

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**1999 KOCAELİ DEPREMİ'NDE
ADAPAZARI'NDA GÖZLENEN YAPISAL
HASARLARDA YAKIN FAY ETKİLERİNİN ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Sedat YILMAZ

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : DEPREM MÜHENDİSLİĞİ

ŞUBAT 2006

**1999 KOCAELİ DEPREMİ'NDE
ADAPAZARI'NDA GÖZLENEN YAPISAL
HASARLARDA YAKIN FAY ETKİLERİNİN ROLÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Sedat YILMAZ
501021210**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Aralık 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 02 Şubat 2006**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Ayfer ERKEN

**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Zeki HASGÜR (İ.T.Ü)
Prof.Dr. Kutay ÖZAYDIN (Y.T.Ü)**

ŞUBAT 2006

ÖNSÖZ

Meydana gelen her deprem, yapıların deprem etkisindeki davranışları hakkında yeni bilgiler edinmemize vesile olmuştur. Bu yeni bilgiler ışığında yeni teknik şartnameler oluşmakta ve yapım teknikleri yeni teknolojik kaynaklar da kullanılarak güncellenmektedir. Son yıllarda dünya genelinde meydana gelen bazı depremlerde henüz şartnamelere girmemiş ve araştırmacılar tarafından şimdiye kadar pek dikkate alınmamış bazı etkiler görülmüştür. Bu etkiler araştırmacılar tarafından araştırılmakta ve bu yeni bilgiler ışığında yapı dizaynına ait yeni kriterler ortaya çıkarılmaktadır. Bu etkilerden biri de yakın fay etkisidir. Bu tez kapsamında bu konu ele alınmış ve Adapazarı bölgesi üzerine yoğunlaşmış, bu bölgede oluşan hasarlarda yakın fay etkisinin hasarlar üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur.

Bu araştırmanın oluşması sırasında gerekli tüm bilgileri ve kaynakları cömertçe benimle paylaşan Sakarya İnşaat Mühendisleri Odası'na, Oda başkanı Sayın Ahmet Erdem'e, değerli hocam Prof. Dr. Zeki Hasgür'e ve Zemin Dinamiği laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim. Ayrıca bu çalışmanın oluşması sırasında zamanını ve bilgilerini benimle paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Ayfer Erken'e çok teşekkürlerimi sunarım.

Aralık, 2005

Sedat YILMAZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. 1999 KOCAELİ DEPREMİ VE ADAPAZARI'NDAKİ ETKİLERİ	5
2.1. 1999 Kocaeli Depremi Genel Özellikleri	5
2.2. Deprem Bölgesi ve Adapazarı'nın Genel Jeolojik Durumu	7
2.3. Deprem Bölgesinin Sismo-Tektoniği	9
2.4. Deprem Bölgesinde Elde Edilen Deprem Kayıtları ve Özellikleri	10
2.5. Deprem Bölgesi ve Adapazarı'na Geoteknik Açıdan Bakış	12
2.6. Deprem Bölgesi ve Adapazarı'nda Meydana Gelen Yapısal Hasarlar	13
3. ADAPAZARI'NDA GÖRÜLEN YAKIN FAY ETKİLERİ	20
3.1. Yakın Fay Etkisi	20
3.2. Adapazarı'nda Görülen Yakın Fay Etkileri ve Meydana Gelen Hasarlardaki Rolü	27
4. İNCELEME ALANI	31
4.1. Giriş	31
4.2. İzmit Caddesi	38
4.2.1. Yerel Zemin Koşulları	39
4.2.2. Deprem Spektrumları ve Zemin Büyütmeleri	44
4.3. Sakarya caddesi	54
4.3.1 Yerel Zemin Koşulları	55
4.3.2 Deprem Spektrumları ve Zemin Büyütmeleri	59
4.4. Yapı İncelemesi	71
4.4.1. Yapıya Ait Bilgiler	71
4.4.2. Yapının Modellenmesi ve Hesaplanması	72

4.4.3. Sonuçların Değerlendirilmesi	76
5. SONUÇLAR	78
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	84

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik
D	: Doğu
EW	: East-West
GB	: Güney-Batı
GD	: Güney-Doğu
K	: Kuzey
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KB	: Kuzey-Batı
KD	: Kuzey-Doğu
MSK	: Medvedev-Sponhever-Karnik
NS	: North-South
SK	: Sondaj Kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
TDY	: Türk Deprem Yönetmeliği
UBC	: Uniform Building Code
YASS	: Yer Altı Su Seviyesi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Kocaeli depremi illere göre ölü ve yaralı sayıları.....	6
Tablo 2.2. Kocaeli depremi illere göre hasar durumları.....	6
Tablo 2.3. Adapazarı şehir merkezinde mahallelere göre hasar İstatistikleri.....	15
Tablo 3.1. UBC-1997’de yakın fay etkisinin oluşabileceği Bölgelerde kullanılan katsayılar.....	25
Tablo 4.1. Tij boyu düzeltme değerleri.....	42
Tablo 4.2. İzmit caddesindeki SK1’e ait dinamik zemin parametreleri.....	42
Tablo 4.3. İzmit caddesindeki SK2’ye ait dinamik zemin parametreleri.....	43
Tablo 4.4. İzmit caddesindeki SK3’e ait dinamik zemin parametreleri.....	43
Tablo 4.5. İzmit caddesindeki SK4’e ait dinamik zemin parametreleri.....	43
Tablo 4.6. İzmit caddesine ait spektrumların maksimum değerleri.....	51
Tablo 4.7. Sakarya caddesindeki SK5’e ait dinamik zemin parametreleri.....	57
Tablo 4.8. Sakarya caddesindeki SK6’ya ait dinamik zemin parametreleri.....	58
Tablo 4.9. Sakarya caddesindeki SK7’ye ait dinamik zemin parametreleri.....	58
Tablo 4.10. Sakarya caddesindeki SK8’e ait dinamik zemin parametreleri.....	58
Tablo 4.11. Sakarya caddesine ait spektrumların maksimum değerleri.....	67
Tablo 4.12. Sondajlara ait Zemin Hakim Periyotları.....	70
Tablo 4.13. Yapıya ait yerdeğiştirme değerleri.....	73
Tablo 4.14. Maksimum yerdeğiştirme değerleri.....	76

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Türkiye deprem bölgeleri haritası.....	2
Şekil 2.1 : Kocaeli depremi eşşiddet haritası.....	5
Şekil 2.2 : Deprem bölgesinin jeolojik durumu.....	7
Şekil 2.3 : Adapazarı'nın genel jeolojik durumu.....	8
Şekil 2.4 : Ülkemizin yerel tektoniği.....	9
Şekil 2.5 : KAF üzerindeki depremlerin doğudan batıya göçü ve bu depremlerin kırdığı fay kısımları.....	10
Şekil 2.6 : 1999 Kocaeli depremi kayıt istasyonları ve elde edilen maksimum ivme değerleri.....	11
Şekil 2.7 : 1999 Kocaeli depremi kayıtlarına ait dizayn spektrumlarının ABYYHY ile karşılaştırılması.....	11
Şekil 2.8 : Adapazarı şehir merkezinde sıvılaşma-hasar karşılaştırması.....	13
Şekil 2.9 : Adapazarı şehir merkezindeki mahalleler ve kaya derinlikleri.....	14
Şekil 2.10 : Adapazarı şehir merkezinde kat adediyle hasar durumunun Karşılaştırılması.....	16
Şekil 2.11 : Adapazarı şehir merkezinde sıvılaşmadan dolayı devrilen bir bina.....	17
Şekil 2.12 : Adapazarı şehir merkezinde 4 katlı binada meydana gelen zemin oturmaları.....	17
Şekil 2.13 : Kısa kolon etkisinden kaynaklanan hasar.....	18
Şekil 2.14 : Zayıf kolon güçlü kiriş etkilerinden kaynaklanan hasar.....	18
Şekil 2.15 : Zemin katlardaki yumuşak kat etkilerinden kaynaklanan hasar.....	19
Şekil 3.1 : Savrulma etkisinin temsili modeli	21
Şekil 3.2 : Düşey ve yanal atımlı faylarda doğrultu ve savrulma etkilerinin Oluşumu.....	22
Şekil 3.3 : Doğrultu etkisinin oluşmasında etkili olan parametreler.....	23
Şekil 3.4 : 1994 Northridge depremi Sylmar istasyonuna ait kayıt.....	26
Şekil 3.5 : 1992 Erzincan depremi meteoroloji istasyonuna ait kayıt.....	26
Şekil 3.6 : Sakarya ve İzmit caddelerindeki hasar oranları.....	27
Şekil 3.7 : Deprem sonrası İzmit caddesinin genel görünümü.....	28

Şekil 3.8	: Deprem bölgesinde bilinen ve deprem sonrası oluşan faylar.....	29
Şekil 3.9	: İzmit ve Sakarya caddesinin genel durumları.....	29
Şekil 3.10	: Adapazarı'ndaki camii minarelerinin yıkılma yönleri.....	30
Şekil 4.1	: 1999 Sakarya EW deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar.....	32
Şekil 4.2	: Hastane EW deprem kaydı ve kayda ait spektrumlar.....	33
Şekil 4.3	: Hastane NS deprem kaydı ve kayda ait spektrumlar.....	34
Şekil 4.4	: İmar EW deprem kaydı ve kayda ait spektrumlar.....	35
Şekil 4.5	: İmar NS deprem kaydı ve kayda ait spektrumlar.....	36
Şekil 4.6	: Tipik Zemin Kesiti.....	37
Şekil 4.7	: İzmit caddesinin genel görünümü ve sondaj kuyularının yerleri..	38
Şekil 4.8	: SK1'e ait zemin kesiti.....	39
Şekil 4.9	: SK2'ye ait zemin kesiti.....	40
Şekil 4.10	: SK3'e ait zemin kesiti.....	40
Şekil 4.11	: SK4'e ait zemin kesiti.....	41
Şekil 4.12	: SK1'e ait ivme spektrumu.....	44
Şekil 4.13	: SK1'e ait hız spektrumu.....	44
Şekil 4.14	: SK1'e ait zemin büyütme grafiği.....	44
Şekil 4.15	: SK2'ye ait ivme spektrumu.....	46
Şekil 4.16	: SK2'ye ait hız spektrumu.....	46
Şekil 4.17	: SK2'ye ait zemin büyütme grafiği.....	47
Şekil 4.18	: SK3'e ait ivme spektrumu.....	48
Şekil 4.19	: SK3'e ait hız spektrumu.....	48
Şekil 4.20	: SK3'e ait zemin büyütme grafiği.....	49
Şekil 4.21	: SK4'e ait ivme spektrumu.....	49
Şekil 4.22	: SK4'e ait hız spektrumu.....	50
Şekil 4.23	: SK4'e ait zemin büyütme grafiği.....	50
Şekil 4.24	: SK1'e ait spektrumlar.....	52
Şekil 4.25	: SK2'ye ait spektrumlar.....	52
Şekil 4.26	: SK3'e ait spektrumlar.....	53
Şekil 4.27	: SK4'e ait spektrumlar.....	53
Şekil 4.28	: Sakarya caddesinin genel görünümü ve sondaj kuyularının Yerleri.....	54
Şekil 4.29	: SK5'e ait zemin kesiti.....	55
Şekil 4.30	: SK6'ya ait zemin kesiti.....	56
Şekil 4.31	: SK7'ye ait zemin kesiti.....	56

Şekil 4.32	: SK8'e ait zemin kesiti.....	57
Şekil 4.33	: SK5'e ait ivme spektrumu.....	59
Şekil 4.34	: SK5'e ait hız spektrumu.....	60
Şekil 4.35	: SK5 'e ait zemin büyütme grafiği.....	60
Şekil 4.36	: SK6'ya ait ivme spektrumu.....	61
Şekil 4.37	: SK6'ya ait hız spektrumu.....	62
Şekil 4.38	: SK6 'ya ait zemin büyütme grafiği.....	62
Şekil 4.39	: SK7'ye ait ivme spektrumu.....	63
Şekil 4.40	: SK7'ye ait hız spektrumu.....	64
Şekil 4.41	: SK7 'ye ait zemin büyütme grafiği.....	64
Şekil 4.42	: SK8'e ait ivme spektrumu.....	65
Şekil 4.43	: SK8'e ait hız spektrumu.....	66
Şekil 4.44	: SK8 'e ait zemin büyütme grafiği.....	66
Şekil 4.45	: SK5'e ait spektrumlar.....	68
Şekil 4.46	: SK6'ya ait spektrumlar.....	68
Şekil 4.47	: SK7'e ait spektrumlar.....	69
Şekil 4.48	: SK8'e ait spektrumlar.....	69
Şekil 4.49	: Yapıya ait kat planı.....	71
Şekil 4.50	: Yapının SAP2000'de modellenmesi.....	72

SEMBOL LİSTESİ

Ca	: Çakma başlığı düzeltme faktörü
Cb	: Sondaj çapı düzeltme faktörü
Cc	: Çakma başlığındaki blok yastık düzeltme faktörü
Ce	: Enerji düzeltme faktörü
Cr	: Tij boyu düzeltme faktörü
Cs	: Numune alıcındaki kılıf düzeltme faktörü
g	: Yerçekimi ivmesi
Gmax	: Maksimum Gerilme
h	: Kat yüksekliği
Mw	: Moment magnitudü
Na	: Kısa periyot faktörü
Nv	: Orta periyot faktörü
N30	: Düzeltilmemiş spt değeri
N60	: Düzeltilmiş spt değeri
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
Vs	: Kayma dalgası hızı
Δmax	: Maksimum göreceli kat ötelenmesi
X	: Yanal atımlı faylarda, fayın kırılma yüzeyiyle hiposentr arasındaki mesafenin yüzeye olan mesafeye oranı
Y	: Düşey atımlı faylarda, fayın kırılma yüzeyiyle hiposentr arasındaki mesafenin yüzeye olan mesafeye oranı
θ	: Yanal atımlı faylarda, fayın kırılma yönüyle deprem dalgasının ilerleme yönü arasındaki açı
Φ	: Düşey atımlı faylarda, fayın kırılma yönüyle deprem dalgasının ilerleme yönü arasındaki açı

1999 KOCAELİ DEPREMİ'NDE ADAPAZARI'NDA GÖZLENEN YAPISAL HASARLARDA YAKIN FAY ETKİLERİNİN ROLÜ

ÖZET

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi verdiği büyük can kayıpları ve büyük maddi kayıplar açısından ülkemizde çok ciddi bir etki oluşturmuş ve ciddi sonuçlar doğurmuştur. Bu önem dolayısıyla deprem özellikleri, depremden etkilenen bölgelerin yerel zemin koşulları, sismik özellikleri, bölgeyi etkisi altında bulunduran fay kırıkları ve oluşan yapısal hasarlar ve nedenleri tez kapsamında ele alınmıştır.

Son on yıl içerisinde dünya genelinde meydana gelen şiddetli yer hareketleri incelendiğinde bazılarında diğerlerine nazaran farklılık görülmektedir. Bu farklılıkta bu depremlerin yakın mesafede beklenmedik ölçüde büyük hız sinyal piki vermeleridir. Bölgelerin kırılan faya uzaklığı, fayın kırılma mekanizması ve kırılmanın ilerleme yönü gibi etkiler aynı depremden etkilenen bölgelerde farklı içerikte kayıtlar elde edilmesi ve farklı hasar durumları ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu tez kapsamında, bu farklılığın oluşmasında önemli bir etkisi olduğu düşünülen yakın fay etkisi ele alınmıştır. Yakın fay etkilerinin oluşması, oluşma mekanizması, kırılma doğrultu etkisi ve savrulma etkileri yine tez kapsamında ele alınmıştır.

Yakın fay etkilerinin bariz bir şekilde görüldüğü Adapazarı inceleme alanı olarak seçilmiştir. Adapazarı'nda İzmit ve Sakarya caddeleri karşılaştırılmıştır. Bu iki cadde, iki cadde arasındaki hasar oranları arasındaki farklılık dikkate alınarak seçilmiştir. Bu iki caddeye ait 8 adet zemin sondajı elde edilmiş ve bu zemin sondajından elde edilen değerler kullanılarak dinamik zemin parametreleri bulunmuş ve buradan da deprem spektrumları, zemin büyütme grafikleri Proshake bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir, bu iki cadde arasında ciddi zemin farklılığı olmadığı belirlenmiştir. Bu spektrumlar elde edilirken 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Sakarya kaydı (İmar İl Müdürlüğünde alınmış olan kayıt) ve 13 eylül 1999 İzmit artçı şokuna ait Adapazarı'nda elde edilen Hastane ve İmar kayıtları kullanılmıştır.

Bu bölgelerdeki yapıların dinamik özelliklerinin tespiti amacıyla örnek bir yapı seçilmiştir. Bu yapı Sap2000 bilgisayar programı kullanılarak modellenmiş ve yukarıda bahsedilen deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında çözüm yapılmıştır. Ayrıca kıyas yapılabilmesi amacıyla modal ve spektrum analizi de yapılmıştır. Bu analiz sonucunda bulunan değerler deprem yönetmeliğindeki değerlerle karşılaştırılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

ROLE OF THE NEAR FAULT EFFECTS ON THE OBSERVED STRUCTURAL DAMAGE DURING THE 1999 KOCAELİ EARTHQUAKE IN ADAPAZARI

SUMMARY

August 17, 1999 Kocaeli earthquake caused thousand of death and very bad economic impact for the Turkish economy. For this importance in this thesis earthquake properties, geology of affected region from the earthquake, seismicity, fault ruptures and structural damages were explained.

If we study severe earthquake which has occurred last ten year, we will understand some difference between the this earthquakes. This different earthquakes cause large velocity peak. Distance from ruptured fault, rupture mechanism of fault and direction of rupture caused different damages near districts in the same earthquake. I thought that this damage difference was occurred because of near fault effects. In this thesis, near fault effect, directivity effect and fling effect were explained.

Izmit and Sakarya street were chosen for research field because of significant damage difference. I found 8 report of boreholes. With this 8 report of boreholes, dynamic soil parameters were found. Then earthquake spectrum and soil amplification graphics were calculated with computer program Proshake. While this calculation, August 17, 1999 Kocaeli earthquake Sakarya record and September 13, 1999 Izmit aftershock earthquake hastane and imar record were used. Results of this calculation showed that soil characteristic of these streets were same.

Because of finding dynamic parameters of structures which is earthquake area, one structures was chosen. Structure was analyzed with computer program Sap2000. In this calculation modal, linear modal history and linear response spectrum analyze were used. Then this results were compared with Turkish earthquake instruction.

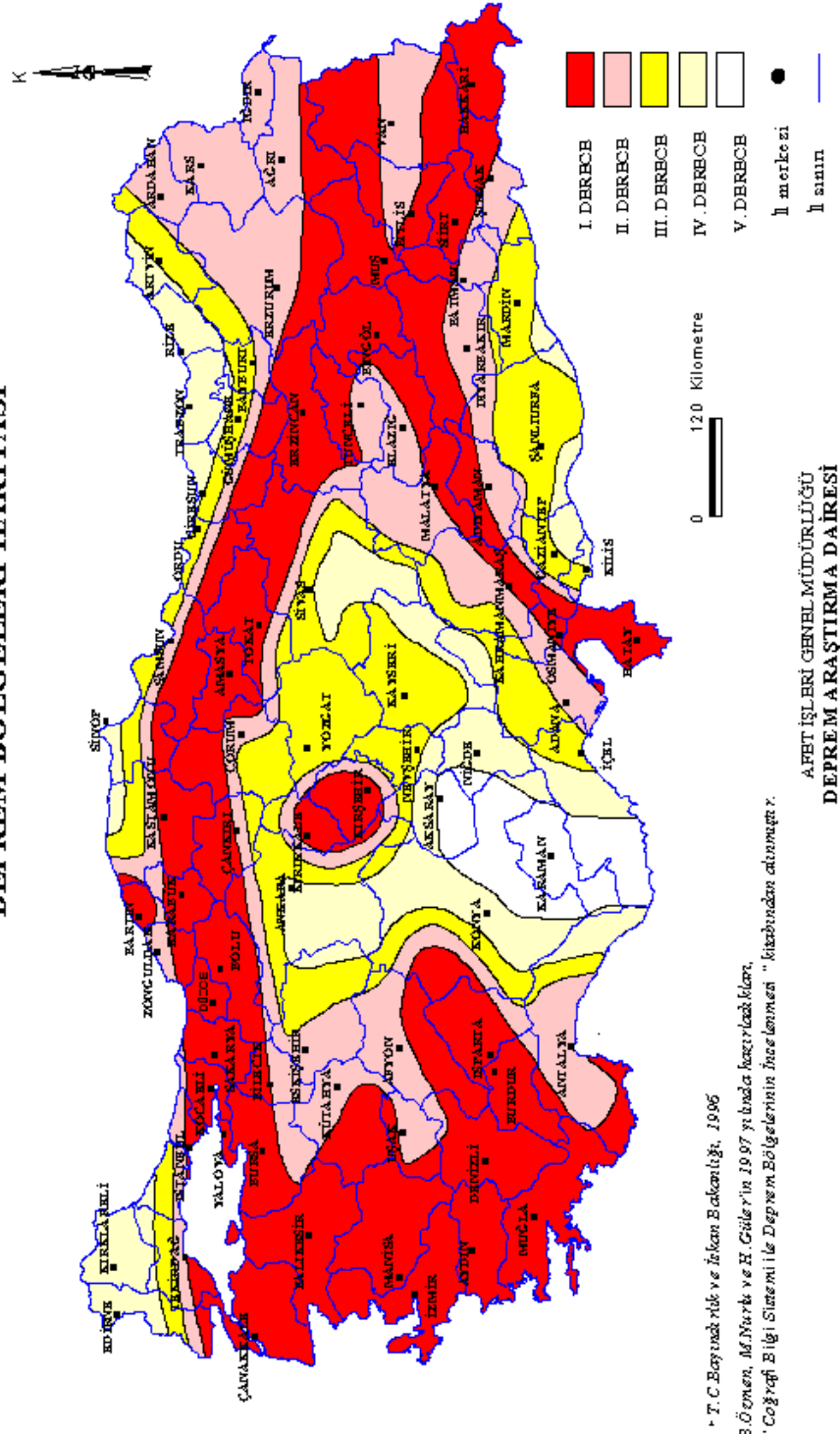
1. GİRİŞ

Şiddetli depremler sırasında meydana gelen bina çökmeleri ve nedenleri inşaat mühendisliği açısından her zaman için ilgi konusu olmuştur. Her beklenmedik hasar, binanın gizlediği bir ders olduğu düşüncesinden hareketle deprem şartnameleri yenilenmiş ve gittikçe artan yeni maddeler ihtiva etmeye başlamıştır. Sık sık depremlere maruz kalan bölgelerde uygulanacak şartname hükümlerinin, deprem riski daha alt düzeylerde olan bölgelerden farklı olması gerekmektedir. Ülkemizde uygulanan deprem şartnamesi, deprem riskine bağlı olarak yurdumuzu 5 ayrı derecelendirme sistemiyle sınıflandırmıştır. (Şekil 1.1)

Son on yıl içinde meydana gelen ve yerleşim bölgelerini etkileyen depremlere bakıldığında bazı yer hareketi özellikleri fark edilmiştir. 1992 Erzincan, 1994 Northridge, 1995 Kobe, 1999 Kocaeli depremleri kayıtları yakın mesafede beklenmedik ölçüde büyük hız sinyali piki vermektedir. Daha uzak mesafede elde edilen kayıtlar bu özellikleri barındırmamaktadır. Bu da yapı sistemlerinin maruz kaldığı yer hareketlerinin henüz şartnamelere girmeyen bazı özelliklerin hasarlar üzerinde etkili olduğu düşüncesini doğurmuştur. Bu hasar nedenleri yakın fay etkilerinden olan kırılma doğrultu etkileri, savrulma etkileri, zemin büyötmeleri, sıvılaşma ve daha farklı nedenler olarak sıralanabilir.

1992 Erzincan ve 1999 Kocaeli depremleri ve dünyanın farklı bölgelerinde meydana gelen depremler birbirlerine çok yakın olan ve deprem riski olarak aynı sınıflandırmaya maruz kalan bölgelerde bile farklı hasarların meydana geldiği görölmüştür. Bunun nedenlerinin birinin de bu tezin araştırma konusu olan yakın fay etkisi, bölgelerin kırılan faya uzaklığı, fayın kırılma mekanizması ve kırılmanın ilerleme yönüyle alakalı olduğu düşüncesidir. Bu düşünceden hareketle bazı ölkeler şartnamelerini bu düşüncelere paralel olarak yenilemişlerdir.

DEPREM BÖLGELERİ HARİTASI*



* T. C Bayındır ile ve İskan Bakanlığı, 1996

B.Özmen, M.Nurte ve H.Güler'in 1997 yılında hazırladıkları, "Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi" k

AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

Şekil 1.1 Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü)

1999 Kocaeli depremi sonrası birbirine çok yakın bölgelerde bile çok farklı hasar oranlarıyla karşılaşılmıştır. Bu farklılığın nedenleri bu tezin ana felsefesini oluşturmuştur. İnceleme alanı olarak Adapazarı'nda Sakarya ve İzmit caddeleri seçilmiştir. Bu caddelerdeki hasar oranı farklılığının, yerel zemin koşullarının farklılığından mı yakın fay etkilerinden mi zemin büyütmelerinden mi kaynaklandığı sorusuna cevap aranmıştır. Bunun cevabının bulunabilmesi için bu caddelerden 8 ayrı zemin etüt raporu elde edilmiş ve bunlar üzerine yoğunlaşmıştır.

Bu 8 ayrı sondaj datası için deprem spektrumları oluşturulmuş ve ayrıca zemin büyütme grafikleri de elde edilmiştir. Zemin tabakalaşmasının deprem hareketine etkisini ve zemin üst yüzeyindeki değişimini belirlemek, zemin üst yüzeyindeki hem ivme ve büyütme spektrumları, hem de ivme-zaman kayıtları bilgisayar programı PROSHAKE kullanılarak hesaplanmıştır. Deprem kaydı olarak 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Sakarya kaydı ve 13 Eylül 1999 İzmit artçı depremi Adapazarı hastane ve imar kayıtları kullanılmıştır.

Ayrıca bu bölgede bulunan yapıların bahsi geçen depremler sırasında nasıl bir dinamik etkiyle karşılaştıklarını tespit etmek amacıyla bölgede göçmüş bir yapı tespit edilmiş ve gerekli olan tüm bilgiler ilgili kurumlardan temin edilmiştir. Bu yapı tespit edilirken yakın fay etkilerinin daha etkili olduğu düşünülen İzmit caddesi seçilmiştir. Sakarya ve İzmit caddesinde bulunan yapılar genel olarak aynı karakteristiğe sahiptirler, yani bahsi geçen bölgeden alınan herhangi bir yapının tüm bölgeyi temsil edebileceği düşüncesi hasıl olmuştur.

Bölüm 1'de genel bir giriş yapılmakta olup deprem şartnamelerinin oluşumundan ve bunların yenilenme gerekliliğinden bahsedilmiştir. Bu tezin araştırma konusu hakkında kısa bilgiler verilmiş ve yapılan çalışmalar kısaca açıklanmıştır.

Bölüm 2'de 1999 Kocaeli depremi'nin özellikleri ve etkileri üzerinde durulmuştur. Deprem özellikleri, can ve mal kayıpları, deprem bölgesinin jeolojik durumu, deprem bölgesinin sismo-tektoniği, depremde meydana gelen yapı hasarları ve nedenleri bu bölümde işlenen başlıca konulardır.

Bölüm 3’de 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı’nda görülen yakın fay etkileri üzerinde durulmuştur. Yakın fay etkileri, Adapazarı’nda görülen yakın fay etkileri ve meydana gelen hasarlardaki rolü bu bölümde işlenen başlıca konulardır.

Bölüm 4’de inceleme alanından ve buranın seçilme nedenlerinden, bölgenin yerel zemin koşullarından bahsedilerek genel bir giriş yapılmıştır. İnceleme alanından elde edilen sondajlar ve bu sondajlar yardımıyla elde edilen spektrumlar ve grafikler gösterilmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca seçilen yapı tanıtılmış, genel özellikleri gösterilmiş, modellenmesi yapılmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

Bölüm 5’de bütün bu çalışmalar ve yapılan analizler sonucunda elde edilen genel sonuçlar özetlenmiştir.

bölgede oluşması can ve mal kaybının çok olmasına neden olmuştur.(Tablo 2.1, Tablo 2.2), [2]

Tablo 2.1 Kocaeli depremi illere göre ölü ve yaralı sayıları [3]

İL ADI	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
KOCAELİ	9.476	19.447
SAKARYA	3.890	7.284
YALOVA	2.504	6.042
İSTANBUL	981	7.204
BOLU	271	1.165
BURSA	268	2.375
ESKİŞEHİR	86	375
ZONGULDAK	3	26
TEKİRDAĞ		35
TOPLAM	17.479	43.953

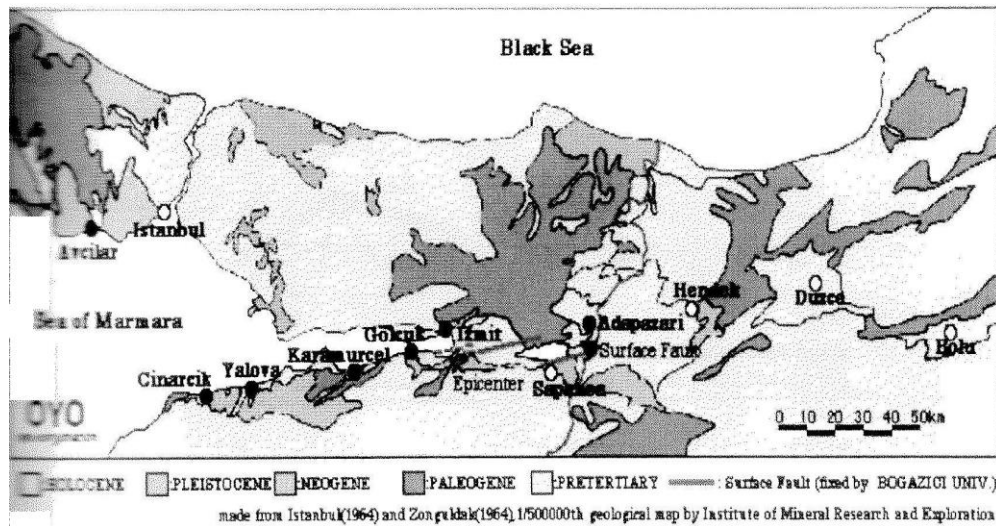
Tablo 2.2 Kocaeli depremi illere göre hasar durumları [3]

	HASAR DURUMU					
	HAFİF		ORTA		AĞIR	
ŞEHİR	EV	İŞYERİ	EV	İŞYERİ	EV	İŞYERİ
KOCAELİ	19.135	3.031	21.287	3.001	22.452	3.227
SAKARYA	19.043	4.068	12.200	1.963	18.712	1.675
YALOVA	9.462	727	7.917	1.036	12.685	1.881
İSTANBUL	3.073	532	13.339	1.999	12.455	1.239
BOLU	3.095	649	4.180	1.015	3.303	482
BURSA	63	5	434	19	940	68
ESKİŞEHİR	80	19	96	8	314	22
GÖLCÜK	12.310	1.870	7.789	886	9.299	1.118

Depremde oluşan ekonomik kayıpların; binalarda meydana gelen hasarlar 5 milyar dolar, sosyal ve ekonomik kayıplar 1 milyar dolar, endüstriyel tesislerdeki hasarlar 2 milyar dolar, küçük ve orta ölçekli işletmelerdeki hasarlar 1 milyar dolar olduğu yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Ayrıca karayolları, demiryolları, liman işletmeleri, alt yapı tesislerindeki hasarlarda göz önüne alındığında bu depremin ülkemize 16 milyar dolar civarında bir ekonomik kayba neden olduğu söylenebilir.

