



SUYA DOYGUN İNCE DANELİ ZEMİNLERDE OLUŞAN MUKAVEMET KAYIPLARINA BAĞLI OLARAK GELİŞEN ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMLERİ

Prof.Dr.AYFER ERKEN

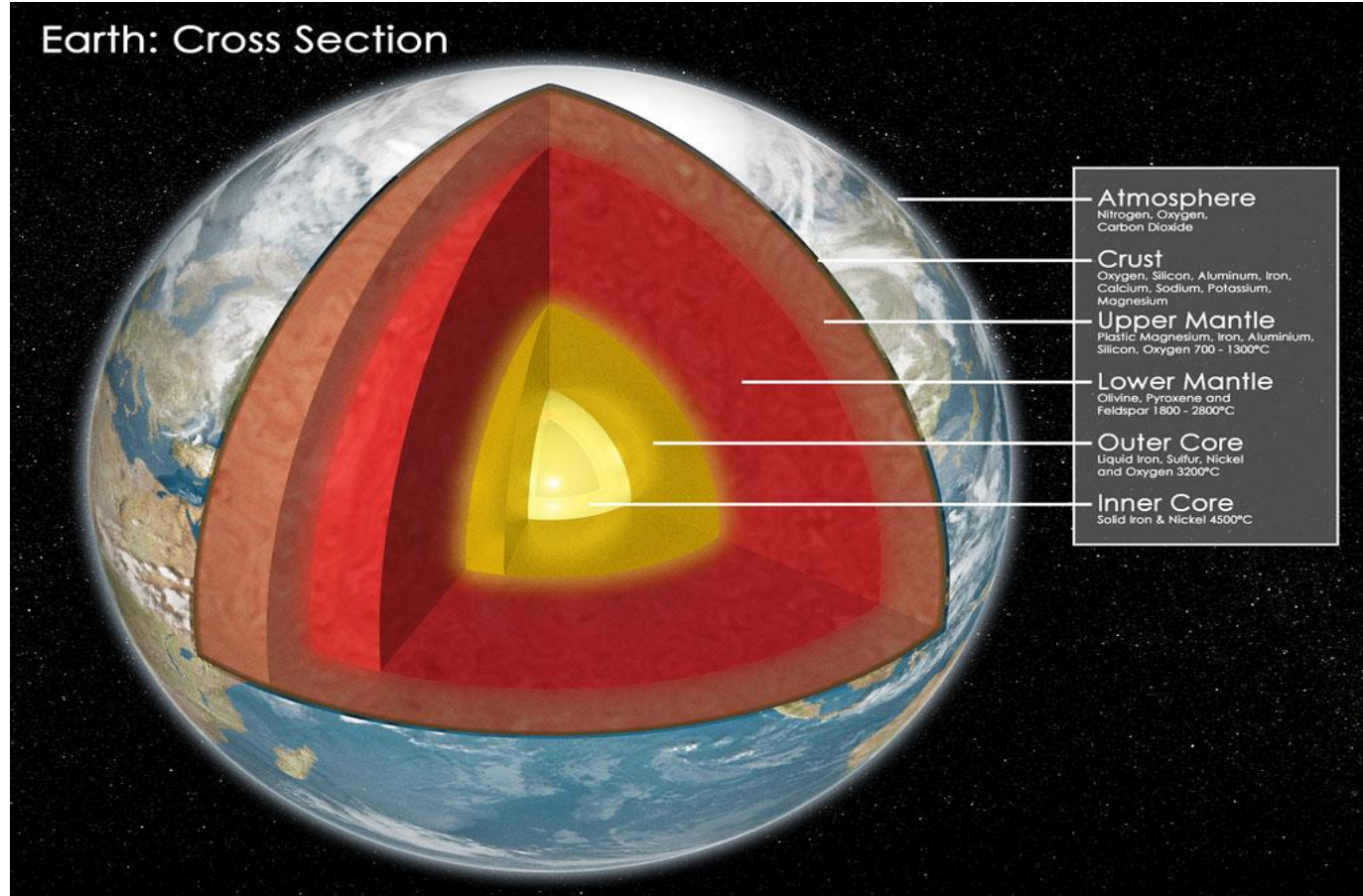
Doğuş Üniversitesi



İÇERİK

- Plakalar ve Ana Faylar
- Türkiye'deki Aktif Faylar
- 1999 Kocaeli ve Düzce Depremleri
- Yerel Zemin Koşullarının Yapısal Hasar Üzerindeki Etkisi
- 30 Ekim 2020 İzmir Depremi
- Sonuçlar

Plakalar ve Ana Faylar



(<http://ykonline.yksd.com/distanceedcourses/Courses09/PhysicalScience/Lessons/ThirdQuarter/Chapter07/07-04/02EarthCrossSection.jpg>)



