286
12	0,359772	0,287016	0,463172	0,116794	0,313285

BÖLÜM V

İTME (PUSHOVER) ANALİZİ

5.1 İtme (Pushover) Analizinin Amacı

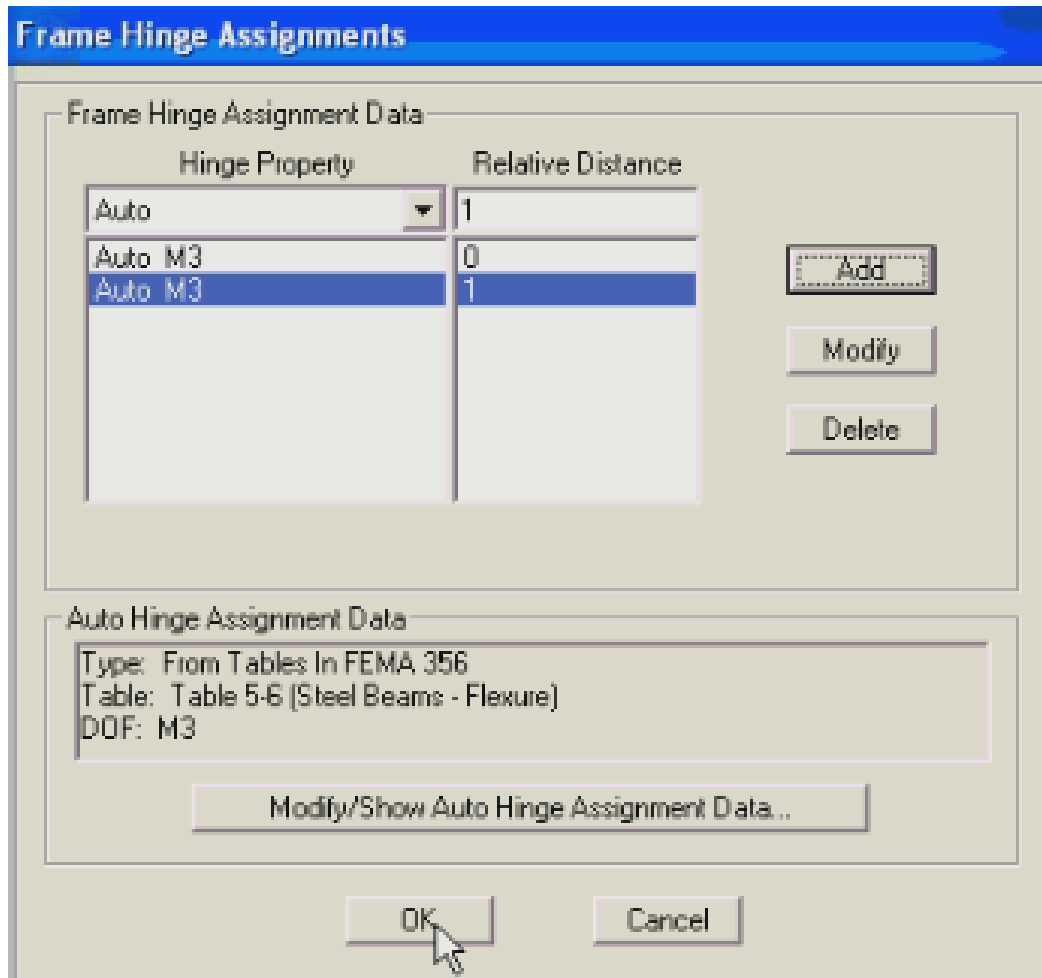
İtme analizi yapı sisteminin artan yatay yükler altında doğrusal olmayan davranışının ve göçme şeklinin belirlenmesi, oluşan plastik kesitlerin türleri ve yapı içindeki dağılımının belirlenmesi (hasar dağılımının belirlenmesi), toplam ve göreceli yer değiştirmelerin belirlenmesi, yapı sisteminin süneklik düzeyi hakkında bilgi edinmek, plastik kesitlerdeki şekil değiştirmeleri belirlemek ve yapının deprem güvenliğini belirlemek amacıyla yapılır [13].

5.2 İtme (Pushover) Analizinin Yapılışı

SAP2000 güçlü bir non-lineer pushover analiz aracıdır. Bize yapının performans seviyelerini belirlemekte yardımcı olur. İtme (Pushover) analizi var olan veya inşa edilecek bir yapı için yapılabilir. Bu tezde tasarımı önceden yapılmış olan modeller kullanılmıştır [10]. Lineer olmayan şekil değiştirmelerin plastik mafsallık olarak kabul edilen kesitlerde toplandığı varsayımı yapı tasarımında kullanılan bir yöntemdir. Plastik mafsallık oluşan bir kesit eğilme taşıma gücüne ulaşmıştır.

5.2.1 Mafsalların eklenmesi

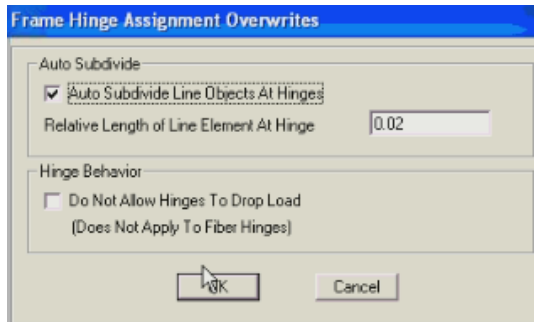
Kirişler seçilir. “Assign – Frame – Hinges” menüsünden kirişin başına ve sonuna M3 serbestlik dereceli mafsallar eklenir. Uygulama Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Aynı işlem kolonlar için de uygulanır.



Şekil 5.1 M3 Serbestlik dereceli mafsallar

5.2.2 Çerçeve mafsal özelliklerinin atanması

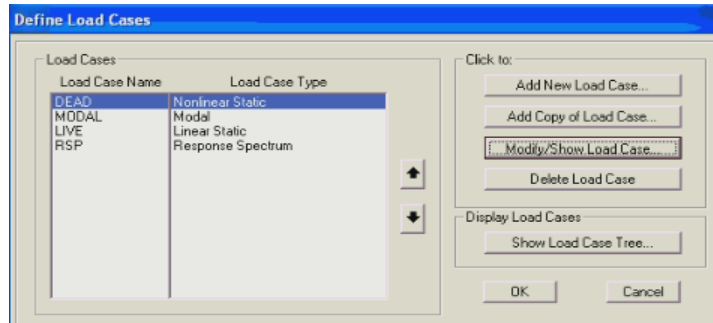
Daha iyi bir sonuç alabilmek için SAP2000’de kiriş ve kolonların başlarındaki mafsalların belirtilen aralıklarla parçalanarak tekrar hesaplanması gerekir. Bunun için “Assign – Frame - Hinges Overwrites” menüsünde hesaplama için gerekli aralık belirlenir. Uygulama Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Çerçeve mafsal özellikleri

5.2.3 Ölü yüklemenin değiştirilmesi

“Define - Load Cases” menüsünden öncelikle ölü yüklemeyi non-lineer statik yükleme olarak değiştirmek gerekir. Uygulama Şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Ölü yüklemenin değiştirilmesi

5.2.4 İtme (Pushover) yüklemesinin analize eklenmesi

Bunun için “Define - Load Cases” menüsünden yeni bir non-linear yükleme eklenmesi gerekmektedir. Eklenecek bu yükleme ölü yüklemenin bittiği konumdan başlayacağı için ölü yüklemeyi non-linear yükleme olarak değiştirilmiştir. Uygulanan yük UX yönünde -1 çarpanlı bir ivmelenme olacaktır. Buradaki -1 çarpını yüklemenin yönünü belirtmek amacıyla uygulanmıştır. Aynı işlem UY yönünde de uygulanmalıdır. Uygulama Şekil 5.4’de gösterilmiştir.

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: Set Def Name

Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

- ☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

- ☐ Linear
- ☒ Nonlinear
- ☐ Nonlinear Staged Construction

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1
Accel	UX	-1

Other Parameters:

Load Application:

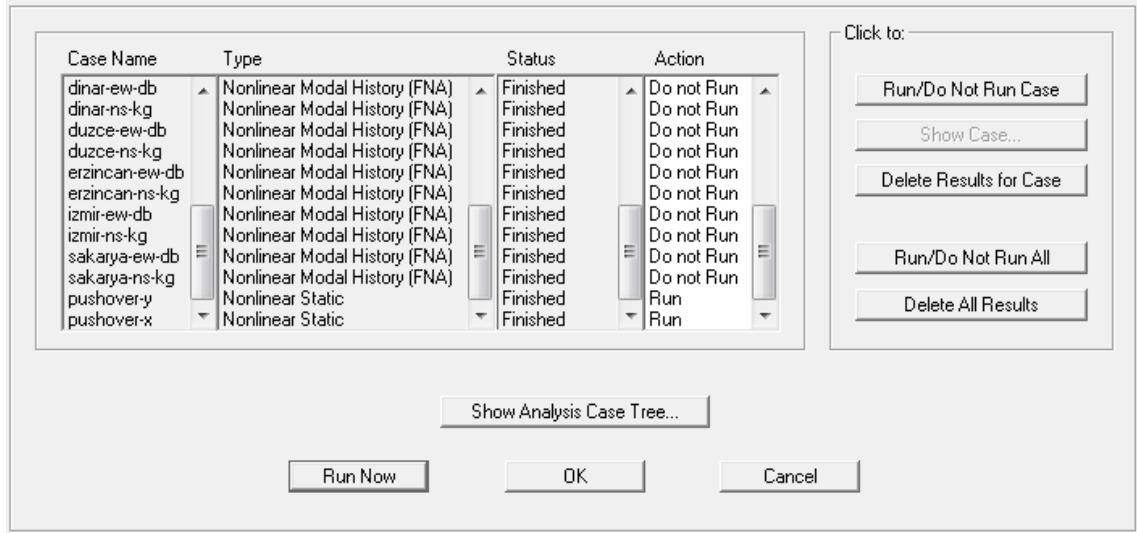
Results Saved:

Nonlinear Parameters:

Şekil 5.4 İtme (Pushover) yüklemesinin analize eklenmesi

5.2.5 Analizin yapılması

Analiz için gerekli parametrenin girilmesi tamamlandıktan sonra analiz yapılır. Uygulama Şekil 5.5’de gösterilmiştir.



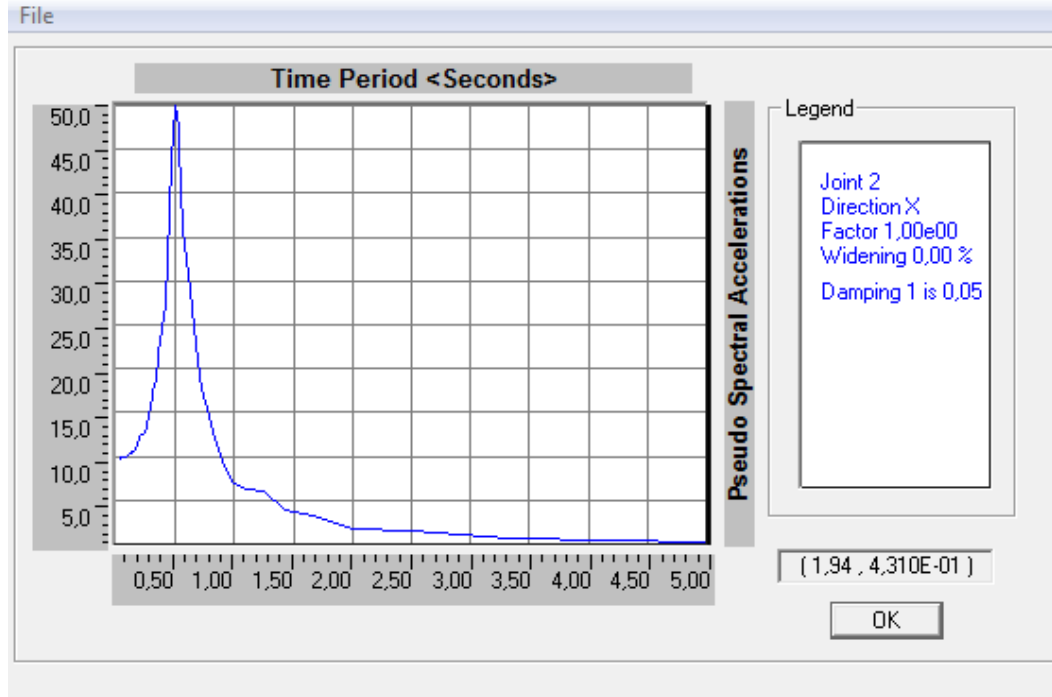
Şekil 5.5 Analizin yapılması

BÖLÜM VI

ANALİZ SONUÇLARI

6.1 Tepki Spektrumlarının Belirlenmesi

Yapıya ait tepki spektrumlarını görüntülemek için “Display - Respond Spectrum Curve” menüsünden istenilen noktanın tepki spektrumu görüntülenebilir. Şekil 6.1’de birinci katta X doğrultusunda, %5 sönüm, Bolu-EW deprem ivmelenmesi için elde edilen grafik gösterilmiştir. Bu tezde yapıya ait tepki spektrumlarının yapının doğal periyotuna tekabül eden değerleri kullanıldığından spektrumların tamamı verilmemiştir. Yapıların tepki spektrumları daha önceki çalışmalarda verilmiştir [8,9].