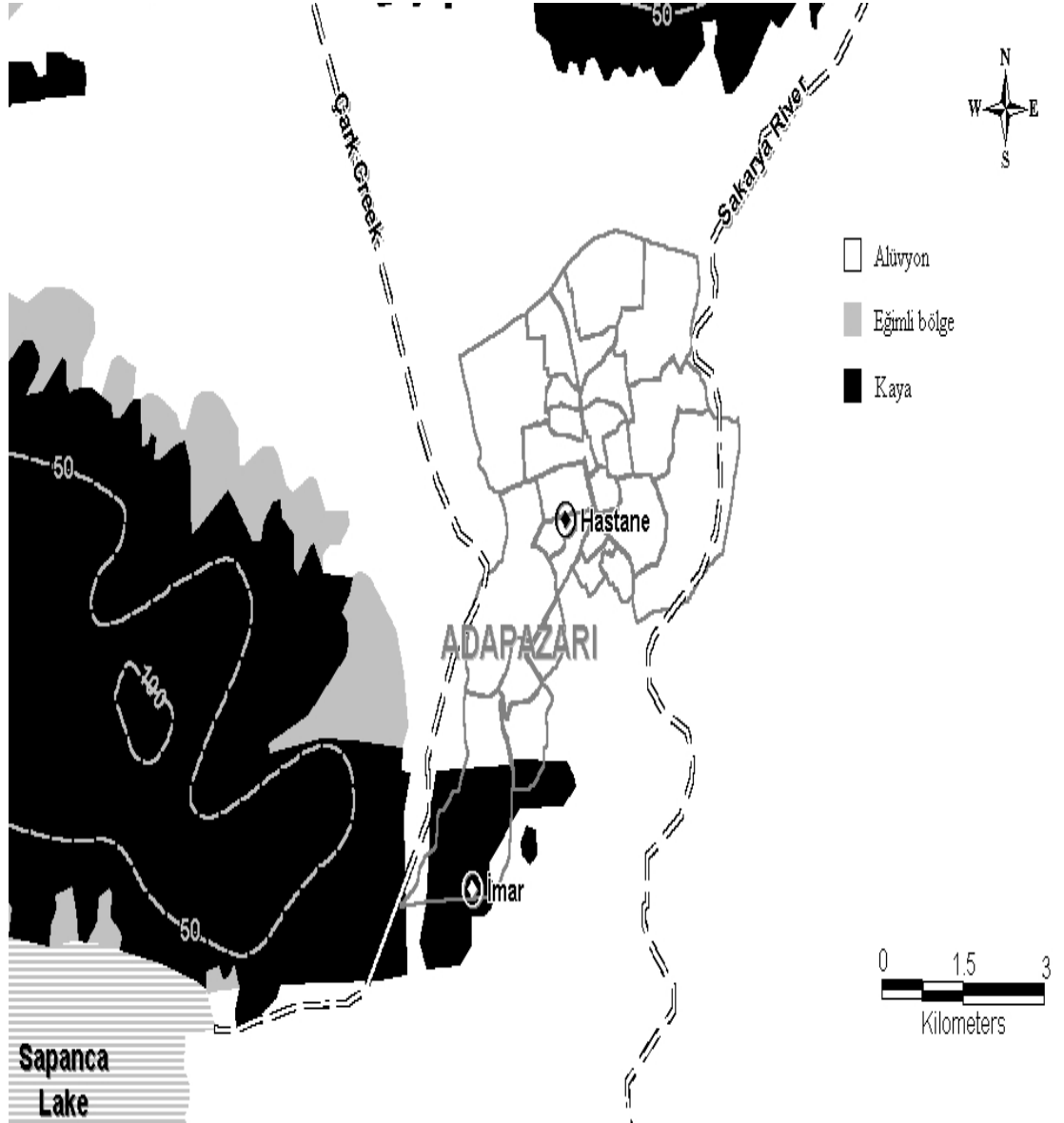
2.2 Deprem bölgesi ve Adapazarı'nın genel jeolojik durumu

Depremin etkilediği bölge jeolojik açıdan KAF zonunun batı kesiminde yer almaktadır. 1 / 500.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası baz alındığında bölgenin paleozoyik, mesosoyik ve senozoyik yaşlı çok çeşitli litolojik birimlerde oluştuğu görülmektedir. Senozoyik döneme ait birimlerden pliyosen ve kuvaterner yaşlı oluşumlar üzerinde depremin hasar açısından daha etkili olduğu gözlenmiştir. Jeolojik açıdan önemli bir husus da; depremin etkilediği bölgelerdeki basenlerdir. Bu basenler İzmit-sapanca gölü, Adapazarı, Düzce ve Bolu basenleridir. Şekil 2.2'de bölgenin jeolojik yapısı görülmektedir. [4]



Şekil 2.2 Deprem bölgesinin jeolojik durumu
(OYO Corporation, 2000)

Adapazarı il merkezi Adapazarı baseni olarak adlandırılan bölgenin üzerindedir. Bu bölgedeki ana kaya derinliği 1100 m civarındadır. Ana kaya üzerindeki alüvyon tabaka, Sakarya nehri tarafından taşınmış olan silt ve yumuşak kumdan meydana gelmiştir. Şekil 2.3'te Adapazarı ilinin genel jeolojik durumu ve kayalık kısım görülmektedir.



Şekil 2.3 Adapazarı'nın genel jeolojik durumu [4]

2.3 Deprem bölgesinin sismo-tektoniği

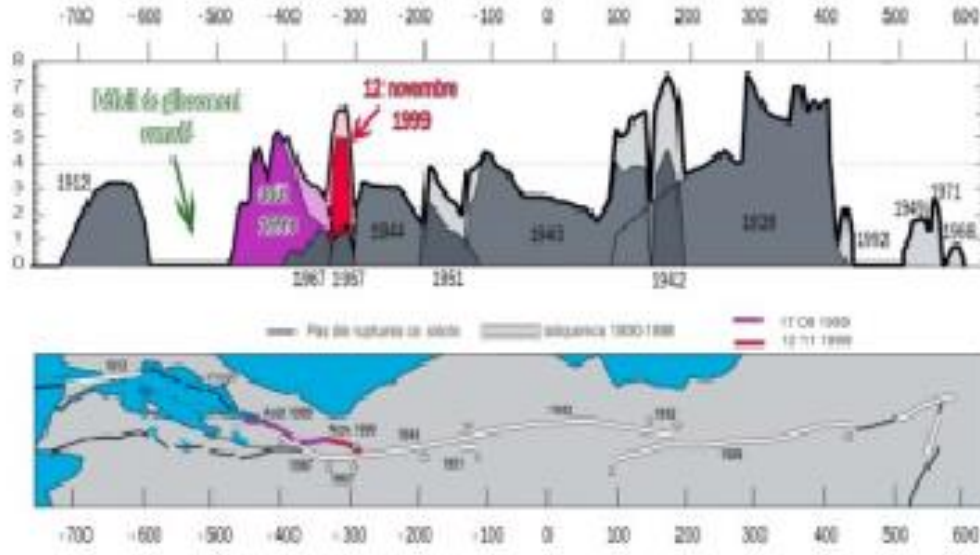
1999 Kocaeli depremi, sağ yanal atımlı karakteristiğe sahip KAF zonunda meydana gelmiştir. KAF zonu, 1300 km uzunluğunda ve yıllık 10-20 mm sağ yanal atıma sahip ülkemizin en önemli faylarından. Bu fay zonu Marmara-Kuzey Ege, Dokurcun-Kargı, Kargı-Karlıova, Karlıova-Muradiye olmak üzere dört ayrı fay parçasından oluşmaktadır. (Şekil 2.4) [6]

1999 Kocaeli depreminde KAF zonunun batı ucunda 4 ayrı fay segmentinden (Hersek-Yalova Kuzeybatısı-Marmara denizi içi, Hersek-Kullar-Arifiye-Kazancı, Akyazı-Gölyaka, Sapanca-Serdivan-Adapazarı segmentleri) oluşan 120 km'lik bölümündeki kırılma sonucu meydana gelmiş ve 3-4 m civarında sağ yanal atım oluşmuştur.



Şekil 2.4 Ülkemizin yerel tektoniği (www.ipgp.jussieu.fr)

KAF zonunda meydana gelen depremler doğudan batıya depremlerin göçü şeklinde tanımlanabilir. 1999 Kocaeli depremiyle birlikte 7 büyük deprem belli bir yöne doğru göç etmektedir ve dünyada buna benzer bir örnek yoktur. Bu hareketin nedeni olarak da gerilme aktarımı gösterilmektedir. Bu zincir Şekil 2.5'te de görüldüğü gibi 1939 Erzincan depremiyle başlamış ve bunu 1942, 1943, 1944, 1951, 1957, 1967 depremleri izlemiş ve 1999 Kocaeli depremiyle sonlanmıştır. [7]



Şekil 2.5 KAF üzerindeki depremlerin doğudan batıya göçü ve bu depremlerin kırıdığı fay kısımları (www.ipgp.jussieu.fr)

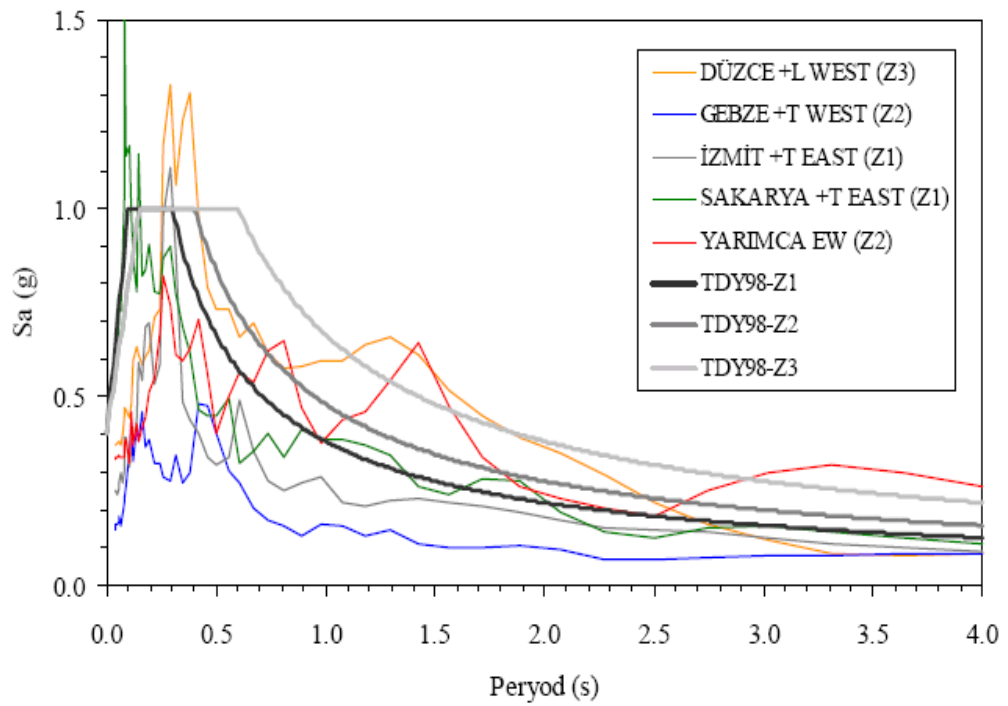
2.4 Deprem bölgesinde elde edilen deprem kayıtları ve özellikleri

1999 Kocaeli depremi afet işleri genel müdürlüğü, Kandilli rasathanesi ve İstanbul teknik üniversitesi tarafından 27 ayrı istasyonda kaydedildi. Şekil 2.6’da bu kayıt yerleri ve elde edilen ivme değerleri görülmektedir. Bu kayıtlar içerisinde 6 kayıt (Sakarya, Yarımca, İzmit, Düzce, Arçelik ve Gebze) faya 20 km’nin altında bir yakınlıkta kaydedilmiştir ve bu kayıtlar yakın kaynak deprem yer hareketi karakteristiklerine sahiptirler. Sakarya istasyonu fay kırığına 3.3 km, Yarımca istasyonu ise 4.4 km uzaklıktadır. Bu kayıtlar içerisinde en büyük yer ivmesi Sakarya kaydına aittir ve 0.41 g civarındadır. [9]

Şekil 2.7’de Düzce, Gebze, İzmit, Sakarya ve Yarımca kayıtlarına ait elastik dizayn spektrumları Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte (ABYYHY) Z1, Z2, Z3 sınıfı zeminler için kullanılan dizayn spektrumlarıyla karşılaştırılması görülmektedir. Şekil 2.7 incelendiğinde bu kayıtlara ait spektrumların deprem yönetmeliğinin öngördüğü sınırları aşmadığı görülmektedir. [10]



Şekil 2.6 1999 Kocaeli depremi kayıt istasyonları ve elde edilen maksimum ivme değerleri [9]



Şekil 2.7 1999 Kocaeli depremi kayıtlarına ait dizayn spektrumlarının ABYYHY ile karşılaştırılması [10]

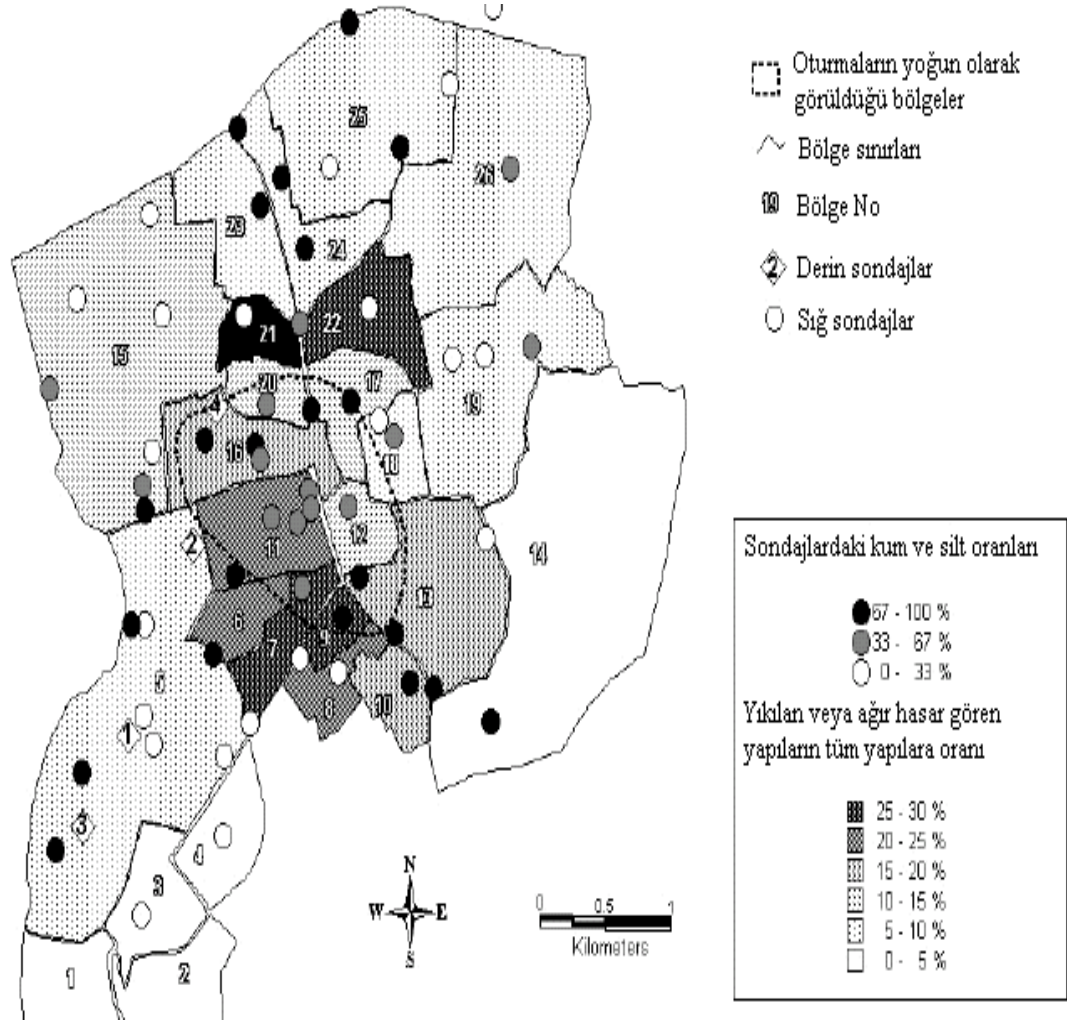
1999 Kocaeli depreminden elde edilen kayıtlara ait elastik dizayn spektrumları ABYYHY’te öngörülen değerleri aşmamaktadır. Ancak bu tezin de ana araştırma konusu olan Sakarya kaydı için durum farklılık göstermektedir. Sakarya kaydının alındığı bölgede zemin kaya olarak tanımlanabilir ancak deprem etkilerinin çok şiddetli bir şekilde görüldüğü şehir merkezinde ise zemin genellikle derin alüvyon tabakalarından oluşmaktadır. Yani kaydın alındığı yerdeki zemin karakteristikleri ile şehir merkezinin zemin karakteristikleri farklılık göstermektedir. Bundan dolayı bu depremin şehir merkezinde nasıl bir karakteristikte oluştuğu ve ne miktarda zemin büyütmeleri meydana getirdiği tam olarak bilinmemektedir. Ayrıca yakın fay etkisindeki deprem yer hareketlerinde en etkili bileşen olan fay normal bileşenine ait kayıt Sakarya’da alınamamıştır.

1999 Kocaeli depremi sonrasında meydana gelen artçı depremler Boğaziçi üniversitesi tarafından Adapazarı şehir merkezinde devlet hastanesine kurulan portatif istasyonlar vasıtasıyla kaydedilebilmiştir. 13.09.1999’da merkez üssü İzmit olan $M_w = 5.8$ büyüklüğünde artçı deprem meydana gelmiş ve bu deprem devlet hastanesinde kaydedilmiştir. Bu kayıt Adapazarı şehir merkezinde zemin büyütmelerinin ne miktarda oluşabileceği ve depremlerin şehir merkezinde nasıl bir karakteristikte oluşabileceği konusunda bize fikirler verebileceği düşüncesiyle bu tezde kullanılmıştır.

2.5 Deprem bölgesi ve Adapazarı’na geoteknik açıdan bakış

1999 Kocaeli depremi geoteknik açıdan tehlikeli problemlerin oluşmasına neden olmuştur. Bunlar sıvılaşma, yük taşıma kapasitesi kayıpları ve oturmalar olarak sıralanabilir. Direkt yer deformasyon etkilerinden kaynaklanan bu problemlere ilave olarak zemin büyütmeleri, genç alüvyon zemin tabakaları üzerindeki yapılarda büyük hasarların oluşmasında ana etken olmuştur. Daha ileriki bölümlerde Adapazarı’nda meydana gelen zemin büyütmeleri geniş şekilde incelenecektir.

Şekil 2.8’da Adapazarı şehir merkezinde yapılmış derin ve sığ sondajlar kullanılarak sıvılaşmaya neden olabilecek zemin sınıflarının (silt ve kum) bulunduğu bölgeler ve bu bölgelerde meydana gelen hasar durumları gösterilmektedir. [4]



Şekil 2.8 Adapazarı şehir merkezinde sıvılaşma-hasar karşılaştırması [5]

2.6 Deprem bölgesi ve Adapazarı'nda meydana gelen yapısal hasarlar

1999 Kocaeli depremi gerek can kayıpları, gerekse de maddi kayıplar açısından çok üzücü sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Deprem bölgesinde meydana gelen hasarları tek bir nedene bağlamak olanaksızdır. Depremde meydana gelen hasarların nedenleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Mühendislik hizmeti eksikleri
2. Uygulamada yapılan yanlışlıklar
3. Zemin sıvılaşması
4. Zemin taşıma gücü kayıpları
5. Kötü beton kalitesi
6. Yumuşak katlar

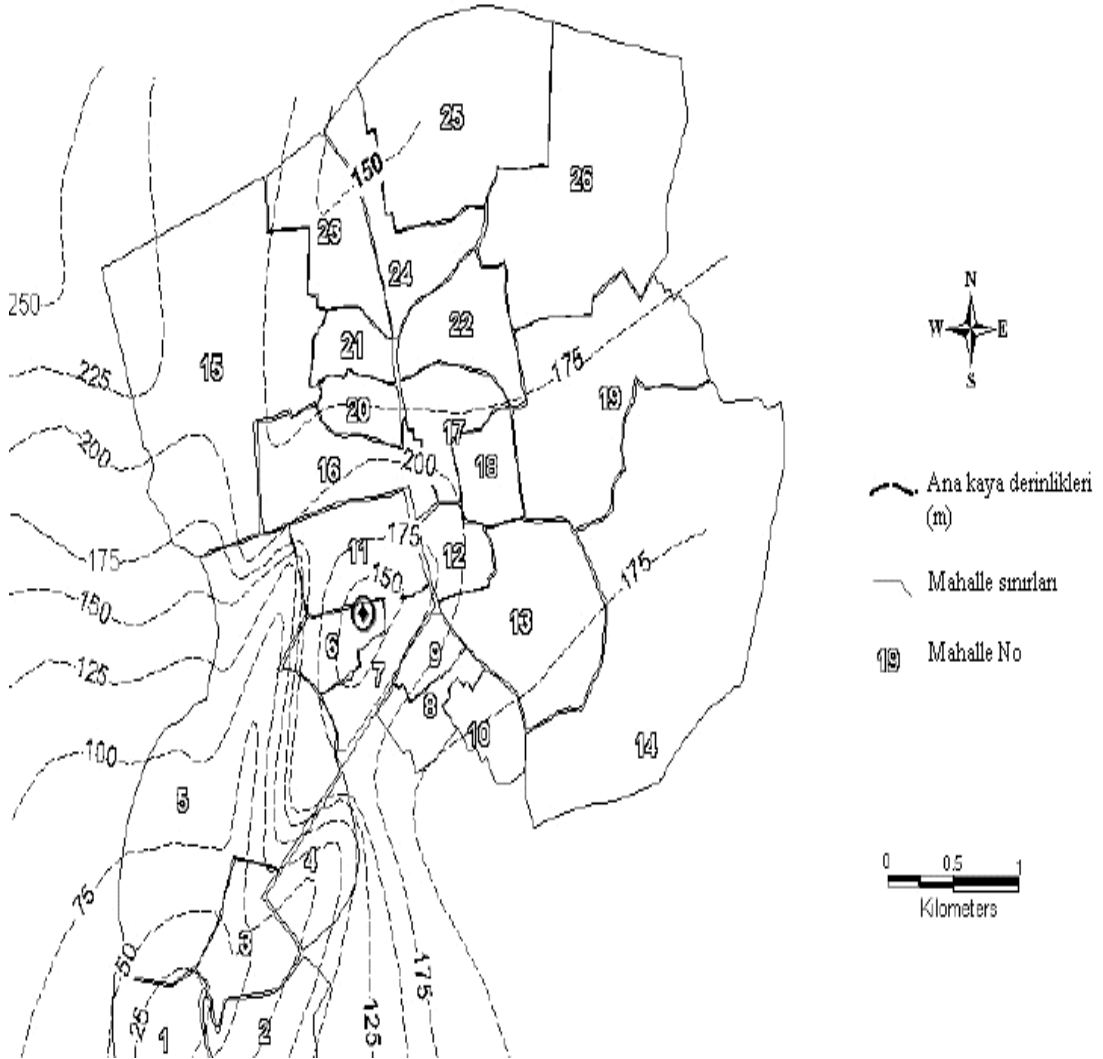
7. Zayıf kolon-Güçlü kiriş

8. Kısa kolon etkileri

9. Zemin büyötmeleri

10. Yakın fay etkileri

Bu tezin kapsamında, bu hasar nedenlerinden zemin büyötmeleri ve yakın fay etkilerinden kaynaklanan hasarlar incelenecektir.



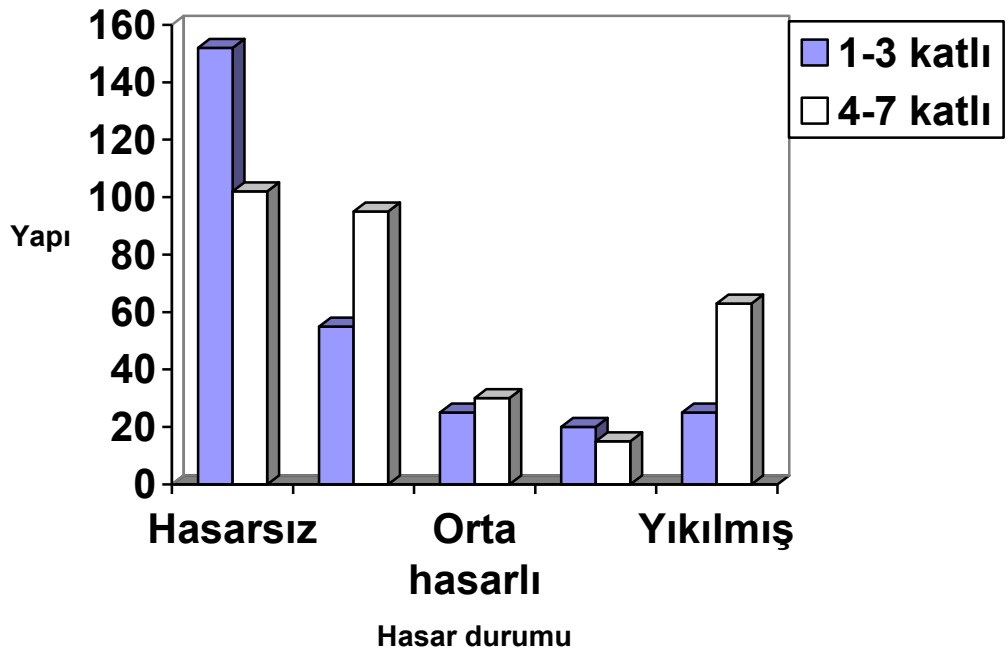
Şekil 2.9 Adapazarı şehir merkezindeki mahalleler ve kaya derinlikleri [5]

Şekil 2.9 ve Tablo 2.3 bir arada incelendiğinde, derin ve geniş alüvyon tabakaları üzerine kurulmuş olan Adapazarı şehir merkezi ve şehrin kuzey mahallelerinin, bu bölgelere nazaran daha iyi zemin koşullarına sahip güney mahallelerine nazaran daha hasarlı olduğu görölmektedir.

Tablo 2.3 Adapazarı şehir merkezinde mahallelere göre hasar istatistikleri [5]

MAHALLE	AĞIR	ORTA	HAFİF	TOPLAM
MALTEPE	0	38	1514	1552
HIZIRTEPE	7	40	1177	1224
ŞİRİNEVLER	15	2	391	408
GÜLLÜK	14	3	403	420
MİTHATPAŞA	100	55	1735	1890
YENİDOĞAN	130	69	330	529
PABUÇÇULAR	185	51	407	643
AKINCILAR	151	155	430	745
YENİCAMİ	83	36	208	327
Ç.AHMEDİYE	68	83	214	365
SEMERÇİLER	220	88	600	908
TİĞCİLAR	60	150	317	527
YENİGÜN	338	215	1490	2043
TEPEKUM	15	25	868	908
ŞEKER	248	188	1550	1986
CUMHURİYET	133	145	586	864
ORTA	114	84	626	824
YAHYALAR	48	44	488	580
YAĞCILAR	151	154	1832	2137
KURTULUŞ	60	44	457	561
İSTİKLAL	205	67	230	502
KARAOSMAN	227	117	413	757
OZANLAR	95	84	924	1103
SAKARYA	86	63	849	998
TEKELER	56	70	578	704
TUZLA	35	6	368	409
TOPLAM	2844	2076	18994	23914

Adapazarı şehir merkezi son 20 yıl içerisinde çok hızlı bir yapılaşma sürecine girdi. Bu süre içerisinde şehir merkezinde 4-7 katlar arası apartmanlar ve işyerleri inşa edildi. Yer altı su seviyesinin (YASS) yüzeye yakınlığı nedeniyle şehir merkezinde yapılan bu yapıların çoğunluğu 1-1.5 m arasında temel derinliğinde oturtuldu. Bu yapıların büyük çoğunluğu ya yıkıldı yada ciddi hasarlar gördü. Ancak 1-3 katlar arası yapılar nispeten daha eski olan bu yapılar yeni yapılara göre daha az hasar gördü. (Şekil 2.10), [11]



Şekil 2.10 Adapazarı şehir merkezinde kat adediyle hasar durumunun karşılaştırılması

Sıvılaşma, tekrarlı yükler altında zemin daneleri arasındaki efektif gerilmelerin azalıp sıfır olması sonucunda toplam gerilmelerin sadece boşluk suyu basıncına eşit olmasıyla meydana gelen bir olay olarak çok kısa bir şekilde tanımlanabilir. Bu olay sonucunda zemin, kayma mukavemetini kaybeder ve bir sıvı gibi davranarak büyük şekil değiştirmelerine maruz kalır.

Zemin sıvılaşması ve taşıma gücü kaybından kaynaklanan hasarlarda zemin etkisi ve lokal zemin durumu yer yer çok önemli etken olmuştur. Adapazarı'nda binaların yaklaşık %30-40 kadarı zemin sıvılaşması ve yanal zemin yayılması sonucunda zemine batmış ve dönmüştür. Şekil 2.11'de Adapazarı'nda sıvılaşma hasarına yönelik örnek verilmiştir.



Şekil 2.11 Adapazarı şehir merkezinde sıvılaşmadan dolayı devrilen bir bina



Şekil 2.12 Adapazarı şehir merkezinde 4 katlı binada meydana gelen zemin oturmaları (0.8 m oturma meydana gelmiştir)



Şekil 2.13 Kısa kolon etkisinden kaynaklanan hasar

Bir çok apartman binasında ve sanayi yapılarında aydınlatma sağlanması amacıyla dar bir şerit halinde pencere yapılmıştır. Bu uygulama neticesinde de kısa kolon etkisi deprem sonucunda bir çok yapıda gözlenmiştir. Şekil 2.13'te kısa kolon etkisine ait örnek verilmiştir.



Şekil 2.14 Zayıf kolon güçlü kiriş etkilerinden kaynaklanan hasar

Deprem yönetmeliğinde belirtilen güçlü kolon-zayıf kiriş kriteri tam tersi olarak bir çok binada uygulanmıştır. Bunun sonucunda da yapısal hasarlar birçok yerde gözlenmiştir. Şekil 2.14’de güçlü kolon-zayıf kiriş kriterine ters bir durum sonucunda oluşan hasar görülmektedir.



Şekil 2.15 Zemin katlardaki yumuşak kat etkilerinden kaynaklanan hasarlar

Şekil 2.15’da görüldüğü üzere ilk katta duvar oluşturulmama veya uygun şekilde oluşturmamadan dolayı depremde en çok deprem kuvvetine maruz kalan ilk katın göçmesine neden olmuştur.

3. ADAPAZARI'NDA GÖRÜLEN YAKIN FAY ETKİLERİ

3.1 Yakın fay etkisi

Depremlerde fayın kırıldığı bölgenin yakınında meydana gelen yer hareketi, fay kırığına daha uzak bölgelerdeki yer hareketinden farklılık göstermektedir. Fayın kırıldığı yere uzaklığı 0-20 km'ler arasında olan bölgelerde tipik yakın fay etkileri gözlenmektedir. Yakın fay etkilerinin görüldüğü bölgelerde yer hareketi; kırılma mekanizmasından, kırılmanın ilerleme yönünden, fayın atımından kaynaklanan kalıcı yerdeğiştirmelerden ciddi manada etkilenir. Bu faktörlerin etkisi sonucunda kırılma doğrultu etkisi (Directivity Effect) ve savrulma etkisi (Fling Effect) meydana gelir. Bu iki etkide yer hareketinin büyük hız darbesi oluşturmamasından kaynaklanmaktadır. (Şekil 3.2) [12]

Kırılmanın ilerleme yönüyle fayın atım yönü aynıysa kırılma doğrultu etkisi aşikar bir şekilde ortaya çıkar. Bu etkinin meydana gelme nedeni ise, fayın kırılma hızı ile kayadaki S dalgasının hızının deprem kaynağının yakınında birbirine çok yakın olmasıdır. Kırılma yüzeyinin doğrultusuna bağlı olarak ikiye ayrılır. Kırılmanın episentr'a uzak olan bölgeye ilerlemesi sonucu ileriye doğrultu etkisi (Forward Directivity Effect), kırılmanın episentr'a yakın olan bölgeden başlaması sonucu ise geriye doğrultu etkisi (Bacward Directivity Effect) oluşur.[12]

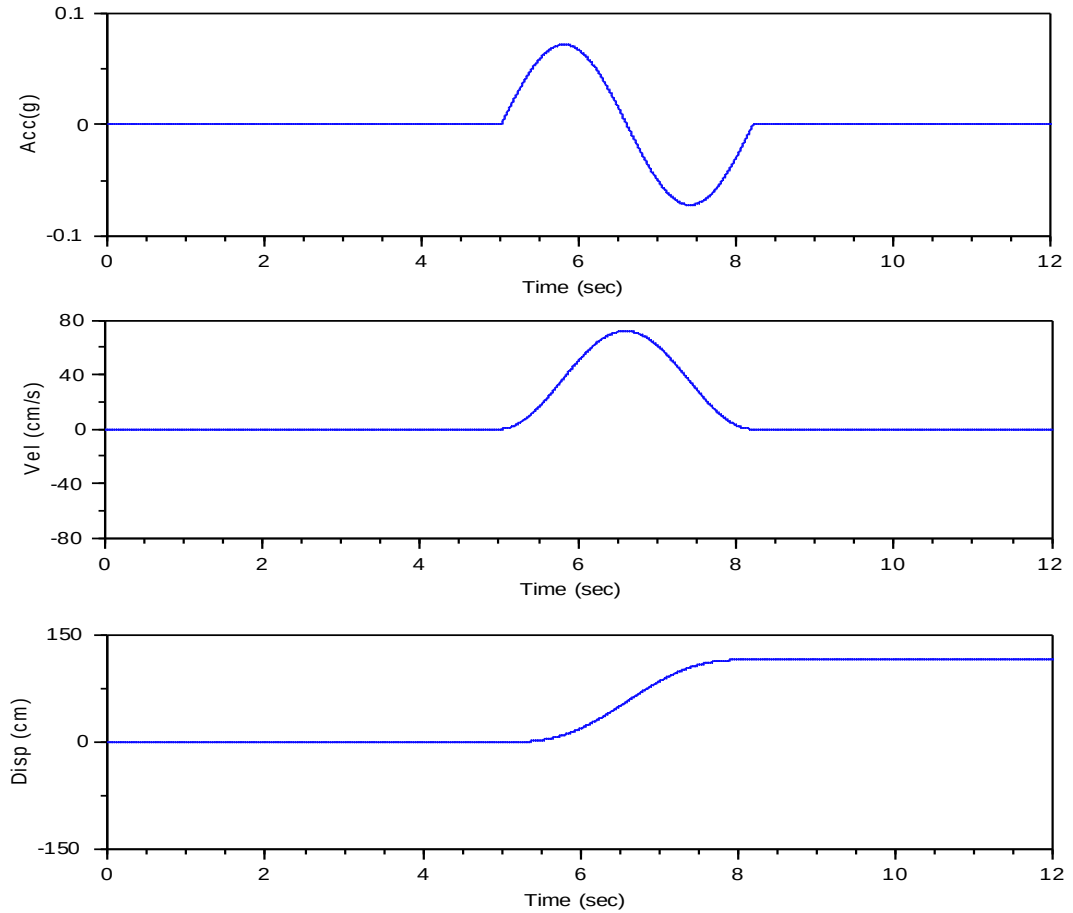
Doğrultu etkisi genel olarak faya yakın ama episentr'a uzak olan bölgelerde görülür. Kırılmanın bölgeye doğru olması, ileriye doğrultu etkisinde, uzun periyotlu yer hareketinin genliği büyür. Kırılmanın bölgeden başlaması, geriye doğrultu etkisi, sonucunda ise uzun periyotlu yer hareketinin genliği azalır.