Derinlik

Sıcaklık

20 km

600°C

100km

1000-1500 °C

700km

2000 °C

Çekirdekte

4000-5000 °C

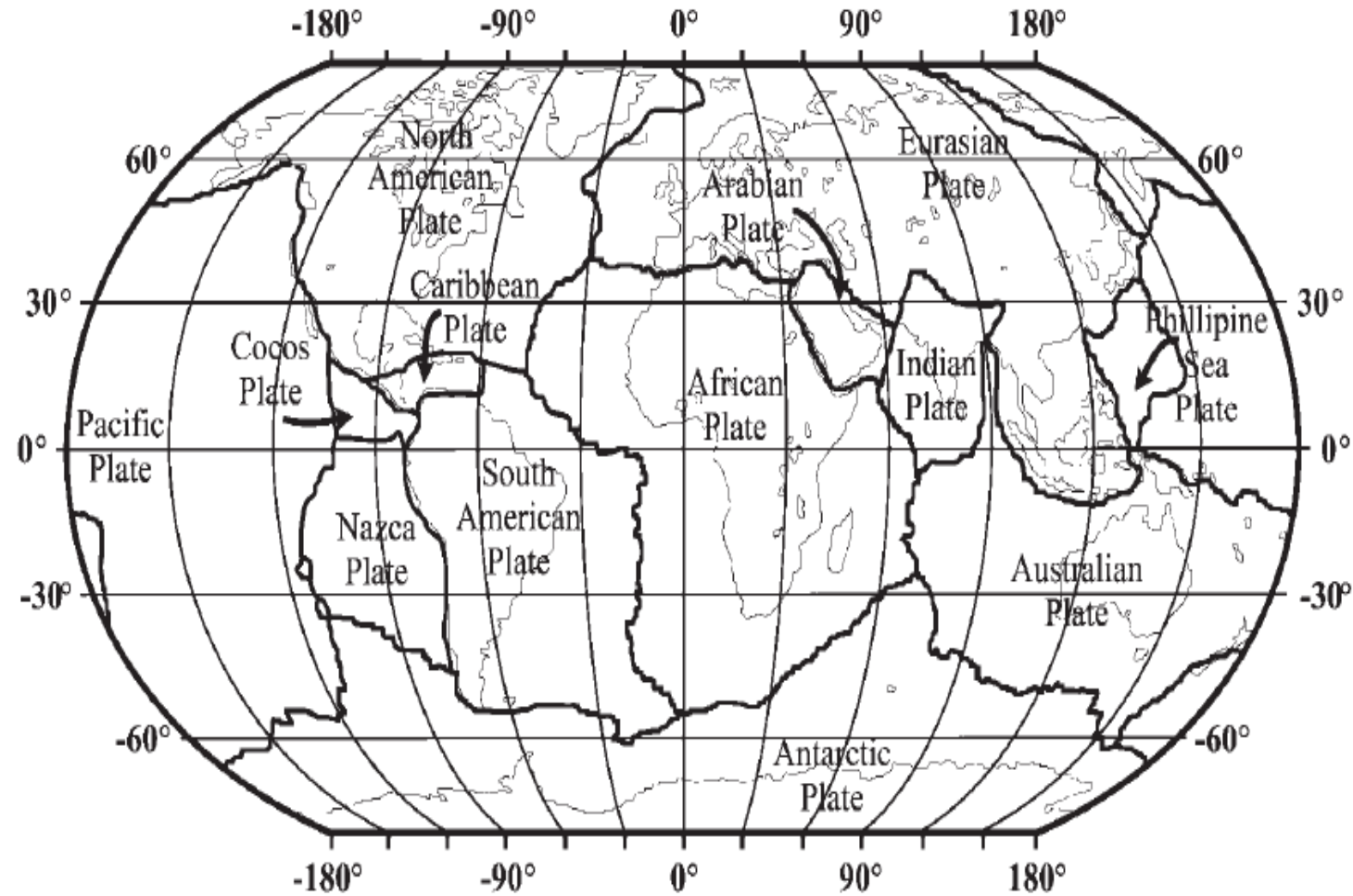
Radyoaktif malzeme ısı yayılmasına neden olur.
Bu ise mağmada akımları oluşturur ve plakalar hareket eder.