Şekil 6.1 Tepki spektrumu örneği

6.2 Yapıların Doğal Periyotlarına Tekabül Eden Spektral İvmeler

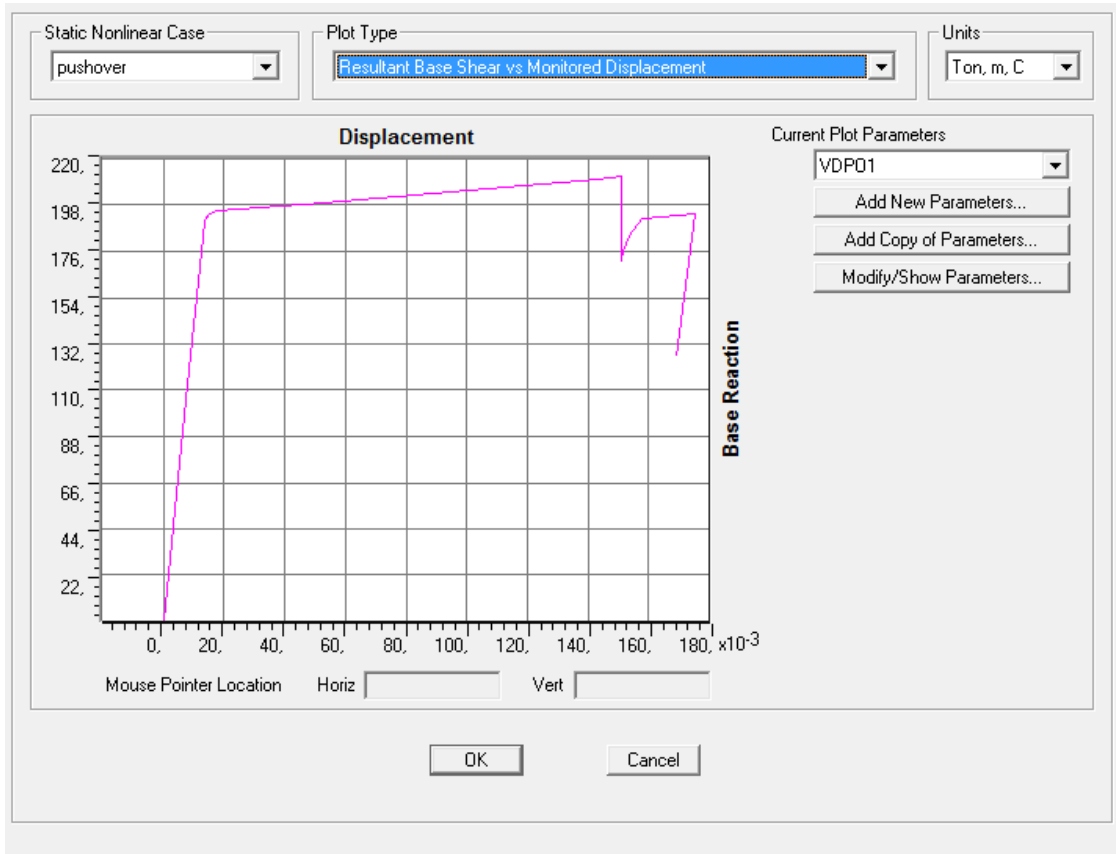
Elimizdeki beş modele ait yapının doğal periyotuna tekabül eden spektral ivme değerleri Çizelge 6.1’de verilmiştir. Yapının doğal periyotuna tekabül eden spektral ivme değerleri “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”[5]’te belirtildiği gibi %5 sönüme göre elde edilmiştir. Aynı kattaki bütün noktaların her deprem yüklemesi için yapının doğal periyoduna tekabül eden spektral ivme değerleri aynıdır. Spektral ivme değerlerinin binaların periyotları, kat seviyeleri, maksimum deprem ivme değerleri ve sönüm oranlarına göre değiştiği görülmüştür. Bu çalışma esnasında yapı elemanları için tanımlanmış olan %5 sönüm oranı haricinde burada gösterilmemiş olan %10 ve %20 sönüm oranları için de tetkikler yapılmıştır. Sönüm oranı arttıkça binaların kapasiteleri de artmakta olup, kat seviyesi arttıkça spektral ivme değerleri artmaktadır.

Çizelge 6.1 Yapıların doğal periyotlarına tekabül eden spektral ivmeler

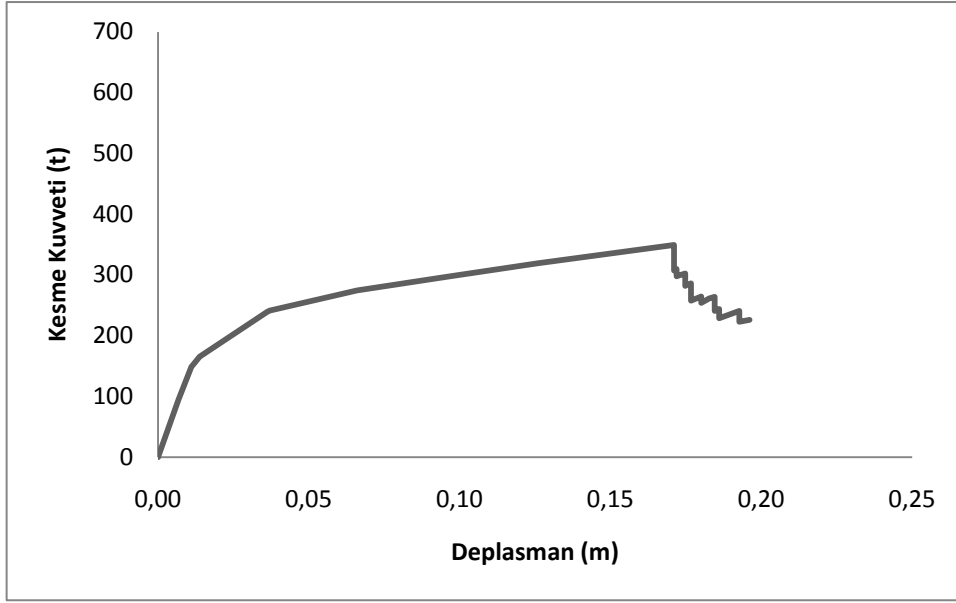
Deprem	Bina 1		Bina 2						Bina 3				Bina 4		Bina 5	
	+7.00 Kotu		+3.50 Kotu		+5.60 Kotu		+6.50 Kotu		+4.00 Kotu		+7.00 Kotu		+4.50 Kotu		+7.50 Kotu	
	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)
Adana EW	0,1374	0,1579	0,1010	0,1326	0,4999	0,4466	0,5073	0,3700	0,1169	0,1326	0,2518	0,6264	0,4636	0,6465	0,1280	0,1272
Adana NS	0,1773	0,3677	0,1264	0,1442	0,7459	0,6130	0,7568	0,4467	0,1461	0,0785	0,3488	0,4710	0,3197	0,3359	0,2382	0,2387
Bingöl EW	0,0714	0,0590	0,0472	0,0537	0,2250	0,1938	0,2283	0,1612	0,0391	0,0527	0,0841	0,2262	0,1494	0,2004	0,0705	0,0702
Bingöl NS	0,0753	0,0734	0,0739	0,0747	0,3817	0,3053	0,3164	0,2037	0,0705	0,0615	0,1782	0,3248	0,4414	0,6085	0,3758	0,3748
Bolu EW	0,5332	0,7766	0,1928	0,2629	0,7273	0,7437	0,7393	0,6938	0,2487	0,2552	0,5548	1,3573	0,7216	0,9903	0,5309	0,5306
Bolu NS	0,3705	0,4311	0,1102	0,1261	0,3111	0,3814	0,3889	0,3183	0,1696	0,1775	0,3751	0,7538	1,0872	1,5532	0,3555	0,3555
Denizli EW	0,0376	0,0419	0,0387	0,0419	0,1365	0,1470	0,1388	0,1083	0,0376	0,0330	0,0867	0,1625	0,2590	0,3330	0,0580	0,0579
Denizli NS	0,0603	0,0587	0,0755	0,0929	0,3605	0,3329	0,3664	0,2630	0,0811	0,0576	0,1833	0,3189	0,3523	0,3965	0,0665	0,0662
Dinar EW	0,1883	0,2877	0,0660	0,0798	0,3404	0,2725	0,3449	0,2237	0,0708	0,0948	0,1366	0,3640	0,2711	0,3768	0,3550	0,3557
Dinar NS	0,1613	0,1300	0,0693	0,1038	0,1922	0,2500	0,1948	0,2372	0,1020	0,1581	0,1959	0,6883	0,2376	0,3072	0,2069	0,2060
Düzce EW	0,2016	0,2453	0,1441	0,1758	0,5751	0,5915	0,5851	0,4580	0,1518	0,1571	0,3087	0,7363	0,5715	0,7851	0,2707	0,2696
Düzce NS	0,3170	0,3160	0,1747	0,2052	0,6009	0,6213	0,6100	0,5322	0,2097	0,2017	0,4082	0,9409	0,2914	0,3523	0,4450	0,4434
Erzincan EW	0,1880	0,3048	0,1411	0,1726	0,7351	0,6675	0,7463	0,5048	0,1482	0,1256	0,3280	0,5871	0,2976	0,3852	0,3065	0,3062
Erzincan NS	0,2313	0,2854	0,0953	0,1202	0,3373	0,3265	0,3416	0,2988	0,1057	0,1267	0,1916	0,6184	0,1908	0,2596	0,3112	0,3103
İzmir EW	0,0085	0,0104	0,0074	0,0087	0,0322	0,0289	0,0327	0,0241	0,0061	0,0061	0,0147	0,0237	0,0443	0,0522	0,0131	0,0131
İzmir NS	0,0155	0,0198	0,1202	0,0130	0,0412	0,0426	0,0419	0,0345	0,0115	0,0106	0,0264	0,0505	0,0634	0,0836	0,0197	0,0196
İzmit EW	0,1376	0,1798	0,0393	0,0506	0,1573	0,1803	0,1600	0,1420	0,0582	0,0655	0,1274	0,2863	0,2170	0,3042	0,1761	0,1757
İzmit NS	0,0856	0,2772	0,0356	0,0444	0,1697	0,1309	0,1721	0,1310	0,0457	0,0466	0,1036	0,1945	0,3535	0,4871	0,1932	0,1936
Sakarya EW	0,0119	0,0092	0,0096	0,0081	0,0399	0,0385	0,0406	0,0193	0,0082	0,0059	0,0230	0,0283	0,0759	0,0989	0,0152	0,0151
Sakarya NS	0,0479	0,0656	0,0239	0,0215	0,0864	0,0879	0,0881	0,0545	0,0246	0,0216	0,0562	0,1038	0,1086	0,1479	0,0664	0,0664