Yakın fay etkisinin etkili olduğu yer hareketleri (Örneğin 1999 Kocaeli ve Chi-Chi depremleri) incelendiğinde bu depremlerin zeminde kalıcı yerdeğiştirmeler oluşturduğu gözlenir. Bu kalıcı yerdeğiştirmeler savrulma etkisi olarak tanımlanır. (Şekil 3.1)

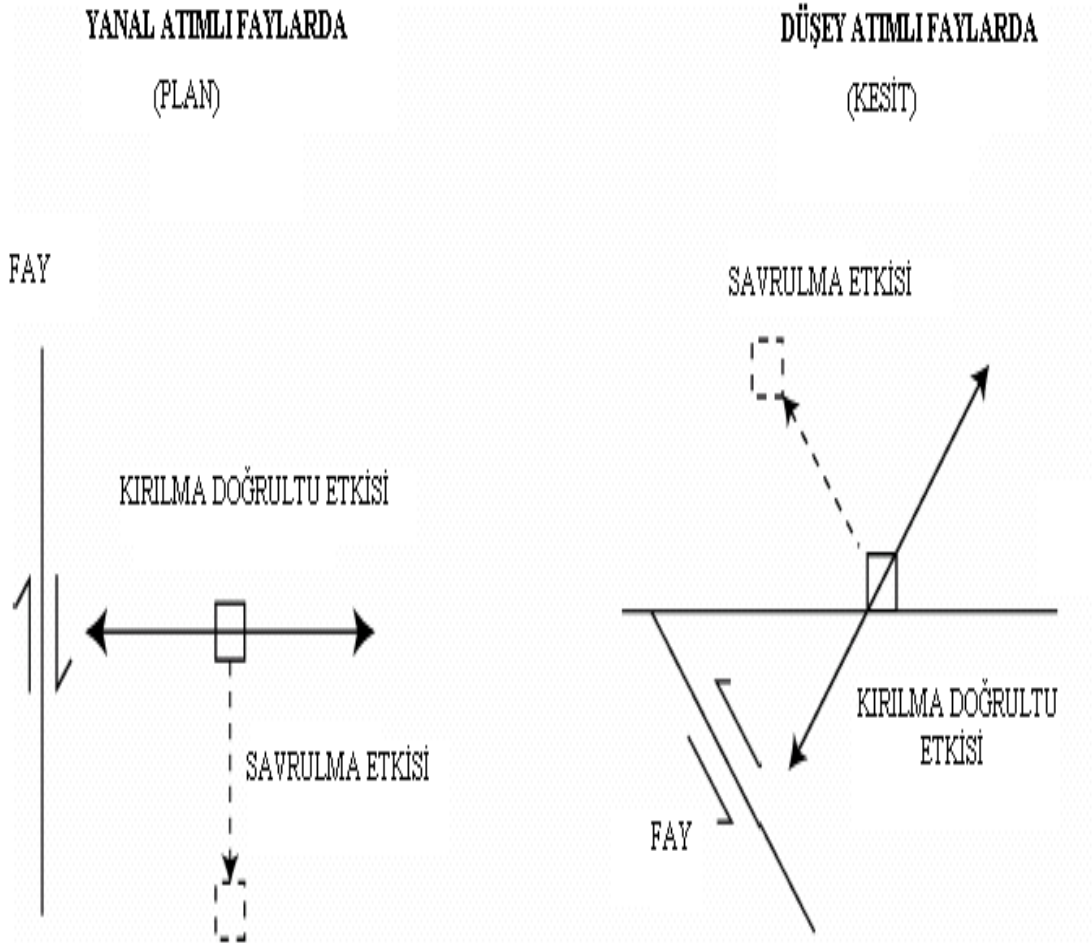
Savrulma etkisi episentr’den bağımsız olarak faya yakın bölgelerde gözlenir. Savrulma etkisinin oluşmasında aşağıdaki parametreler etkili olur.

- Savrulma Genliği : Geodetik datalardan elde edilir.
- Savrulma Periyodu : Kuvvetli yer hareketi datasından elde edilir.
- Savrulmanın Varış Zamanı : Numerik modellerden ve Savrulmanın oluşma zamanı ve S dalgalarının geliş zamanı arasındaki zaman farkından elde edilir.

Yanal atımlı faylarda, doğrultu darbesi fayın normal bileşeni yönünde etkisini gösterirken savrulma fayın paralel bileşeni yönünde etkisini gösterir. Düşey atımlı faylarda ise doğrultu darbesi ve savrulma etkisi fayın normal bileşeni yönünde etkisini gösterir.



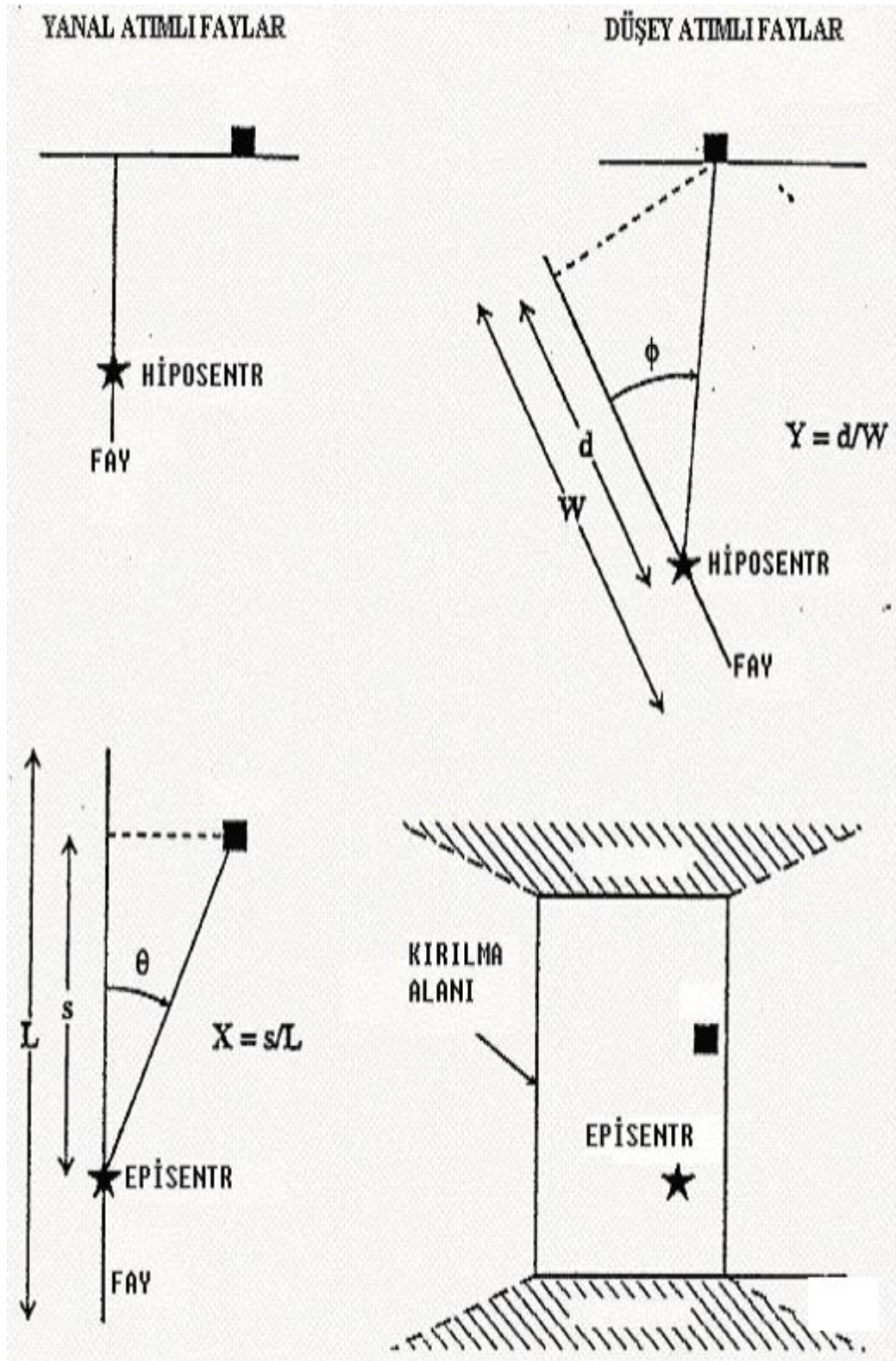
Şekil 3.1 Savrulma Etkisinin temsili modeli



Şekil3.2 Düşey ve yanal atımlı faylarda doğrultu ve savrulma etkilerinin oluşumu

Doğrultu etkisinin oluşmasında etkili olan parametreler; fayın kırılma yönüyle deprem dalgalarının ilerleme yönü arasındaki açı θ , Φ (θ yanal atımlı faylarda, Φ düşey atımlı faylarda) ve fayın kırılma yüzeyiyle hiposentr arasındaki mesafenin yüzeye olan mesafeye oranı X , Y (X yanal atımlı faylarda, Y düşey atımlı faylarda) olarak sıralanabilir. θ , Φ açıları küçüldükçe doğrultu etkisinin oluşma riski artarken X ve Y oranları büyüdükçe doğrultu etkisinin oluşma riski artar.(Şekil 3.3) [12]

1999 Kocaeli ve Chi-Chi depremlerinde doğrultu ve savrulma etkileri aşikar bir şekilde görülmüştür. 1999 Tayvan Chi-Chi depreminde Chilungpu fayının kuzeyinde savrulma etkisinden dolayı 300 cm/s ‘i bulan büyük hızlar kaydedilmiştir. Aynı kayıta savrulma etkisi göz önüne alınmaz ve geçici yerdeğiştirmeler baz alınırsa hızın 90 cm/s’ler civarında olacağı görülmüştür.



Şekil 3.3 Doğrultu etkisinin oluşmasında etkili olan parametreler

Yakın fay etkilerinin oluşturduğu bu ciddi etkiler göz önüne alınarak Uniform Building Code (UBC-1997)’de bu bölgeler içerisinde inşa edilecek yapılar için kullanılmak üzere belli katsayılar belirlenmiştir. Bu katsayılar kısa periyot faktörü (N_a) ve orta periyot faktörü (N_v)’dır. Bu katsayılar, yapının faya olan uzaklığı ve fayın oluşturabileceği maksimum büyüklükteki depremler ve atımları göz önüne alınarak belirlenir. (Tablo 3.1)

Yakın kaynak deprem yer hareketleri uzak mesafede alınan kayıtların tipik görüntüsüne sahip değildirler. Uzak kaynaklardan gelen dalga katarlarının yol açtığı kayıtlar belirli frekanslar arasında zengin bileşenleri olan, modüle edilmiş gelişigüzel süreçler ile yeterince temsil edilen kayıtlardır. Ancak yakın kaynak deprem yer hareketi kayıtlarının hepsinin ivmeleri oldukça büyük genlikte, düşük frekanslı ‘darbe’ (pulse) ihtiva etmektedir. Bu darbeler hız ve yerdeğiştirme eğrilerinde daha büyük olarak ortaya çıkmaktadır. (Şekil 3.4) (Şekil 3.5)

Kuvvetli yer hareketi sismolojisinde yakın alan kayıtları için dalga yerdeğiştirmesinin geçerli olduğu ileri sürülmektedir. Ayrıca bu tür ivme kayıtlarının entegrasyonu şimdiye kadar geliştirilmiş usullere göre yapılmamaktadır.

Alındığı tarihten bu yana bütün dünyada deprem dizaynı için kullanılan en meşhur kayıt olan El Centro’nun pik yerdeğiştirmesi Northridge depremindeki muhtelif kayıtlara göre 6-25 defa daha küçüktür. [13]

Alışılmış depreme dayanıklı dayanıklı yapı dizayn felsefesi, binaların belirli kuvvetlere maruz kaldığı düşüncesinden hareketle, aslında gerçek elastik kuvvetlere oranla büyük ölçüde azaltılmış kuvvetlere göre boyutlandırma yapılmasını şart koşar. Sistemin bu kuvvetleri karşılarken gereken düktilite ve enerji yokedebilme kapasitesi ise detaylandırmaya ilişkin hükümlerle sağlanır. Yapıların çalışmada yakın kaynak deprem yer hareketi etkisindeki bölgelerdeki yapıların dizaynında, deprem spektrumlarının kullanılmasının yeterli olmadığı belirtilmektedir. Gözlemler en büyük düktilite talebinin zemin katta belirlediğini göstermektedir. Ardışık ortalama katarası yerdeğiştirme talepleri özellikle yakın mesafeli depremler için kritik olmaktadır. Bu talebi gösteren spektrum yerdeğiştirme olarak adlandırılmakta, bu bilginin davranış spektrumu tarafından sağlanan bilgiyi tamamlamak üzere dizaynda kullanılması teklif edilmektedir. [13]

Tablo 3.1 UBC-1997’de yakın fay etkisinin oluşabileceği bölgelerde kullanılan katsayılar

a) Kısa periyot faktörü (Na)

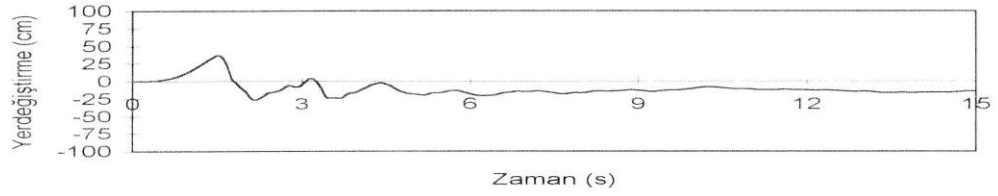
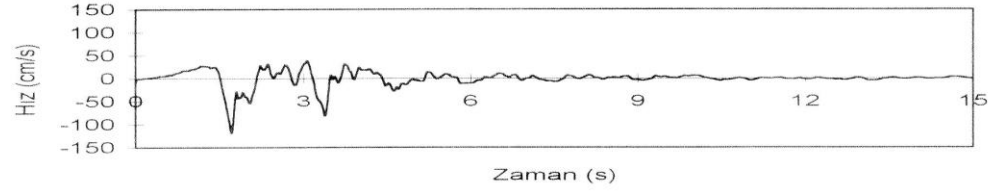
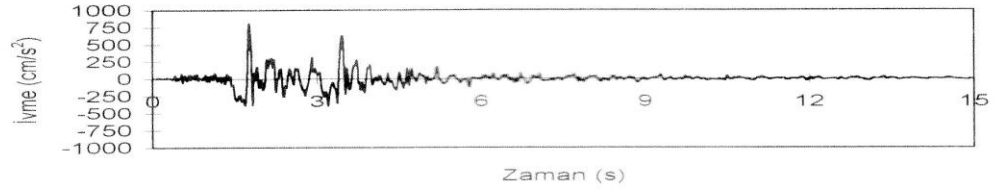
Sismik Kaynak Tipi	Sismik Kaynağa Uzaklık		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

b) Orta periyot faktörü (Nv)

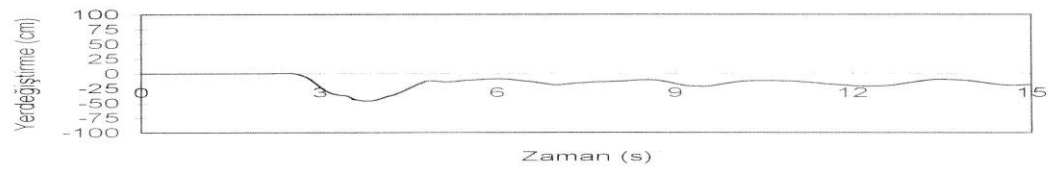
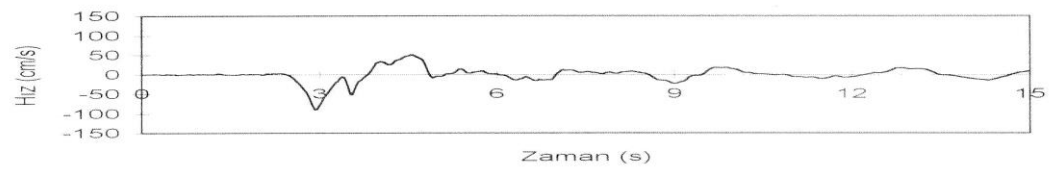
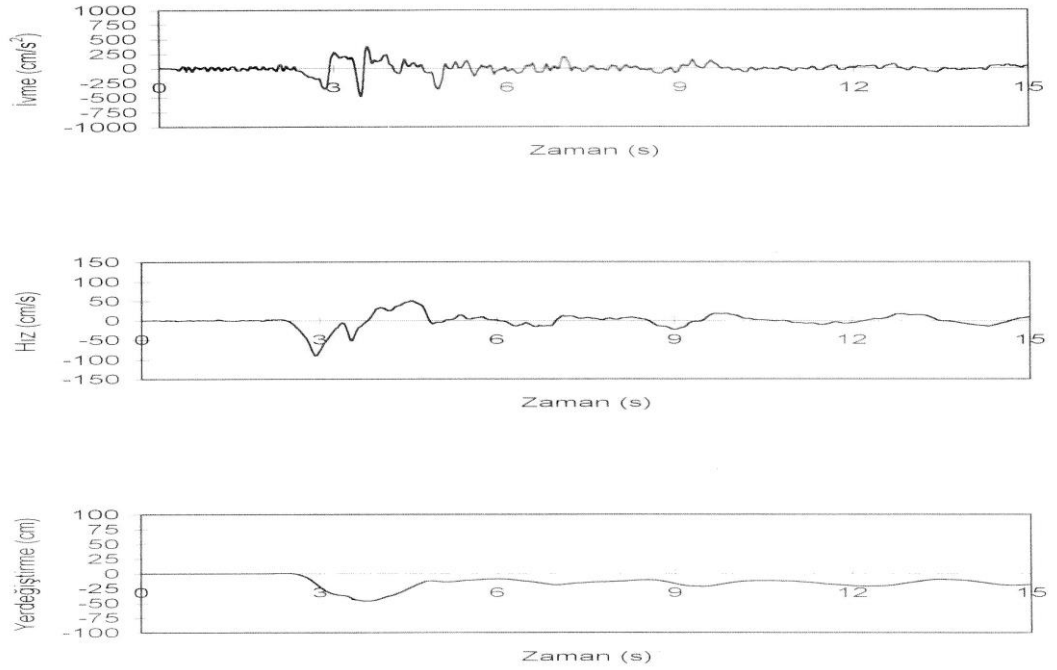
Sismik Kaynak Tipi	Sismik Kaynağa Uzaklık			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.5	1.2	1.0	1.0
B	1.3	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

c) Sismik Kaynak Tiplerinin Tanımlanması

Sismik Kaynak Tipi	Tanımlama	Sismik Kaynağın Tanımlanması	
		Maksimum Moment Büyüklüğü, m	Yıllık Atım Miktarı, s (mm/yıl)
A	Büyük Magnitütte Deprem Üretebilen Ve Yüksek Sismik Aktiviteye sahip faylar	$m \geq 7.0$	$s \geq 5$
B	A ve C sınıfına Girmeyen tüm faylar	$m \geq 7.0$ $m < 7.0$ $m \geq 6.5$	$s > 5$ $s > 2$ $s < 2$
C	Büyük Magnitütte Deprem Üretemeyen Ve Düşük Sismik Aktiviteye Sahip faylar	$m < 6.5$	$s \leq 2$



Şekil 3.4 1994 Northridge depremi Sylmar istasyonuna ait kayıt

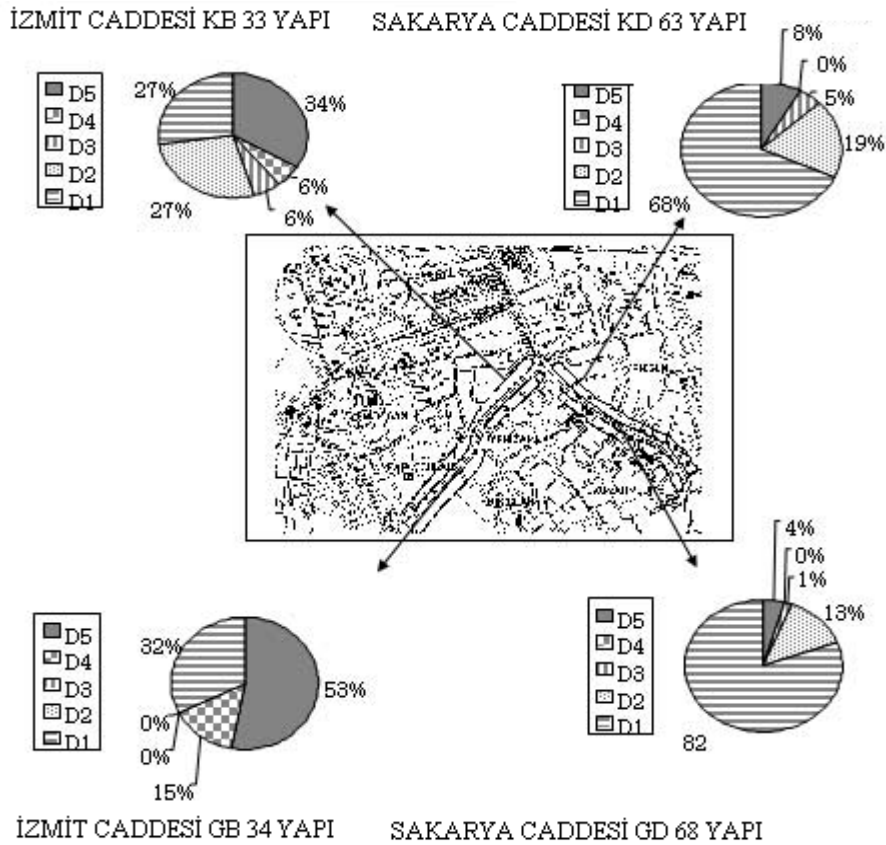


Şekil 3.5 1992 Erzincan depremi Meteoroloji istasyonuna ait kayıt

3.2 Adapazarı'nda yakın fay etkileri ve meydana gelen hasarlardaki rolü

Yakın fay etkilerinden olan doğrultu ve savrulma etkileri 1999 Kocaeli depreminde Adapazarı'nda aşikar bir şekilde oluşmuştur. Adapazarı'ndaki yapılarda doğrultu etkisinin en bariz görüldüğü yerler İzmit ve Sakarya caddeleridir.

Yakın fay etkilerinin çoğunlukla fayın normal bileşeninde etkili olduğu daha önceki kısımlarda belirtilmişti. 1999 Kocaeli depreminde bölgede kırılan fayın normal bileşeni İzmit caddesine paralel yönde, Sakarya caddesine ise dik yöndedir. Şekil 3.6'da da görüldüğü gibi İzmit caddesindeki 67 yapının, (33 KB, 34 GB) KB yönündekilerin % 40'ı, GB yönündekilerin ise % 68'i göçmüştür. Sakarya caddesindeki 131 yapının, (63 KD, 68 GD) KD yönündekilerin % 8'i, GD yönündekilerin ise % 4'ünde göçme meydana gelmiştir. [14]



Şekil 3.6 Sakarya ve İzmit caddelerindeki hasar oranları

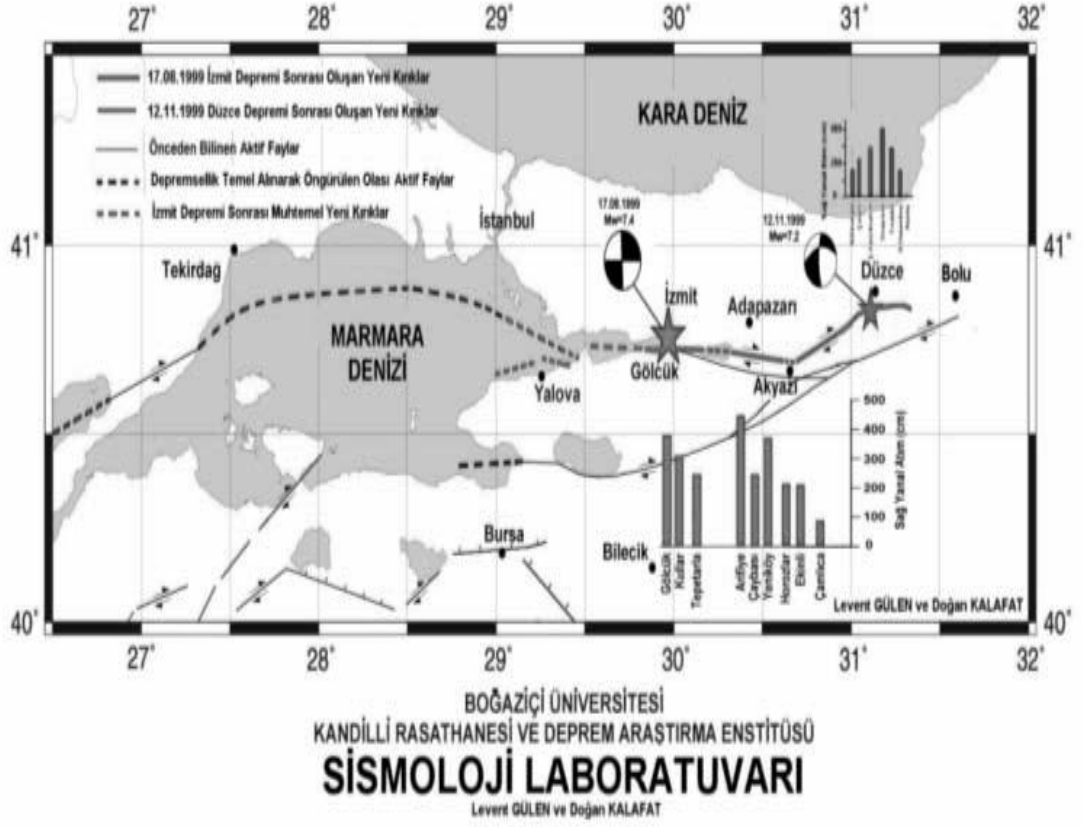
İzmit caddesindeki yapılar incelendiğinde yapıların büyük çoğunluğunun bitişik nizam inşa edildiği ve yapıların kısa yönlerinin (Yapının uzun yönüne nazaran etkili kesme alanının daha az olduğu yön) fayın normal bileşeni yönünde olduğu görülmüştür. Bu da yapıların kısa yönünde çok büyük deprem yüklerine maruz kaldığını ve göçmelerde bu etkinin çok büyük bir rol aldığını göstermektedir.



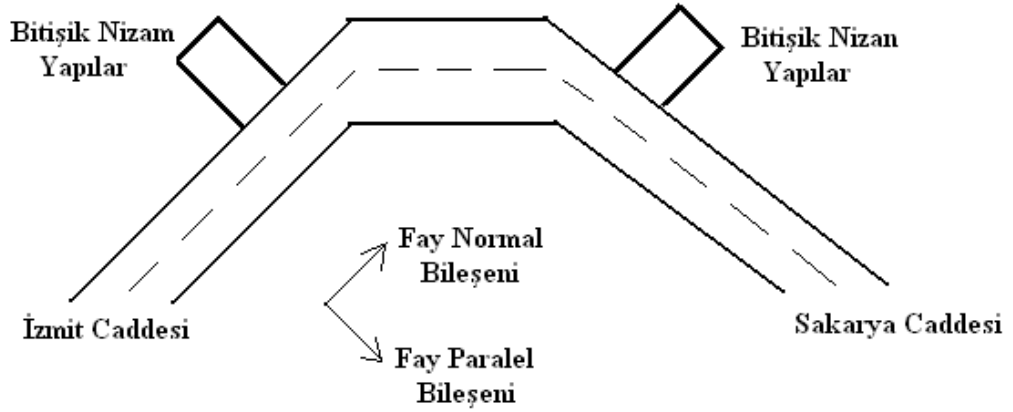
Şekil 3.7 Deprem sonrası İzmit caddesinin genel görünümü

Adapazarı'ndaki cami minarelerinin göçme yönlerinin incelendiği çalışmada minarelerin büyük çoğunluğunun fayın normal bileşeni yönünde göçtüğü ve ayakta kalanlarda ise meydana gelen çatlakların çoğunluğunun yine bu yönde olduğu görülmüştür. Bu da yakın fay etkilerinden doğrultu etkilerinin önemini ciddi manada göstermektedir. (Şekil 3.9, Şekil 3.10)

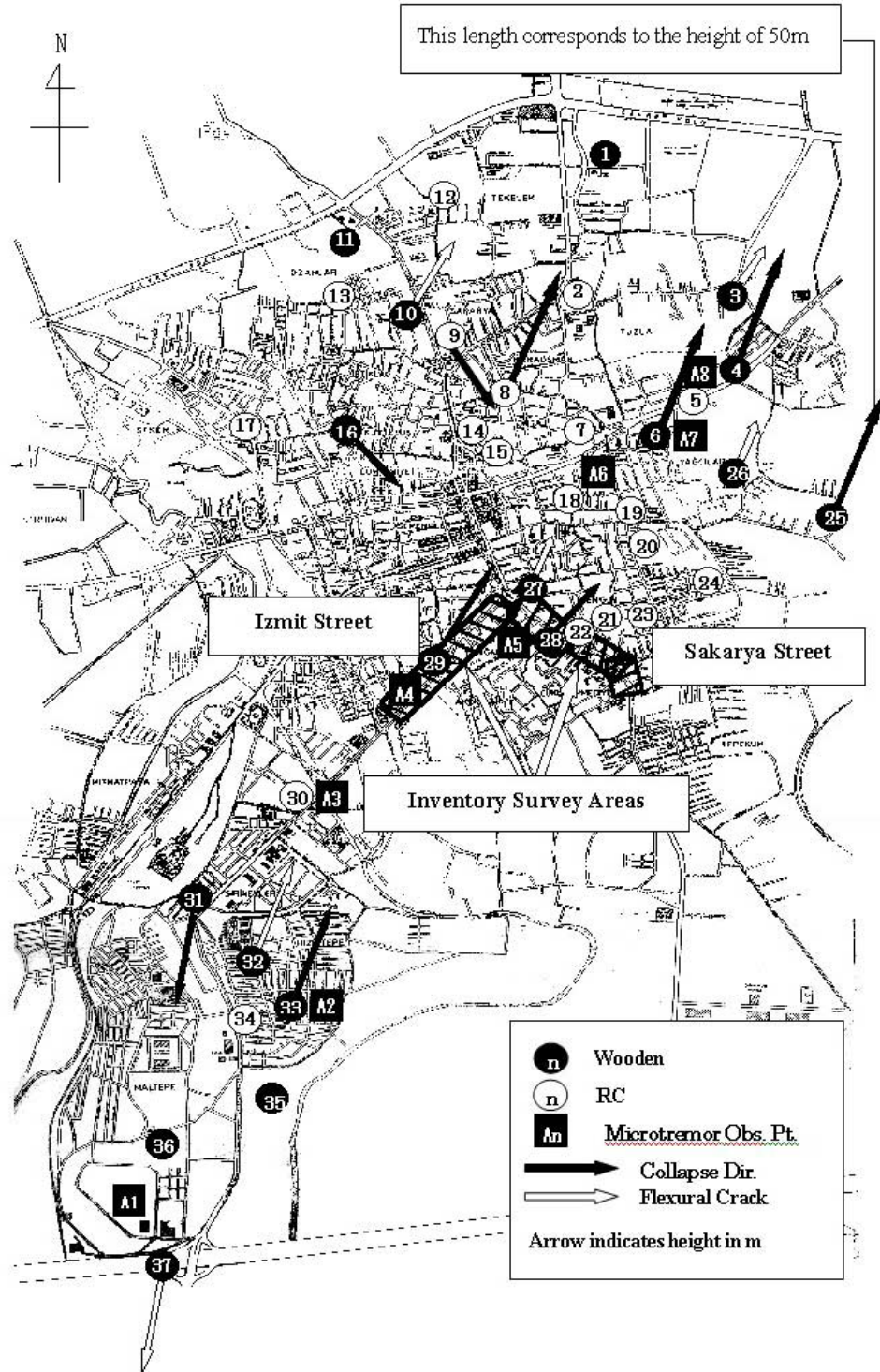
Daha önceki kısımda da belirtildiği üzere yanal atımlı faylarda savrulma etkisi fayın paralel yönünde görülmektedir. 1999 Kocaeli depreminde tüm deprem bölgelerinde ve özellikle Adapazarı'nda ciddi büyüklüklerde kalıcı yerdeğiştirmeler oluşmuştur. Adapazarı'nda 4.3 m civarlarında kalıcı yerdeğiştirmeler oluşmuştur. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8 Deprem bölgesinde bilinen ve deprem sonrası oluşan faylar



Şekil 3.9 İzmit ve Sakarya caddesinin genel durumları



Şekil 3.10 Adapazarı'ndaki cami minarelerinin yıkılma yönleri [14]

4. İNCELEME ALANI

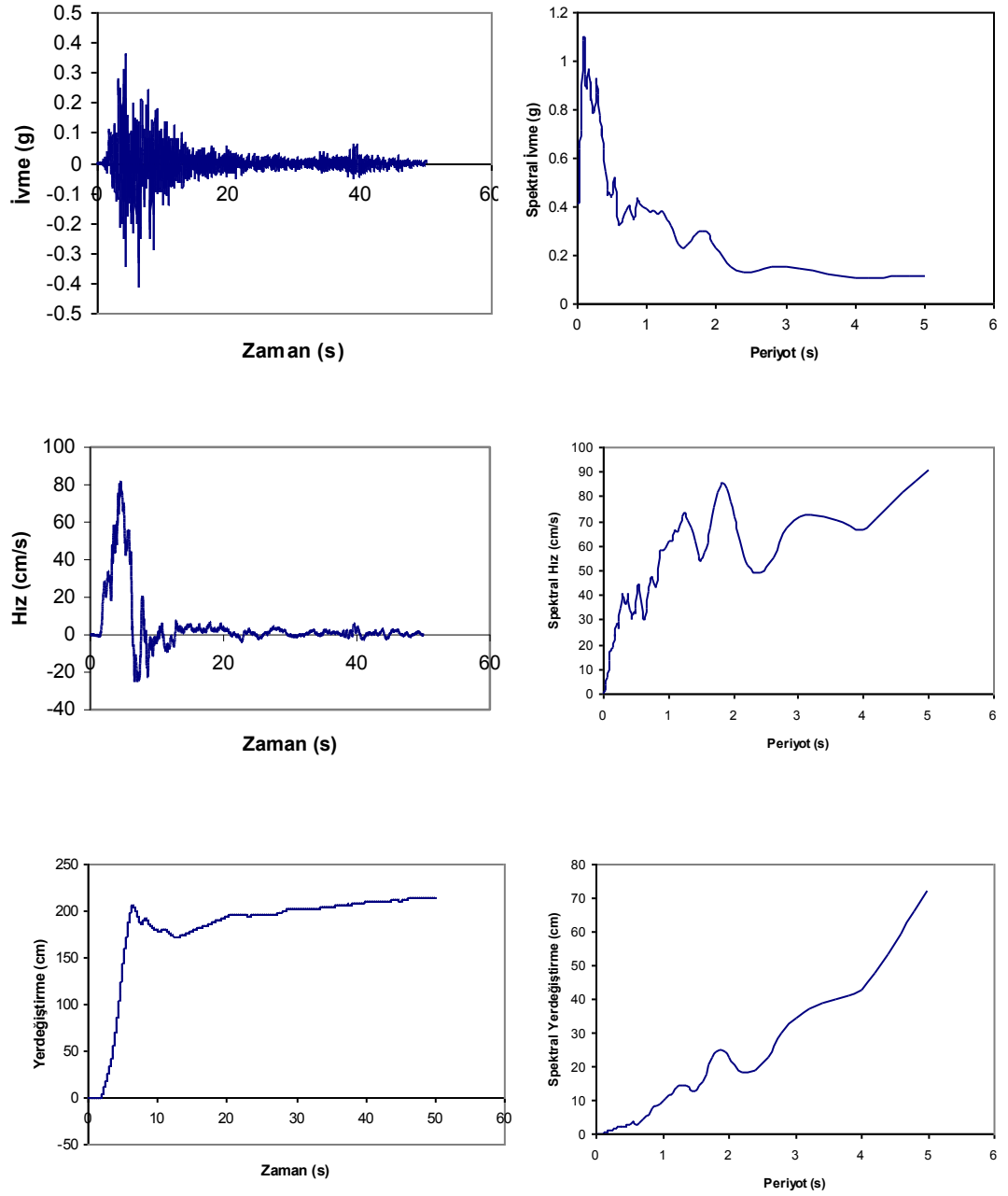
4.1 Giriş

1999 Kocaeli depremi sonrası Adapazarı'nda ciddi hasarlar meydana gelmiştir. Bu hasarlar şehrin belli bölgelerinde yüksek oranlarda iken belirli bölgelerde düşük oranlarda kalmıştır. Bu farklılıkların nedenlerini sadece yerel zemin koşullarının farklılığına bağlamak mümkün değildir. Zemin parametreleri ve yapım kaliteleri birbirine çok benzeyen bazı bölgelerde bile farklı yapı hasar oranları meydana gelmiştir. Bunun en bariz örneklerinden biri de Sakarya ve İzmit caddeleridir.