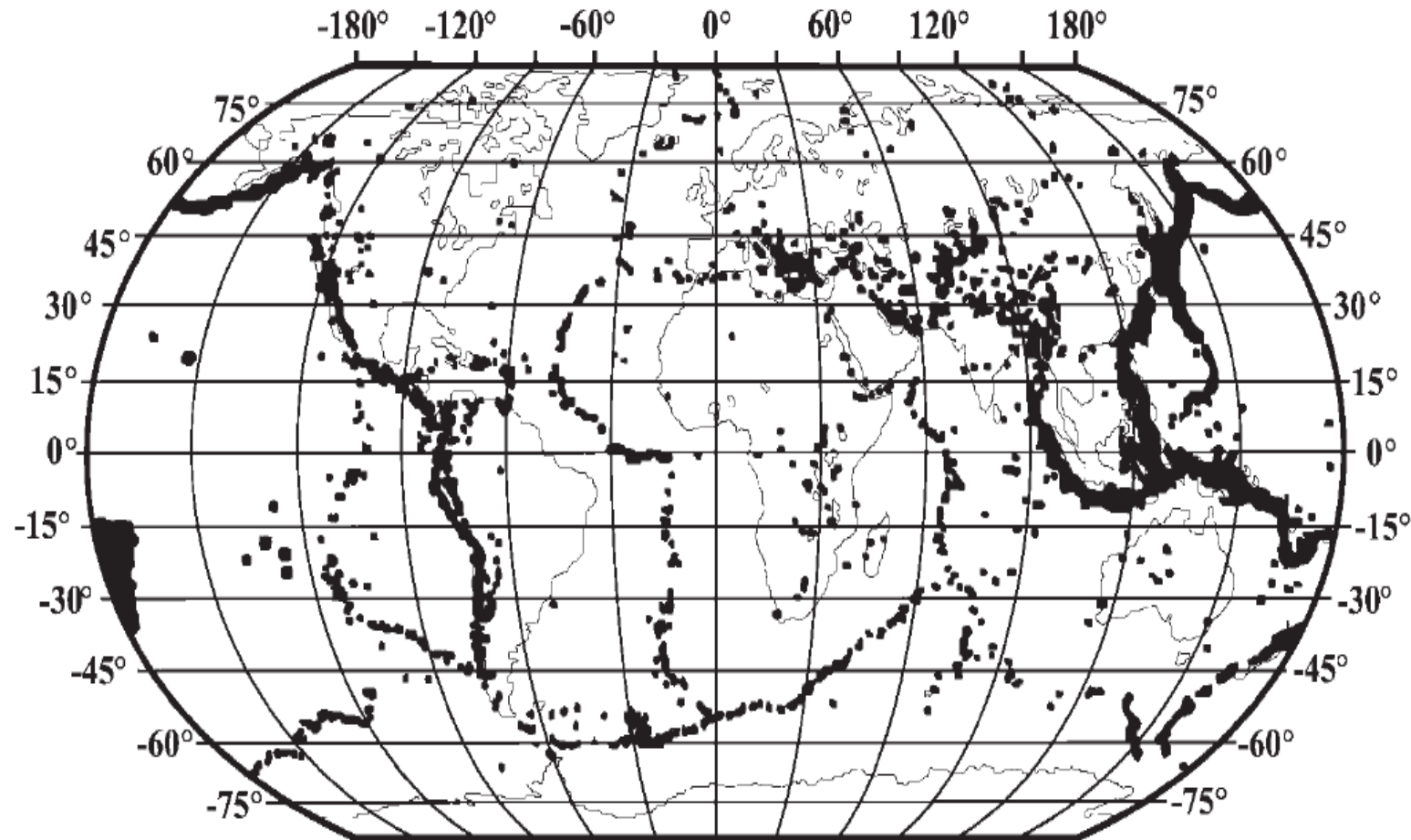
Ana Kıtalar

- Avrupa
- Pasifik
- America
- Africa
- Hindistan
- Antartika

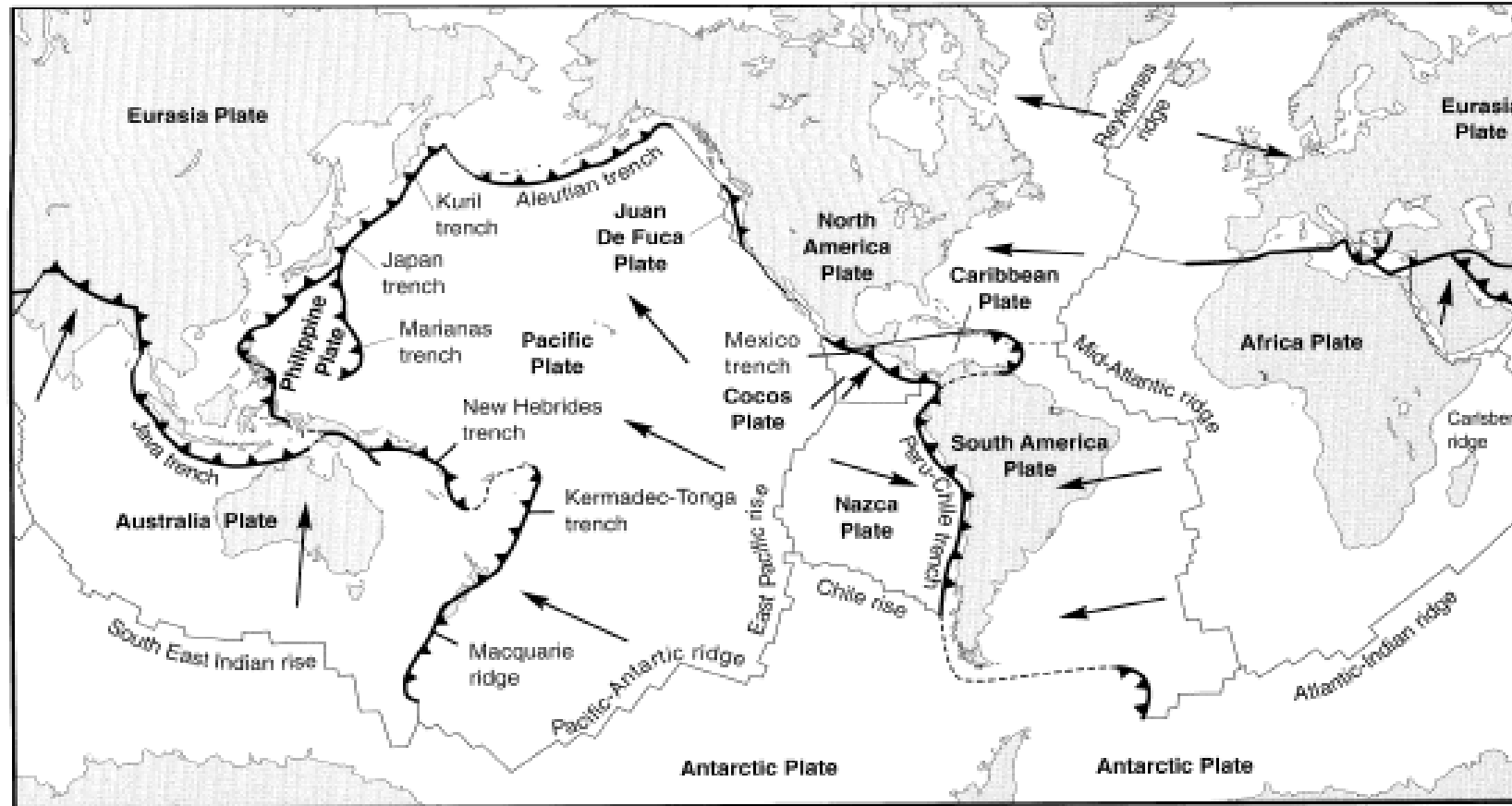
Her kıta (plaka) kendi içinde küçük plakalara ayrılır.



Tektonik Plakalars (Elnashai and Di Sarno, 2008)



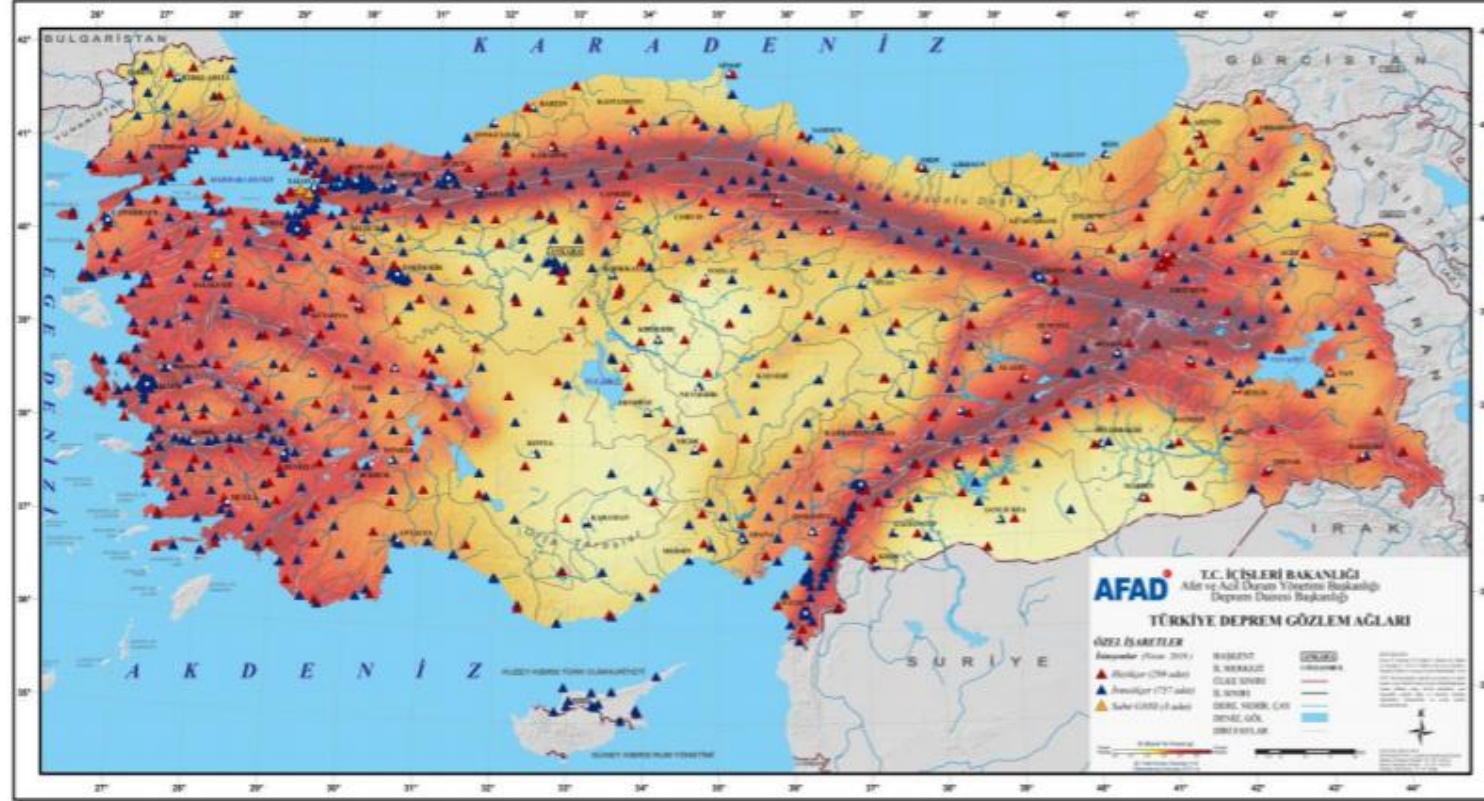
Worldwide earthquake distribution
(Elnashai and Di Sarno, 2008)