6.3 Yapıların Kapasite Eğrilerinin Belirlenmesi

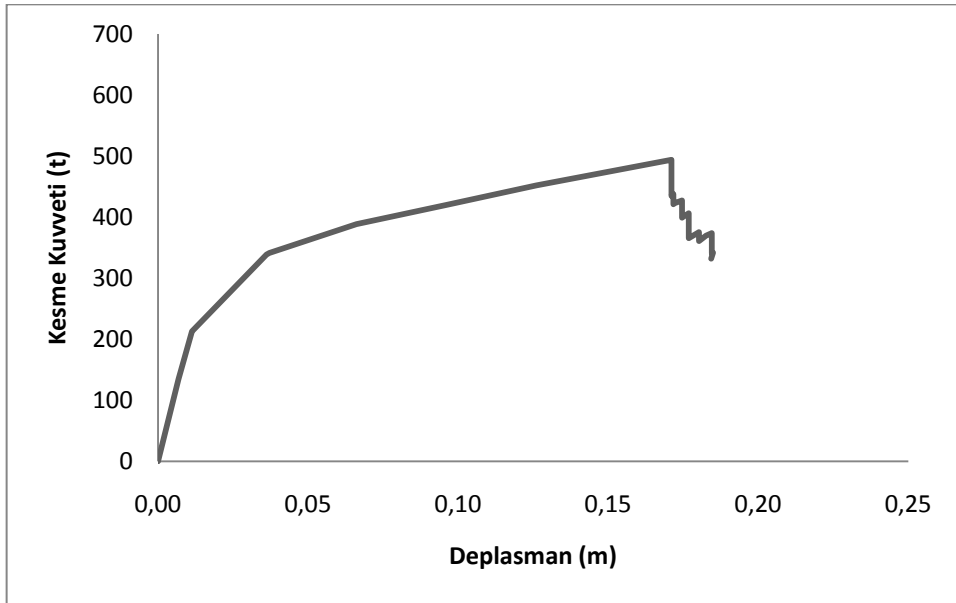
Elimizde var olan beş ayrı yapı için SAP2000’de itme (Pushover) analizi yapılmıştır. Yapının kapasitesi, kapasite eğrisi olarak da adlandırılan itme eğrileri ile ifade edilir. İtme eğrileri, yatay kuvvet–çatı katı yer değiştirmesi ilişkisi ile ifade edilir. Bu da toplam taban kesme kuvvetinin tüm bina ağırlığına oranına (V_T/W) karşı gelen, çatı katı yer değiştirme eğrisidir. Doğrusal olmayan statik itme analizleri temel olarak, bu ilişkisinin, malzeme ve geometri değişimi bakımından elde edilmesine ve bunun değerlendirilmesine dayanmaktadır [14]. Bunun için “Display - Show Static Pushover Curve” menüsünden Plot Type’den “Resultant Base Shear vs Monitored Displacement” seçeneğinin seçilmesi gerekir. Uygulama Şekil 6.2’de yapıların her iki yöndeki kapasite eğrileri Şekil 6.3-6.12’de bu grafiklere ait ham veriler Ek-B.1-10’da gösterilmiştir.



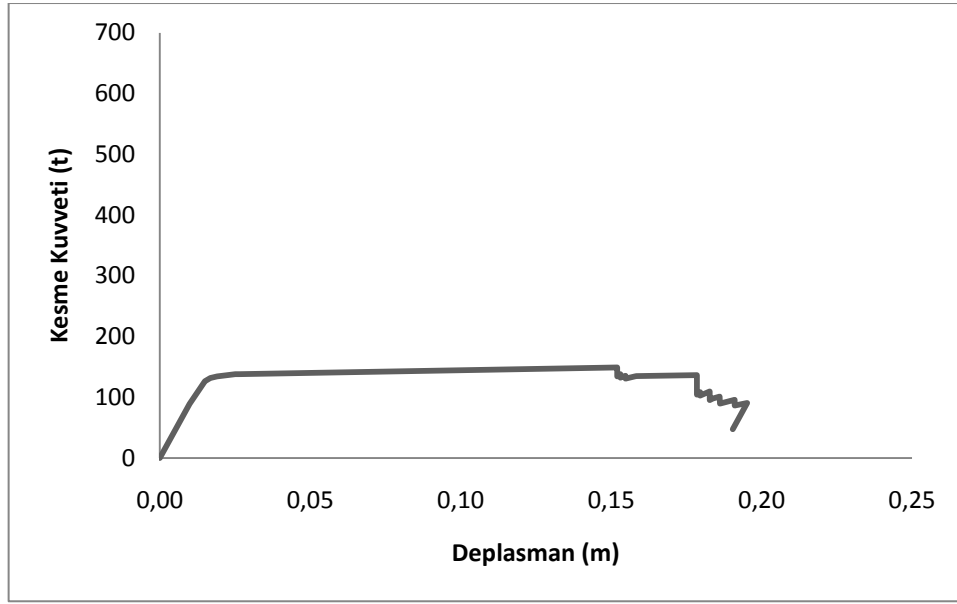
Şekil 6.2 Kapasite eğrisi örneği



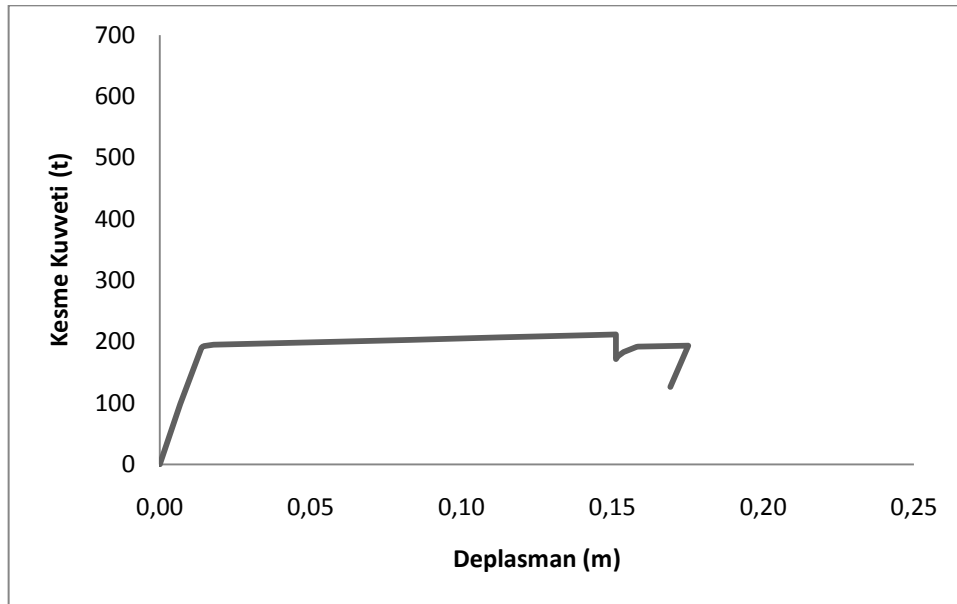
Şekil 6.3 Bina 1 için X doğrultusunda kapasite eğrisi



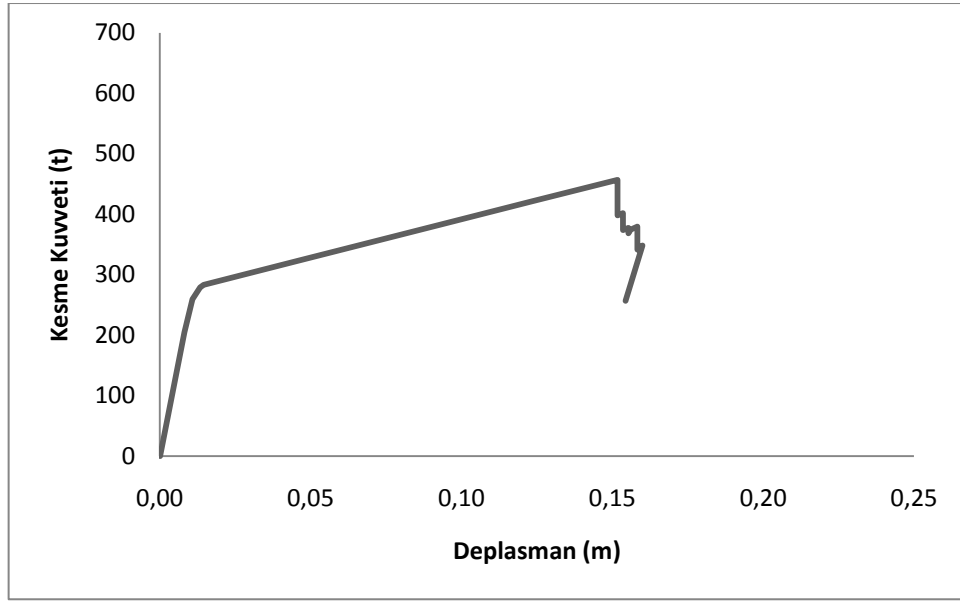
Şekil 6.4 Bina 1 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi



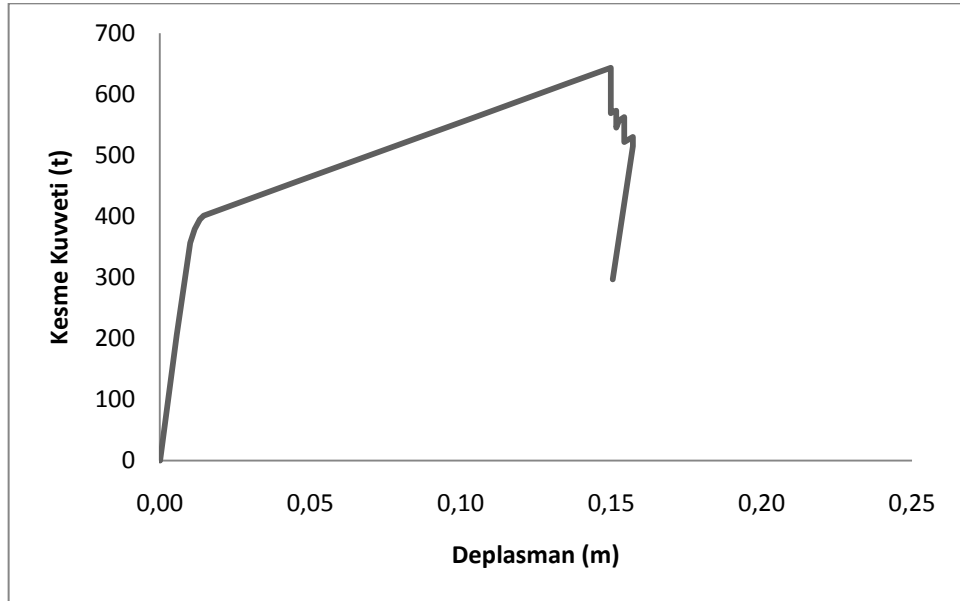
Şekil 6.5 Bina 2 için X doğrultusunda kapasite eğrisi



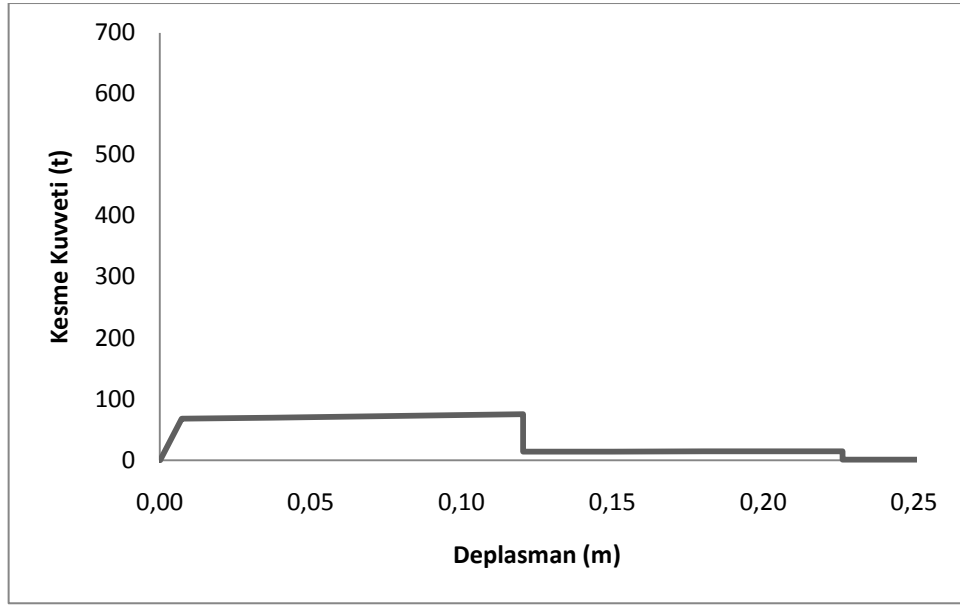
Şekil 6.6 Bina 2 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi