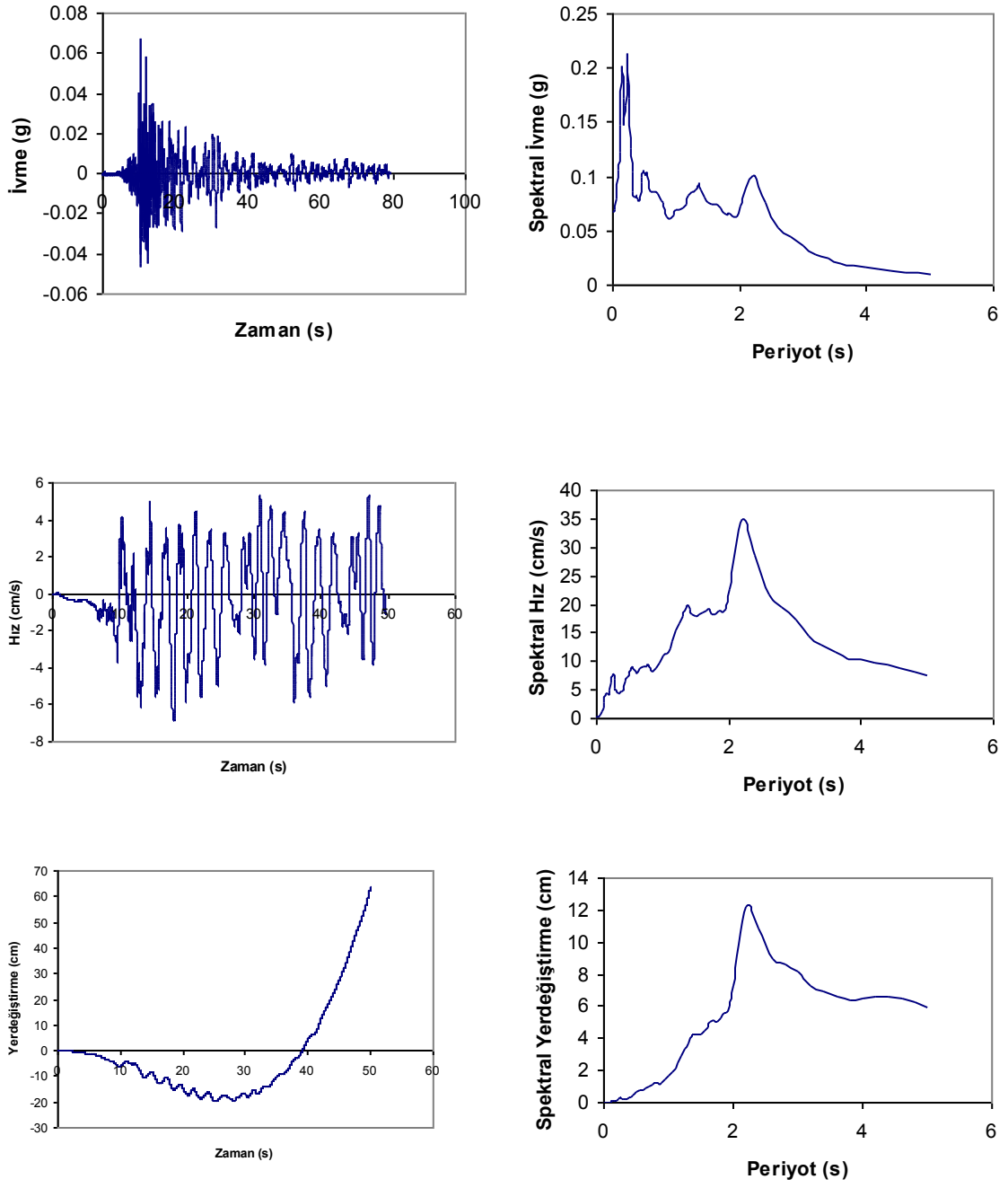
Sakarya ve İzmit caddelerinde meydana gelen hasarlar ve oranları bir önceki bölümde incelenmiştir. Sakarya caddesinde göçen yapılar %8 oranında iken bu oran İzmit caddesinde %53'ü bulmaktadır. Bu farklılığın en önemli nedeninin yakın fay etkilerinden olan kırılma doğrultu etkisinden kaynaklandığı düşüncesi bir önceki bölümde belirtilmişti. Bu iki cadde'nin bulunduğu bölgeyi incelemek ve birbiri ile karşılaştırmak amacı ile 8 sondaja ait zemin dataları kullanılmıştır.

8 ayrı zemin kesiti için elastik deprem spektrumları ve zemin büyütme grafikleri PROSHAKE programı kullanılarak elde edilmiştir. Bahsedilen spektrumların elde edilmesi amacıyla zemin etüt raporlarından elde edilen SPT değerleri enerji, sondaj çapı, çakma başlığındaki blok yastık, tij boyu, numune alıcındaki kılıf, çakma başlığı düzeltmelerine tabi tutulmuştur. Düzeltilmiş SPT değerleri kullanılarak Vs değerleri Seed ve Idriss (1982)'ye göre bulunmuş ve buradan da G_{max} tayin edilmiştir. [20]

Proshake programında 5 ayrı deprem kaydı kullanılmıştır. Bunlardan ilki 17 ağustos 1999 depremi Sakarya EW kaydıdır.(Şekil 4.1)

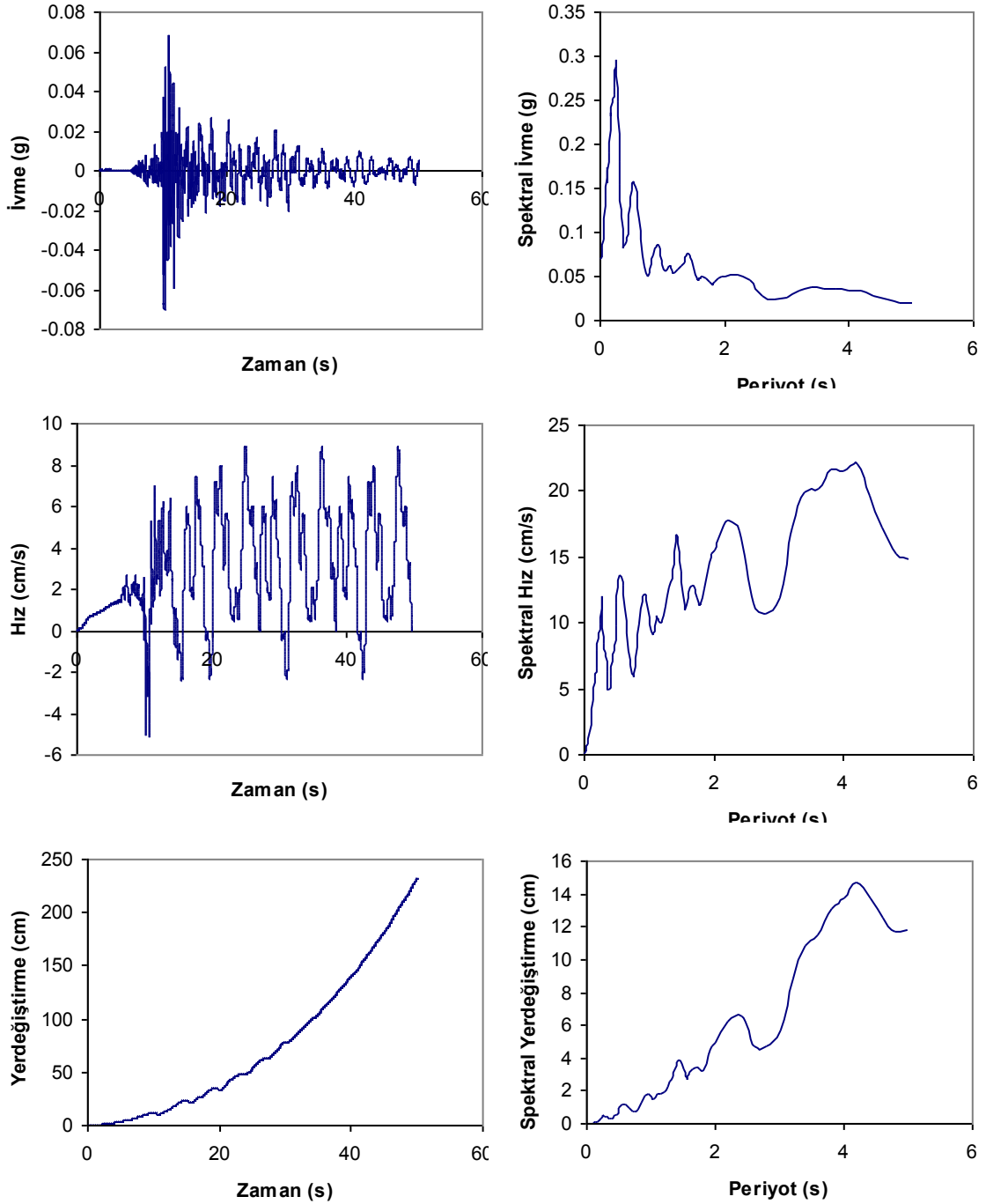


Şekil 4.1 1999 Sakarya EW deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar



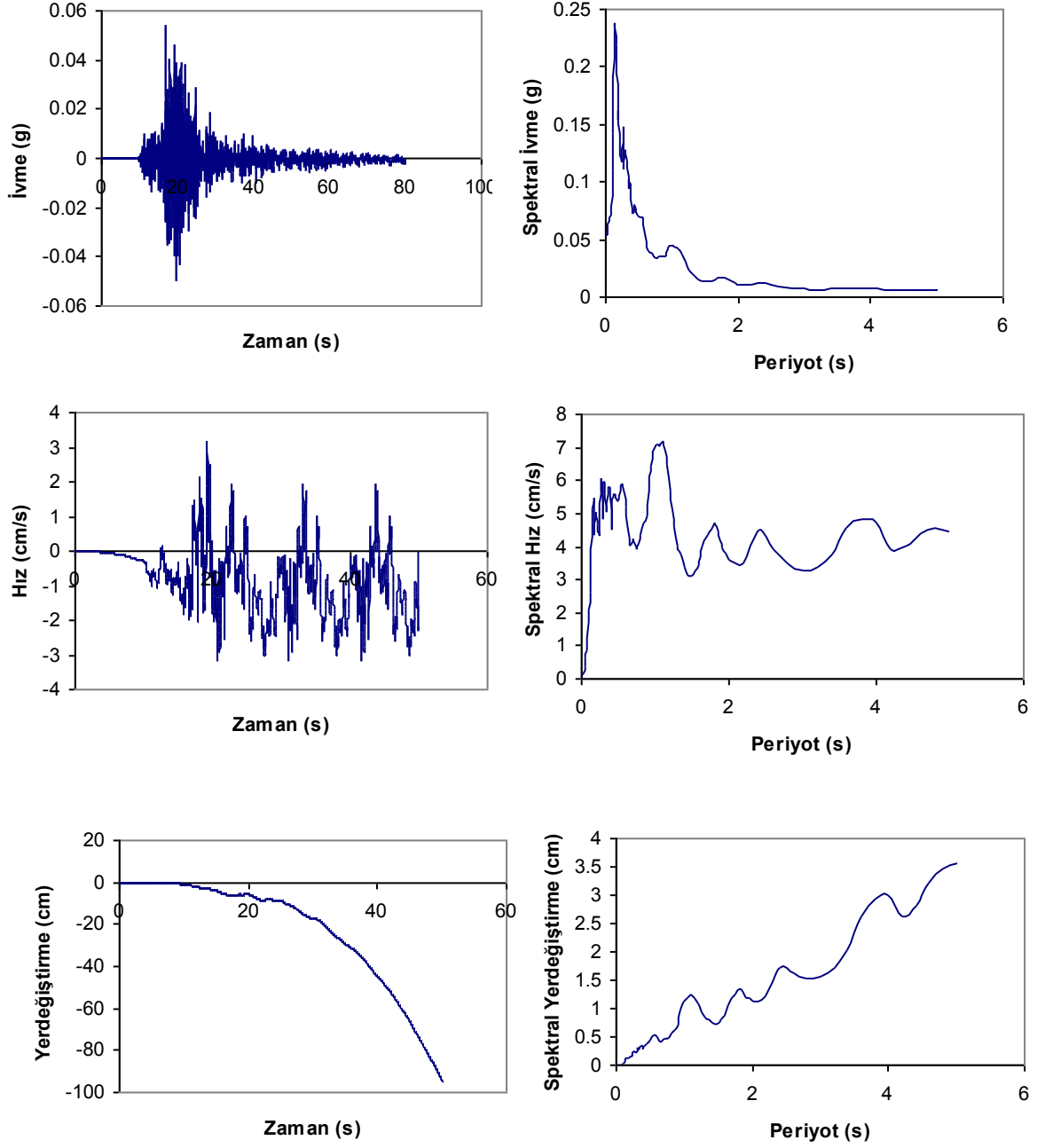
Şekil 4.2 Hastane EW deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar

Diğer kayıtlar ise 13 eylül 1999 tarihinde 40.77 K ve 30.10 B dış merkezinde, odak derinliği 19.6 km olan 5.8 büyüklüğünde meydana gelen artçı depreme ait kayıtlardır. Hastane kaydı olarak anılan ilk iki kayıt Adapazarı şehir merkezinde alüvyon zemin üzerinde alınmıştır, diğer iki kayıt ise Adapazarı'nda Bayındırlık müdürlüğünde alınmış ve İmar kaydı diye anılmıştır. (Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5)

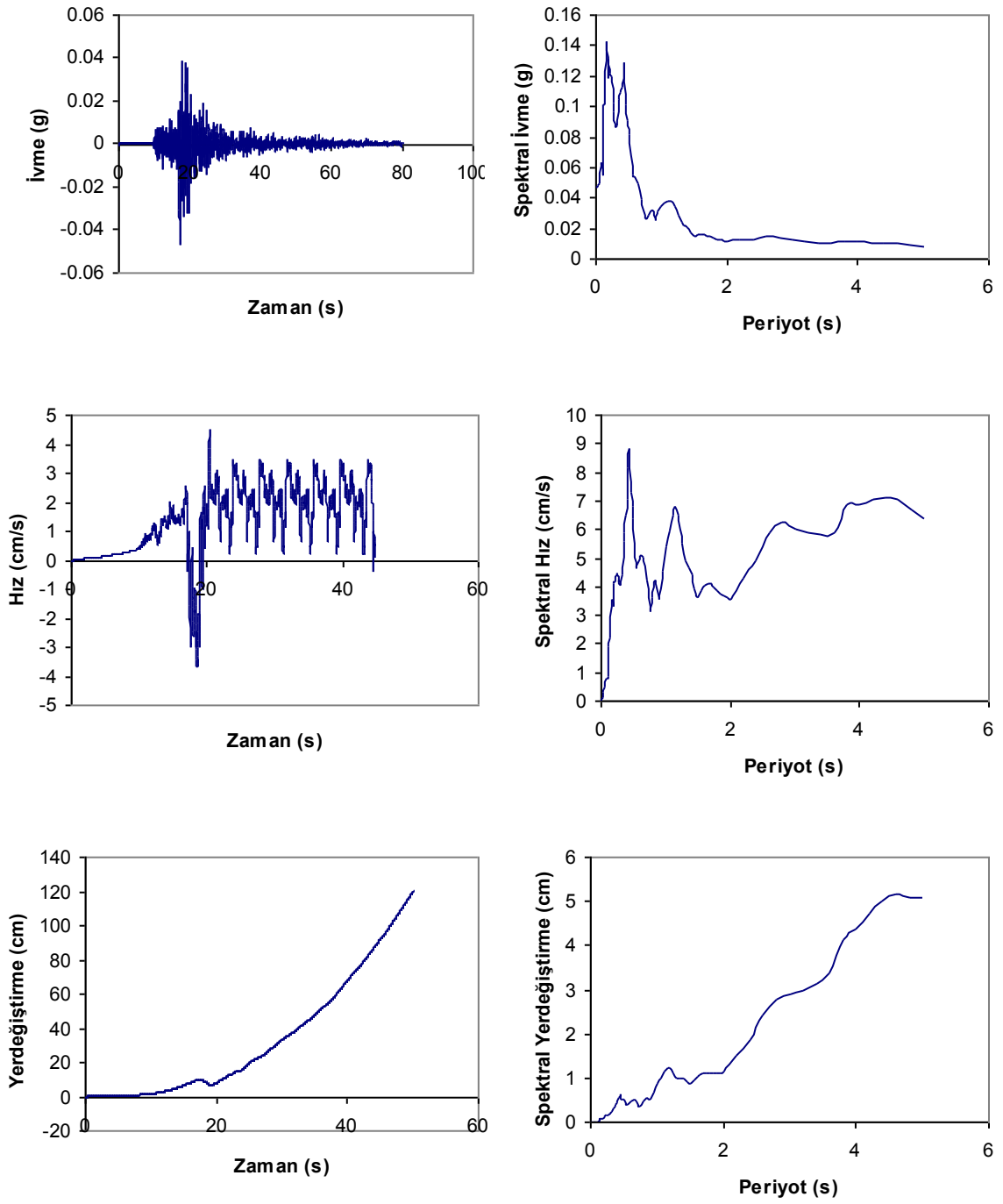


Şekil 4.3 Hastane NS deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar

Kullanılan kayıtlardan Sakarya kaydı çeşitli düzenlemelere tabi tutularak kullanılmıştır. Diğer kayıtlar da ise bakır kayıtlar kullanılmıştır.



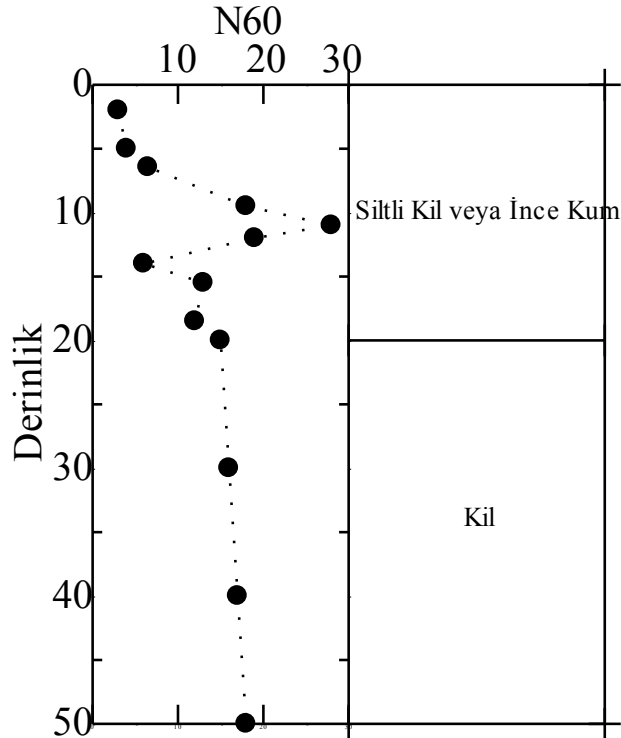
Şekil 4.4 İmar EW deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar



Şekil 4.5 İmar NS deprem kaydı ve bu kayda ait spektrumlar

Ayrıca oluşan depremin yapılar üzerindeki etkilerinin tespiti amacıyla Adapazarı'nda İzmit caddesi üzerinde, caddedeki diğer tüm yapılara benzer karakteristikteki, depremde göçmüş bir yapı tespit edilmiş ve bu yapıya ait tüm bilgiler ilgili kuruluşlardan temin edilmiştir. Seçilen yapının İzmit caddesi üzerinde seçilmesinin nedeni; bu caddede hasar oranının diğer bölgelere oranla yüksek olması ve ayrıca yakın fay etkilerinin bu caddede ciddi etkiler oluşturduğu düşüncesidir.

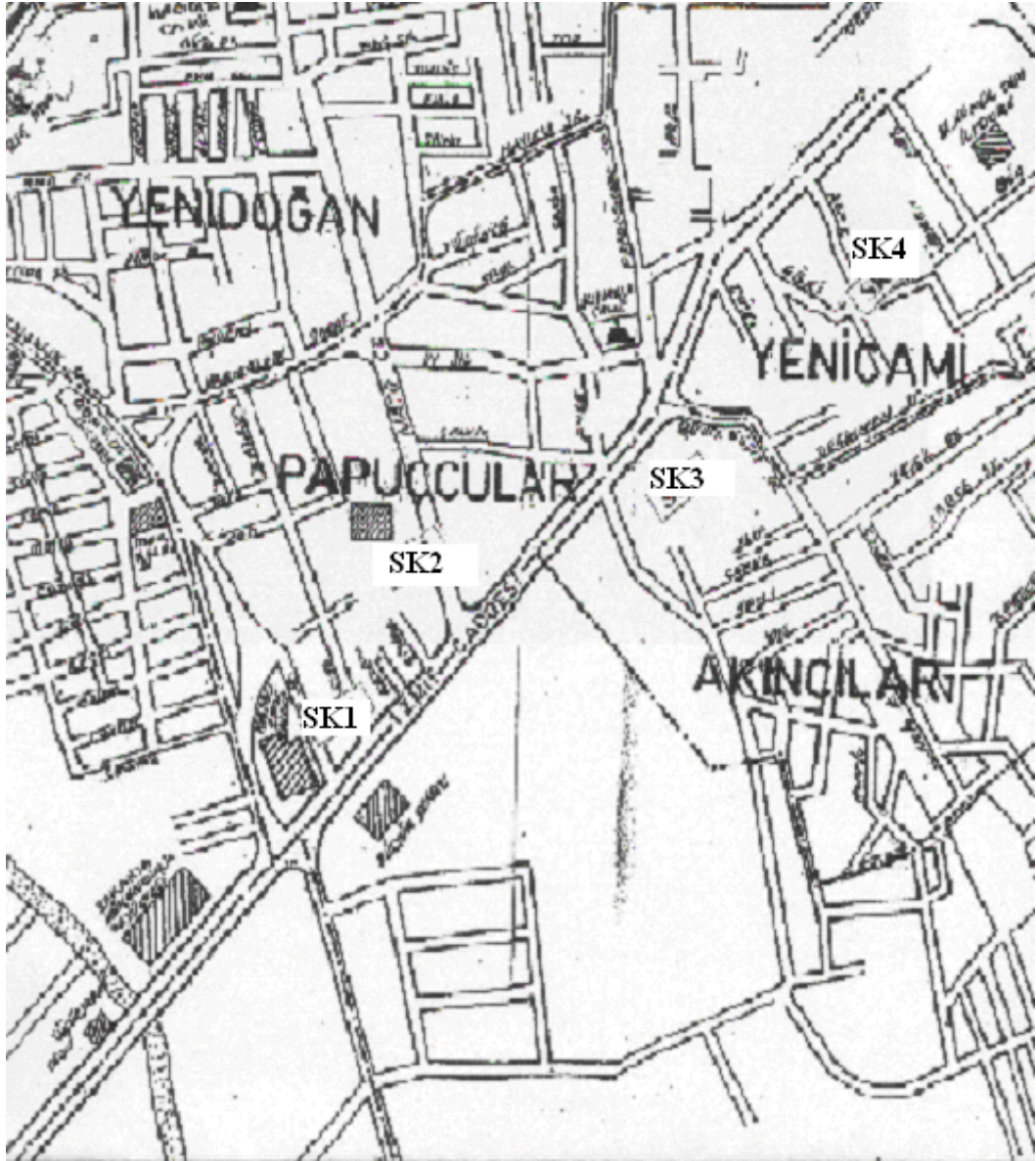
Ağır hasara uğrayarak göçmüş olan bu yapının dinamik davranışının belirlenmesi amacıyla yapı SAP2000 adlı bilgisayar programında modellenmiştir. Hesaplar yapılırken yukarıda bahsi geçen 5 ayrı deprem kaydı için X ve Y yönünde zaman tanım alanında çözüm yapılmış, ayrıca kıyas yapılması amacıyla Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte öngörülen deprem spektrumundaki 3. ve 4. zemin sınıfları için spektrum analizi yapılmıştır. Bu hesaplar sonucunda elde edilen yerdeğiştirmeler deprem yönetmeliğinde öngörülen sınırlamalarla kıyas edilip sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 4.6 Tipik Zemin Kesiti

4.2 İzmit Caddesi

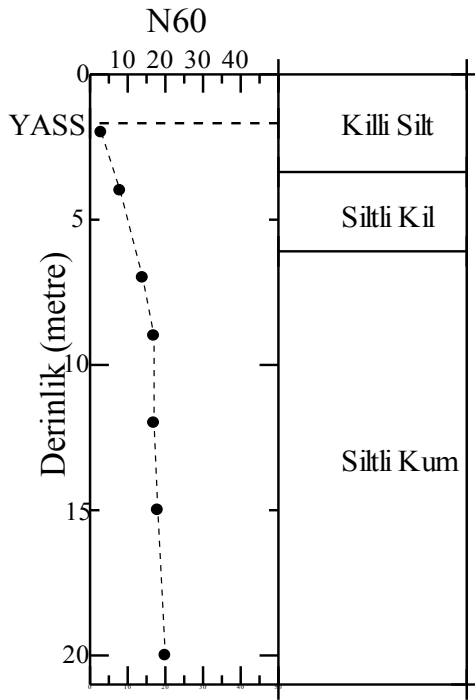
Bu caddede yerel zemin durumu ekseriyetle, üst kısımlarda düşük plastisiteli kil ve bu tabakanın altında da düşük plastisiteli silt veya siltli kumdan oluşmaktadır. Zemin kesitlerinde düşük plastisiteli kil, silt ve siltli kum tabakaları genellikle değişik kombinasyonlarda ardalı olarak yer almaktadır. YASS mevsimsel olarak yağış miktarına göre değişim göstermekte ve 1-2 m arasında değişmektedir. Şekil 4.4'te bölge haritası ve sondaj kuyularının yerleri görülmektedir.



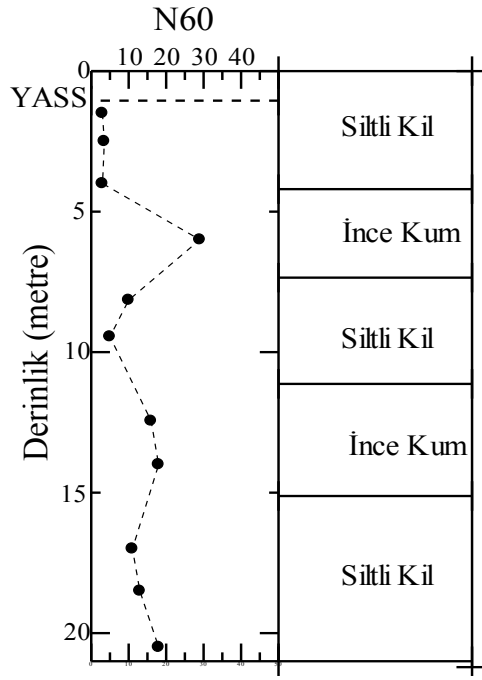
Şekil 4.7 İzmit caddesinin genel görünümü ve sondaj kuyularının yerleri

4.2.1 Yerel Zemin Koşulları

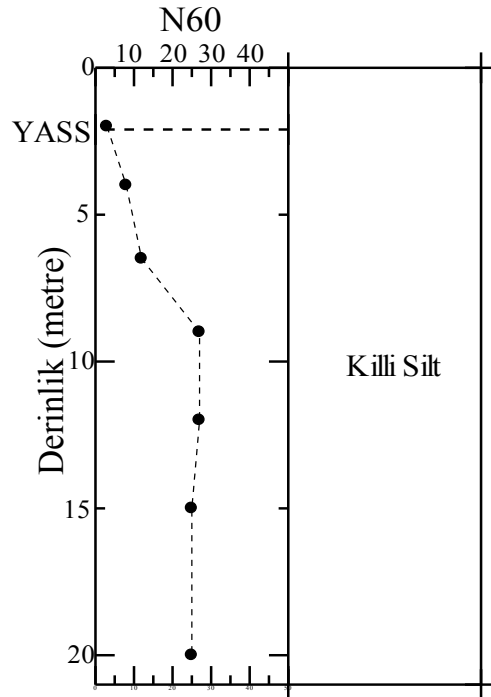
İzmit caddesinde 4 ayrı zemin sondaj'ı elde edilmiştir. Bu zemin sondajları SK1, SK2, SK3, SK4 olarak adlandırılmış ve sondaj yerleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Ayrıca bu zemin sondajlarına ait zemin kesitleri Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8'de görülmektedir. Bu zemin sondajlarından elde edilen arazide ölçülen vuruş sayıları tokmak enerjisi, jeolojik yük ve sonuçları etkileyen çeşitli diğer faktörler için düzeltme yapılmıştır. Çalışmada, ülkemizde uygulanan SPT-N düzeltme faktörlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan çıkan sonuçlar kullanılmıştır. [15]



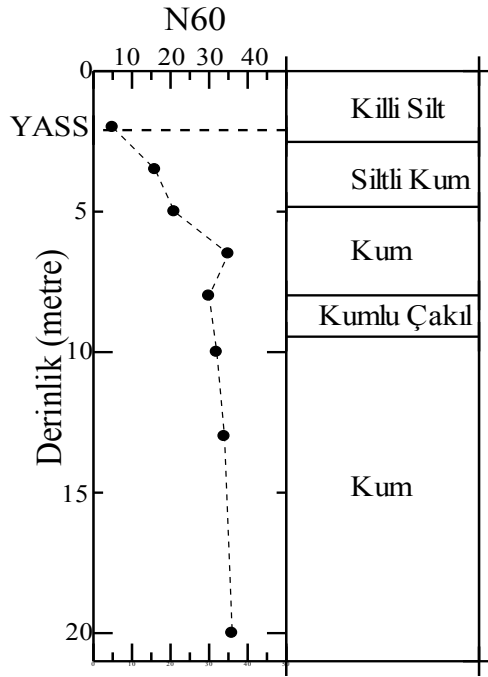
Şekil 4.8 SK1'e ait zemin kesiti



Şekil 4.9 SK2'ye ait zemin kesiti



Şekil 4.10 SK3'e ait zemin kesiti



Şekil 4.11 SK4'e ait zemin kesiti

Enerji Düzeltmesi

Ce = 0.75 Halka tipi ağırlık ve iki sarımlı ağırlık

Sondaj Çapı

Cb = 1.00 Kuyu çapları 65-115 mm arasında

Çakma Başlığındaki Blok Yastık

Cc = 1.00 Çakma başlığı üzerinde yastık kullanılmaması

Tij Boyu

Cr = 0.75-0.85-0.95-1.00 Tij boyu

Tablo 4.1 Tij boyu düzeltme değerleri

Tij Uzunluğu	Cr		
	Seed ve diğ. (1985)	Skempton (1986)	Youd ve Idriss(1997)
< 3 m	0.75	-	-
3 – 4 m	1.0	0.75	0.75
4 – 6 m	1.0	0.85	0.85
6 – 9 m	1.0	0.95	0.95
> 9 m	1.0	1.0	-
9 – 30 m	-	-	1.0
>30 m	-	-	< 1.0