The major tectonic plates, mid-oceanic ridges, trenches, and transform faults of the earth. Arrows indicate directions of plate movement. (After Fowler, 1990.)

(Kramer, 1996XXXXXX)

Türkiye Deprem Haritası (AFAD)



Türkiye Deprem Gözlem Ağı

• Normal Fault-Normal Fay



A normal fault is defined as a fault where the hanging wall block has moved downward with respect to the footwall block

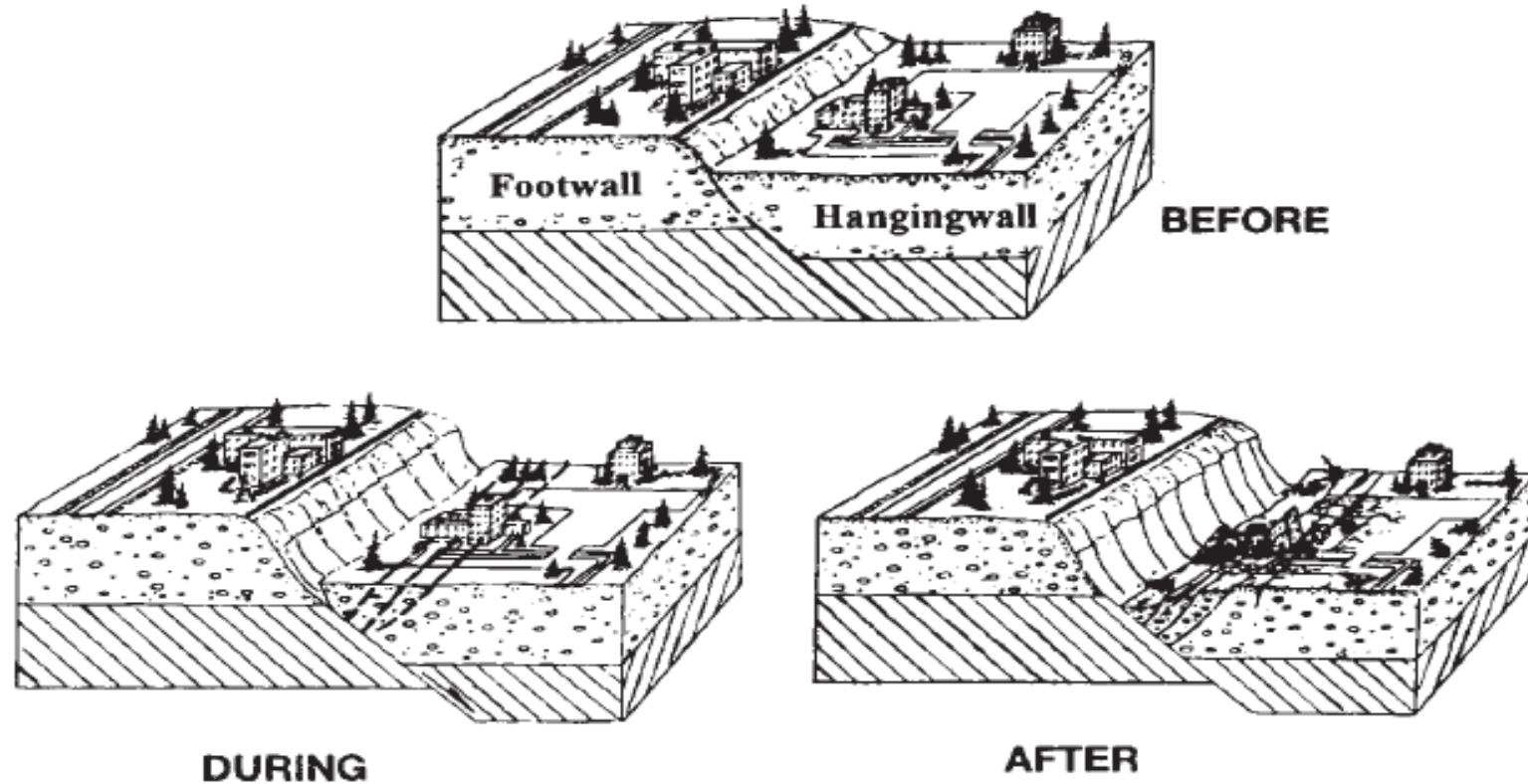


Illustration of a normal fault. For a normal fault, the hangingwall block has moved downward with respect to the footwall block. (Adapted from Namson and Davis 1988.)