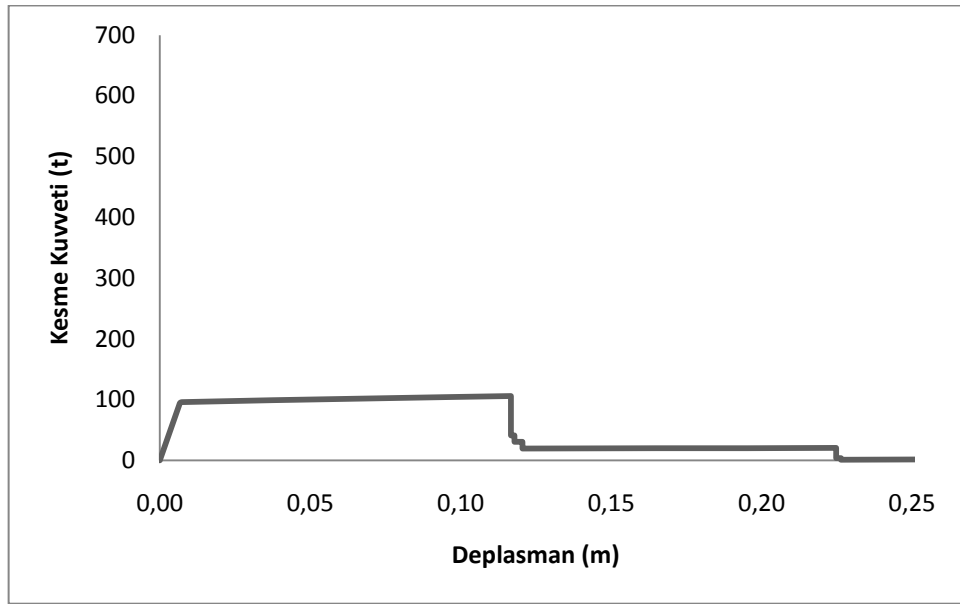
Şekil 6.7 Bina 3 için X doğrultusunda kapasite eğrisi



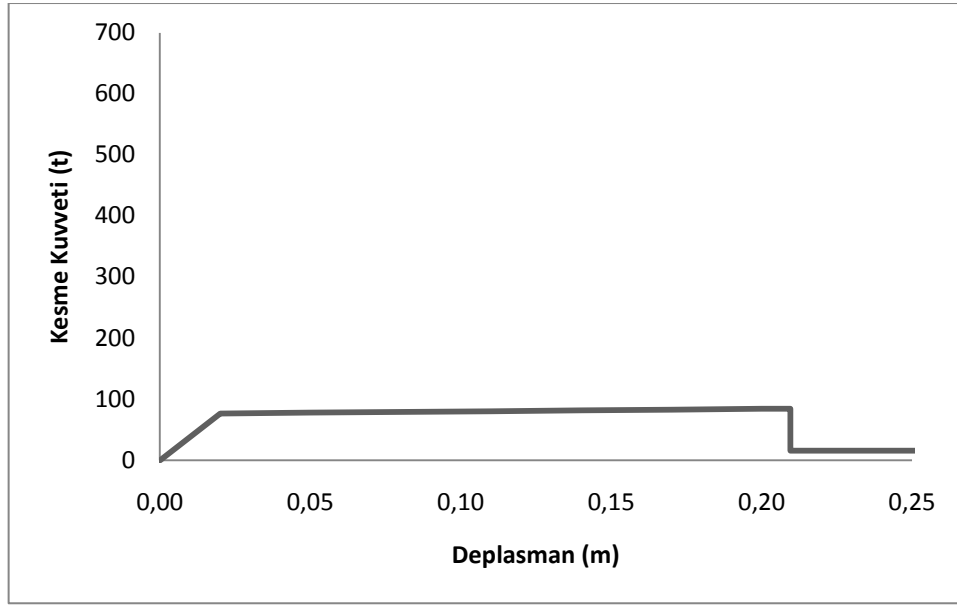
Şekil 6.8 Bina 3 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi



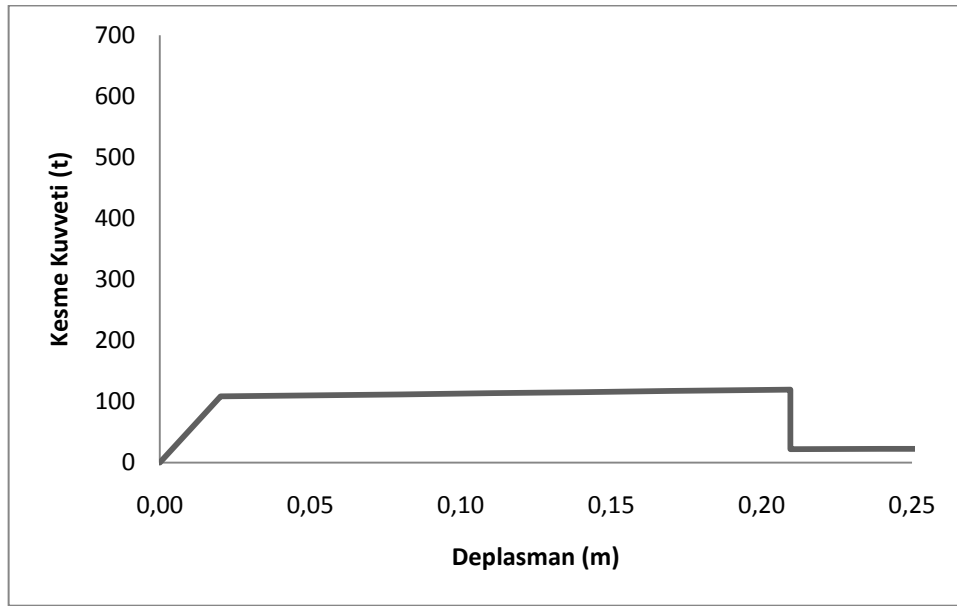
Şekil 6.9 Bina 4 için X doğrultusunda kapasite eğrisi



Şekil 6.10 Bina 4 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi



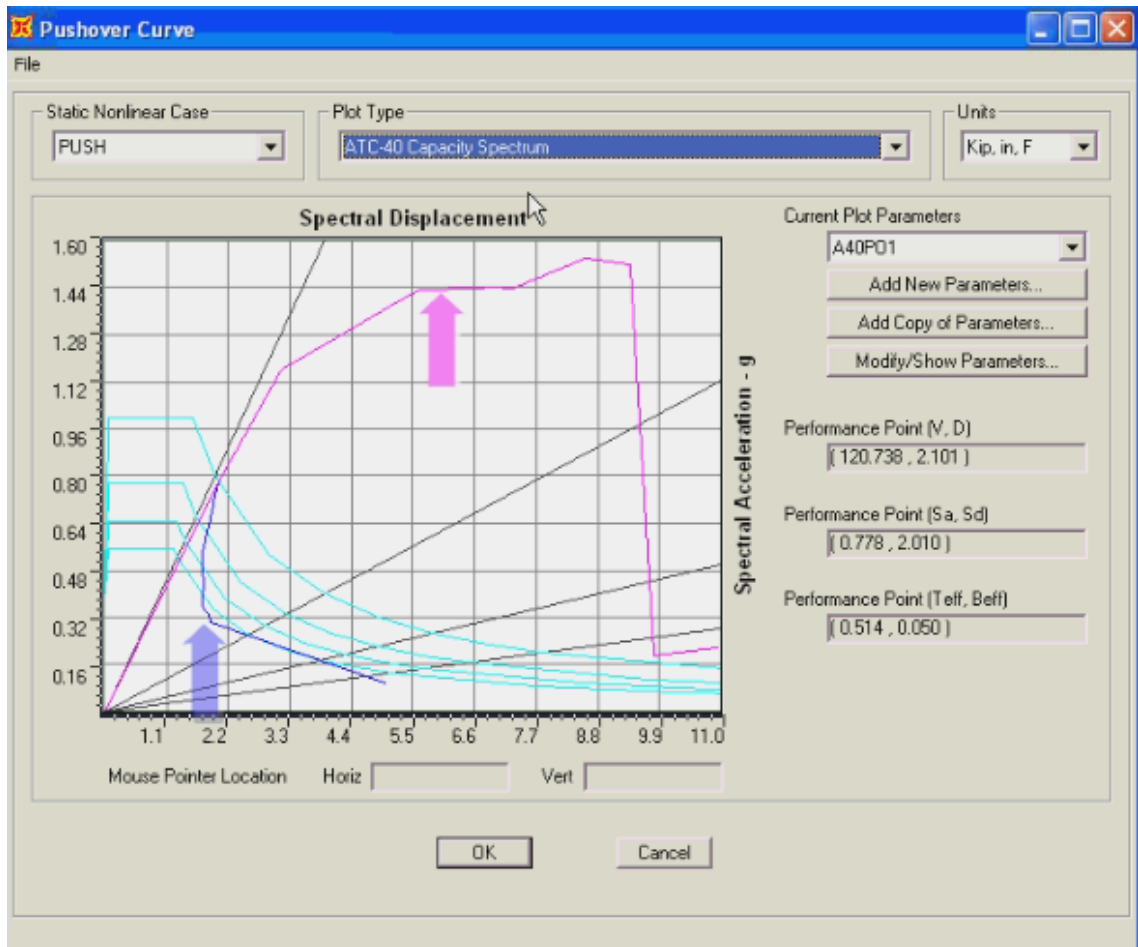
Şekil 6.11 Bina 5 için X doğrultusunda kapasite eğrisi



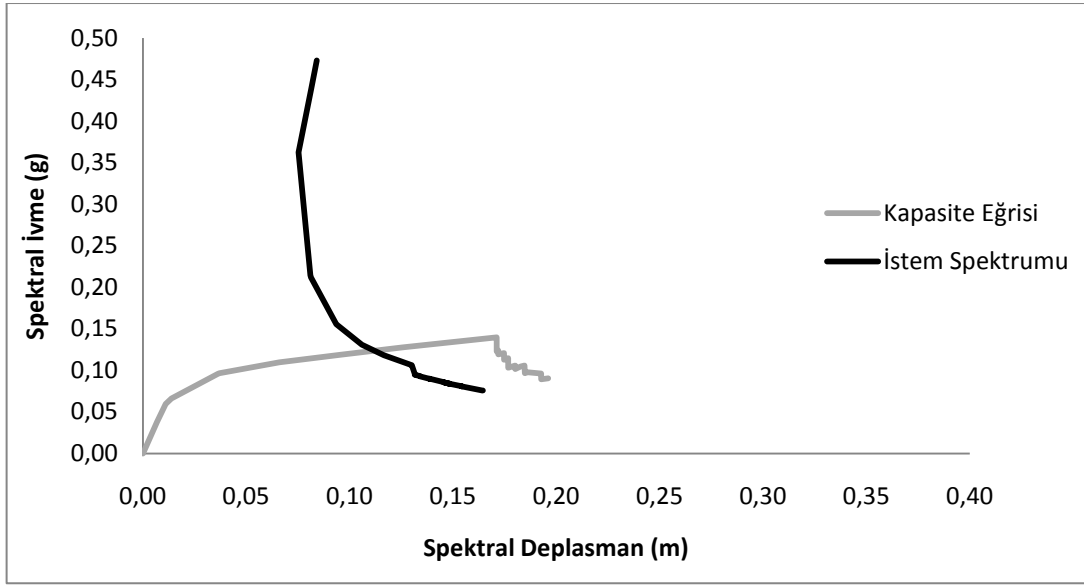
Şekil 6.12 Bina 5 için Y doğrultusunda kapasite eğrisi

6.4 Yapıların Kapasite Spektrumlarının Belirlenmesi

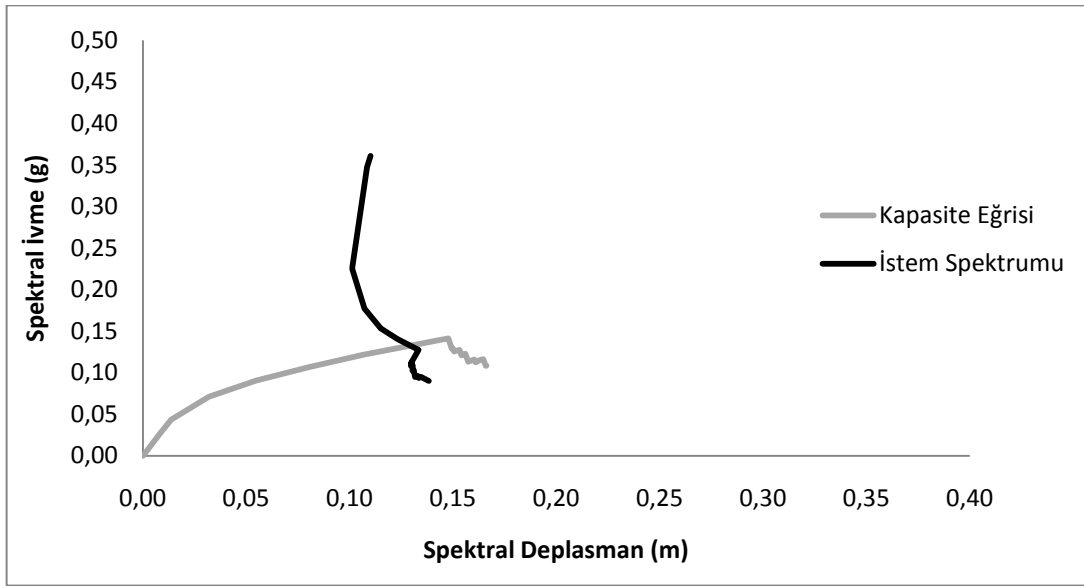
İtme (Pushover) analizi tamamlandıktan sonra SAP2000'de ayrı bir analiz yapmadan kapasite spektrumları elde edilebilir. Bunun için “Display - Show Static Pushover Curve” menüsünden Plot Type'dan “ATC-40 Capacity Spectrum” seçeneğinin seçilmesi gerekir. Uygulama Şekil 6.13’de yapıların her iki yöndeki kapasite spektrumları Şekil 6.14-6.23’de bu grafiklere ait ham veriler Ek-B.1-10’da gösterilmiştir.