Numune alıcındaki kılıf

Cs = 1.20 Alıcılar genelde kılıfsız

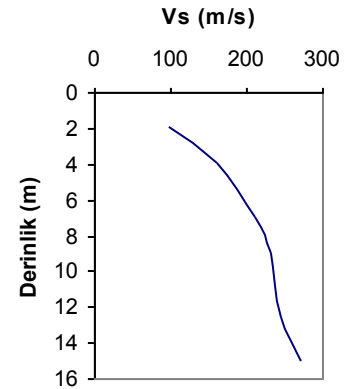
Çakma başlığı

Ca = 0.85 Çakma başlığı genelde küçük boyutta

Yukarıda görülen düzeltme katsayıları kullanılarak düzeltilmiş SPT değerleri $N_{60} = N_{30} \times C_e \times C_b \times C_c \times C_r \times C_s \times C_a$ olarak elde edilmiştir. Elde edilen N60 değerleri kullanılarak dinamik zemin parametreleri bulunmuştur. Dinamik zemin parametrelerinden Vs değerleri farklı araştırmacılara ait bağıntılar kullanılmış ve bunlardan Seed ve Idriss (1983) ait bağıntı esas alınarak Vs bulunmuş ve buradan da Gmax değerine geçilmiştir. (Tablo 4.2, 4.3, 4.4, 4.5) [15]

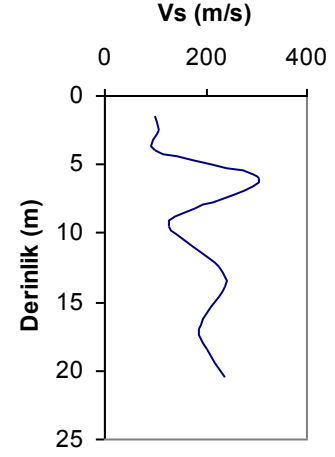
Tablo 4.2 İzmit caddesinde SK1'e ait dinamik zemin parametreleri

SK1				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	Vs (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	3	97.69	17.51
UD	3.5			
SPT2	3.95	8	159.50	46.70
UD	6.5			
SPT3	6.95	14	211.00	81.71
SPT4	8.95	17	232.54	99.22
SPT5	12.5	19	245.85	110.89
SPT6	15	23	270.50	134.24



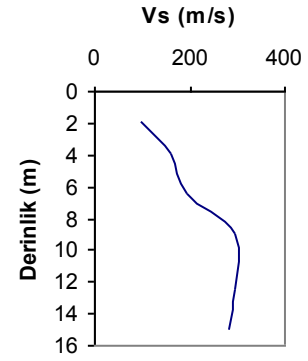
Tablo 4.3 İzmit caddesinde SK2'ye ait dinamik zemin parametreleri

SK2				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.45	3	97.69	17.51
SPT2	2.45	3.5	105.51	20.43
SPT3	3.95	3	97.69	17.51
SPT4	5.95	29	303.72	169.26
SPT5	8.15	10	178.35	58.36
SPT6	9.45	5	126.11	29.18
SPT7	12.45	16	225.6	93.38
SPT8	13.95	18	239.29	105.06
SPT9	16.95	11	187.05	64.20
SPT10	18.45	13	203.35	75.87
SPT11	20.45	18	239.25	105.06



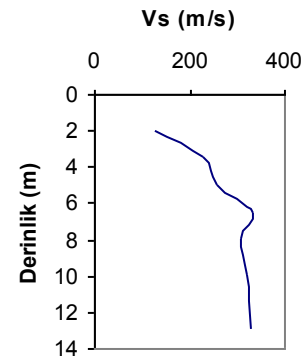
Tablo 4.4 İzmit caddesinde SK3'e ait dinamik zemin parametreleri

SK3				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	3	97.69	17.51
UD	3.5			
SPT2	3.95	8	159.52	46.69
SPT3	6.45	12	195.37	70.04
SPT4	8.95	27	293.05	157.59
SPT5	12.45	27	293.06	157.59
SPT6	14.95	25	282	145.91



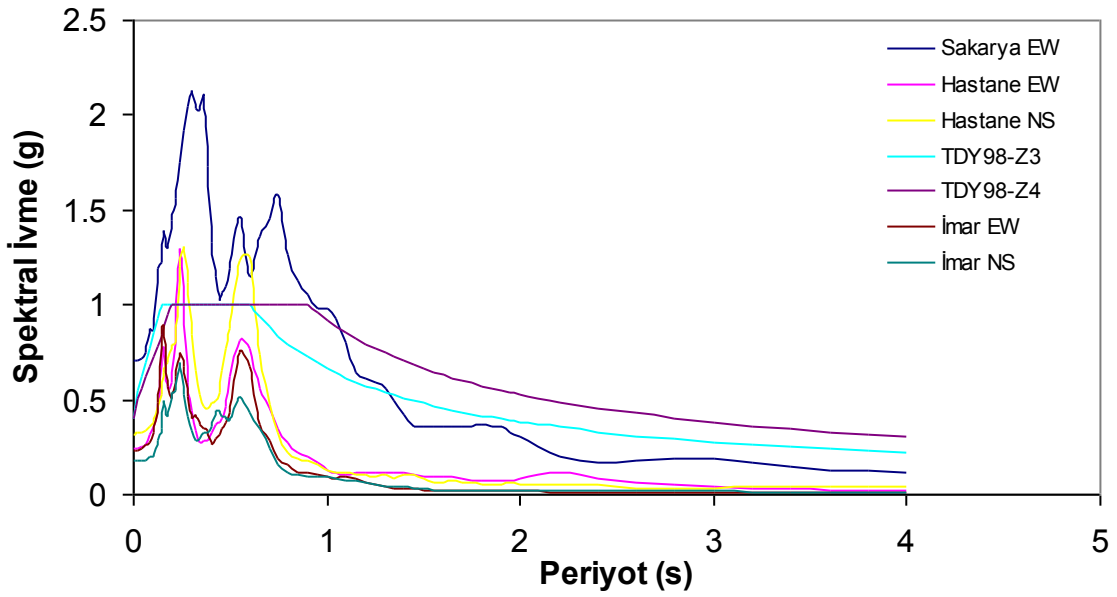
Tablo 4.5 İzmit caddesinde SK4'e ait dinamik zemin parametreleri

SK4				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	5	126.11	29.18
SPT2	3.45	16	225.60	93.39
SPT3	4.95	21	258.46	122.57
SPT4	6.45	35	333.67	204.28
SPT5	7.95	30	308.91	175.10
SPT6	9.95	32	319.05	186.77
SPT7	12.95	34	328.86	198.45

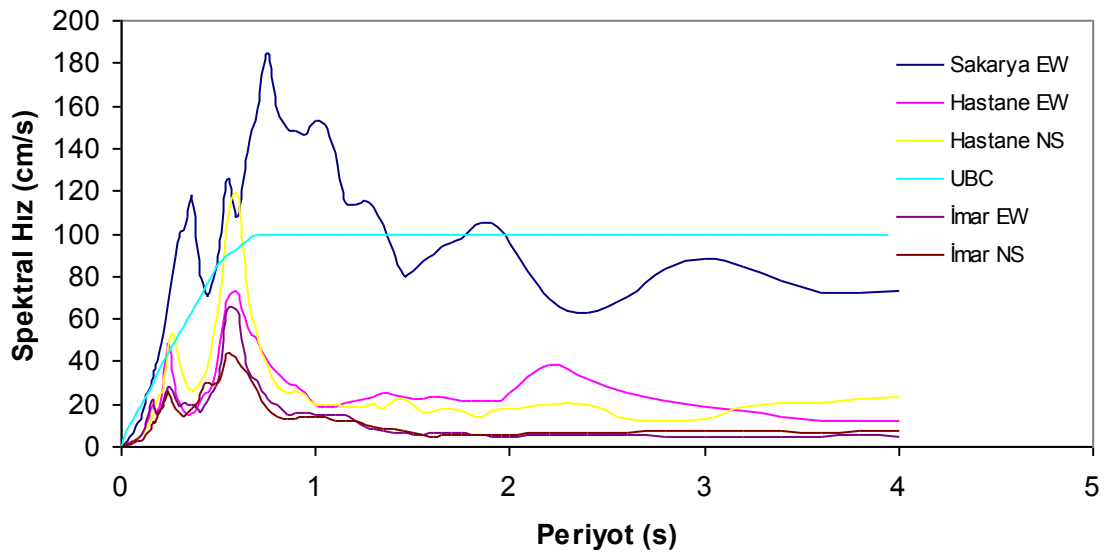


4.2.2 Deprem spektrumları ve zemin büyötmeleri

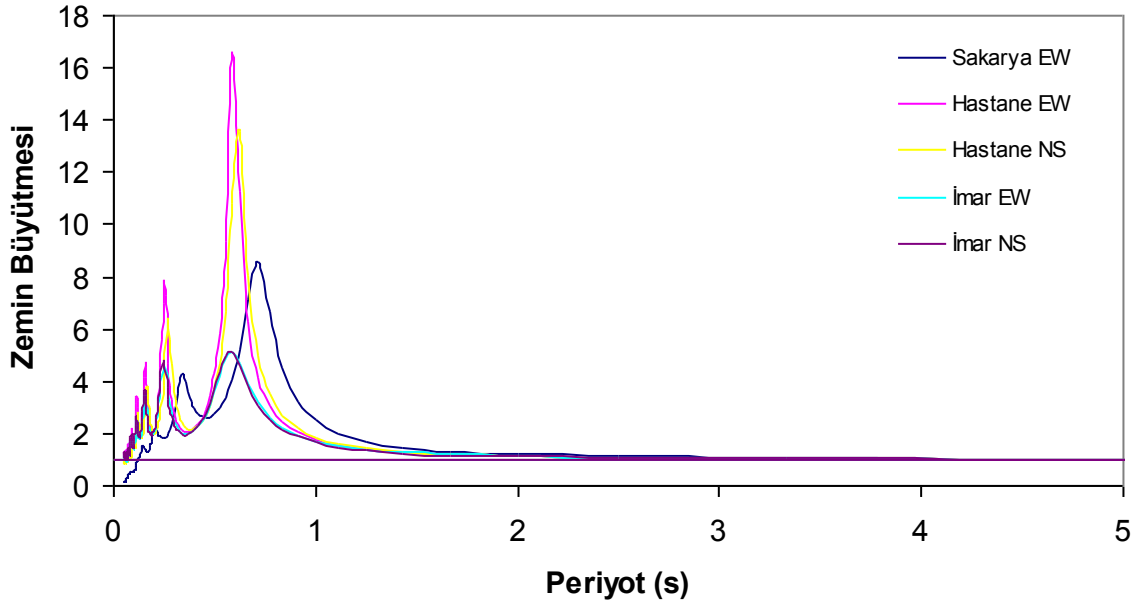
Çalışmanın bu aşamasında dört ayrı sondaj için elde edilen ivme ve hız spektrumları kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Ayrıca ivme spektrumları ABYYHY98'deki zemin sınıfı 3 ve 4 ile, hız spektrumları ise UBC'te öngörölen değerklerle karşılaştırılmıştır. Zemin büyötmek grafikleri ise farklı deprem kayıtları için karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.12 SK1'e ait ivme spektrumu

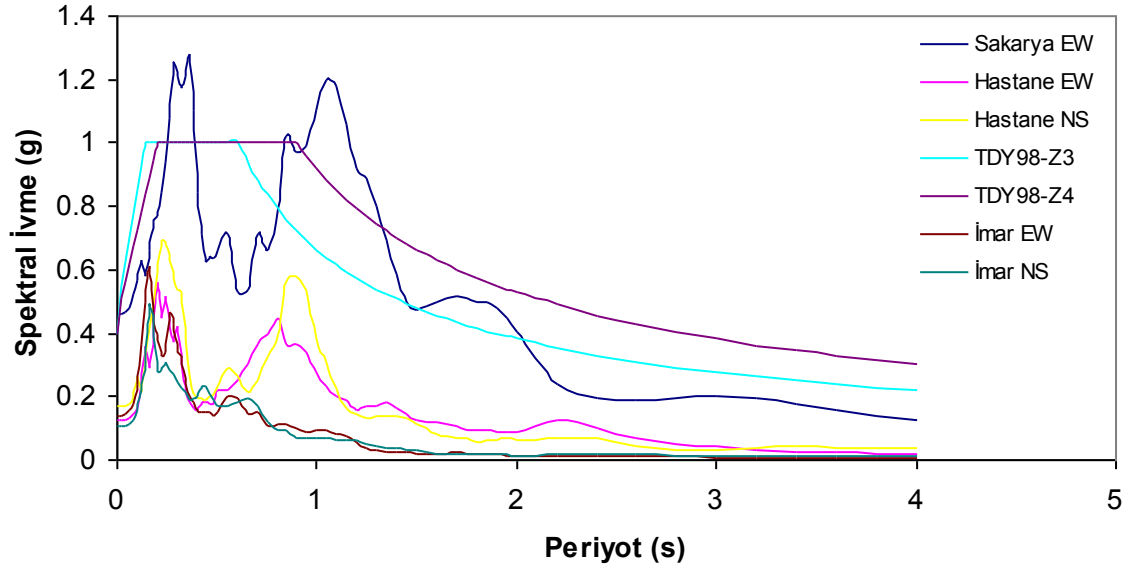


Şekil 4.13 SK1'e ait hız spektrumu

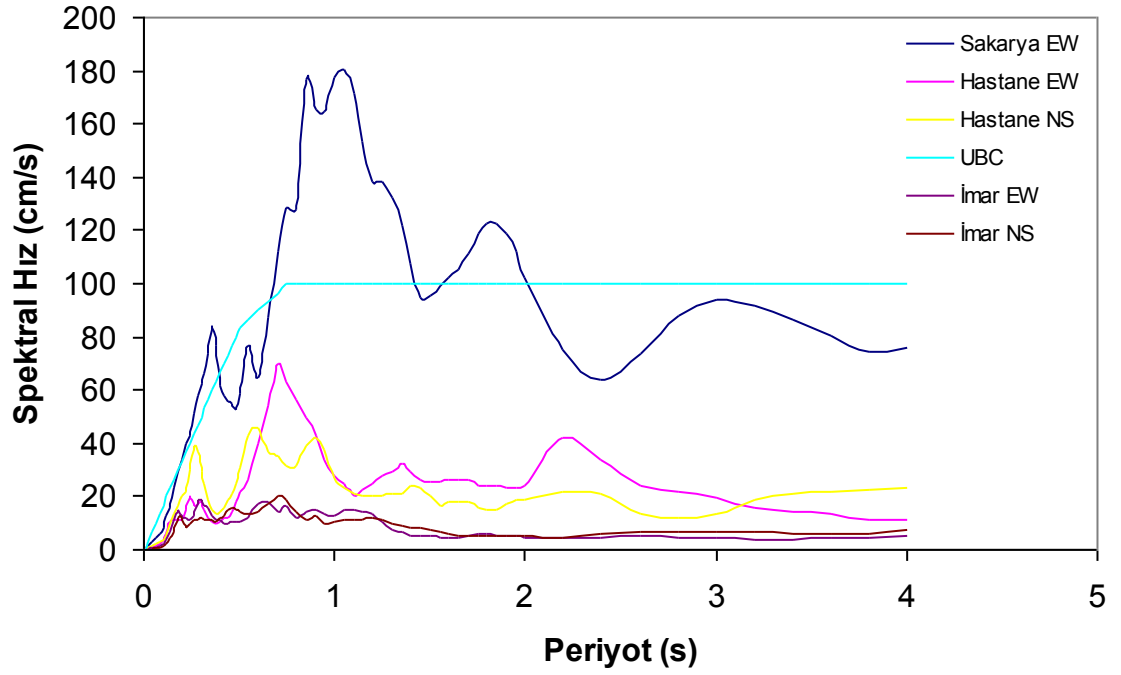


Şekil 4.14 SK1'e ait zemin büyütme grafiği

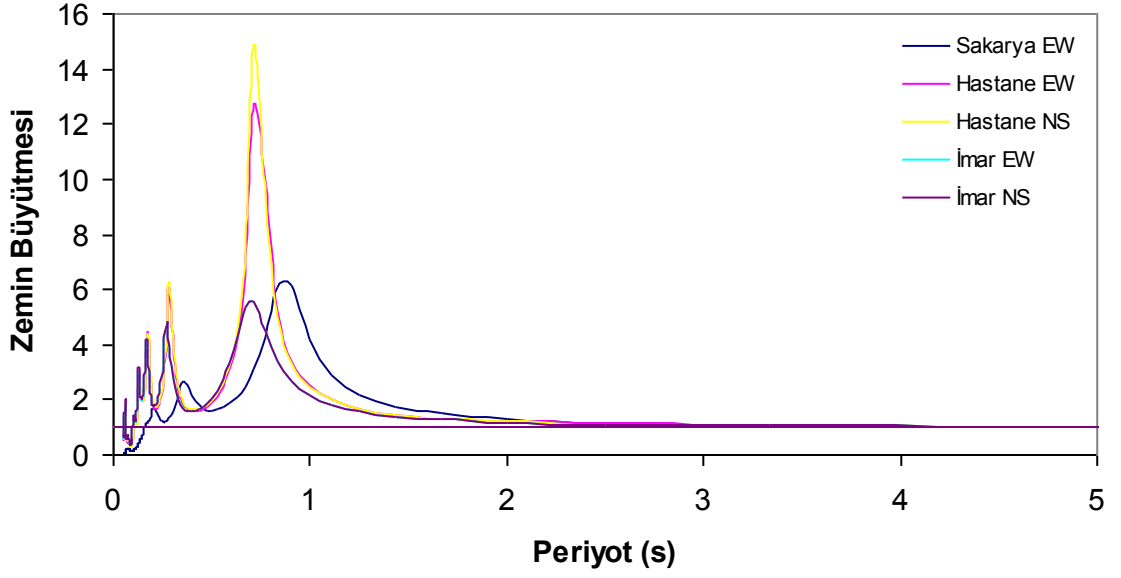
SK1'e ait spektrumlar incelendiğinde ana deprem olması nedeni ile Sakarya kaydına ait ivme ve hız spektrumlarının hastane ve imar kayıtlarına oranla daha etkili olduğu, Zemin büyütme spektrumlarında ise derin alüvyon zemin tabakalarından oluşan Adapazarı şehir merkezinde elde edilen Hastane kaydının daha etkili olduğu görülmektedir. İvme ve hız spektrumlarının ise deprem yönetmeliği ve UBC'e oranla ciddi farklılıklar göstermediği görülmektedir. Ayrıca maksimum ivme, hız, büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 2.2 g, 185 cm/s, 9 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 0.9 g, 70 cm/s, 17 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1 g, 120 cm/s, 14 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.9 g, 65 cm/s, 5.4 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.7 g, 44cm/s, 5.4 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14)



Şekil 4.15 SK2'ye ait ivme spektrumu

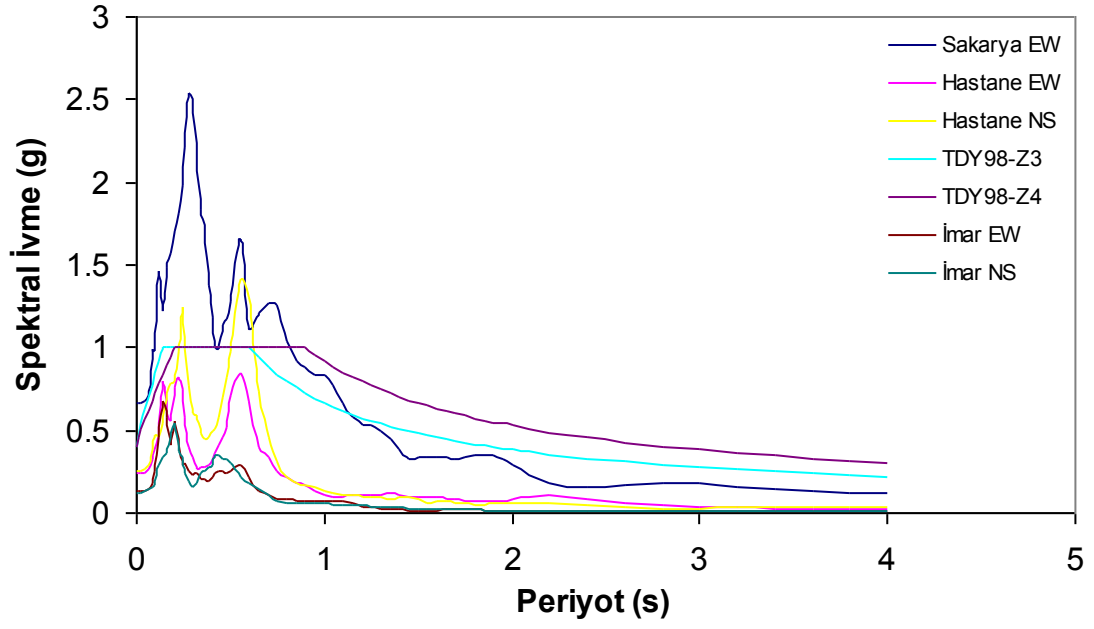


Şekil 4.16 SK2'ye ait hız spektrumu

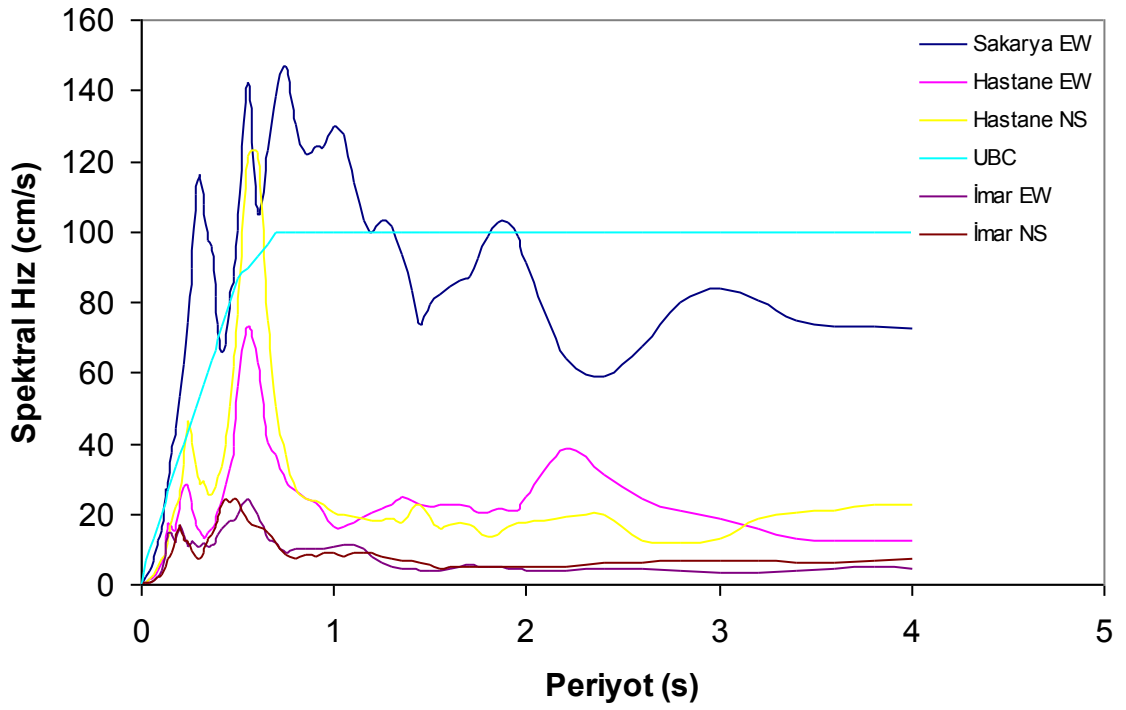


Şekil 4.17 SK2'ye ait zemin büyütme grafiği

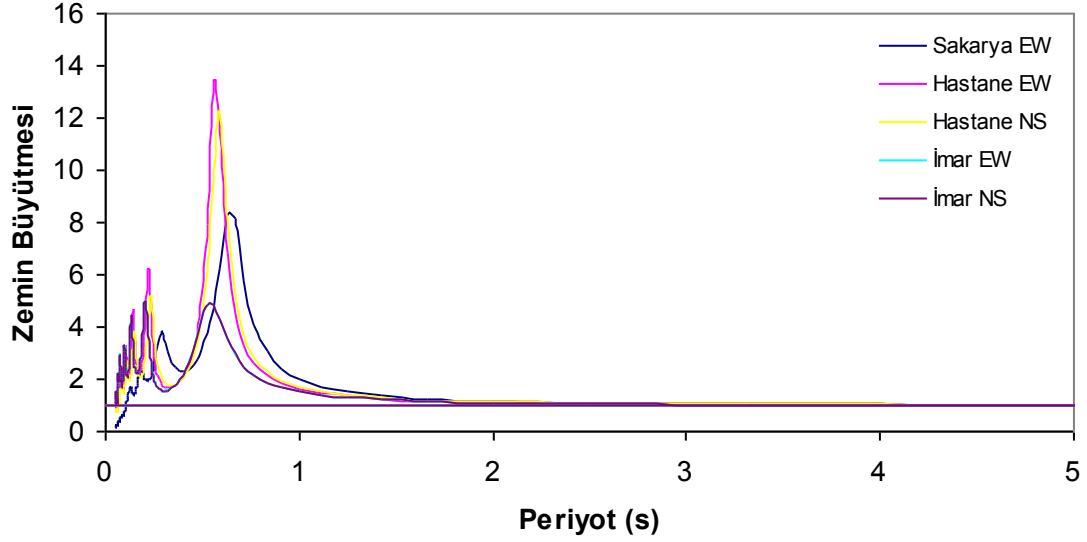
SK2'ye ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 1.5 g, 180 cm/s, 6 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 0.65 g, 70 cm/s, 13 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 0.95 g, 45 cm/s, 15 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.6 g, 18 cm/s, 5.5 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.48 g, 20cm/s, 5.5 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17)



Şekil 4.18 SK3'e ait ivme spektrumu

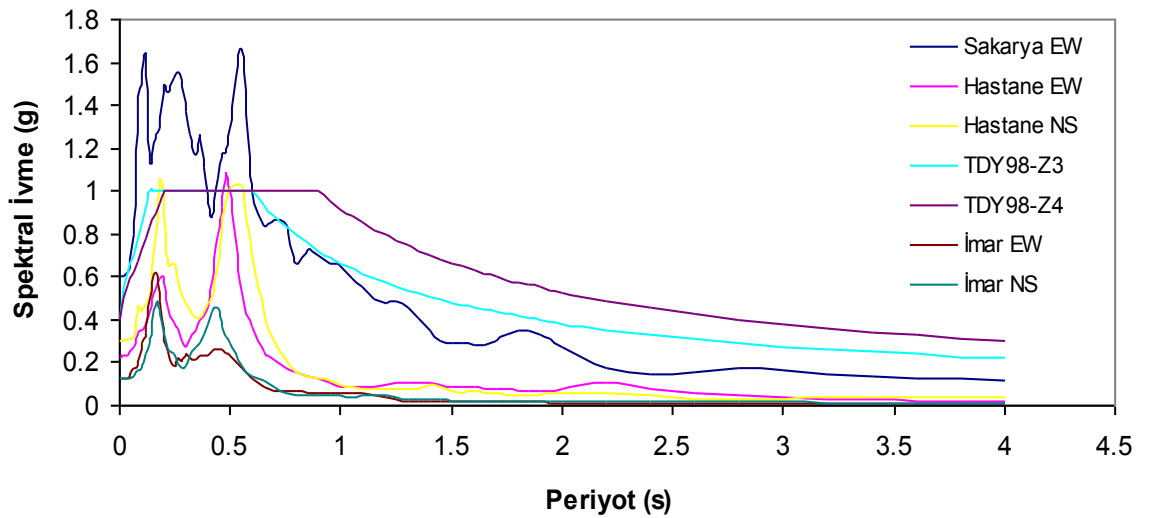


Şekil 4.19 SK3'e ait hız spektrumu

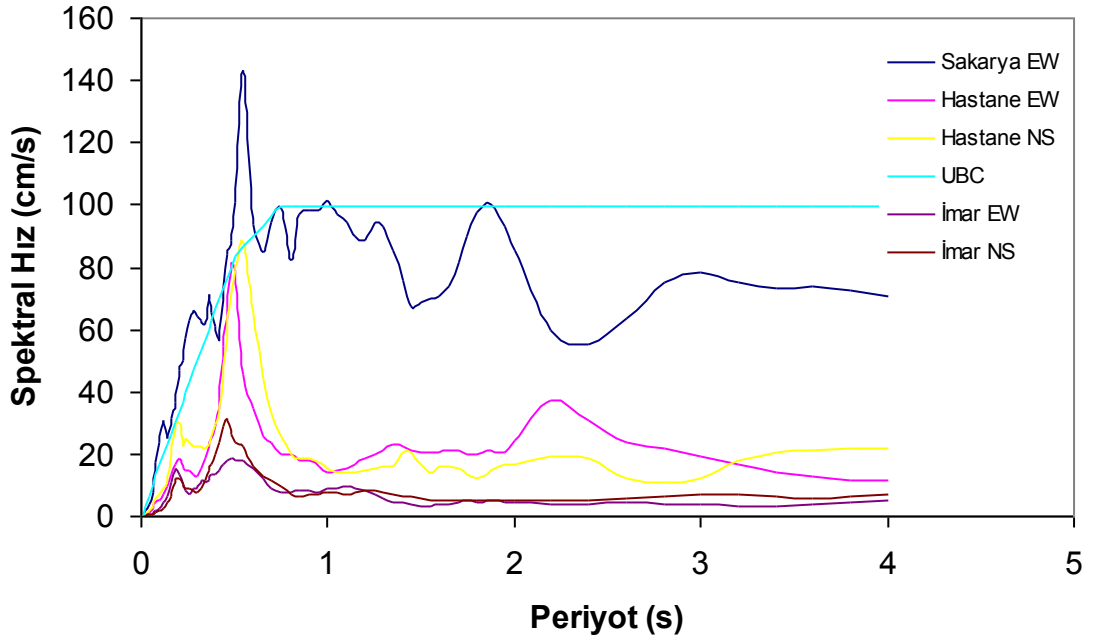


Şekil 4.20 SK3'e ait zemin büyütme grafiği

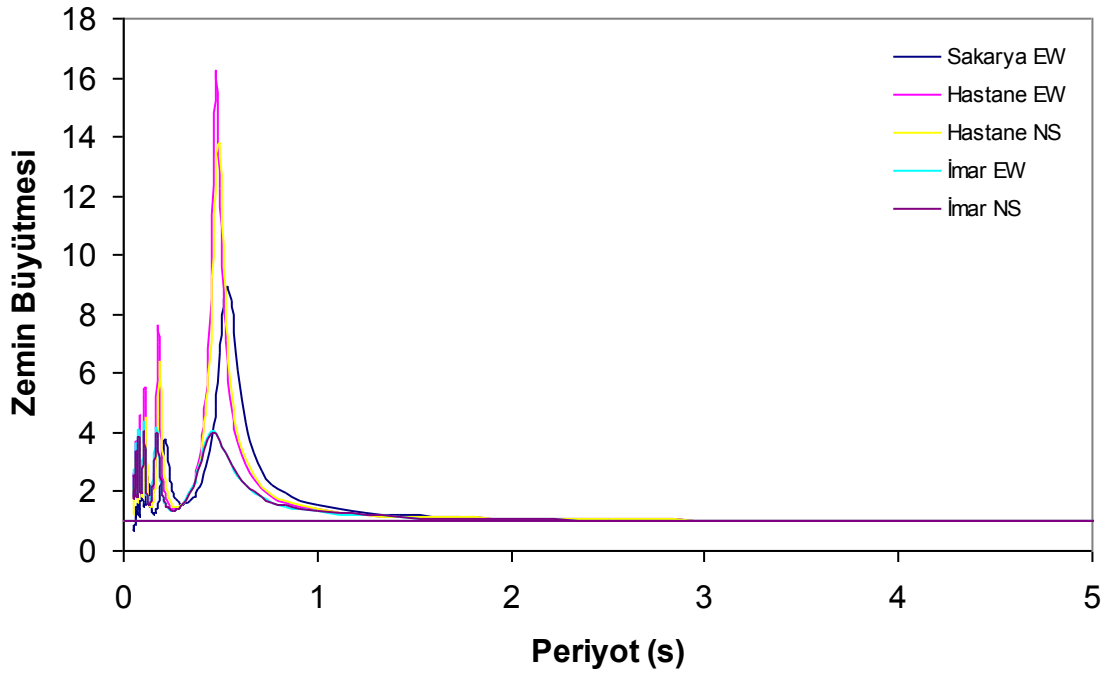
SK3'e ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 2.6 g, 145 cm/s, 8 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 0.7 g, 70 cm/s, 13 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1.5 g, 125 cm/s, 12 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.64 g, 25 cm/s, 5 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.55 g, 24cm/s, 5 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20)



Şekil 4.21 SK4'e ait ivme spektrumu



Şekil 4.22 SK4'e ait hız spektrumu



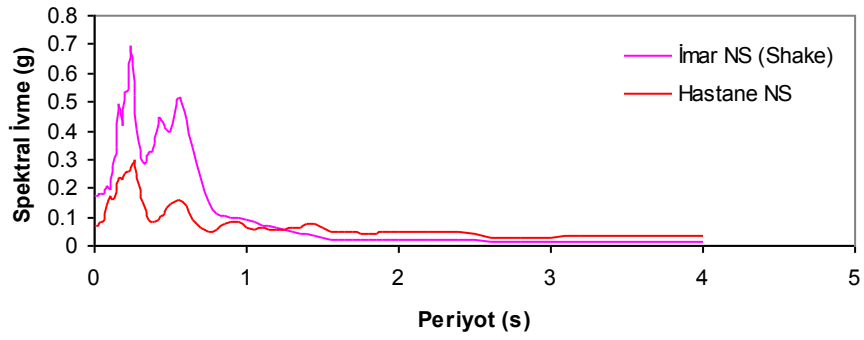
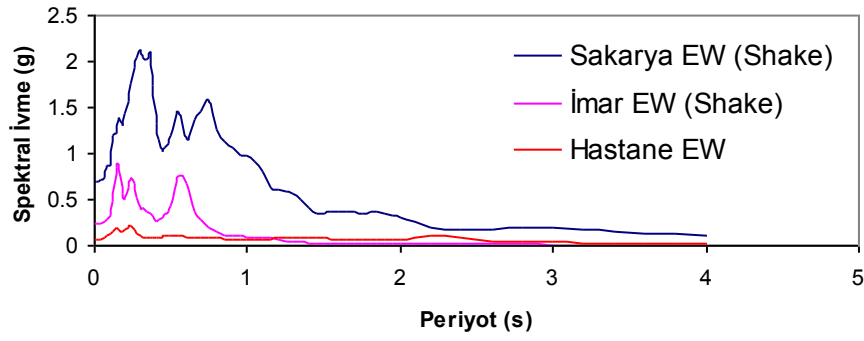
Şekil 4.23 SK4'e ait zemin büyütme grafiği