(Day, 2012)

• Strike-Slip Fault-Yanal Atımlı Fay

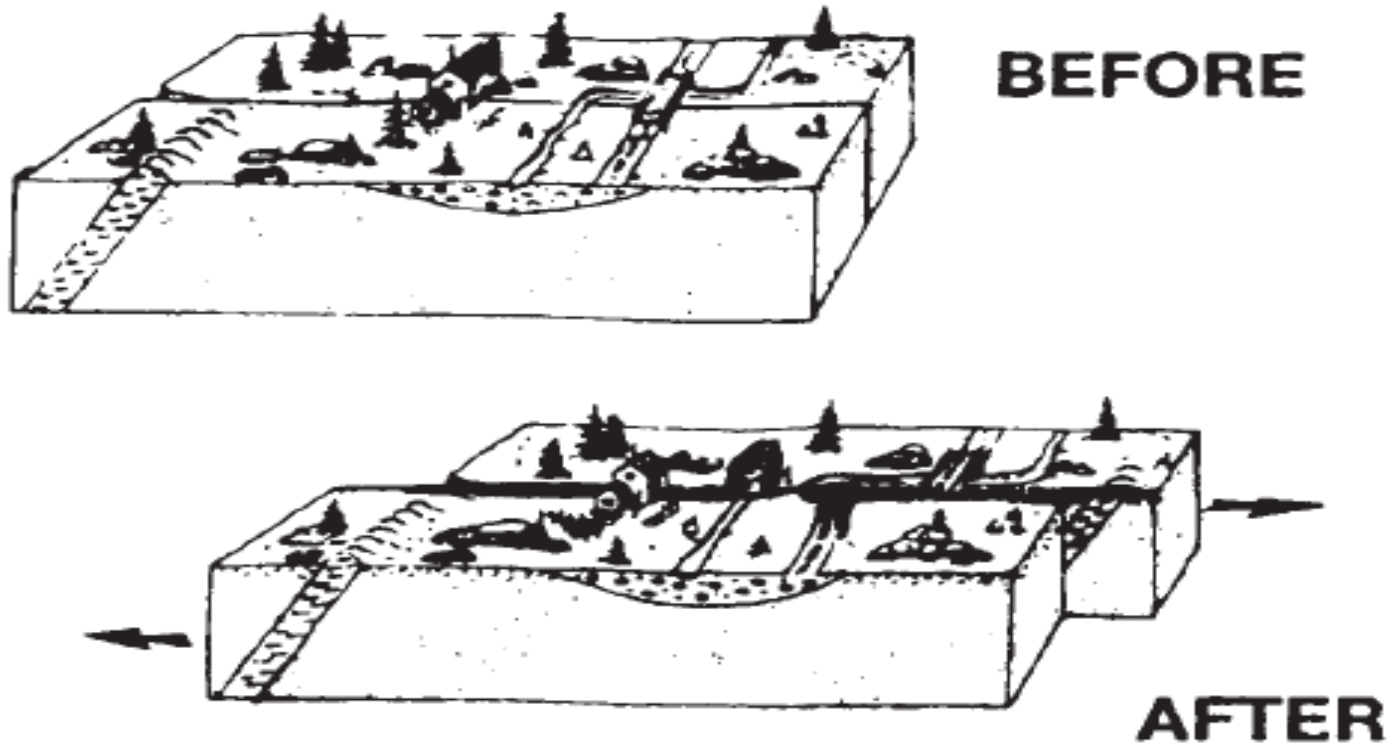


Illustration of a strike-slip fault.

(Day, 2012)

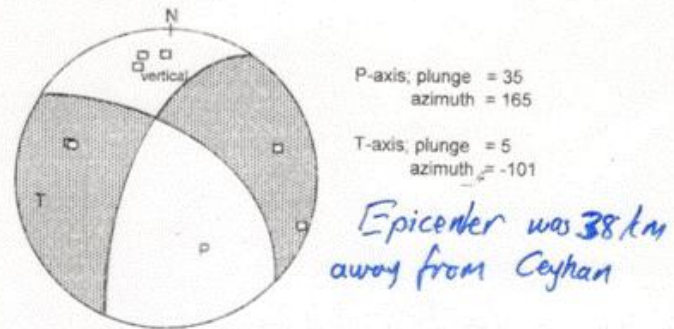


Figure 1.8 - The Focal Mechanism of the Main Shock
(Adana-Ceyhan Earthquake, June 27, 1998, $M=6.3$, ERC)

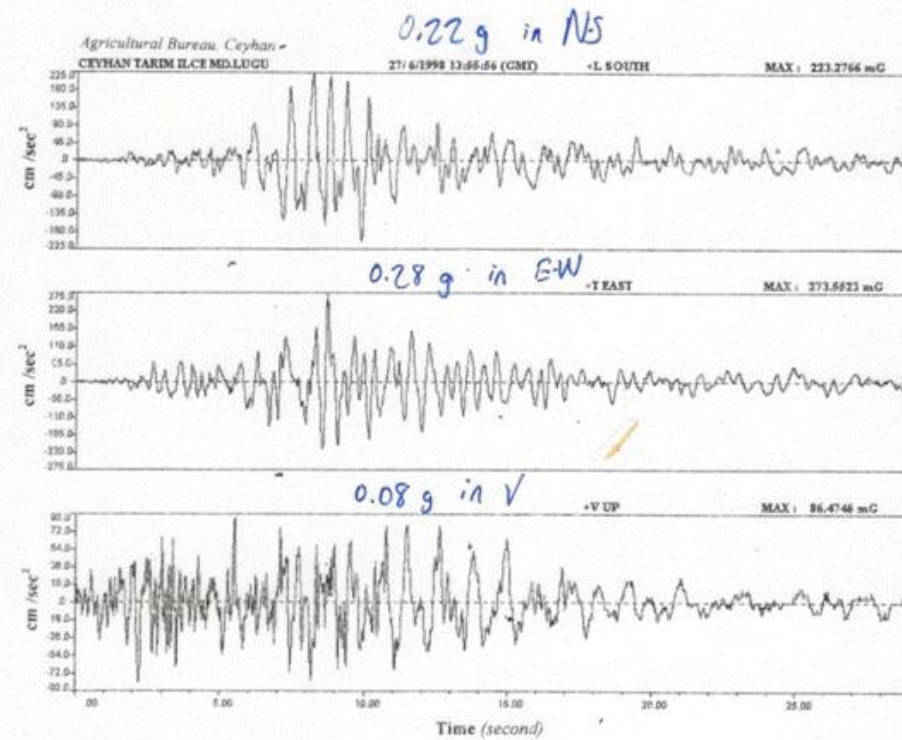


Figure 1.9 SMA Acceleration Recording at Ceyhan (ERC)