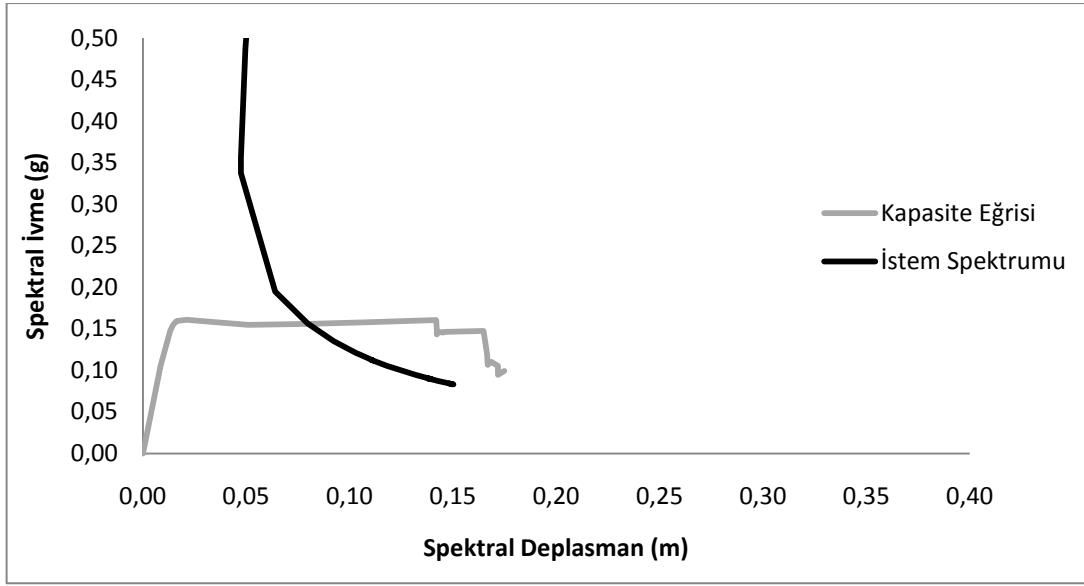
Şekil 6.13 Kapasite spektrumu örneği



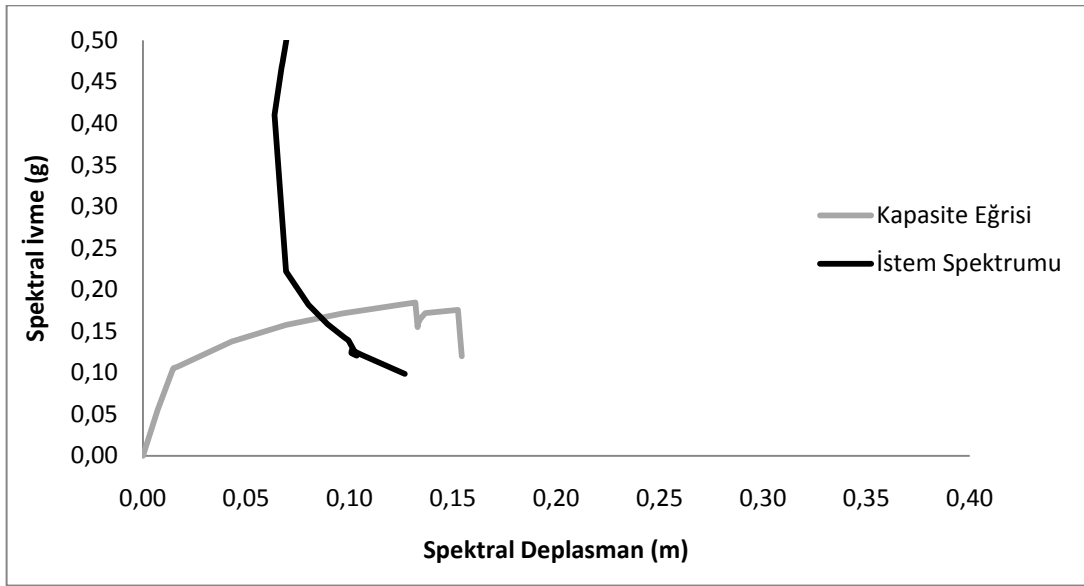
Şekil 6.14 Bina 1 için X doğrultusunda kapasite spektrumu



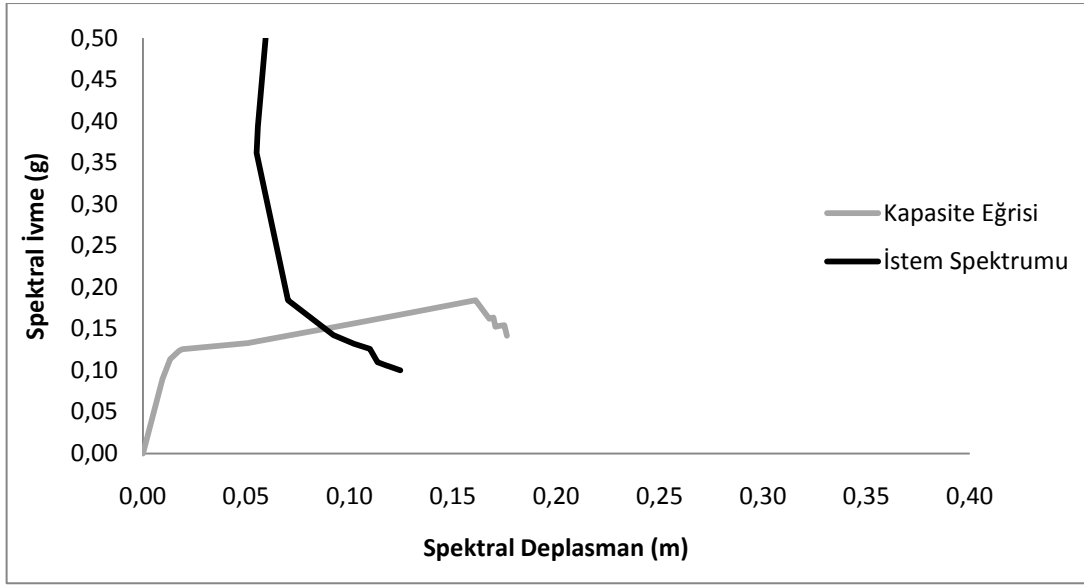
Şekil 6.15 Bina 1 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu



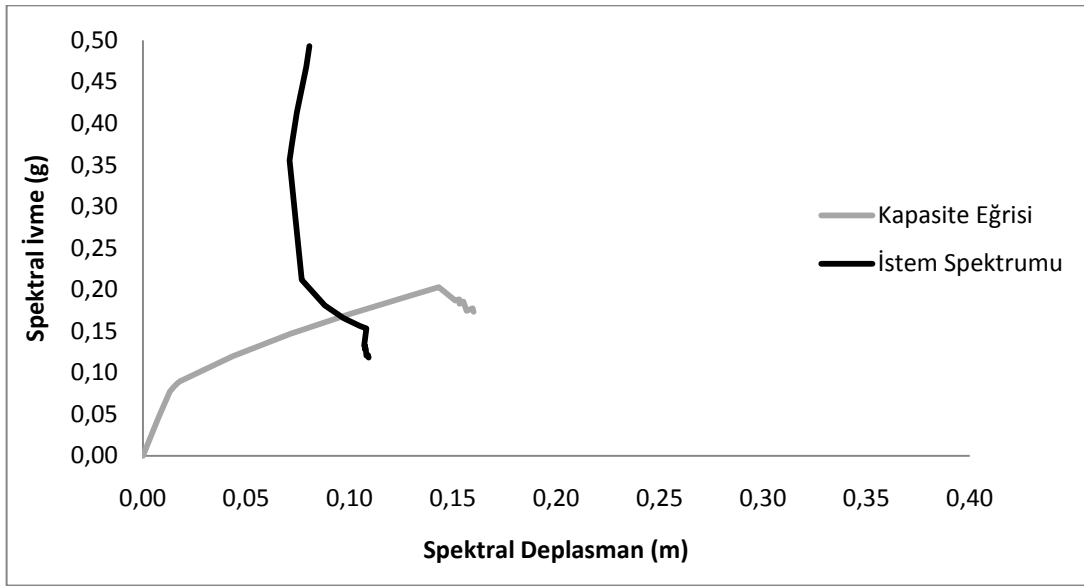
Şekil 6.16 Bina 2 için X doğrultusunda kapasite spektrumu



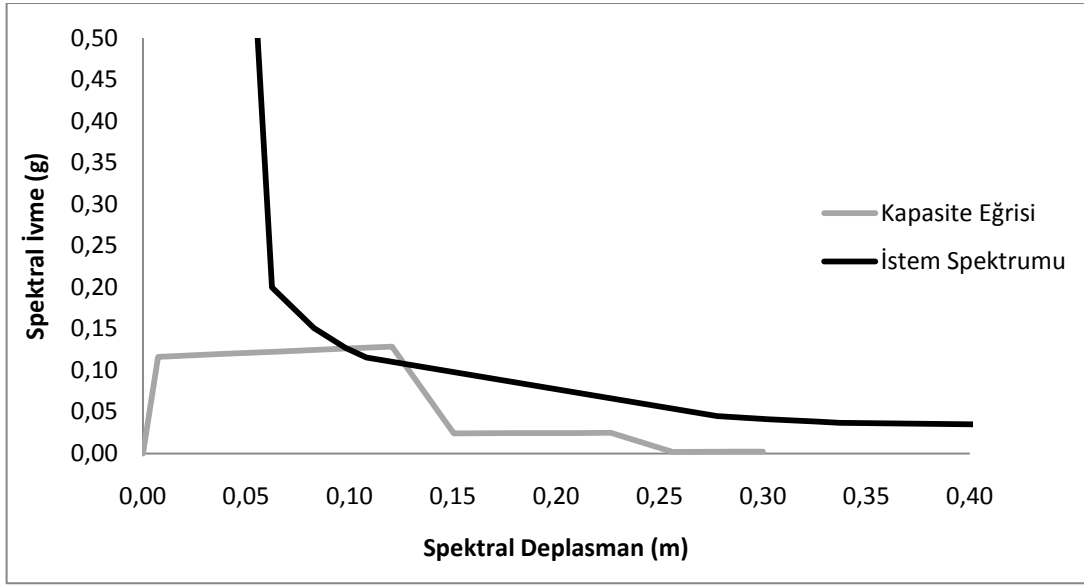
Şekil 6.17 Bina 2 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu



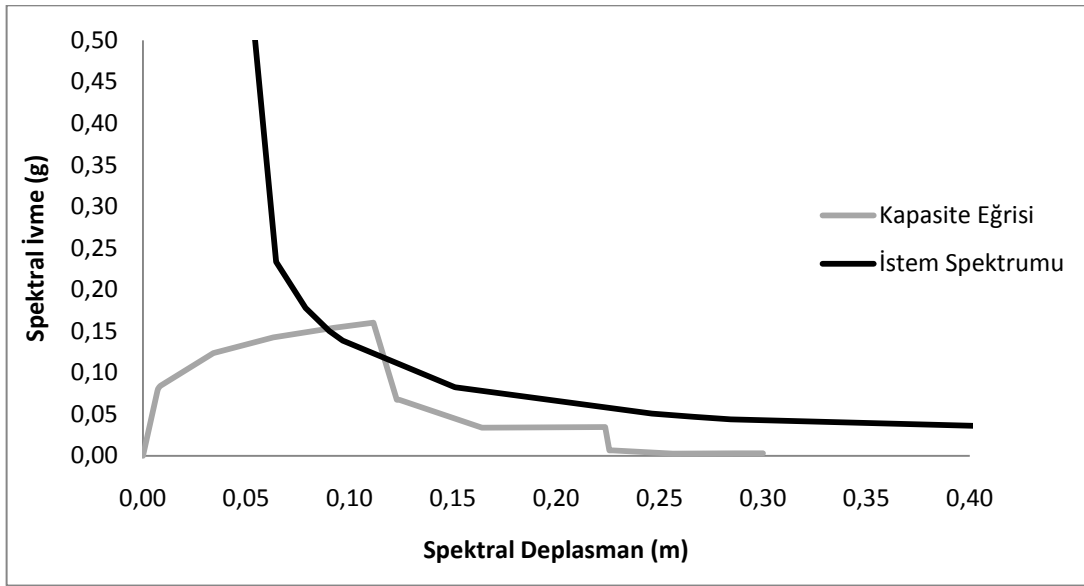
Şekil 6.18 Bina 3 için X doğrultusunda kapasite spektrumu