SK4'e ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 1.7 g, 145 cm/s, 9 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 1.1 g, 80 cm/s, 16 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1.1 g, 85 cm/s, 14 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.62 g, 18 cm/s, 4.3 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.48 g, 32cm/s, 4.1 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.23), (Tablo 4.6)

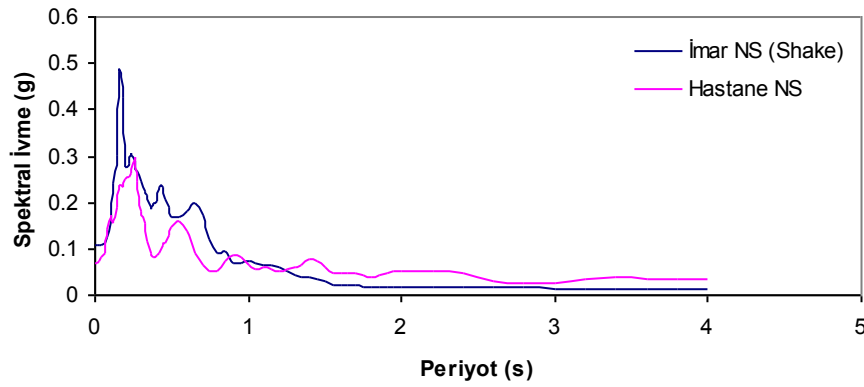
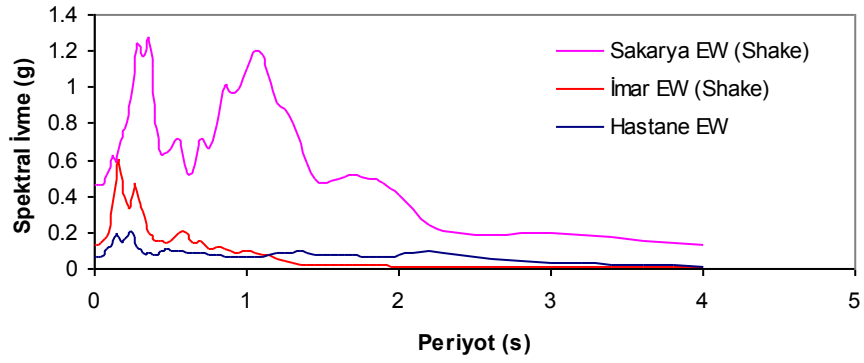
Tablo 4.6 İzmit caddesine ait spektrumların maksimum değerleri

Deprem Kaydı	İvme (g)				Hız (cm/s)				Zemin Büyütmesi			
	SK1	SK2	SK3	SK4	SK1	SK2	SK3	SK4	SK1	SK2	SK3	SK4
SAKARYA EW	2.2	1.5	2.6	1.7	185	180	145	145	9	6	8	9
HASTANE EW	0.9	0.65	0.7	1.1	70	70	70	80	17	13	13	16
HASTANE NS	1.0	0.95	1.5	1.1	120	45	125	85	14	15	12	14
İMAR EW	0.9	0.6	0.64	0.62	65	18	25	18	5.4	5.5	5	4.3
İMAR NS	0.7	0.48	0.55	0.48	44	20	24	32	5.4	5.5	5	4.1

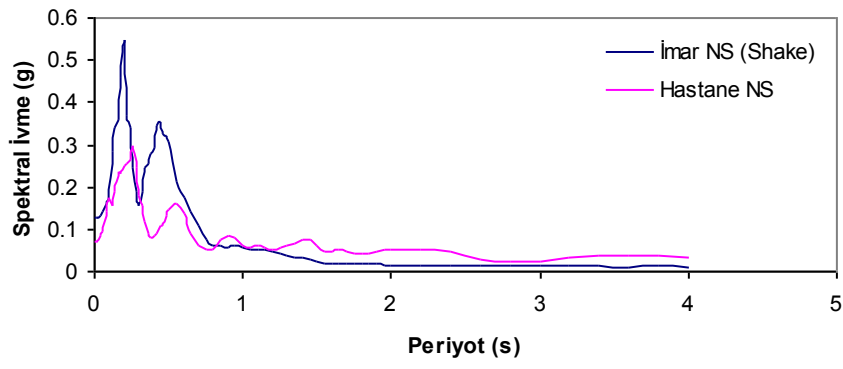
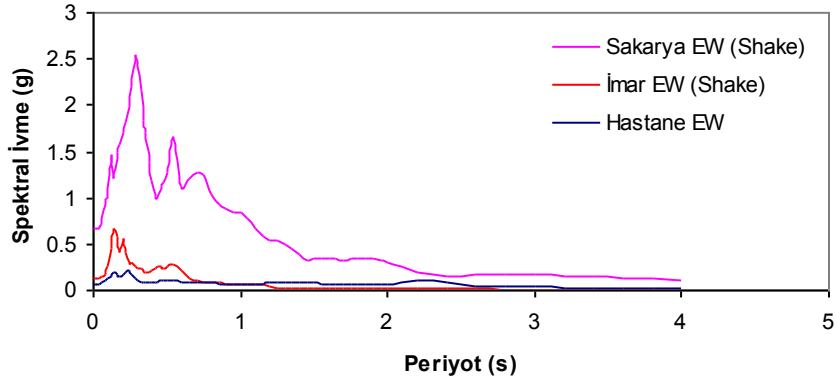
Ayrıca kaya'da alınan İmar kaydı şehir merkezinde elde edilen sondajlara uygulanmış ve Proshake programı vasıtasıyla spektrumlar elde edilmiş, bu spektrumlar Hastane kaydına ait spektrumlarla karşılaştırılmıştır. Spektrumlar incelendiğinde SK2'ye ait spektrumlar ile Hastane NS kaydının spektrumunun örtüştüğü görülmektedir. SK2'deki zemin etüdü üniversitemiz tarafından yapılmıştır. (Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26, Şekil 4.27)



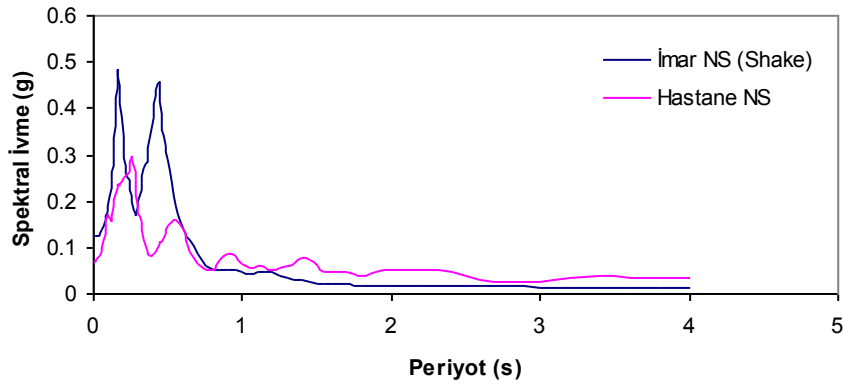
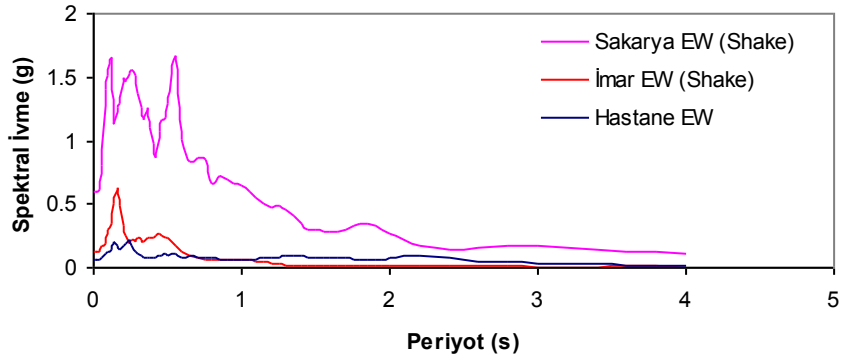
Şekil 4.24 SK1'e ait Spektrumlar



Şekil 4.25 SK2'ye ait spektrumlar



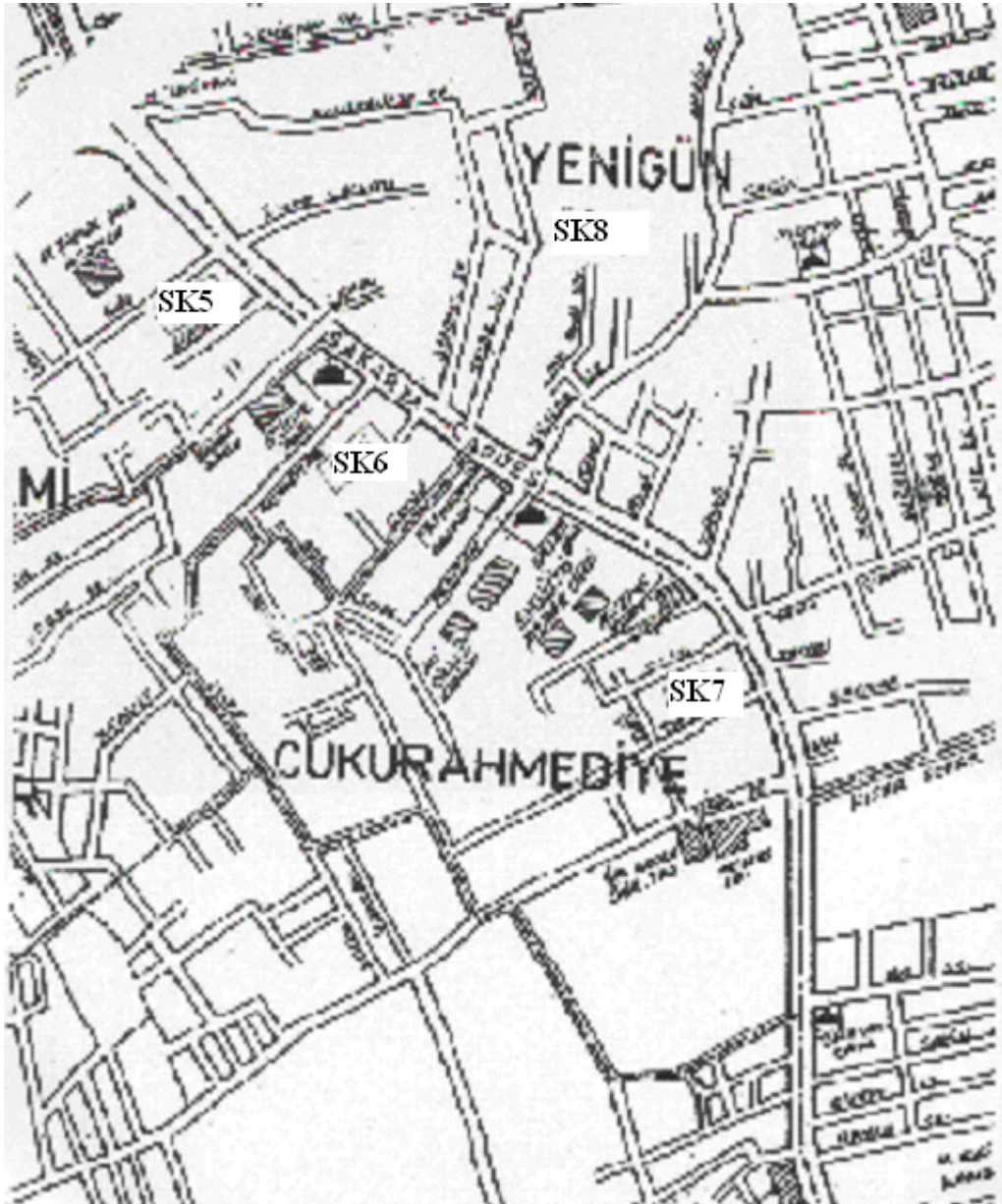
Şekil 4.26 SK3'e ait Spektrumlar



Şekil 4.27 SK4'e ait Spektrumlar

4.3 Sakarya Caddesi

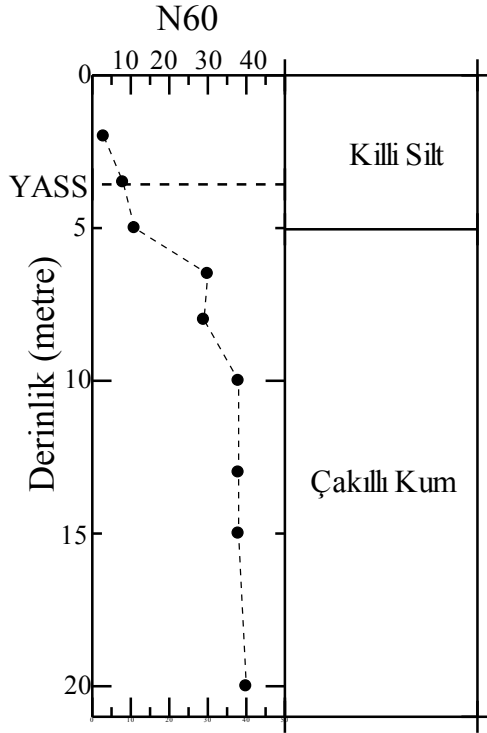
Bu caddede yerel zemin durumu ekseriyetle, üst kısımlarda düşük plastisiteli silt ve/veya plastik olmayan siltten ve bu tabakanın altında da siltli kumdan oluşmaktadır. Ancak bazı kesimlerde üstte yaklaşık 3 m'ye kadar kil, bunun altında silt veya kum yer almakta olup silt ve kumun ardalı olarak tabakalar halinde bulunduğu kesitler söz konusudur. YASS mevsimsel olarak yağış miktarına bağlı olarak değişim göstermekte olup 1 – 3.5 m dolayındadır.



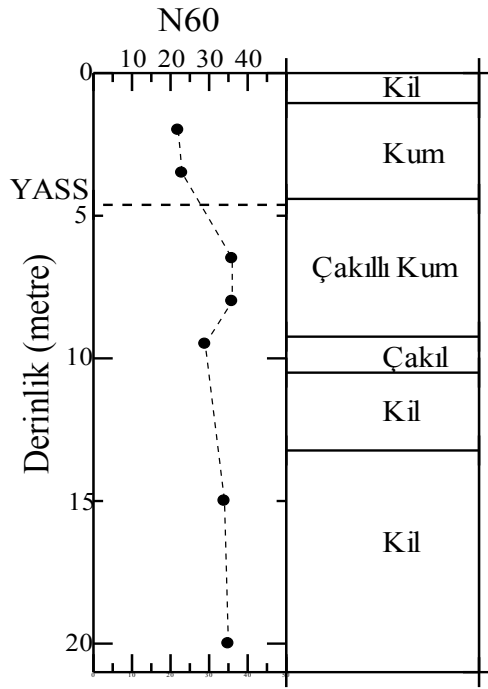
Şekil 4.28 Sakarya caddesinin genel görünümü ve sondaj kuyularının yerleri

4.3.1 Yerel Zemin Koşulları

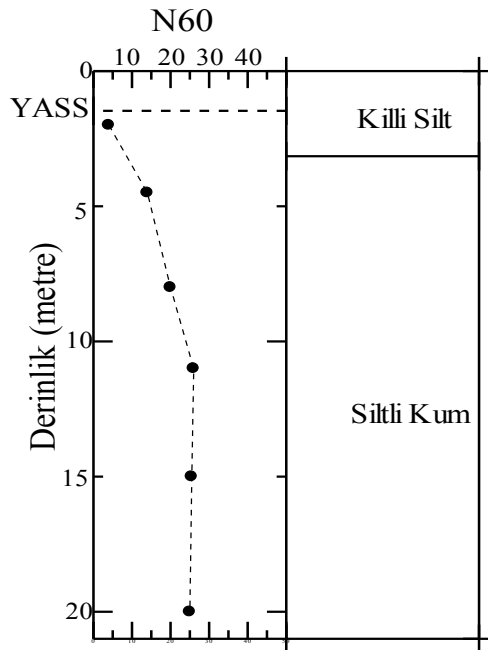
Sakarya caddesinde 4 ayrı zemin sondaj'ı elde edilmiştir. Bu zemin sondajları SK5, SK6, SK7, SK8 olarak adlandırılmış ve sondaj yerleri Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Ayrıca bu zemin sondajlarına ait zemin kesitleri Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25'te görülmektedir. Bu zemin sondajlarından elde edilen arazide ölçülen vuruş sayıları tokmak enerjisi, jeolojik yük ve sonuçları etkileyen çeşitli diğer faktörler için düzeltme yapılmıştır. Çalışmada, ülkemizde uygulanan SPT-N düzeltme faktörlerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan çıkan sonuçlar kullanılmıştır.[15]



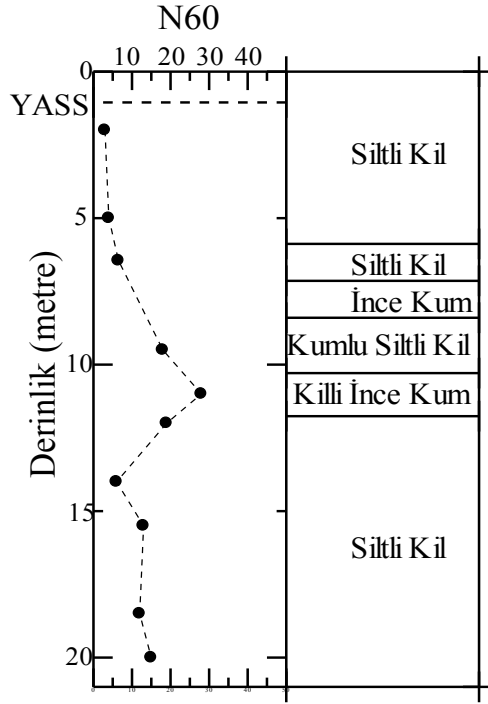
Şekil 4.29 SK5'e ait zemin kesiti



Şekil 4.30 SK6'ya ait zemin kesiti



Şekil 4.31 SK7'ye ait zemin kesiti

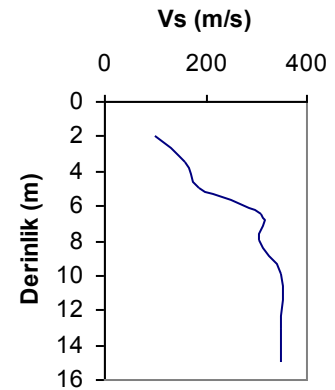


Şekil 4.32 SK8'e ait zemin kesiti

Bir önceki kısımda belirlenen düzeltme katsayıları kullanılarak düzeltilmiş SPT değerleri $N_{60} = N_{30} \times C_e \times C_b \times C_c \times C_r \times C_s \times C_a$ olarak elde edilmiştir. Elde edilen N_{60} değerleri kullanılarak dinamik zemin parametreleri bulunmuştur. Dinamik zemin parametrelerinden V_s değerleri farklı araştırmacılara ait bağıntılar kullanılmış ve bunlardan Seed ve Idriss (1983) ait bağıntı esas alınarak V_s bulunmuş ve buradan da G_{max} değerine geçilmiştir. (Tablo 4.7, 4.8, 4.9, 4.10) [15]

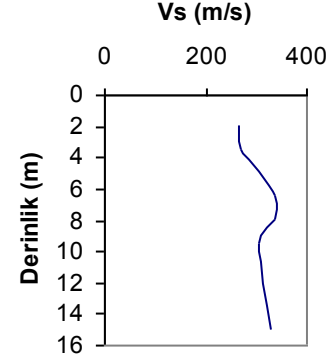
Tablo 4.7 Sakarya caddesinde SK5'e ait dinamik zemin parametreleri

SK5				
SPT NO	DERİNLİK	N_{60}	V_s (m/s)	G_{max} (Mpa)
SPT1	1.95	3	97.69	17.51
SPT2	3.45	8	159.50	46.69
SPT3	4.95	11	187.06	64.20
SPT4	6.45	30	308.92	175.10
SPT5	7.95	29	303.72	169.26
SPT6	9.95	38	347.67	221.79
SPT7	12.95	38	347.67	221.79
SPT8	14.95	38	347.67	221.79



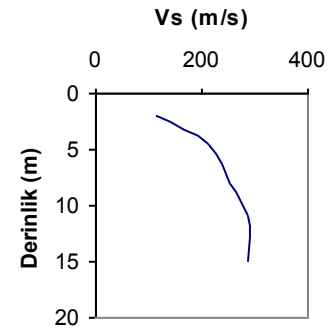
Tablo 4.8 Sakarya caddesinde SK6'ya ait dinamik zemin parametreleri

SK6				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	22	264.54	128.41
SPT2	3.45	23	270.48	134.24
SPT3	6.45	36	338.40	210.12
SPT4	7.95	36	338.40	210.12
SPT5	9.45	29	303.72	169.26
UD	11.50			
SPT6	14.95	34	328.87	198.44



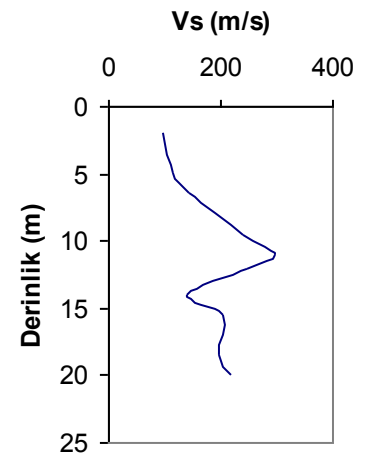
Tablo 4.9 Sakarya caddesinde SK7'ye ait dinamik zemin parametreleri

SK7				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	4	112.80	23.35
UD	3.50			
SPT2	4.45	14	211.03	81.71
SPT3	7.95	20	252.23	116.73
SPT4	10.95	26	287.58	151.75
SPT5	14.95	25.5	284.81	148.83



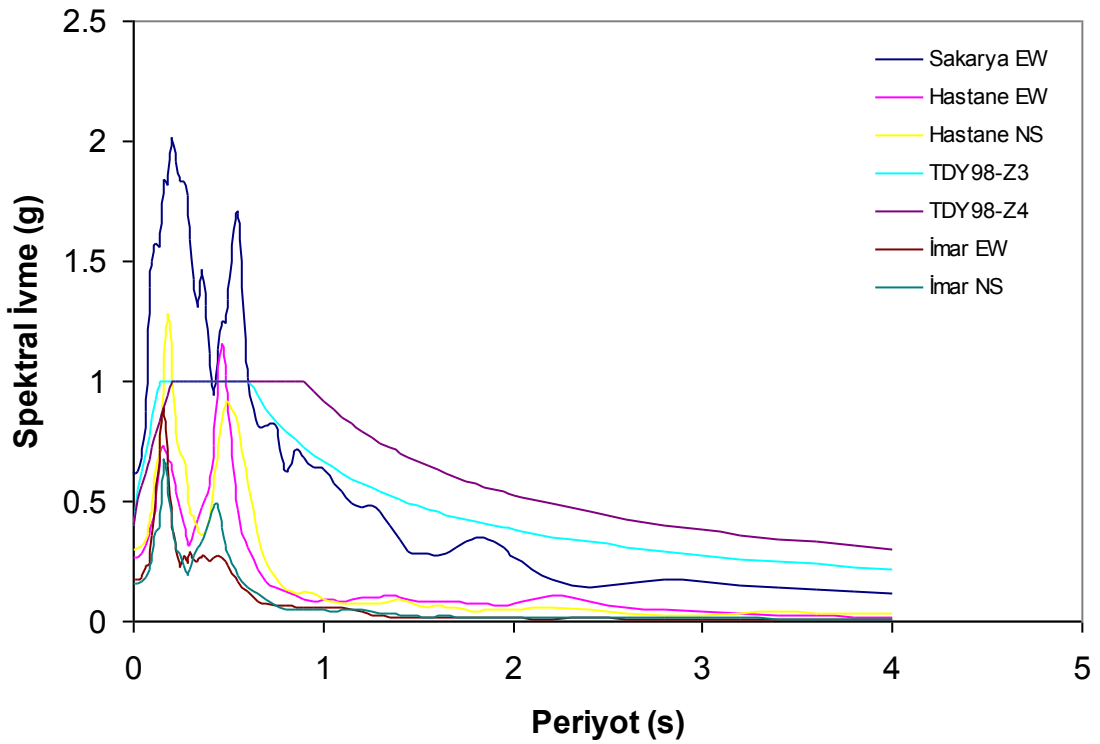
Tablo 4.10 Sakarya caddesinde SK8'e ait dinamik zemin parametreleri

SK8				
SPT NO	DERİNLİK	N ₆₀	V _s (m/s)	G _{max} (Mpa)
SPT1	1.95	3	97.69	17.51
SPT2	4.95	4	112.80	23.35
SPT3	6.45	6.5	143.80	37.94
SPT4	9.45	18	239.28	105.06
SPT5	10.95	28	298.44	163.43
SPT6	12.00	19	245.84	110.90
SPT7	13.95	6	138.15	35.02
SPT8	15.45	13	203.35	75.88
SPT9	18.45	12	195.37	70.04
SPT10	20.05	15	218.44	87.55

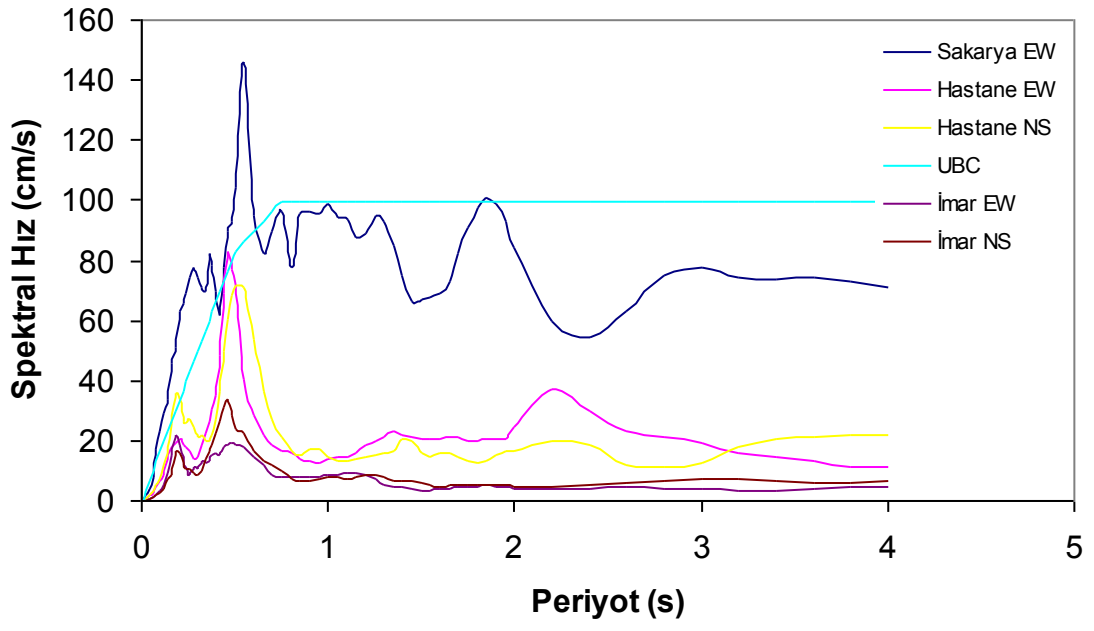


4.3.2 Deprem spektrumları ve zemin büyütmeleri

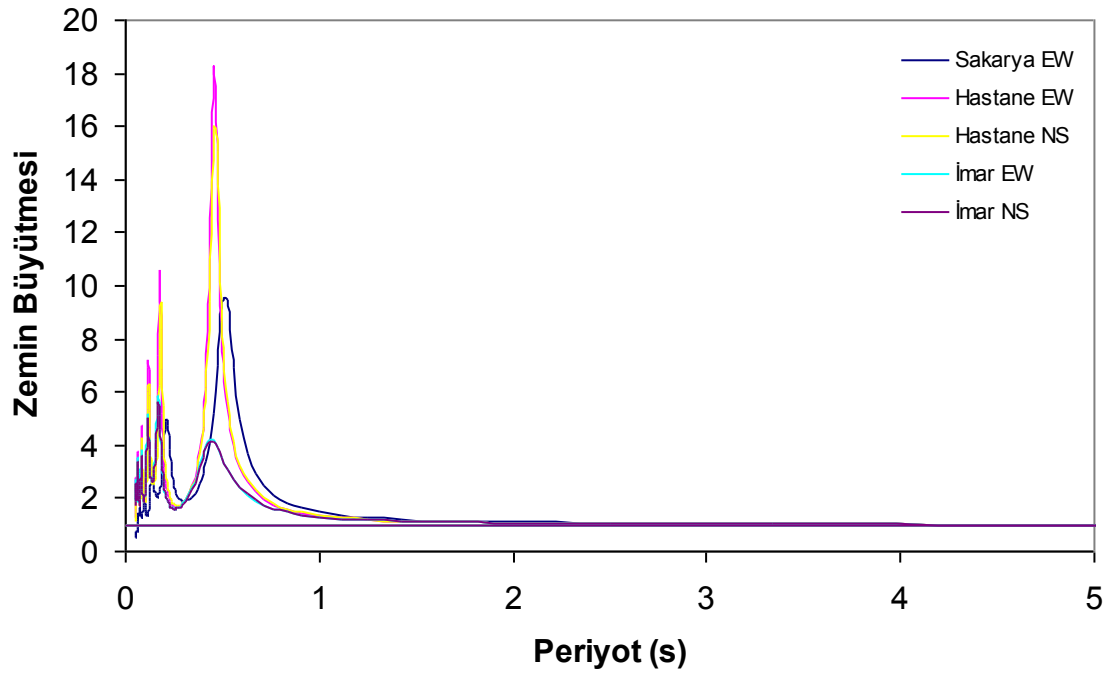
Dört ayrı sondaj için elde edilen ivme ve hız spektrumları kendi aralarında karşılaştırılacaktır. Ayrıca ivme spektrumları ABYYHY98'deki zemin sınıfı 3 ve 4 ile, hız spektrumları ise UBC'te öngörülen değerlerle karşılaştırılmıştır. Zemin büyütme grafikleri ise farklı deprem kayıtları için karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.33 SK5'e ait ivme spektrumu