Deprem Büyüklüğü

Earthquake Magnitude

- Deprem büyüklüğü 4.5 dan az
 - Açığa çıkan enerji 10^{+8} kilojoules
 - Hasara neden olmaz
 - Deprem merkezinden 50 to 100km uzaktan hissedilir
- Deprem büyüklüğü 4.5 to 5.5
 - Açığa çıkan enerji 10^{+9} kilojoules
 - Zayıf yapılarda hasara neden olur
 - Deprem merkezinden 100 to 200km uzaktan hissedilir



- Deprem büyüklüğü 6.0 - 7.0 arasında
 - Açığa çıkan enerji 10 +10 kilojoules
 - Yapılarda hasara neden olur
 - 7 büyüklüğündeki deprem 500km uzaktan hissedilir
 - **6.3 büyüklüğündeki depremin enerjisi 1 Atom Bombasına eşittir**
- Deprem büyüklüğü 7.0 - 8.9 arasında
 - **8 büyüklüğündeki depremin enerjisi 10 +13 kilojoules olup yaklaşık 400 atom bombasının enerjisine eşittir**
 - Yıkıcı depremlerdir.



Hasar Oluşturan Depremler

- 1992 Erzincan Depremi KAF
- 1995 Dinar Depremi EGE
- 1998 Ceyhan Depremi DAF
- 1999 Kocaeli Deprem KAF
- 1999 Düzce Depremi KAF
- 2002 Sultandağı Depremi EGE
- 2010 Elazığ Palu Depremi DAF
- 2011 Van Erciş Depremi DAF
- 2020 İzmir Depremi EGE
- 2023 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Dep.

KAF: Kuzey Anadolu Fayı

DAF: Doğu Anadolu Fayı

17 August 1999 Kocaeli Earthquake

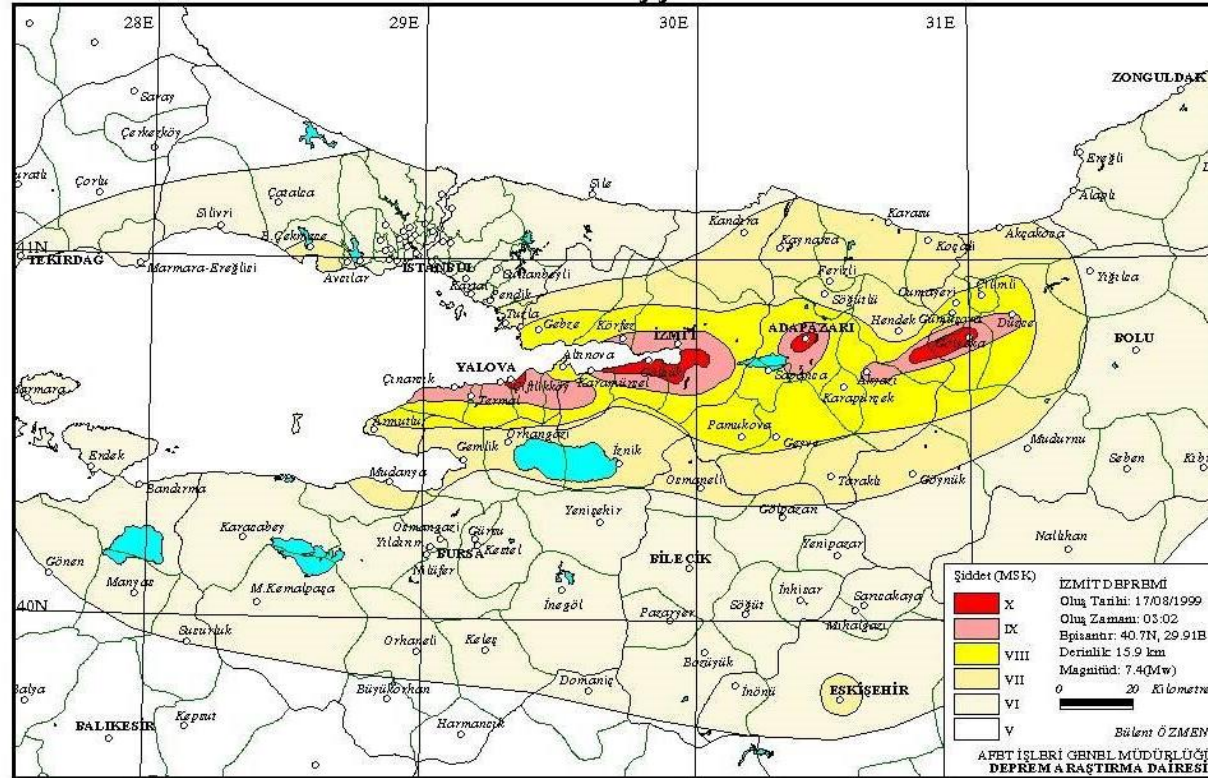


- Büyüklük (M_w) 7.4
- Kuzey Anadolu Fay Zonu 15 km derinlikte
- Sağ yanal atımlı
- $a_{maks}=407$ gal