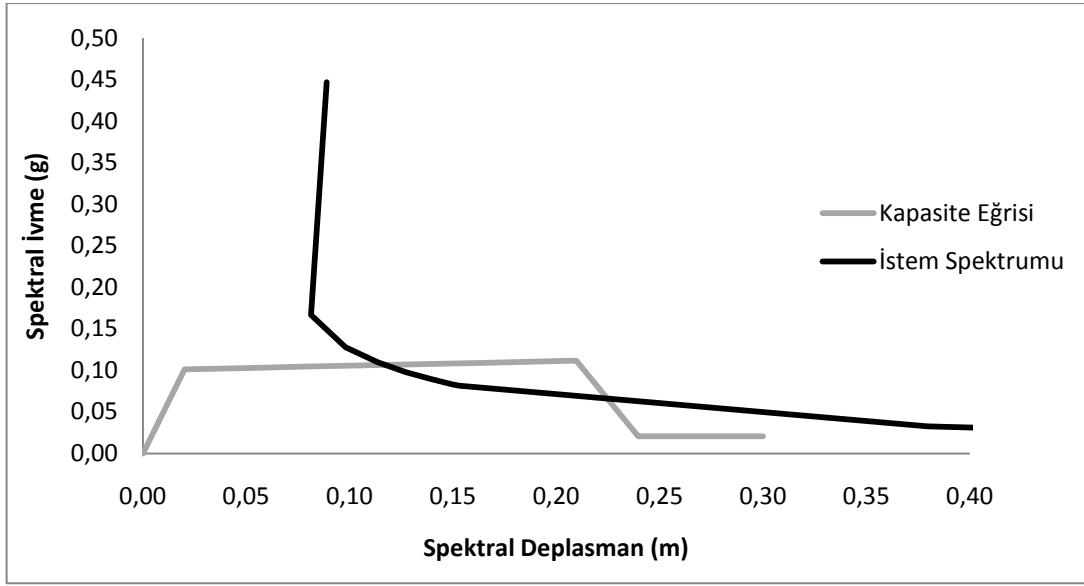
Şekil 6.19 Bina 3 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu



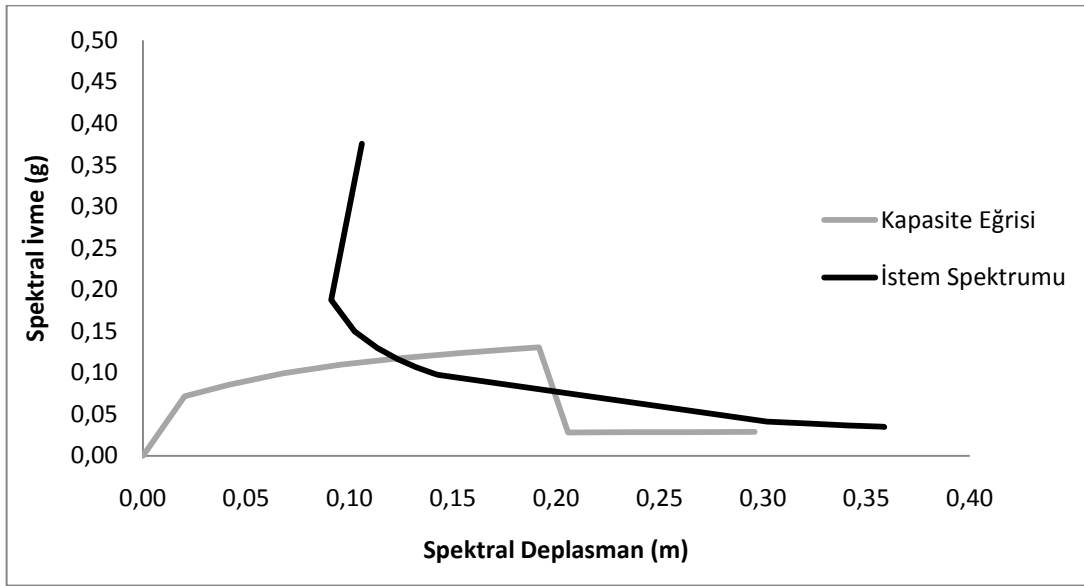
Şekil 6.20 Bina 4 için X doğrultusunda kapasite spektrumu



Şekil 6.21 Bina 4 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu



Şekil 6.22 Bina 5 için X doğrultusunda kapasite spektrumu



Şekil 6.23 Bina 5 için Y doğrultusunda kapasite spektrumu

6.5 Yapıların Performans Noktalarının Belirlenmesi

Yapıların performans noktası, kapasite spektrumunda istem spektrumu ve kapasite eğrisinin ilk kesiştiği noktadır. Aynı zamanda can güvenliği sınırır. Yapıların performans noktaları sırasıyla X yönünde Çizelge 6.2’de Y yönünde Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Yapıların X yönünde performans noktaları

BİNALAR	BİNA 1	BİNA 2	BİNA 3	BİNA 4	BİNA 5
$S_a(g)$	0,123	0,156	0,149	0,126	0,107
$S_d(m)$	0,111	0,080	0,085	0,099	0,117

Çizelge 6.3 Yapıların Y yönünde performans noktaları

BİNALAR	BİNA 1	BİNA 2	BİNA 3	BİNA 4	BİNA 5
$S_a(g)$	0,132	0,166	0,167	0,153	0,117
$S_d(m)$	0,129	0,086	0,096	0,089	0,123

6.6 Yapıların Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

Yapıların hasar kontrol seviyelerini belirlemek için kapasite spektrumlarındaki değerler göz önünde bulundurularak Bina 1 ve Bina 2 için Çizelge 6.4; Bina 3, Bina 4 ve Bina 5 için Çizelge 6.5 hazırlanmıştır. Burada “Başlangıç seviyesi” 0,000 kabul edilmiş, “Hemen kullanım seviyesi” akma sınırı kabul edilmiş, “Can güvenliği sınırı” performans noktası kabul edilmiş ve “Yapısal stabilite sınırı” göçmenin başlangıcı olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 6.4 Bina 1 ve Bina 2 için hasar kontrol seviyeleri

Hasar kontrol seviyesi	Bina 1		Bina 2					
	+7.00 Kotu		+3.50 Kotu		+5.60 Kotu		+6.50 Kotu	
	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)
Başlangıç	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hemen Kullanım	0,0662	0,0703	0,1474	0,1046	0,1474	0,1046	0,1474	0,1046
Can güvenliği	0,1230	0,1320	0,1560	0,1660	0,1560	0,1660	0,1560	0,1660
Yapısal Stabilité	0,1397	0,1413	0,1607	0,1844	0,1607	0,1844	0,1607	0,1844

Çizelge 6.5 Bina 3, Bina 4 ve Bina 5 için hasar kontrol seviyeleri

Hasar kontrol seviyesi	Bina 3				Bina 4		Bina 5	
	+4.00 Kotu		+7.00 Kotu		+4.50 Kotu		+7.50 Kotu	
	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)	S_{aX} (g)	S_{aY} (g)
Başlangıç	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Hemen kullanım	0,1136	0,0897	0,1136	0,0897	0,1159	0,0843	0,1012	0,0716
Can güvenliği	0,1490	0,1670	0,1490	0,1670	0,1260	0,1530	0,1070	0,1170
Yapısal Stabilité	0,1846	0,2031	0,1846	0,2031	0,1287	0,1600	0,1117	0,1305

Yapıların performans seviyelerini belirlemek için Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.4-6.5 göz önünde bulundurularak Çizelge 6.6 hazırlanmıştır. Çizelge 6.6’daki hasar seviyeleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.6 Yapıların performans seviyeleri

Deprem	Bina 1		Bina 2						Bina 3				Bina 4		Bina 5	
	+7.00 Kotu		+3.50 Kotu		+5.60 Kotu		+6.50 Kotu		+4.00 Kotu		+7.00 Kotu		+4.50 Kotu		+7.50 Kotu	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Adana EW	S-3	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-2	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-3
Adana NS	S-4	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-2	S-1	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Bingöl EW	S-2	S-1	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-2	S-1	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-1	S-1
Bingöl NS	S-2	S-2	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-4	S-1	S-1	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Bolu EW	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Bolu NS	S-4	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-3	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Denizli EW	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-2	S-1	S-2	S-1	S-1	S-1	S-2	S-4	S-4	S-1	S-1
Denizli NS	S-1	S-1	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-4	S-1	S-1	S-3	S-4	S-4	S-4	S-1	S-1
Dinar EW	S-4	S-4	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-4	S-1	S-2	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Dinar NS	S-4	S-2	S-1	S-1	S-4	S-4	S-4	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Düzce EW	S-4	S-4	S-1	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-3	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Düzce NS	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Erzincan EW	S-4	S-4	S-1	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4	S-2	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
Erzincan NS	S-4	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
İzmir EW	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1
İzmir NS	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1
İzmit EW	S-3	S-4	S-1	S-1	S-3	S-3	S-3	S-2	S-1	S-1	S-2	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4
İzmit NS	S-2	S-4	S-1	S-1	S-4	S-2	S-4	S-2	S-1	S-1	S-1	S-3	S-4	S-4	S-4	S-4
Sakarya EW	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-2	S-1	S-1
Sakarya NS	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-1	S-2	S-1	S-2	S-1	S-1

BÖLÜM VII

SONUÇLAR

Performansa dayalı tasarım esasları özellikle deprem riskinin yüksek olduğu yerlerde yapılacak binaların güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada ele alınan prefabrik binaların çeşitli depremler anında vereceği tepkiler ve kapasiteleri incelenmiştir. Analizler SAP2000 [11] yapısal analiz programıyla gerçekleştirilmiş ve analizlerde ülkemizde daha önce yaşanmış olan büyük depremlere ait ivme kayıtları kullanılmıştır. Kullanılan 20 adet deprem ivme kaydının maksimum ivme değerleri 0.12g ile 0.82g arasında değişmektedir. Bu çalışmada, ivme analizi uygulanarak kapasite spektrumları elde edilmiş, kapasite spektrumları kullanılarak da yapıların her iki yöndeki performans noktaları bulunmuştur.

Sanayi sektörünün yoğun olduğu yerlerde yapılan prefabrik yapıların deprem açısından güvenliğinin sağlanması çalışanlar açısından büyük önem taşımaktadır. Çalışmamızda deprem riski yüksek sanayi bölgelerinde inşa edilmiş beş adet prefabrik yapı ele alınmıştır. Projelendirilmesi ve analizleri yapılan binaların özellikle şiddetli depremlere maruz kaldıklarında güven arz etmedikleri gözlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bina periyotları, performans noktaları, maksimum spektral ivme değerleri ve performans seviyeleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. İncelenen beş bina için etkin periyotlar sırasıyla 1.04s, 0.71s, 0.79s, 0.53s ve 0.96s çıkmıştır. Bu çalışmada kullanılan 20 adet deprem kaydının maksimum spektral ivme değerlerine bakıldığında ise büyük oranda Bolu NS deprem kaydı için maksimum değerlerin elde edildiği görülmüştür.

Performansa dayalı tasarım ülkemizde henüz yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak yapılan incelemeler sonucunda bu yaklaşımın diğer yaklaşımlara oranla daha gerçekçi sonuçlar verdiği görülmüştür[7-10,14-18]. Bu nedenle gelişen teknoloji ile birlikte depreme dayanıklı yapı tasarımında ülkemizde bu yöntemin uygulanması hem mühendisler hem de bu tip yapılarda barınacak insanlar için daha üst düzeyde güvenlik sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Celep, Z. ve Kumbasar.N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul, 2004.
- [2] TS-500, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [3] TS-9967, Yapı elemanları taşıyıcı sistemler ve binalar - prefabrike betonarme ve öngerilimli betondan- hesap esasları ile imalat ve montaj kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1992.
- [4] TS-498, Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1997.
- [5] Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik (DBYYHY), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [6] Özer, E., Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, İstanbul, 2005.
- [7] Öztürk, B. ve Demiralın, F., Yüksek Riskli Deprem Bölgesindeki Bir Prefabrik Yapının Farklı Yer Hareketleri Etkisindeki Sismik Davranışının İncelenmesi, 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.
- [8] Öztürk, B., Demiralın, F. and Cıvlek, Ö., Seismic Drift Response of Precast Concrete Building Structures Located in Earthquake-Prone Regions in Turkey Considering Nonlinear Analysis Procedures, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.
- [9] Öztürk, B., Sadak, M. and Demiralın, F., Application of Capacity Spectrum Method for Performance Assessment of Industrial Building Structures Located in Earthquake-Prone Regions in Turkey, International Earthquake Symposium, Kocaeli, 2009.
- [10] Demiralın, F., Türkiye’de Mevcut Şartnamelere göre Tasarlanmış Prefabrik Yapıların Sismik Davranışının Farklı Analiz Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi, Niğde, 2009.
- [11] SAP2000, Computers and Structures Inc., Copyright (C) 2001.