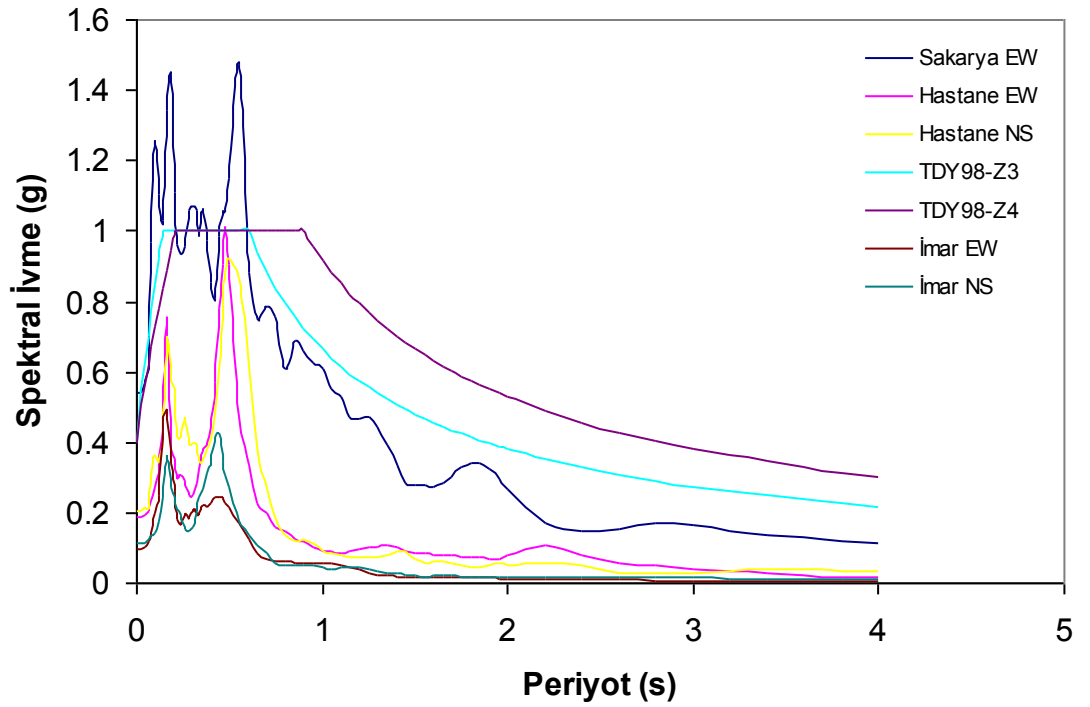


Şekil 4.34 SK5'e ait hız spektrumu

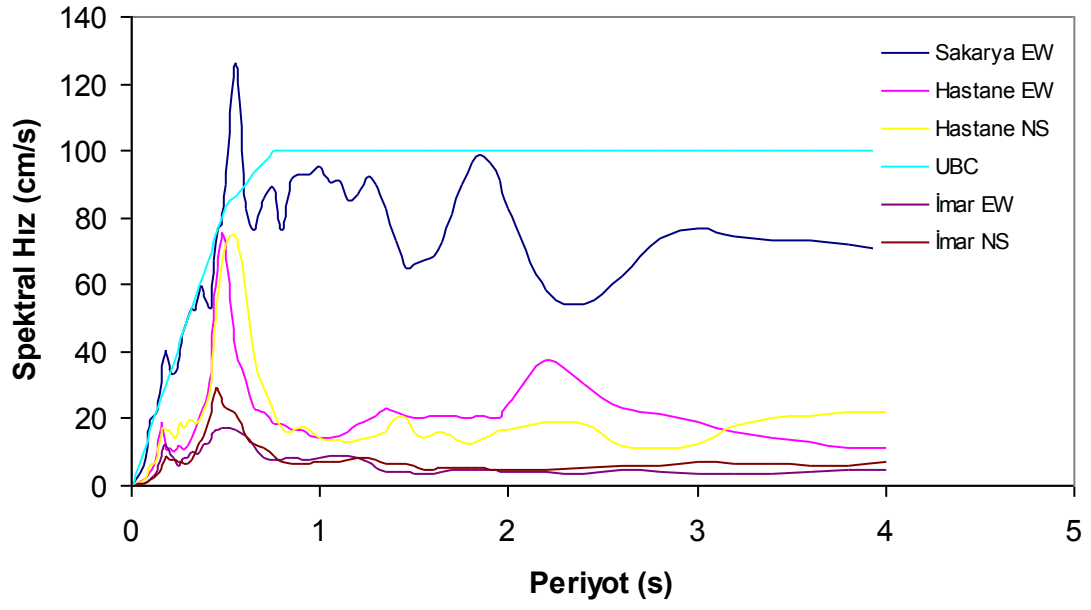


Şekil 4.35 SK5'e ait zemin büyütme

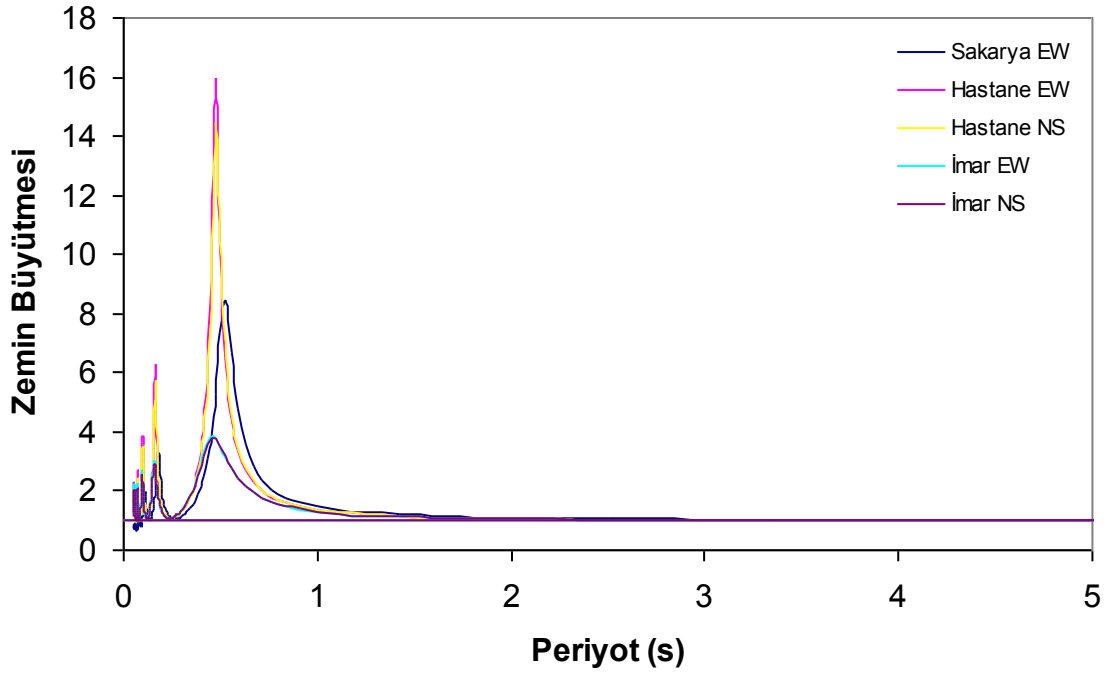
SK5'e ait spektrumlar incelendiğinde ana deprem olması nedeni ile Sakarya kaydına ait ivme ve hız spektrumlarının hastane ve imar kayıtlarına oranla daha etkili olduğu, Zemin büyütme spektrumlarında ise derin alüvyon zemin tabakalarından oluşan Adapazarı şehir merkezinde elde edilen Hastane kaydının daha etkili olduğu görülmektedir. İvme ve hız spektrumlarının ise deprem yönetmeliği ve UBC'e oranla ciddi farklılıklar göstermediği görülmektedir. Ayrıca maksimum ivme, hız, büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 2 g, 150 cm/s, 9 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 1.25 g, 80 cm/s, 18 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1.3 g, 70 cm/s, 17 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.9 g, 23 cm/s, 6 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.64 g, 35cm/s, 5.5 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35)



Şekil 4.36 SK6'ya ait ivme spektrumu

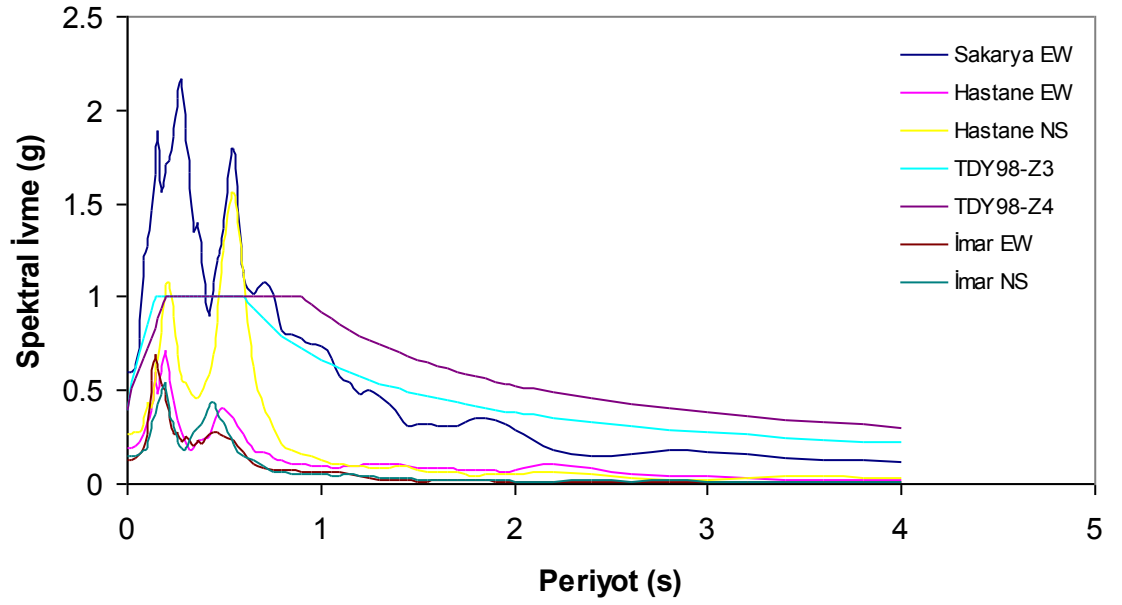


Şekil 4.37 SK6'ya ait hız spektrumu

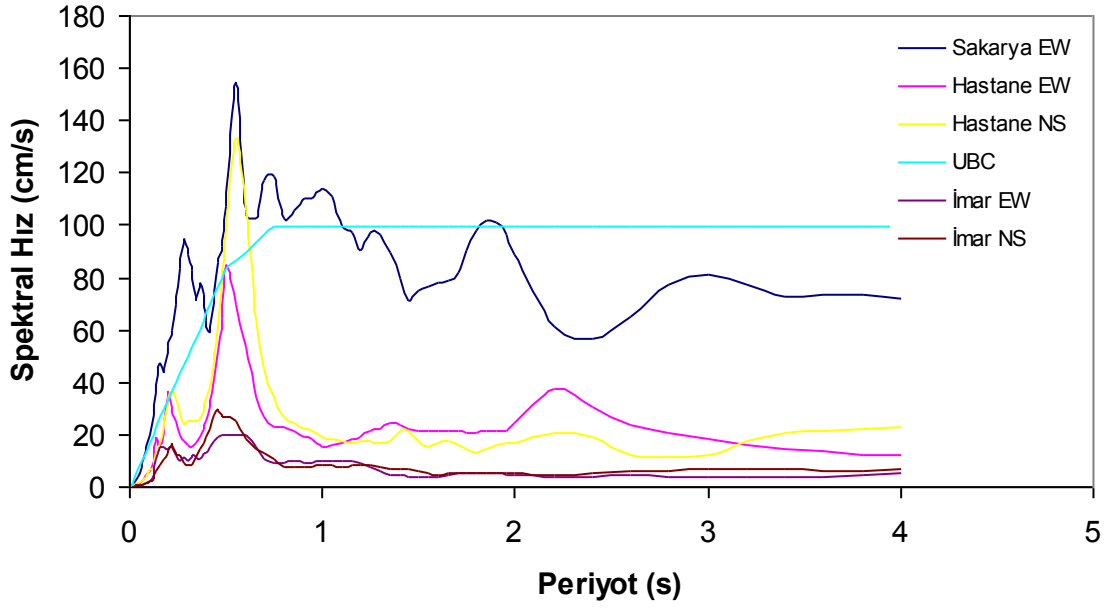


Şekil 4.38 SK6'ya ait zemin büyütmeleri

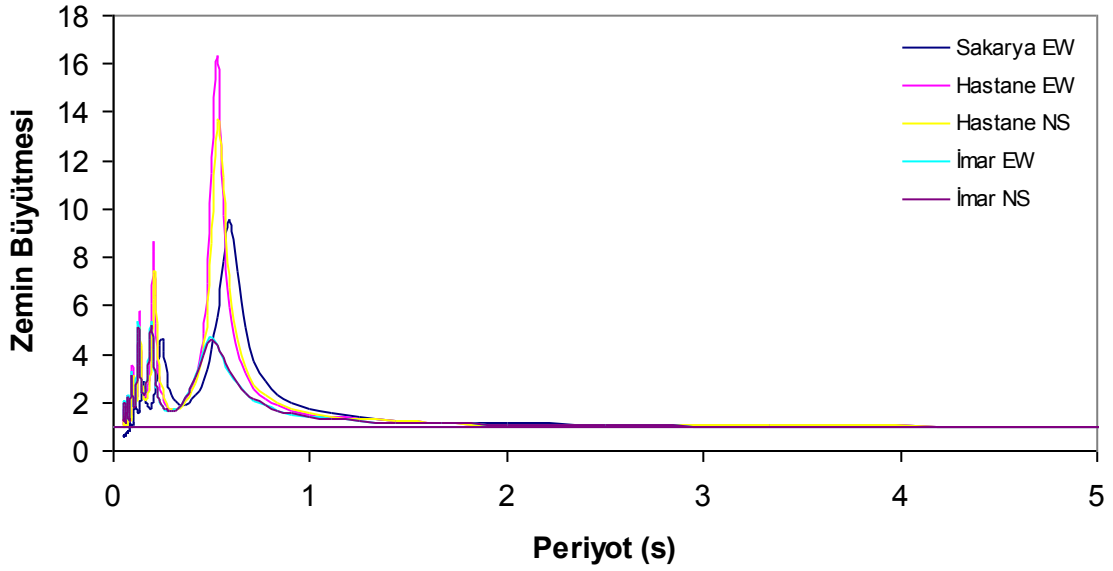
SK6'ya ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 1.5 g, 130 cm/s, 7 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 1 g, 75 cm/s, 16 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1 g, 75 cm/s, 15 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.5 g, 18 cm/s, 4 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.42 g, 30cm/s, 3.7 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.36, Şekil 4.37, Şekil 4.38)



Şekil 4.39 SK7'ye ait ivme spektrumu

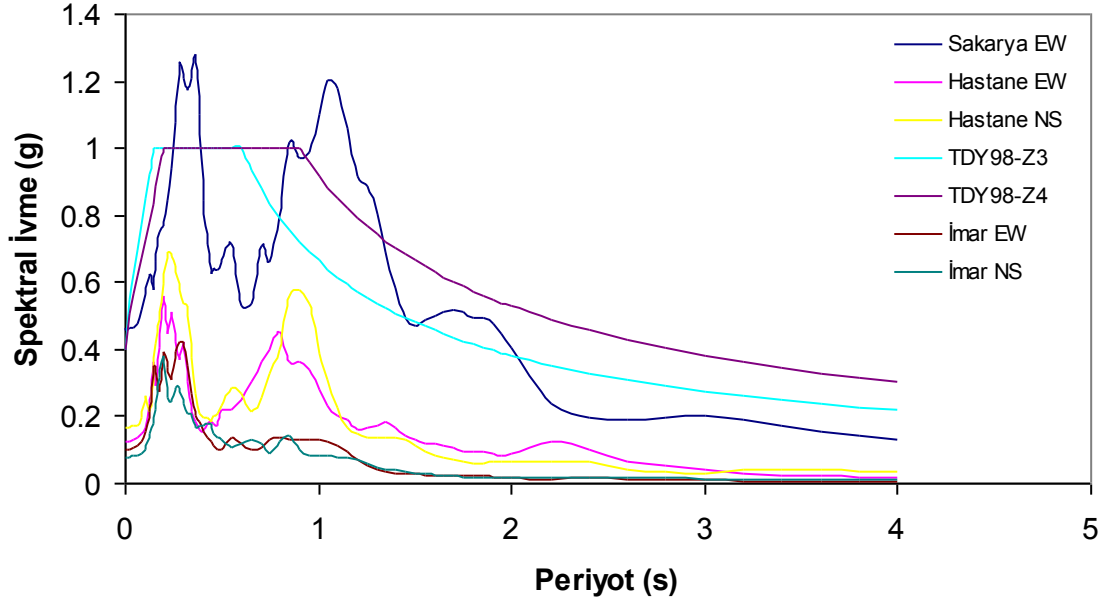


Şekil 4.40 SK7'ye ait hız spektrumu

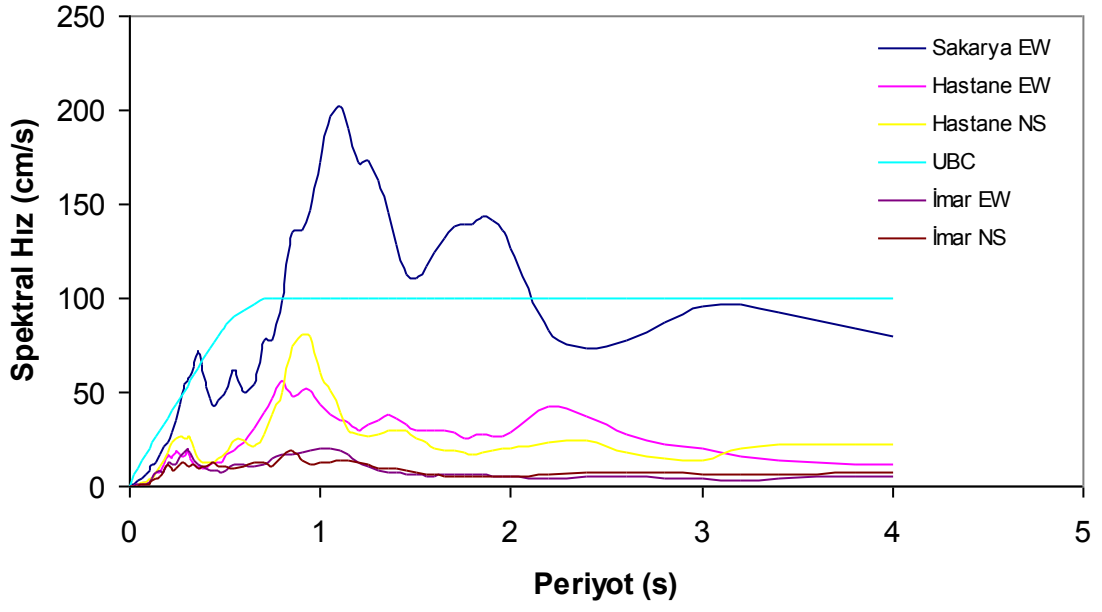


Şekil 4.41 SK7'ye ait zemin büyütme

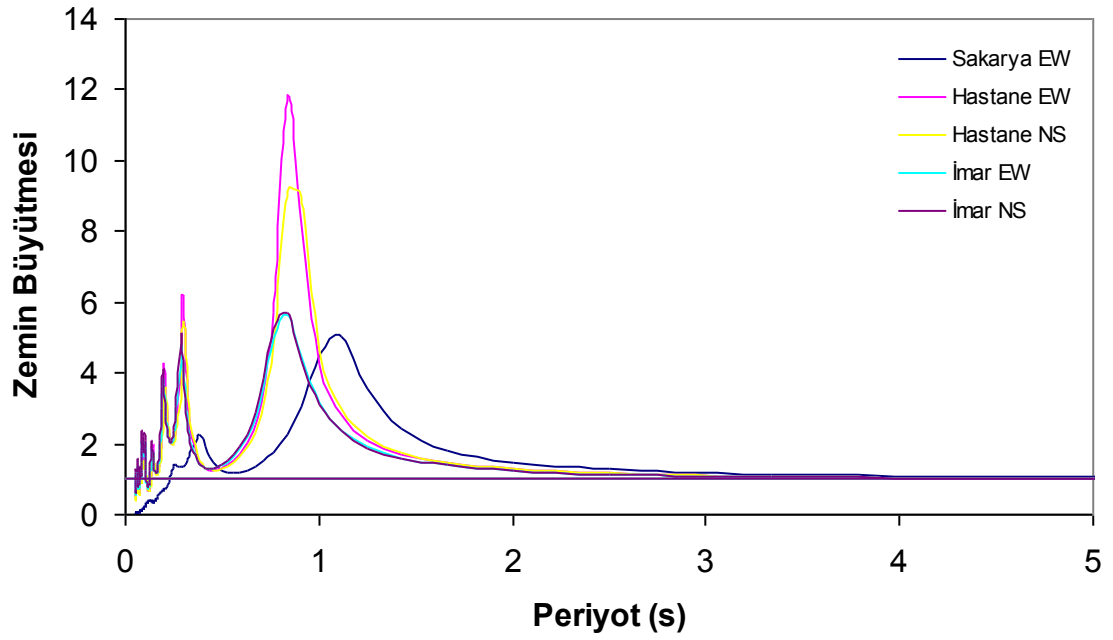
SK7'ye ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 2.2 g, 150 cm/s, 9 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 1.2 g, 85 cm/s, 16 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 1.6 g, 130 cm/s, 15 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.7 g, 20 cm/s, 5.3 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.55 g, 30cm/s, 5.1 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.39, Şekil 4.40, Şekil 4.41)



Şekil 4.42 SK8'e ait ivme spektrumu



Şekil 4.43 SK8'e ait hız spektrumu



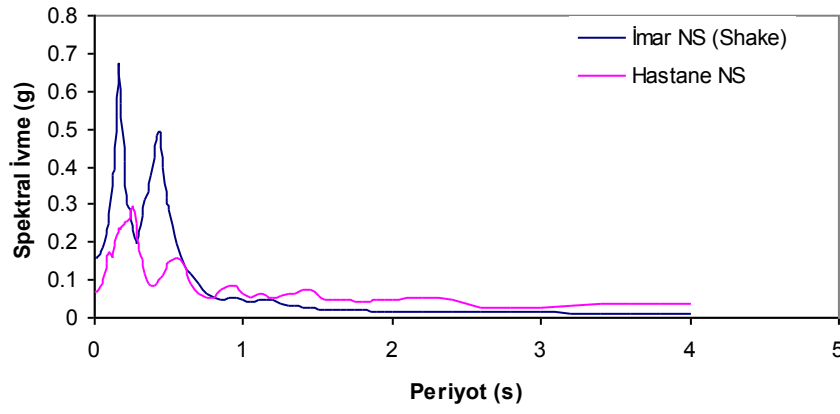
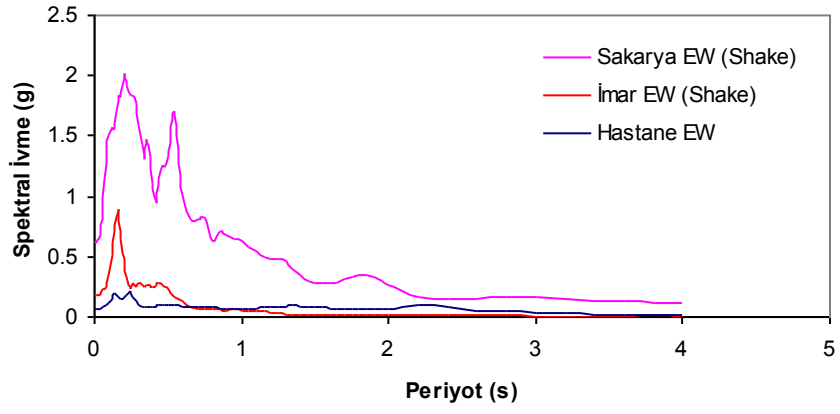
Şekil 4.44 SK8'e ait zemin büyütme

SK8'e ait maksimum ivme, hız ve büyütme değerlerinin Sakarya EW için sırasıyla 1.3 g, 210 cm/s, 5 olduğu, Hastane EW için sırasıyla 0.55 g, 55 cm/s, 12 olduğu, Hastane NS için sırasıyla 0.7 g, 70 cm/s, 9 olduğu, İmar EW için sırasıyla 0.42 g, 20 cm/s, 5.5 olduğu, İmar NS için sırasıyla 0.38 g, 18cm/s, 5.5 olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.42, Şekil 4.43, Şekil 4.44),(Tablo 4.11)

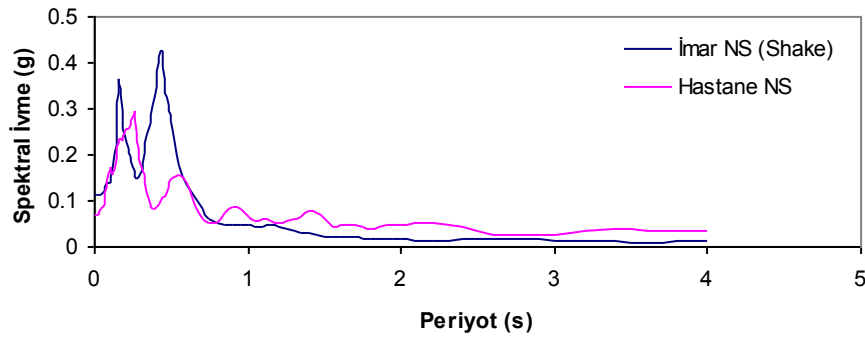
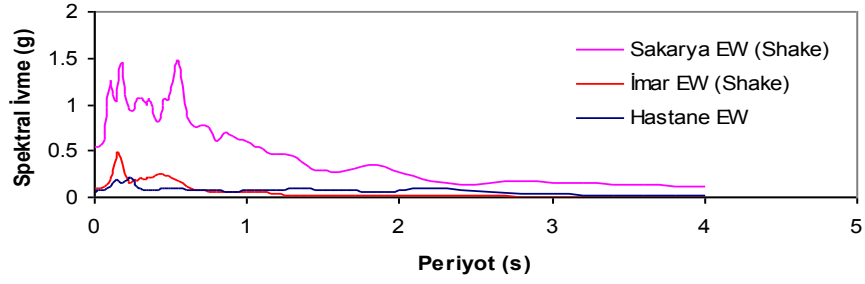
Tablo 4.11 Sakarya caddesine ait spektrumların maksimum değerleri

Deprem Kaydı	İvme (g)				Hız (cm/s)				Zemin Büyütmesi			
	SK5	SK6	SK7	SK8	SK5	SK6	SK7	SK8	SK5	SK6	SK7	SK8
SAKARYA EW	2	1.5	2.2	1.3	150	130	150	210	9	7	9	5
HASTANE EW	1.25	1.0	1.2	0.55	80	75	85	55	18	16	16	12
HASTANE NS	1.3	1.0	1.6	0.7	70	75	130	70	17	15	15	9
İMAR EW	0.9	0.5	0.7	0.42	23	18	20	20	6	4	5.3	5
İMAR NS	0.64	0.42	0.55	0.38	35	30	30	18	5.5	3.7	5.1	5

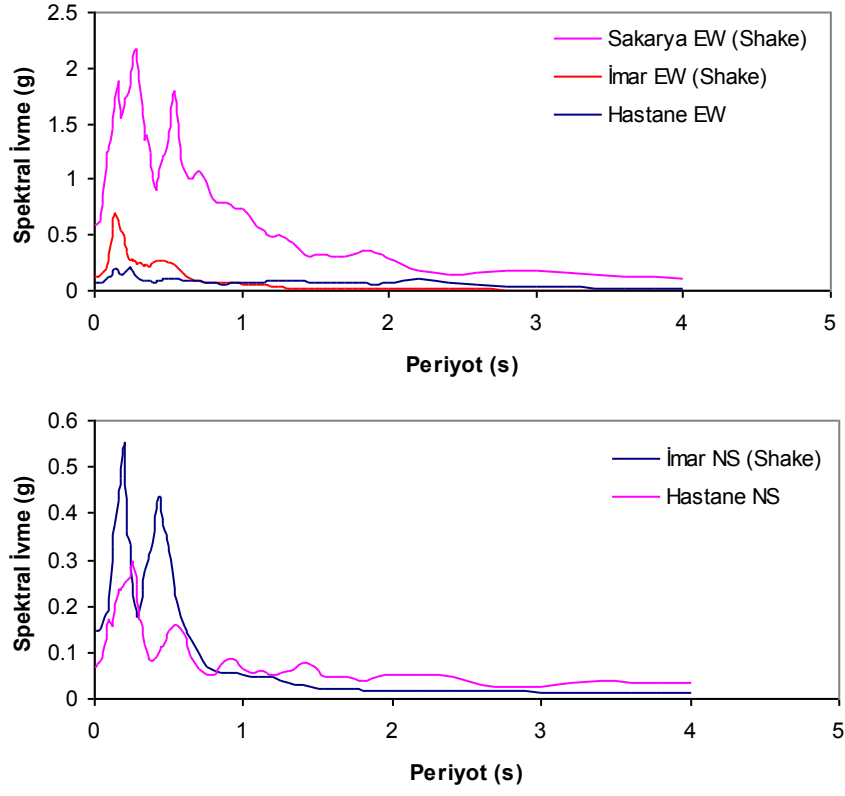
Ayrıca kaya'da alınan İmar kaydı şehir merkezinde elde edilen sondajlara uygulanmış ve Proshake programı vasıtasıyla spektrumlar elde edilmiş, bu spektrumlar Hastane kaydına ait spektrumlarla karşılaştırılmıştır. Spektrumlar incelendiğinde SK8'e ait spektrumlar ile Hastane kaydının spektrumunun örtüştüğü görülmektedir. SK8'deki zemin etüdü üniversitemiz tarafından yapılmıştır. (Şekil 4.45, Şekil 4.46, Şekil 4.47, Şekil 4.48)



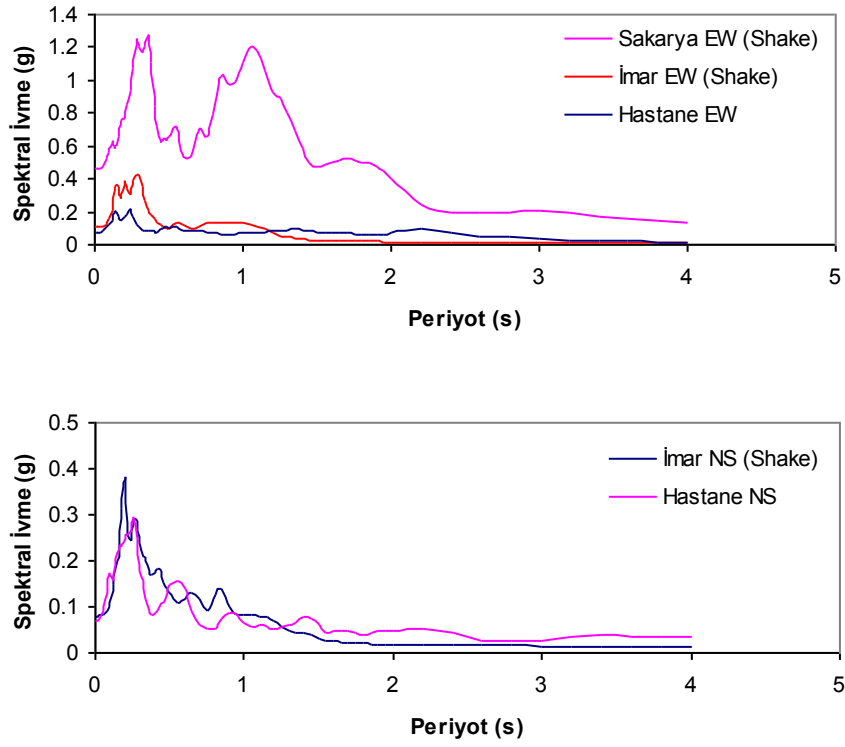
Şekil 4.45 SK5'e ait Spektrumlar



Şekil 4.46 SK6'ya ait Spektrumlar



Şekil 4.47 SK7'ya ait Spektrumlar



Şekil 4.48 SK8'e ait Spektrumlar

Tablo 4.12 Sondajlara ait Zemin Hakim Periyotları

Sondaj No	Zemin Hakim Periyodu (Proshake) (s)	Zemin Hakim Periyodu (Nümerik) (s)
SK1	0.72	0.4
SK2	0.8	0.45
SK3	0.6	0.37
SK4	0.6	0.3
SK5	0.6	0.31
SK6	0.57	0.28
SK7	0.55	0.33
SK8	0.9	0.45

Tablo 4.12’de Proshake programı ile zemin kesitleri için bulunmuş olan zemin hakim periyotları nümerik olarak bulunmuş olan zemin hakim periyotlarıyla karşılaştırılmıştır.

Sakarya ve İzmit caddelerinin farklı bölgelerinden elde edilen sondajlardan elde edilen zemin kesitleri kullanılarak oluşturulan ivme, hız ve büyütme spektrumları incelendiğinde bu iki cadde arasında yerel zemin koşulları açısından ciddi bir farklılık olmadığı görülmektedir. Ayrıca ivme ve hız spektrumlarının yönetmeliğin öngördüğü sınırları ciddi manada aşmadığı da görülmektedir.

Elde edilen spektrumlara bakıldığında, yönetmeliklerin öngördüğü değerleri aşmamasına rağmen bu caddelerde hasar oranlarındaki farklılıkların bu kadar ciddi miktarlarda olması bu bölgelerde daha farklı etkilerin söz konusu olduğunu göstermektedir. Bilhassa İzmit caddesindeki hasarın Sakarya caddesine oranla çok ciddi büyüklükte olması yakın fay etkilerinden kırılma doğrultu etkisinin bu caddede çok etkili olduğunu göstermektedir.

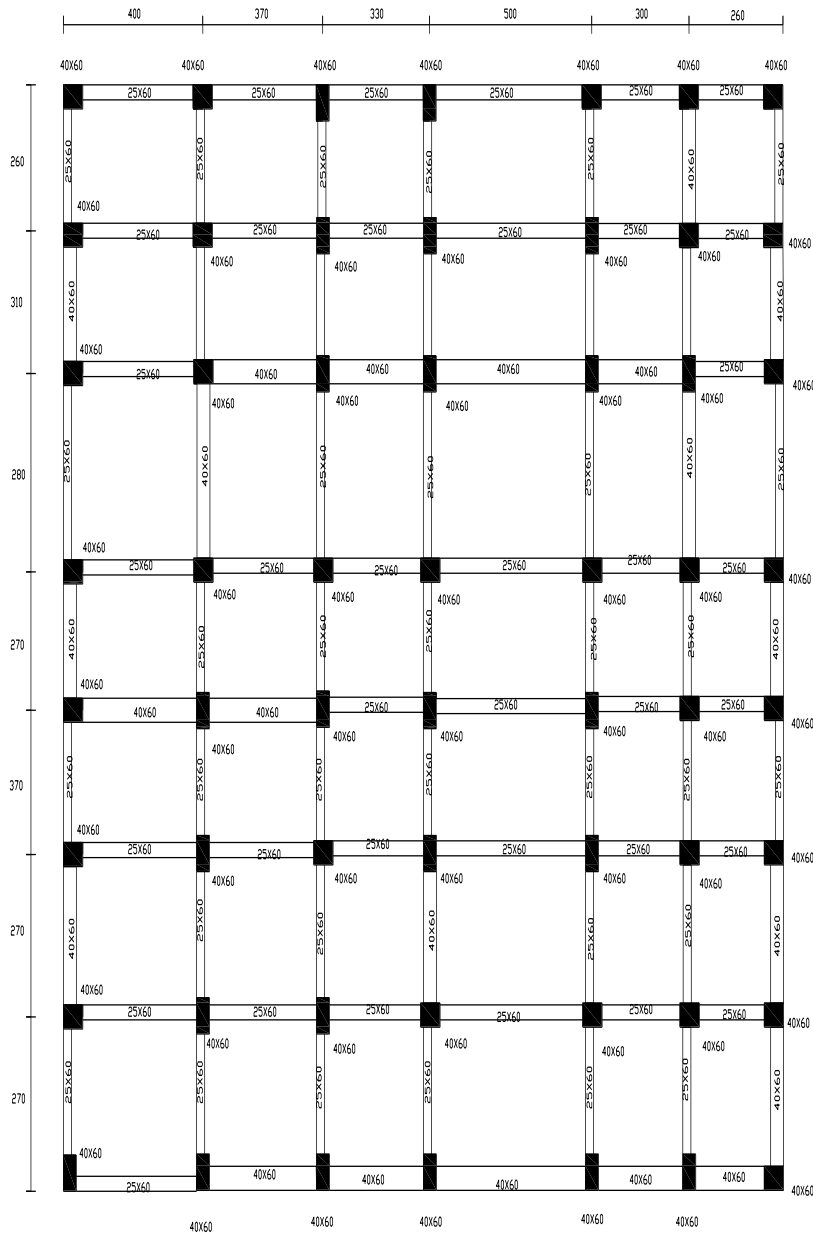
Büyütme spektrumları ise belli periyot değerleri arasında çok ciddi büyüklüklere ulaşmaktadır. Sakarya kaydı kayada alındığından dolayı büyütme sınırlı kalmakta ancak Sakarya şehir merkezinde alüvyon zeminde alınan hastane kaydında ise büyütme büyük artış göstermektedir.