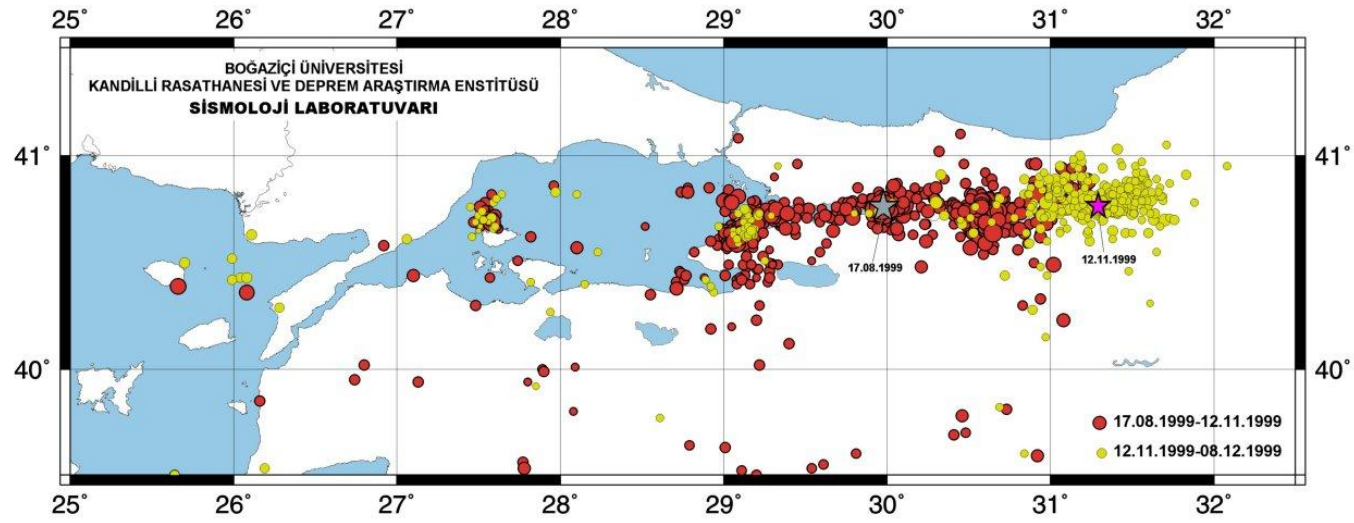
1999 Kocaeli - 1999 Düzce Depremleri Şiddet Haritası



İZMİT DEPREMİNİN EŞİDDET HARİTASI



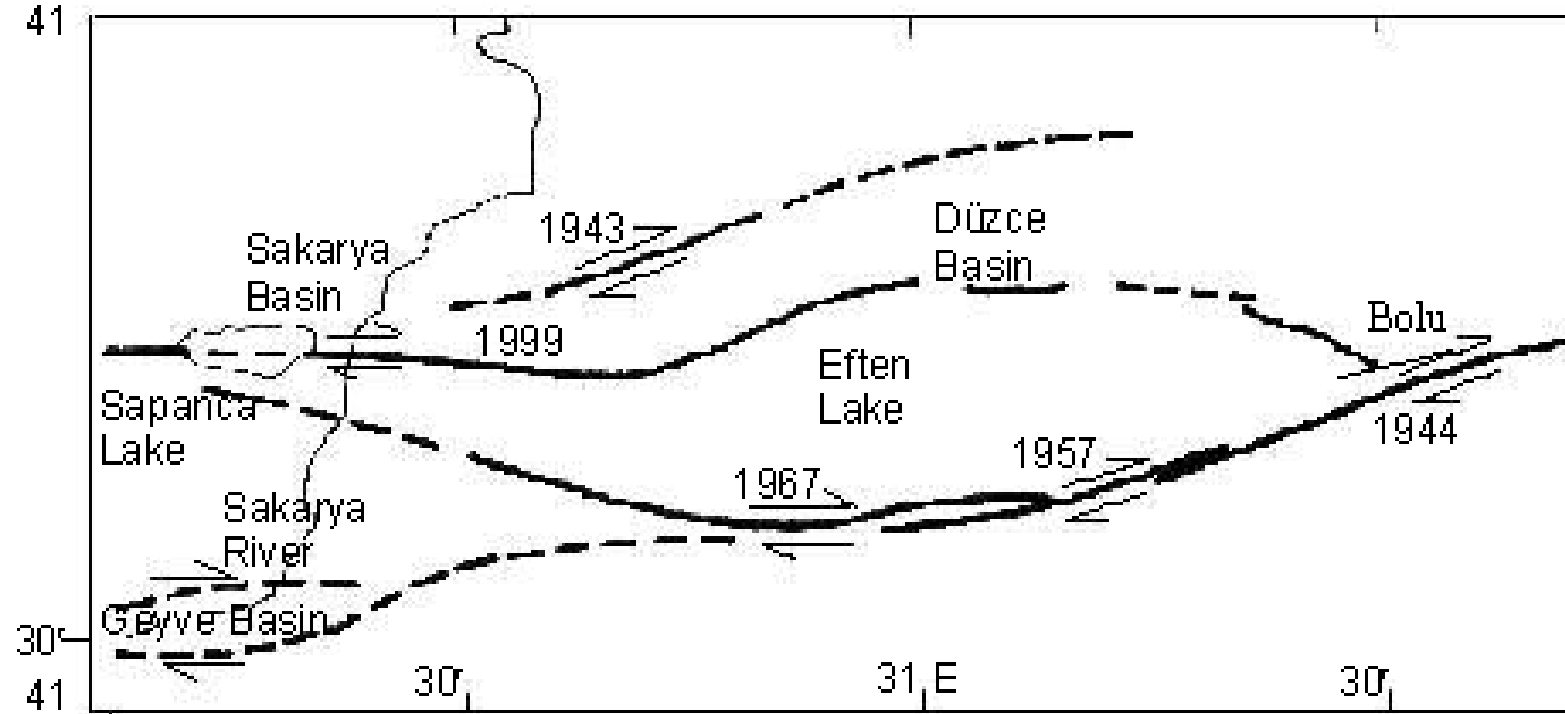
MARMARA BÖLGESİ DEPREM AKTİVİTESİ (17.08.1999 - 08.12.1999)



Sakarya Baseninin Sismo-Tektonik Geçmişi

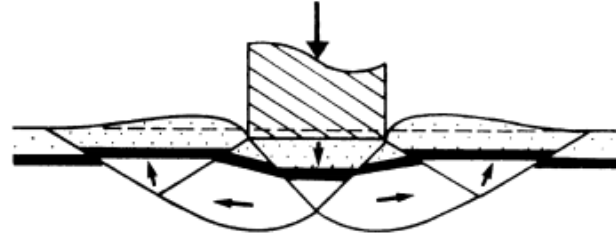


- Sivilleşme sonucu ozeminde meydana gelen oturmalar
- Yanal yayılmalar
- Taşıma gücü kayıpları
- Zemin Büyütmeleri