- [12] Deprem Araştırma Dairesi, <http://www.deprem.gov.tr>., Ankara, 2009.
- [13] İstanbul Teknik Üniversitesi, <http://www.ins.itu.edu.tr/kutlu/kdtr/kdpo.pdf>, 2011.
- [14] Korkmaz, A. ve Aktaş, E., Betonarme çerçeve yapıların olasılıklı sismik analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 21, No 1, 55-64, 2006.
- [15] Shibata, A. and Sozen, M.A., Substitute-Structure Method for Seismic Design in Reinforced Concrete, Journal of Structural Division, ASCE, 102(3), 1-18, 1976.
- [16] Shimazaki, K. and Sozen, M.A., Seismic Drift of Reinforced Concrete Structures, Technical Research Report of Hazama-Gumi Ltd., Japan, 145-166, 1984.
- [17] Lepage, A., A Method for Drift Control in Earthquake Resistant Design of RC Building Structures, Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana-Champaign, Illinois, U.S.A., 1997.
- [18] Öztürk. B., Seismic Drift Response of Building Structures in Seismically Active and Near-Fault Regions, Ph.D. Thesis, Purdue University, W.Lafayette, Indiana, U.S.A, 2003.

EK-A.1

Bina 1 için kapasite eğrisinin X doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0067	95,1042
2	0,0110	148,8714
3	0,0137	165,4800
4	0,0361	239,5291
5	0,0370	241,2777
6	0,0660	274,5040
7	0,0960	297,0843
8	0,1260	319,6646
9	0,1711	349,2227
10	0,1711	307,4186
11	0,1712	308,3715
12	0,1714	308,9373
13	0,1719	309,8993
14	0,1719	298,0540
15	0,1720	298,5495
16	0,1747	302,4153
17	0,1747	282,2369
18	0,1749	283,0529
19	0,1766	286,4243
20	0,1766	257,7171
21	0,1800	264,5545
22	0,1800	254,3559
23	0,1827	261,2879
24	0,1845	264,1762
25	0,1845	240,8327
26	0,1847	241,3337
27	0,1860	243,9584
28	0,1860	228,6571
29	0,1927	240,8832
30	0,1927	222,7943
31	0,1960	225,9747

EK-A.2

Bina 1 için kapasite eğrisinin Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0068	134,7229
2	0,0112	212,7005
3	0,0361	338,6375
4	0,0370	341,1302
5	0,0661	388,0768
6	0,0961	419,9966
7	0,1261	451,9164
8	0,1710	493,7864
9	0,1711	434,5759
10	0,1712	435,8661
11	0,1717	437,4663
12	0,1717	420,7311
13	0,1718	421,5730
14	0,1720	422,4410
15	0,1746	427,2775
16	0,1746	398,9643
17	0,1751	401,0012
18	0,1769	405,9931
19	0,1769	365,4259
20	0,1802	374,9988
21	0,1803	360,3976
22	0,1826	369,2531
23	0,1846	373,4015
24	0,1846	340,3479
25	0,1847	340,9709
26	0,1850	341,8844
27	0,1843	331,9291

EK-A.3

Bina 2 için kapasite eğrisinin X doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0098	89,4288
2	0,0150	126,5774
3	0,0168	131,6317
4	0,0190	134,6671
5	0,0251	137,9866
6	0,0264	138,3667
7	0,0564	140,9955
8	0,0864	143,6244
9	0,1164	146,2532
10	0,1464	148,8821
11	0,1520	149,3711
12	0,1520	134,2736
13	0,1524	136,2649
14	0,1530	138,0714
15	0,1530	132,2905
16	0,1532	132,9665
17	0,1547	135,4917
18	0,1547	130,8558
19	0,1579	134,6580
20	0,1584	134,9973
21	0,1785	136,5262
22	0,1785	104,3146
23	0,1796	108,5572
24	0,1796	102,7265
25	0,1827	109,8932
26	0,1827	95,4900
27	0,1838	98,0019
28	0,1861	101,4426
29	0,1861	89,6427
30	0,1911	96,2335
31	0,1911	86,6378
32	0,1952	90,5470
33	0,1904	47,4531

EK-A.4

Bina 2 için kapasite eğrisinin Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0068	98,6292
2	0,0138	189,9850
3	0,0141	191,4945
4	0,0143	192,2979
5	0,0146	192,7565
6	0,0148	193,0153
7	0,0178	195,0654
8	0,0531	199,4478
9	0,0831	203,1748
10	0,1131	206,9018
11	0,1431	210,6288
12	0,1511	211,6308
13	0,1511	171,6110
14	0,1518	176,2573
15	0,1538	183,1892
16	0,1580	191,4208
17	0,1585	191,8547
18	0,1752	193,6581
19	0,1692	126,1796

EK-A.5

Bina 3 için kapasite eğrisinin X doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0081	205,0808
2	0,0108	259,5817
3	0,0133	279,0070
4	0,0145	283,4669
5	0,0453	322,5926
6	0,0938	383,8434
7	0,1238	421,7035
8	0,1517	456,8937
9	0,1517	398,0508
10	0,1535	401,7547
11	0,1535	373,9149
12	0,1554	377,4548
13	0,1554	368,2006
14	0,1559	373,8707
15	0,1561	374,8358
16	0,1583	379,3525
17	0,1583	341,3776
18	0,1588	344,9863
19	0,1600	348,3670
20	0,1543	256,9377

EK-A.6

Bina 3 için kapasite eğrisinin Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0056	205,6721
2	0,0101	356,1487
3	0,0116	378,7265
4	0,0133	394,5289
5	0,0145	400,7282
6	0,0454	456,5449
7	0,0754	510,0938
8	0,1054	563,6426
9	0,1354	617,1915
10	0,1498	642,9196
11	0,1498	568,8670
12	0,1501	569,9789
13	0,1517	572,8302
14	0,1517	544,9675
15	0,1524	554,6251
16	0,1528	557,0129
17	0,1543	562,5061
18	0,1543	521,3771
19	0,1572	530,0178
20	0,1572	521,3806
21	0,1572	514,7232
22	0,1505	296,6304

EK-A.7

Bina 4 için kapasite eğrisinin X doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0072	67,6182
2	0,0073	67,8453
3	0,0373	69,7659
4	0,0673	71,6865
5	0,0973	73,6071
6	0,1204	75,0845
7	0,1204	14,0522
8	0,1504	14,1758
9	0,1804	14,2993
10	0,2104	14,4229
11	0,2263	14,4884
12	0,2263	0,9601
13	0,2563	1,0837
14	0,2863	1,2072
15	0,3000	1,2637

EK-A.8

Bina 4 için kapasite eğrisinin Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,00000	0,00000
1	0,00635	90,41120
2	0,00654	93,67330
3	0,00664	94,55050
4	0,00687	95,52690
5	0,00730	96,29740
6	0,03730	99,02300
7	0,06730	101,74870
8	0,09730	104,47430
9	0,11666	106,23280
10	0,11666	41,48920
11	0,11790	41,52270
12	0,11790	30,69150
13	0,12051	30,73450
14	0,12051	19,88540
15	0,16515	20,14540
16	0,19515	20,32020
17	0,22479	20,49280
18	0,22479	3,73120
19	0,22642	3,74070
20	0,22642	1,35200
21	0,25642	1,52670
22	0,28642	1,70140
23	0,30000	1,78050

EK-A.9

Bina 5 için kapasite eğrisinin X doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,0000	0,0000
1	0,0201	76,4616
2	0,0501	77,7170
3	0,0801	78,9723
4	0,1101	80,2277
5	0,1401	81,4831
6	0,1701	82,7385
7	0,2001	83,9939
8	0,2096	84,3893
9	0,2096	15,6149
10	0,2396	15,6602
11	0,2696	15,7054
12	0,2996	15,7507
13	0,3000	15,7513

EK-A.10

Bina 5 için kapasite eğrisinin Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Deplasman (m)	Kesme Kuvveti (t)
0	0,00000	0,00000
1	0,02013	108,13300
2	0,05013	109,90830
3	0,08013	111,68370
4	0,11013	113,45900
5	0,14013	115,23440
6	0,17013	117,00980
7	0,20013	118,78510
8	0,20958	119,34440
9	0,20959	22,06560
10	0,23959	22,12960
11	0,26959	22,19360
12	0,29959	22,25760
13	0,30000	22,25850

EK-B.1

Bina 1 için kapasite spektrumunun X doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,845743	0,050000	0,000000	0,000000	0,084035	0,472957
1	0,845743	0,050000	0,006759	0,038043	0,084035	0,472957
2	0,863892	0,061335	0,011040	0,059552	0,081487	0,439548
3	0,914568	0,099556	0,013754	0,066195	0,075329	0,362553
4	1,232717	0,195576	0,036168	0,095815	0,080983	0,214539
5	1,243230	0,198193	0,037056	0,096515	0,081266	0,211662
6	1,555609	0,245251	0,066006	0,109805	0,093502	0,155546
7	1,803390	0,259437	0,096005	0,118838	0,105892	0,131076
8	1,991715	0,261184	0,126004	0,127870	0,116620	0,118347
9	2,220386	0,260752	0,171078	0,139694	0,130100	0,106233
10	2,366569	0,307953	0,171081	0,122971	0,131683	0,094652
11	2,364065	0,306191	0,171249	0,123352	0,131543	0,094752
12	2,363155	0,305191	0,171431	0,123579	0,131493	0,094789
13	2,362870	0,303589	0,171923	0,123964	0,131477	0,094800
14	2,409368	0,327084	0,171924	0,119225	0,134064	0,092970
15	2,408286	0,326110	0,172055	0,119424	0,134004	0,093012
16	2,411252	0,319254	0,174712	0,120970	0,134169	0,092898
17	2,496031	0,362645	0,174722	0,112898	0,138886	0,089742
18	2,494013	0,360803	0,174944	0,113225	0,138774	0,089815
19	2,491340	0,353465	0,176649	0,114573	0,138625	0,089911
20	2,626497	0,424874	0,176657	0,103090	0,146146	0,085285
21	2,617288	0,405937	0,180075	0,105825	0,145633	0,085585
22	2,669268	0,433744	0,180078	0,101746	0,148526	0,083918
23	2,652906	0,414086	0,182725	0,104518	0,147615	0,084436
24	2,651463	0,406193	0,184544	0,105674	0,147535	0,084482
26	2,776888	0,473446	0,184676	0,096537	0,154414	0,080718
27	2,775099	0,471799	0,185976	0,097586	0,154121	0,080871
29	2,769831	0,463072	0,192687	0,096357	0,157875	0,078948
30	2,860911	0,513311	0,192701	0,089121	0,164165	0,075923
31	2,837301	0,469094	0,196029	0,090393	0,164407	0,075812

EK-B.2

Bina 1 için kapasite spektrumunun Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	1,108534	0,050000	0,000000	0,000000	0,110146	0,360837
1	1,108534	0,050000	0,008482	0,027788	0,110146	0,360837
2	1,120274	0,055680	0,013570	0,043528	0,108345	0,347537
3	1,340902	0,131308	0,031406	0,070317	0,101280	0,226761
4	1,347804	0,133121	0,032065	0,071058	0,101345	0,224589
5	1,560060	0,173445	0,054641	0,090380	0,107113	0,177174
6	1,738490	0,191470	0,080202	0,106826	0,115120	0,153337
7	1,878236	0,196796	0,106765	0,121833	0,123102	0,140476
8	2,051783	0,201088	0,147754	0,141291	0,133383	0,127549
9	2,164510	0,247241	0,149467	0,128430	0,129669	0,111418
10	2,162636	0,246389	0,149577	0,128747	0,129741	0,111674
11	2,161712	0,245406	0,149961	0,129188	0,129899	0,111905
12	2,197750	0,256872	0,150486	0,125424	0,129587	0,108005
13	2,196605	0,256330	0,150586	0,125638	0,129634	0,108157
14	2,195989	0,255791	0,150788	0,125877	0,129712	0,108282
15	2,199248	0,253050	0,153096	0,127425	0,130489	0,108609
16	2,264707	0,271579	0,154044	0,120909	0,130422	0,102368
17	2,262197	0,270341	0,154397	0,121455	0,130533	0,102683
18	2,260032	0,267344	0,155940	0,122904	0,131030	0,103271
19	2,365385	0,293702	0,157401	0,113251	0,131646	0,094720
20	2,358196	0,285518	0,160303	0,116044	0,132892	0,096200
21	2,399405	0,299914	0,160851	0,112475	0,133510	0,093356
22	2,387780	0,288388	0,162827	0,114968	0,133969	0,094592
23	2,387252	0,286178	0,164569	0,116249	0,134393	0,094933
24	2,486329	0,327296	0,165843	0,107999	0,138346	0,090093
25	2,485057	0,326349	0,165939	0,108172	0,138276	0,090139
26	2,483957	0,324926	0,166203	0,108440	0,138214	0,090179