Sakarya ve İzmit caddelerindeki zemin büyütme değerlerinin ciddi büyüklüklere ulaştığı görülmesine rağmen iki caddede de aynı büyüklüklerdedir. Bu da bu iki cadde arasındaki hasar oranları farklarının sadece zemin büyütmelerinden kaynaklandığı düşüncesini ortadan kaldırmaktadır.

4.4 Yapı İncelemesi

4.4.1 Yapı'ya ait bilgiler

Adapazarı şehir merkezindeki yakın kaynak deprem yer hareketi etkilerini incelemek ve yapılar üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla şehir merkezinde en çok hasar görmüş ve yakın fay etkilerinin en belirgin bir şekilde görülmüş olduğu İzmit caddesi seçilmiştir. İzmit caddesinde 1999 depreminde göçmüş bir yapı tespit edilmiş ve bu yapıya ait projeler ve teknik bilgiler ilgili kamu kuruluşlarından temin edilmiştir. Şekil 4.48'de yapının kat planı görülmektedir.

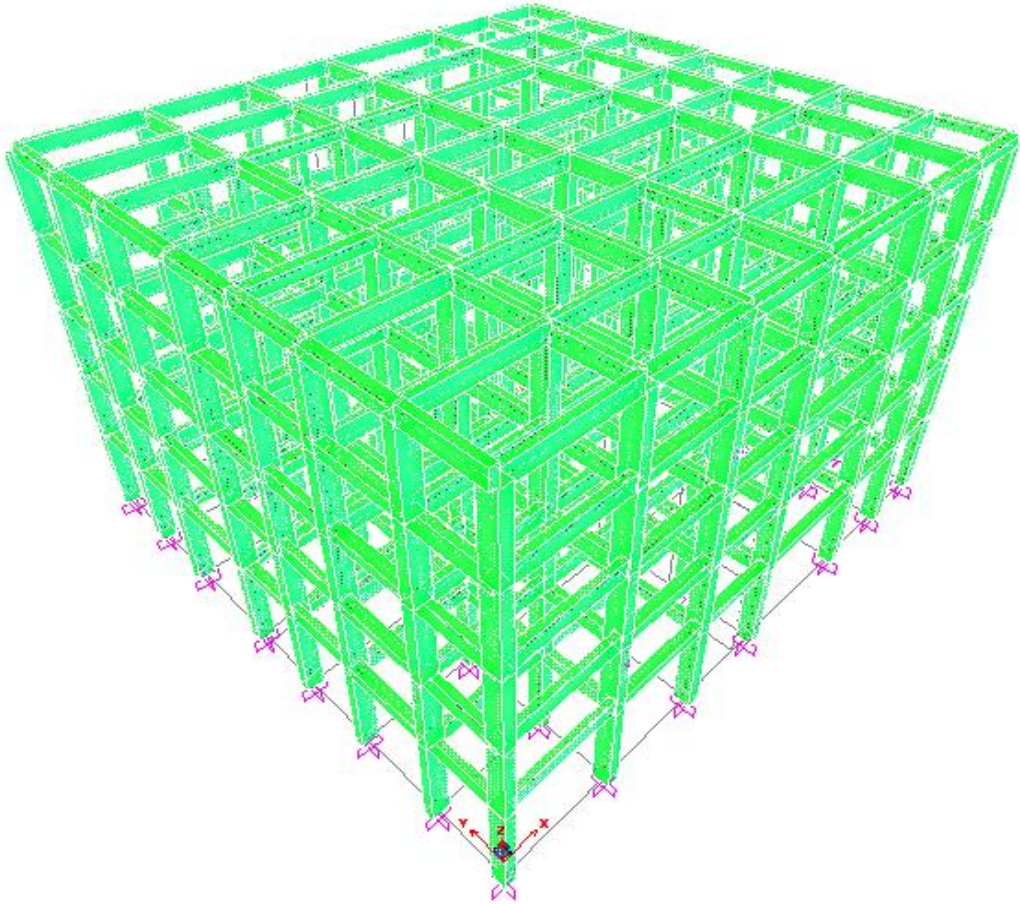


Şekil 4.49 Yapıya ait kat planı

Yapı 1986 yılında inşa edilmiş olup zemin ve dört normal kattan oluşmaktadır. Zemin kat işyeri, diğer katlar mesken olarak projelendirilmiştir. Kat yükseklikleri, zemin katta 3.5 m olup diğer katlarda 2.8 m'dir. Yapının karkas yapısı kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemdir. Kolonlar tüm katlarda 40x60 ebatlarında olup kirişler 25x60 ve 40x40 ebatlarındadır. Döşeme kalınlığı ise 12 cm'dir. Yapı tekil temeller üzerine oturmaktadır. Yapı C18 beton sınıfında projelendirilmiştir.

4.4.2 Yapının Modellenmesi ve Hesaplamaları

Yapının dinamik davranışı ve yerdeğiştirmelerinin tespiti için modal analiz, spektral analiz ve zaman tanım alanında çözüm yapılmıştır. Bunun yapılması için SAP2000 programı kullanılmıştır. Kullanılan deprem kayıtları, 1999 Kocaeli depremi Sakarya kaydı, 1999 İzmit artçı depremine ait Adapazarı hastane ve imar kayıtlarıdır. Ayrıca karşılaştırma yapılması amacıyla deprem yönetmeliğinin öngördüğü deprem spektrumu için de spektral çözüm yapılmıştır. (Şekil 4.49)



Şekil 4.50 Yapının SAP2000'de modellenmesi

Tablo 4.13 Yapı'ya ait yerdeğiştirme değerleri

TABLE: Joint Displacements							
Joint	OutputCase	CaseType	Step	U1	U2	U3	R1
Text	Text	Text	Text	m	m	m	Radians
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 1	0.008798	0.000788	0.0003	-0.000209
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 2	0.001562	-0.010703	-0.000491	0.002866
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 3	-0.023719	-0.002676	0.000501	0.000495
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 4	0.004596	-0.028433	0.000709	0.005208
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 5	-0.029738	-0.006443	-0.000133	0.000259
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 6	0.008372	-0.035014	-0.000105	0.001313
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 7	-0.003281	-0.029902	0.001024	-0.006278
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 8	0.026922	-0.006277	-0.00027	-0.001377
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 9	0.000656	-0.017388	-5.081E-06	-0.008575
1. Kat	MODAL	LinModal	Mode 10	0.015589	-0.000684	0.000027	-0.000406
1. Kat	SAKEWX	LinModHist	Max	0.008406	0.000347	0.000255	0.0001
1. Kat	SAKEWX	LinModHist	Min	-0.007498	-0.000387	-0.000245	-0.000093
1. Kat	SAKEWY	LinModHist	Max	0.000961	0.009339	0.000413	0.002347
1. Kat	SAKEWY	LinModHist	Min	-0.000988	-0.008837	-0.000409	-0.002431
1. Kat	hasewx	LinModHist	Max	0.000702	0.000031	0.000021	0.000011
1. Kat	hasewx	LinModHist	Min	-0.000924	-0.000042	-0.000029	-8.328E-06
1. Kat	hasewy	LinModHist	Max	0.000109	0.000982	0.000045	0.000264
1. Kat	hasewy	LinModHist	Min	-0.000114	-0.000999	-0.000045	-0.000261
1. Kat	hasnsx	LinModHist	Max	0.000882	0.000031	0.000027	8.141E-06
1. Kat	hasnsx	LinModHist	Min	-0.000965	-0.000031	-0.000032	-8.087E-06
1. Kat	hasnsy	LinModHist	Max	0.000144	0.001164	0.000053	0.000348
1. Kat	hasnsy	LinModHist	Min	-0.00013	-0.001288	-0.000063	-0.000309
1. Kat	imarewx	LinModHist	Max	0.001173	0.000053	0.000035	0.000012
1. Kat	imarewx	LinModHist	Min	-0.001014	-0.000047	-0.000033	-0.000014
1. Kat	imarewy	LinModHist	Max	0.000126	0.001309	0.00006	0.000307
1. Kat	imarewy	LinModHist	Min	-0.000142	-0.001161	-0.000056	-0.000347
1. Kat	imarnsx	LinModHist	Max	0.00115	0.000049	0.000037	0.000014
1. Kat	imarnsx	LinModHist	Min	-0.001064	-0.000054	-0.000032	-0.000013
1. Kat	imarnsy	LinModHist	Max	0.00015	0.001266	0.000061	0.000356
1. Kat	imarnsy	LinModHist	Min	-0.000134	-0.001327	-0.000063	-0.00034
1. Kat	tdy98X	LinRespSpec	Max	0.002815	0.000135	0.000089	0.000036
1. Kat	tdy98Y	LinRespSpec	Max	0.000356	0.003208	0.00015	0.000858
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 1	0.016767	0.001451	0.000465	-0.000174
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 2	0.002917	-0.019728	-0.000741	0.002405
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 3	-0.030369	-0.003318	0.001061	-0.000153
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 4	0.00571	-0.034952	0.001589	-0.001801
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 5	-0.007635	-0.001495	-0.000206	-0.002158
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 6	0.001989	-0.007417	-0.000149	-0.011921
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 7	0.002836	0.028952	0.001463	-0.008703
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 8	-0.024969	0.006379	-0.00041	-0.001866
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 9	-0.001304	0.033367	-0.000503	0.004881
2. Kat	MODAL	LinModal	Mode 10	-0.02941	0.001626	0.000228	0.000235
2. Kat	SAKEWX	LinModHist	Max	0.015565	0.000648	0.000401	0.00008
2. Kat	SAKEWX	LinModHist	Min	-0.014316	-0.000698	-0.000382	-0.00008
2. Kat	SAKEWY	LinModHist	Max	0.001774	0.016718	0.000624	0.001965
2. Kat	SAKEWY	LinModHist	Min	-0.001783	-0.016152	-0.000621	-0.001954
2. Kat	hasewx	LinModHist	Max	0.001304	0.000058	0.000033	8.995E-06

2. Kat	hasewx	LinModHist	Min	-0.001746	-0.000076	-0.000045	-7.048E-06
2. Kat	hasewy	LinModHist	Max	0.0002	0.0018	0.000068	0.000215
2. Kat	hasewy	LinModHist	Min	-0.00021	-0.001816	-0.000068	-0.000217
2. Kat	hasnsx	LinModHist	Max	0.001669	0.000056	0.000042	6.987E-06
2. Kat	hasnsx	LinModHist	Min	-0.001862	-0.000057	-0.00005	-6.562E-06
2. Kat	hasnsy	LinModHist	Max	0.00027	0.002123	0.00008	0.000298
2. Kat	hasnsy	LinModHist	Min	-0.000237	-0.002394	-0.000095	-0.000254
2. Kat	imarewx	LinModHist	Max	0.002199	0.000096	0.000053	0.00001
2. Kat	imarewx	LinModHist	Min	-0.011919	-0.000085	-0.000052	-0.000011
2. Kat	imarewy	LinModHist	Max	0.000234	0.002389	0.00009	0.000265
2. Kat	imarewy	LinModHist	Min	-0.000262	-0.002094	-0.000085	-0.000285
2. Kat	imarnsx	LinModHist	Max	0.002196	0.00009	0.000057	0.000011
2. Kat	imarnsx	LinModHist	Min	-0.001998	-0.000098	-0.000051	-0.00001
2. Kat	imarnsy	LinModHist	Max	0.00028	0.002343	0.000092	0.000302
2. Kat	imarnsy	LinModHist	Min	-0.000249	-0.002454	-0.000095	-0.000289
2. Kat	tdy98X	LinRespSpec	Max	0.005356	0.000248	0.000138	0.000029
2. Kat	tdy98Y	LinRespSpec	Max	0.000659	0.005904	0.000227	0.000719
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 1	0.023548	0.002009	0.000562	-0.000143
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 2	0.00407	-0.02734	-0.000877	0.001992
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 3	-0.016912	-0.001833	0.001595	-0.000648
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 4	0.003031	-0.018643	0.002432	-0.007114
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 5	0.027385	0.005788	-0.000695	-0.000832
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 6	-0.007733	0.032629	-0.000846	-0.004499
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 7	0.001198	0.00955	0.001422	0.013362
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 8	-0.009613	0.00216	-0.000444	0.002868
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 9	0.001528	-0.037115	-0.000746	0.001641
3. Kat	MODAL	LinModal	Mode 10	0.032025	-0.001607	0.000337	0.000076
3. Kat	SAKEWX	LinModHist	Max	0.021533	0.000912	0.000495	0.000067
3. Kat	SAKEWX	LinModHist	Min	-0.020133	-0.000943	-0.000468	-0.000069
3. Kat	SAKEWY	LinModHist	Max	0.002455	0.022409	0.000742	0.00165
3. Kat	SAKEWY	LinModHist	Min	-0.002477	-0.022348	-0.00074	-0.00167
3. Kat	hasewx	LinModHist	Max	0.001807	0.000081	0.00004	7.348E-06
3. Kat	hasewx	LinModHist	Min	-0.002438	-0.000105	-0.000054	-5.861E-06
3. Kat	hasewy	LinModHist	Max	0.000276	0.002483	0.00008	0.000182
3. Kat	hasewy	LinModHist	Min	-0.000293	-0.002488	-0.00008	-0.000178
3. Kat	hasnsx	LinModHist	Max	0.00233	0.000077	0.000051	6.082E-06
3. Kat	hasnsx	LinModHist	Min	-0.002655	-0.00008	-0.000061	-5.723E-06
3. Kat	hasnsy	LinModHist	Max	0.000379	0.002916	0.000095	0.000254
3. Kat	hasnsy	LinModHist	Min	-0.000327	-0.003348	-0.000114	-0.00021
3. Kat	imarewx	LinModHist	Max	0.003036	0.000133	0.000064	8.79E-06
3. Kat	imarewx	LinModHist	Min	-0.002673	-0.000116	-0.000063	-9.27E-06
3. Kat	imarewy	LinModHist	Max	0.000332	0.003283	0.000106	0.000228
3. Kat	imarewy	LinModHist	Min	-0.000364	-0.002937	-0.000102	-0.000234
3. Kat	imarnsx	LinModHist	Max	0.003094	0.000123	0.000069	9.25E-06
3. Kat	imarnsx	LinModHist	Min	-0.002769	-0.000134	-0.000062	-8.49E-06
3. Kat	imarnsy	LinModHist	Max	0.00039	0.003266	0.00011	2.52E-04
3. Kat	imarnsy	LinModHist	Min	-0.000349	-0.003411	-0.000113	-2.43E-04
3. Kat	tdy98X	LinRespSpec	Max	0.007513	0.000343	0.000168	0.000024
3. Kat	tdy98Y	LinRespSpec	Max	0.000917	0.008175	0.000269	0.000597
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 1	0.028588	0.00242	0.000608	-0.000096
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 2	0.004934	-0.032987	-0.000931	0.001357
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 3	0.007888	0.000811	0.00194	-0.000736

4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 4	-0.001734	0.009935	0.002961	-0.008052
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 5	0.017626	0.003461	-0.00137	0.001829
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 6	-0.004781	0.019532	-0.001828	0.010205
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 7	-0.003839	-0.035579	0.002266	-0.001603
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 8	0.031383	-0.007488	-0.000622	-0.000375
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 9	-0.001088	0.027541	-0.000931	-0.007384
4. Kat	MODAL	LinModal	Mode 10	-0.023626	0.001371	0.000413	-0.000323
4. Kat	SAKEWX	LinModHist	Max	0.025863	0.001113	0.000542	0.000048
4. Kat	SAKEWX	LinModHist	Min	-0.024723	-0.001126	-0.00051	-0.000051
4. Kat	SAKEWY	LinModHist	Max	0.002958	0.027014	0.00079	0.001168
4. Kat	SAKEWY	LinModHist	Min	-0.00301	-0.026925	-0.000788	-0.001195
4. Kat	hasewx	LinModHist	Max	0.002176	0.000098	0.000043	4.868E-06
4. Kat	hasewx	LinModHist	Min	-0.002953	-0.000126	-0.000058	-3.947E-06
4. Kat	hasewy	LinModHist	Max	0.000332	0.002986	0.000085	0.000131
4. Kat	hasewy	LinModHist	Min	-0.000354	-0.002985	-0.000086	-0.000121
4. Kat	hasnsx	LinModHist	Max	0.002825	0.000093	0.000056	4.222E-06
4. Kat	hasnsx	LinModHist	Min	-0.003266	-0.000098	-0.000066	-4.132E-06
4. Kat	hasnsy	LinModHist	Max	0.000463	0.003497	0.000101	0.00018
4. Kat	hasnsy	LinModHist	Min	-0.000393	-0.00407	-0.000121	-0.000146
4. Kat	imarewx	LinModHist	Max	0.003637	0.000159	0.000069	6.08E-06
4. Kat	imarewx	LinModHist	Min	-0.003251	-0.000142	-0.000069	-6.17E-06
4. Kat	imarewy	LinModHist	Max	0.000409	0.003937	0.000113	0.00016
4. Kat	imarewy	LinModHist	Min	-0.00044	-0.003595	-0.000108	-0.000159
4. Kat	imarnsx	LinModHist	Max	0.003767	0.000147	0.000075	6.07E-06
4. Kat	imarnsx	LinModHist	Min	-0.003338	-0.000161	-0.000067	-5.75E-06
4. Kat	imarnsy	LinModHist	Max	0.000473	0.003961	0.000117	1.73E-04
4. Kat	imarnsy	LinModHist	Min	-0.000425	-0.004122	-0.00012	-1.68E-04
4. Kat	tdy98X	LinRespSpec	Max	0.009119	0.000412	0.000182	0.000016
4. Kat	tdy98Y	LinRespSpec	Max	0.001111	0.009861	0.000286	0.00041
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 1	0.03161	0.00266	0.000621	-0.00006
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 2	0.005462	-0.036341	-0.000943	0.000902
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 3	0.028975	0.002982	0.002061	-0.000511
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 4	-0.005741	0.033501	0.003138	-0.005738
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 5	-0.023079	-0.005003	-0.001708	0.002116
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 6	0.00665	-0.027371	-0.002319	0.011841
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 7	0.001741	0.019094	0.00308	-0.01648
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 8	-0.016692	0.004342	-0.000781	-0.00359
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 9	0.000518	-0.009885	-0.001552	0.013483
5. Kat	MODAL	LinModal	Mode 10	0.00819	-0.000437	0.000633	0.000665
5. Kat	SAKEWX	LinModHist	Max	0.028708	0.001232	0.000556	0.000029
5. Kat	SAKEWX	LinModHist	Min	-0.027552	-0.001234	-0.000523	-0.000031
5. Kat	SAKEWY	LinModHist	Max	0.003277	0.029855	0.000801	0.00078
5. Kat	SAKEWY	LinModHist	Min	-0.00334	-0.02961	-0.000799	-0.000796
5. Kat	hasewx	LinModHist	Max	0.002394	0.000108	0.000044	2.901E-06
5. Kat	hasewx	LinModHist	Min	-0.003262	-0.000139	-0.00006	-2.385E-06
5. Kat	hasewy	LinModHist	Max	0.000366	0.003284	0.000086	0.000088
5. Kat	hasewy	LinModHist	Min	-0.000392	-0.00328	-0.000087	-0.00008
5. Kat	hasnsx	LinModHist	Max	0.003122	0.000103	0.000057	2.433E-06
5. Kat	hasnsx	LinModHist	Min	-0.003641	-0.000109	-0.000068	-2.489E-06
5. Kat	hasnsy	LinModHist	Max	0.000515	0.00384	0.000102	0.000121
5. Kat	hasnsy	LinModHist	Min	-0.000433	-0.004511	-0.000123	-0.000098
5. Kat	imarewx	LinModHist	Max	0.00399	0.000174	0.000071	3.70E-06
5. Kat	imarewx	LinModHist	Min	-0.00363	-0.000157	-0.000071	-3.74E-06

5. Kat	imarewy	LinModHist	Max	0.000457	0.004322	0.000114	0.000107
5. Kat	imarewy	LinModHist	Min	-0.000487	-0.003995	-0.00011	-0.000106
5. Kat	imarnsx	LinModHist	Max	0.004147	0.00016	0.000077	3.67E-06
5. Kat	imarnsx	LinModHist	Min	-0.003704	-0.000176	-0.000068	-3.47E-06
5. Kat	imarnsy	LinModHist	Max	0.000523	0.004378	0.000118	1.15E-04
5. Kat	imarnsy	LinModHist	Min	-0.000472	-0.004545	-0.000122	-1.12E-04
5. Kat	tdy98X	LinRespSpec	Max	0.010084	0.000453	0.000186	9.815E-06
5. Kat	tdy98Y	LinRespSpec	Max	0.00123	0.010865	0.00029	0.000273

4.4.3 Sonuçların Değerlendirilmesi

Bulunan yerdeğiştirme değerleri incelendiğinde en büyük yerdeğiştirme değerlerinin ana deprem kaydı olması dolayısı ile Sakarya depreminde olduğu görülmektedir. (Tablo 4.13) Bu değerler kullanılarak deprem yönetmeliğinin öngördüğü görel kat ötelenmeleri hesaplanmış ve bu değerlerini maksimumu olan $(\Delta)_{\max} = 0.007378$ değeri elde edilmiştir. Görel kat ötelemesi; herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eder. (Tablo 4.14)

Tablo 4.14 Maksimum yerdeğiştirme değerleri

Kat	Yerdeğiştirmeler (m)				
	Sakarya EW	Hastane EW	Hastane NS	İmar EW	İmar NS
1. Kat	0.009339	0.000982	0.001164	0.001209	0.001266
2. Kat	0.016718	0.0018	0.002123	0.002289	0.002243
3. Kat	0.022409	0.002483	0.002616	0.003283	0.003266
4. Kat	0.027014	0.002886	0.003297	0.003837	0.003961
5.Kat	0.029855	0.003284	0.00384	0.004322	0.004378

$$\Delta_2 = d_2 - d_1 = 0.016718 - 0.009340 = 0.007378 \quad (\Delta_{\max})$$

$$\Delta_3 = d_3 - d_2 = 0.022410 - 0.016718 = 0.005692$$

$$\Delta_4 = d_4 - d_3 = 0.0270 - 0.02241 = 0.00459$$

$$\Delta_5 = d_5 - d_4 = 0.02985 - 0.0270 = 0.00285$$

Deprem yönetmeliği maksimum görelî kat ötelemesinin $(\Delta)_{\max} / h_i \leq 0.0035$, $(\Delta)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R$ sınırlamalarının sağlanmasını istemektedir. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı olan R, yapımızda deprem yüklerinin tamamının çerçevelerce taşındığı için 8 olarak seçilmiştir.

$$(\Delta)_{\max} / h_i \leq 0.0035$$

$$0.007378 / 2.8 = 0.002635 \leq 0.0035$$

$$(\Delta)_{\max} / h_i \leq 0.02 / R$$

$$0.007378 / 2.8 = 0.002635 \geq 0.0025$$

Yukarıda görüldüğü gibi birinci sınırlama sağlanmış ama ikinci sınırlama sağlanamamıştır, ama ciddi bir farkın olmadığı da görülmüştür. Hesap değerleri değerlendirildikten sonra bu yapının göçme sebebi hakkında şu değerlendirmeler yapılabilir, yapı projelendirilmesinden farklı olarak inşa edilmiş olabileceği, uygulamada ciddi yanlışlıklar yapılmış olabileceği ve ayrıca bu tezin de araştırma konusu olan yakın fay etkilerinden olan kırılma doğrultu etkisinin yapıda ciddi manada etkili olduğudur.

İzmit caddesindeki ve Sakarya caddesindeki yapıların karakteristik olarak ciddi farklılıklar göstermemesi ve ele alınan yapının bu iki caddedeki yapıları genel olarak temsil edebilecek bir yapıda olduğu düşünülürse İzmit caddesinde yakın fay etkilerinin ciddi manada etkili olduğu sonucuna varılabileceği kanaatine ulaşılmıştır.

5. SONUÇLAR

17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ülkemizin nüfus ve sanayi açısından en yoğun bölgesinde meydana gelmiştir, bu yüzden gerek maddi, gerekse de can kayıpları nedeni ile büyük zarar vermiştir. Bu da gelişmekte olan ekonomimize çok büyük zararlar vermiştir.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi incelenmiş ve bu depremde oluşan yapı hasarlarında etkili olan faktörler üzerinde durulmuştur. Bu hasarların nedenlerini sadece yapısal özelliklere bağlamak mümkün değildir. Yerel zemin koşulları ve ayrıca bu tezin araştırma konusu olan zemin büyütme ve yakın fay etkilerinin bu hasarların oluşmasında önemli etken olmuştur.

İnceleme alanı olarak seçilen Adapazarı'nda hasar durumları incelendiğinde belli bölgelerdeki hasar oranları arasında ciddi farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıkların yerel zemin koşullarının farklılığından kaynaklanıp kaynaklanmadığının bulunması amacıyla bölgede yapılmış olan zemin sondajları elde edilmiştir. Bu sondaj datalarından faydalanılarak deprem spektrumları elde edilmiştir. Deprem spektrumları incelendiğinde, inceleme alanı olan Adapazarı Sakarya ve İzmit caddeleri arasında ciddi zemin farklılıklarının olmadığı görülmüştür.

Adapazarı'ndaki bilhassa Sakarya ve İzmit caddelerindeki yapıların depremler sırasında nasıl bir dinamik etkiyle karşılaştığı ve yerdeğiştirmelerin ne ölçüde oluştuğunun tespiti için örnek bir yapının analizi Sap2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Analiz yapılırken modal, spektrum ve zaman tanım alanında analizler yapılmış ve her biri için ayrı yerdeğiştirmeler bulunmuştur.

Elde edilen yerdeğiştirmeler deprem yönetmeliğinin öngördüğü sınırlar ile karşılaştırılmış ve göreceli kat ötelenme değerlerinin bazı şartları sağlayıp bazılarını sağlamadığı görülmüştür. Bahsi geçen göçmüş yapının ciddi yerdeğiştirmeler

yapmadığı tespitinden sonra tezin ana felsefesi olan İzmit caddesindeki yapıların göçme nedenlerinden en önemlilerinden birinin yakın fay etkilerinden kaynaklandığı sonucuna varılabilmektedir.

Yakın fay etkilerinden olan kırılma doğrultu etkisi bu hasar oranları farklılığını etkileyen faktörlerden biridir. Yakın fay etkilerinin depremin kuzey-güney bileşeninde etkili olduğu bilgisi ve İzmit caddesi'nin de fayın kuzey-güney bileşenine paralel olduğu görüldükten sonra bu hasar oranları farklılığının çok ilginç olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca derin alüvyon tabakaları üzerinde bulunan bölgede zemin büyütmelemlerinin büyük değerlerde olduğu görülmüş ama iki cadde arasında ciddi farklılıklar göstermediği anlaşılmıştır.

Mevcut deprem yönetmeliği ve halihazırda uygulanmakta olan deprem hesaplarında esas girdi olarak maksimum yer ivmesi alınmaktadır. Son yıllarda deprem hesabının sadece tek bir parametre ile başarılmasının temel yanlışlığı gösterilmiş ve özellikle lineer olmayan yapı davranışı açısından zamana bağlı hız ve yerdeğiştirme fonksiyonlarına da ihtiyaç olduğu kabul edilmiştir.

Deprem yönetmeliğinde yer alan standart spektrum eğrileri hem genellikle daha uzak mesafelerde kaydedilmiş olan hem de ortalama değerler olduklarından yakın fay bölgelerinin karşılaştıkları etkileri yansıtmamaktadır. Davranış spektrumu maksimum şekil değiştirme, yani toplam ötelenme ve toplam maksimum ivmeyi tahmin etmek için faydalıdır.

Bazı deprem yönetmelikleri bu etkileri göz önüne alarak yerleşim bölgelerini belli sınıflandırmalara tabii tutmuştur ve bu sınıflamada yerleşim bölgesinin aktif fay bölgesine uzaklığı ve bu fayların oluşturabileceği deprem büyüklükleri ana etken olmuştur. Bu sınıflandırma doğrultusunda belirli artırım katsayıları belirlenmiş aynı fay etkisinde olan bölgelerde bile belli katsayı farklılıkları oluşturulmuştur.

Dünyanın önemli deprem kuşaklarının biri üzerinde bulunan ülkemizde kullanılan deprem yönetmeliklerinin de bu sınıflandırmayı yapması gerektiği ana fikrine ulaşılmıştır. Bu sınıflandırma doğrultusunda deprem bölgeleri haritası baz alınarak, aynı deprem bölgeleri içerisinde de yeni sınıflandırma yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu sınıflandırma yapılırken faya yakınlık, fayın oluşturabileceği depremler, bölgedeki yapıların yerleşim durumu ve fayın atımı, kırılma şekilleri dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik**, 1998. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Yayın No:25, İzmir
- [2] **Demirtaş, R., Erkmen, C. ve Yılmaz, R.**, 2000. Yüzey Faylanması, *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi Raporu*, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- [3] **Özmen, B.**, 2000. İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle). Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.
- [4] **Nurlu, M.**, 2000. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Tektonik Özellikleri, *17 Ağustos 1999 Körfez Depremi Raporu*, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Yayınları, Ankara
- [5] **Bakir, S., Sucuoğlu, H. ve Yılmaz, T.**, 2002. An Overview of Local Site Effects and the Associated Building Damage in Adapazarı during the 17 August 1999 İzmit Earthquake, *Bulletin of Seismological Society of America*, **92**, **1**, 509-526
- [6] **Hasgür, Z.**, 2004. Engineering Seismology Lecture Notes, İstanbul.
- [7] **Barka, A., Stein, R.S. and Dieterich, J.H.**, 1997. Progressive Failure on the North Anatolian Fault Since 1939 by Earthquake Stress Triggering, *Geophysical Journal International*, **128**, 594-604.
- [8] **Nurlu, M., Cerit, O. ve Sezen, F.**, 1999. 17 Ağustos 1999 Gölçük ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri Tektonik İncelemesi, Deprem Araştırma Dairesi.
- [9] **Erdik, M.**, 2000. Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquakes, Boğaziçi University Department of Earthquake Engineering, İstanbul.
- [10] **Sucuoğlu, H.**, 2001. The 1999 Kocaeli and Düzce-Turkey Earthquakes, Middle East Technical University, Ankara.

- [11] **Bird, J. F., Bommer, J. J., Bray, J. D., Sancio, R. and Spance, R. J. S.**, 2004. Comparing Loss Estimation with Observed Damage in a Zone of Ground Failure: A Study of the 1999 Kocaeli Earthquake in Turkey, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 2: 329-360.
- [12] **Stewart, P. J., Chiou, S. J., Bray, J. D., Graves, R. W., Somerville, P. G., Abrahamson, N. A.**, Ground Motion Evaluation Procedures for Performance-Based Design. Nisee Online Library
- [13] **Gülkan, P., Sözen, M. A., Ersoy, U., Yorulmaz, M., Aşkar, G.**, 1997. Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Tespiti için Alternatif bir Yaklaşım, Türkiye Deprem Vakfı Yayınları.
- [14] **Motosaka, M., Somer, A.**, 2002. Ground Motion Directionality İnferred from a Survey of Minaret Damage during the 1999 Kocaeli and Düzce, Turkey Earthquakes. *Journal of Seismology* 6: 419-430.
- [15] **Sivrikaya, O.**, 2003. Standart Penetrasyon Deneyi ile Zemin Özelliklerinin Belirlenmesi ve Türkiye'deki Uygulaması, *Doktora Tezi* , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [16] **Okan, R.**, 2002. 17 Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nde Adapazarı'nda gözlenen Yapısal Hasar Üzerinde Zemin Koşullarının Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] **ICBO**, 1994. International Conference of Building Officials, *Uniform Building Code*, Whittier, California.
- [18] **Tezcan, S. S., Özgirgin, F.**, 2001. Soil Amplification and Case Studies. Türkiye Deprem Vakfı Yayınları.
- [19] **Erken, A.**, 2004. Soil Dynamics lecture Notes. İstanbul
- [20] **Proshake User's Manual**, Ground Response Analysis Program Version 1.1, EduPro Civil Systems, Inc. Reymand, Washington.
- [21] **Bozdağ, E.**, 2004. Sismik Yer Tepkisinin Elde Edilmesinde Kullanılan Yöntemler, Mühendislik Jeofiziği JEF 412

- [22] **Alavi, B. and Krawinkler, H.**, 2004. Behavior of Moment-Resisting Frame Structures Subject to Near-Fault Ground Motion, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **33**: 687-706.
- [23] **Alavi, B. and Krawinkler, H.**, 2004. Strengthening of Moment-Resisting Frame Structures against Near-Fault Ground Motion Effects, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, **33**: 707-722.
- [24] **Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K.**, 2004. Örneklerle SAP 2000-V8, Birsen yayınevi, İstanbul.
- [25] **Erdik, M., Durukal, E.**, 2001. 1999 Kocaeli and Düzce, Turkey earthquake: strong ground motion. *XV ICSMGE TC4 Satellite Conference on 'Lessons Learned from Recent Strong Earthquakes'*. İstanbul, Turkey.
- [26] **Bozdağ, E.**, 2004. Sismik yer tepkisinin elde edilmesinde kullanılan yöntemler. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Jeofiziği ders notları.
- [27] **Bruneau, M.**, 2002. Building damage from the Marmara, Turkey earthquake of August 17, 1999. *Journal of Seismology* **6**: 357-377

ÖZGEÇMİŞ

Sedat Yılmaz 12.09.1980 yılında Diyarbakır’da doğdu. Lise öğrenimini Yunus Emre Süper Lise’sinde tamamladı. 1998 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne başladı ve 2002’de aynı bölümden mezun oldu. 2002 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programına kaydoldu.