EK-B.3

Bina 2 için kapasite spektrumunun X doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,571135	0,050000	0,000000	0,000000	0,056749	0,700360
1	0,571135	0,050000	0,008532	0,105291	0,056749	0,700360
2	0,597930	0,076712	0,013091	0,147400	0,053097	0,597875
3	0,613951	0,093901	0,014495	0,154807	0,051455	0,549541
4	0,640116	0,121218	0,016234	0,159496	0,049612	0,487429
5	0,732283	0,203194	0,021440	0,160957	0,047416	0,355965
6	0,752186	0,217844	0,022586	0,160701	0,047412	0,337347
7	1,149936	0,311582	0,050882	0,154902	0,063986	0,194793
8	1,432210	0,335803	0,079415	0,155857	0,079692	0,156402
9	1,659487	0,342544	0,107993	0,157865	0,092339	0,134981
10	1,852499	0,343594	0,136588	0,160227	0,103078	0,120918
11	1,885527	0,343468	0,141908	0,160687	0,104916	0,118800
14	1,984074	0,413560	0,142131	0,148826	0,109102	0,114242
16	1,971204	0,403083	0,142143	0,143391	0,111155	0,112131
17	1,960758	0,393649	0,143146	0,146294	0,110434	0,112863
19	2,001918	0,423219	0,145281	0,145740	0,111467	0,111818
20	1,997659	0,419460	0,145708	0,146137	0,111478	0,111806
21	1,984703	0,405255	0,164836	0,147502	0,118020	0,105609
25	2,019037	0,429741	0,166402	0,119406	0,131794	0,094572
27	2,003251	0,407440	0,166811	0,106654	0,139621	0,089270
28	2,003466	0,405497	0,168372	0,110590	0,137755	0,090480
30	2,121028	0,397386	0,171742	0,105325	0,142561	0,087429
31	2,415503	0,607698	0,171788	0,094821	0,150270	0,082944
32	2,372331	0,571210	0,174899	0,099330	0,148143	0,084135

EK-B.4

Bina 2 için kapasite spektrumunun Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,721602	0,050000	0,000000	0,000000	0,071700	0,554322
1	0,721602	0,050000	0,007162	0,055371	0,071700	0,554322
2	0,747023	0,065109	0,014505	0,104640	0,069362	0,500370
3	0,751314	0,069595	0,014759	0,105255	0,068524	0,488697
4	0,754651	0,073064	0,014934	0,105564	0,067922	0,480130
5	0,757493	0,076012	0,015070	0,105727	0,067438	0,473137
6	0,760041	0,078653	0,015183	0,105809	0,067024	0,467085
7	0,790108	0,107424	0,016595	0,107014	0,063594	0,410094
8	1,121049	0,229571	0,042922	0,137489	0,069211	0,221700
9	1,331607	0,245153	0,069292	0,157314	0,080051	0,181742
10	1,506983	0,253857	0,096610	0,171255	0,089296	0,158291
11	1,658674	0,259418	0,124338	0,181937	0,097397	0,142516
12	1,696296	0,260584	0,131834	0,184444	0,099419	0,139093
13	1,858735	0,337677	0,132841	0,154787	0,103425	0,120512
14	1,838658	0,323264	0,133075	0,158465	0,102308	0,121828
15	1,812810	0,302710	0,133976	0,164121	0,100870	0,123565
16	1,790877	0,284809	0,136413	0,171224	0,101031	0,126813
17	1,790996	0,284309	0,136766	0,171644	0,101116	0,126902
18	1,868522	0,283697	0,152363	0,175679	0,105592	0,121751
19	2,277301	0,541961	0,154173	0,119676	0,126715	0,098362

EK-B.5

Bina 3 için kapasite spektrumunun X doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,652013	0,050000	0,000000	0,000000	0,064785	0,613485
1	0,652013	0,050000	0,009456	0,089544	0,064785	0,613485
2	0,681534	0,078503	0,013112	0,113639	0,060133	0,521167
3	0,753873	0,141285	0,017465	0,123710	0,055578	0,393681
4	0,782252	0,162576	0,019055	0,125356	0,054959	0,361564
5	1,237769	0,281560	0,050569	0,132876	0,070179	0,184402
6	1,614342	0,277060	0,100847	0,155780	0,092172	0,142379
7	1,764645	0,268919	0,131983	0,170625	0,102053	0,131932
8	1,873646	0,260707	0,160936	0,184552	0,109791	0,125902
9	2,040128	0,314298	0,167547	0,162055	0,113518	0,109797
10	2,042605	0,309604	0,169525	0,163570	0,113656	0,109664
11	2,122169	0,353790	0,170470	0,152380	0,118083	0,105552
12	2,124893	0,348214	0,172525	0,153822	0,118235	0,105417
16	2,146508	0,364994	0,174871	0,154392	0,118816	0,104902
19	2,134690	0,355131	0,176044	0,141616	0,124475	0,100132

EK-B.6

Bina 3 için kapasite spektrumunun Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,811044	0,050000	0,000000	0,000000	0,080587	0,493191
1	0,811044	0,050000	0,007308	0,044722	0,080587	0,493191
2	0,824366	0,057907	0,013065	0,077392	0,078929	0,467559
3	0,851145	0,081037	0,014960	0,083130	0,074431	0,413603
4	0,879677	0,101901	0,016863	0,087726	0,071950	0,374303
5	0,896576	0,113388	0,017909	0,089689	0,070968	0,355406
6	1,207614	0,213323	0,043317	0,119575	0,076744	0,211849
7	1,399099	0,219180	0,071261	0,146552	0,087977	0,180931
8	1,536810	0,216840	0,100004	0,170458	0,097044	0,165412
9	1,641929	0,211118	0,129068	0,192730	0,104766	0,156441
10	1,684245	0,208021	0,143094	0,203072	0,108081	0,153383
11	1,804237	0,253293	0,151085	0,186842	0,107009	0,132334
12	1,804021	0,252763	0,151350	0,187214	0,107090	0,132466
13	1,808385	0,251861	0,152971	0,188307	0,107508	0,132342
15	1,845718	0,266817	0,153163	0,183096	0,107303	0,128273
16	1,835088	0,262028	0,153452	0,183806	0,107396	0,128640
17	1,833267	0,260875	0,155055	0,185662	0,107844	0,129131
18	1,833587	0,258413	0,156496	0,174575	0,108154	0,120649
19	1,899680	0,278890	0,159518	0,177570	0,108896	0,121220
20	1,901689	0,275188	0,159726	0,175170	0,109023	0,119564
21	1,915923	0,279221	0,159984	0,173345	0,109181	0,118299

EK-B.7

Bina 4 için kapasite spektrumunun X doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,502279	0,050000	0,000000	0,000000	0,049908	0,796370
1	0,502279	0,050000	0,007262	0,115882	0,049908	0,796370
2	0,504826	0,054282	0,007361	0,116271	0,049141	0,776238
3	1,121597	0,312451	0,037362	0,119563	0,062409	0,199715
4	1,485718	0,332978	0,067364	0,122855	0,082670	0,150769
5	1,762724	0,335894	0,097366	0,126147	0,098083	0,127076
6	1,941156	0,334613	0,120445	0,128679	0,108011	0,115395
8	4,485957	3,037654	0,150385	0,024294	0,277766	0,044872
9	4,991949	2,485221	0,180385	0,024506	0,302895	0,041149
10	5,443567	2,115911	0,210385	0,024718	0,325710	0,038267
11	5,853594	1,851400	0,226301	0,024830	0,337041	0,036981
13	6,057229	1,739346	0,256290	0,001857	1,311487	0,009504
14	23,529070	30,299920	0,286290	0,002069	1,313284	0,009491
15	23,569747	23,715269	0,299999	0,002166	1,313988	0,009486

EK-B.8

Bina 4 için kapasite spektrumunun Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,598676	0,050000	0,000000	0,000000	0,059486	0,668141
1	0,598676	0,050000	0,006906	0,077566	0,059486	0,668141
2	0,604667	0,058106	0,007313	0,080524	0,057843	0,636876
3	0,610714	0,066067	0,007551	0,081500	0,056485	0,609675
4	0,621203	0,079095	0,007940	0,082832	0,054695	0,570581
5	0,634962	0,094896	0,008439	0,084262	0,053051	0,529707
6	1,053595	0,235402	0,034035	0,123430	0,064394	0,233528
7	1,333820	0,257275	0,062967	0,142482	0,078595	0,177844
8	1,553441	0,266921	0,092413	0,154165	0,090125	0,150346
9	1,674795	0,270431	0,111508	0,160037	0,096625	0,138677
10	2,707540	0,980623	0,122766	0,067417	0,150655	0,082732
11	2,719494	0,973127	0,124007	0,067501	0,151320	0,082368
15	3,107417	1,420729	0,164035	0,033723	0,246228	0,050620
16	3,137564	1,395198	0,194021	0,034108	0,266272	0,046809
17	3,812832	2,346669	0,223623	0,034466	0,284374	0,043830
18	4,425153	1,775191	0,225589	0,006396	0,663009	0,018799
19	4,785379	1,540449	0,227244	0,006413	0,664576	0,018755
21	5,110710	1,370896	0,256326	0,002613	1,105808	0,011271
22	11,915458	8,589905	0,286316	0,002912	1,107041	0,011259
23	11,943617	8,507411	0,299891	0,003047	1,107520	0,011254

EK-B.9

Bina 5 için kapasite spektrumunun X doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	0,895272	0,050000	0,000000	0,000000	0,088956	0,446791
1	0,895272	0,050000	0,020152	0,101215	0,088956	0,446791
2	1,400901	0,267045	0,050153	0,102877	0,081259	0,166684
3	1,756878	0,291996	0,080153	0,104539	0,098032	0,127857
4	2,043414	0,309998	0,110154	0,106201	0,113701	0,109620
5	2,287118	0,318262	0,140155	0,107863	0,127262	0,097940
6	2,500849	0,322013	0,170156	0,109524	0,139154	0,089570
7	2,692025	0,323343	0,200157	0,111186	0,149792	0,083209
8	2,748370	0,323436	0,209605	0,111710	0,152927	0,081503
9	6,388609	3,014957	0,239563	0,020730	0,379524	0,032841
10	6,820721	2,677468	0,269563	0,020790	0,402006	0,031004
11	7,224766	2,414925	0,299563	0,020850	0,423177	0,029453
12	7,605238	2,204813	0,300010	0,020851	0,423483	0,029432

EK-B.10

Bina 5 için kapasite spektrumunun Y doğrultusunda ham verileri

Adım	Teff (s)	Beff	SdCapacity (m)	SaCapacity (g)	SdDemand (m)	SaDemand (g)
0	1,065263	0,050000	0,000000	0,000000	0,105847	0,375494
1	1,065263	0,050000	0,020175	0,071570	0,105847	0,375494
2	1,398475	0,199923	0,041548	0,085523	0,091113	0,187548
3	1,658486	0,229979	0,067908	0,099388	0,102319	0,149751
4	1,876312	0,242190	0,095799	0,109545	0,113360	0,129625
5	2,065622	0,249763	0,124360	0,117333	0,123228	0,116264
6	2,233919	0,254911	0,153273	0,123643	0,132142	0,106597
7	2,385868	0,258559	0,182395	0,128991	0,140293	0,099217
8	2,430882	0,259489	0,191599	0,130528	0,142725	0,097232
9	5,425108	2,101252	0,205625	0,028125	0,301868	0,041290
10	5,785142	1,867268	0,235594	0,028338	0,321902	0,038720
11	6,122147	1,687598	0,265568	0,028524	0,340653	0,036588
12	6,439755	1,545295	0,295544	0,028689	0,358326	0,034784
13	6,444004	1,543542	0,295957	0,028692	0,358562	0,034761