1999 Kocaeli Depremi Adapazarı Taşıma Gücü Kaybı





12 Kasım 1999 Düzce Depremi Kaynaşlı



Adapazarı Tışcılar







1999 Kocaeli Depremi Gölcük



Sapanca Oteli

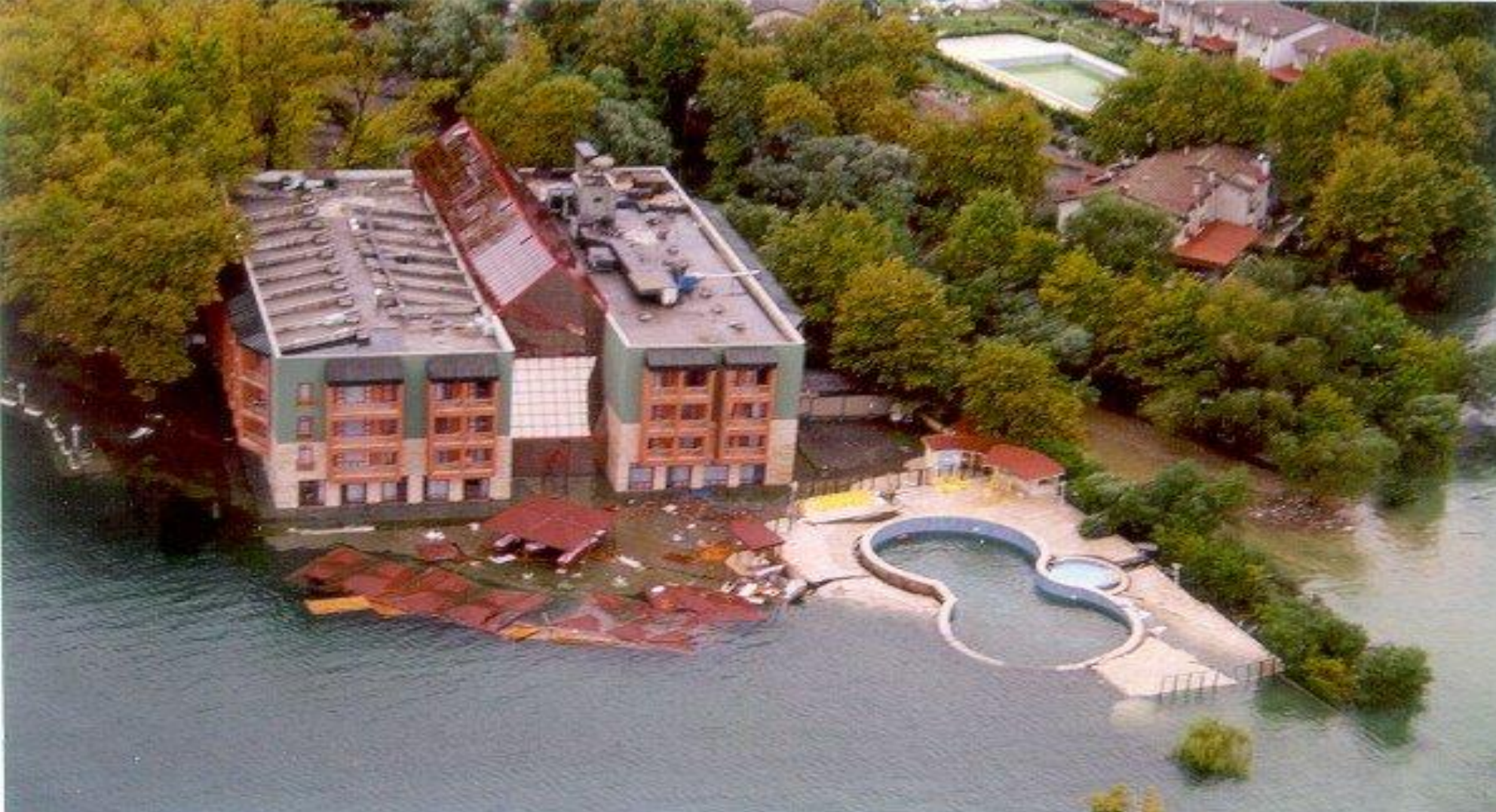
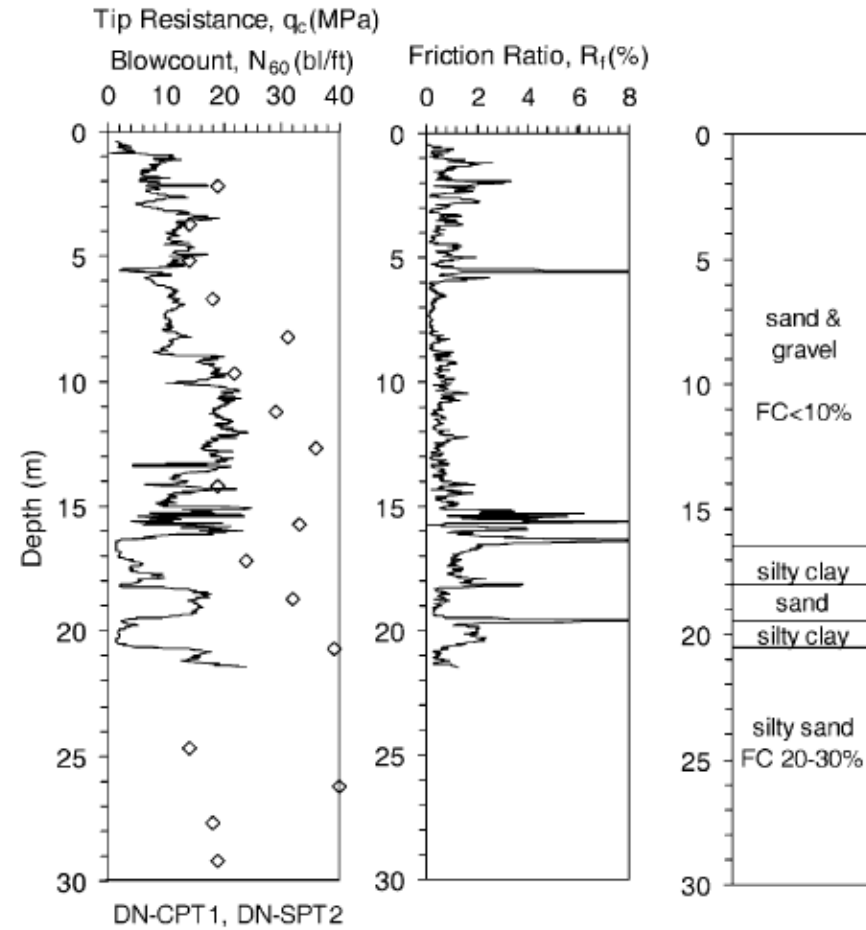


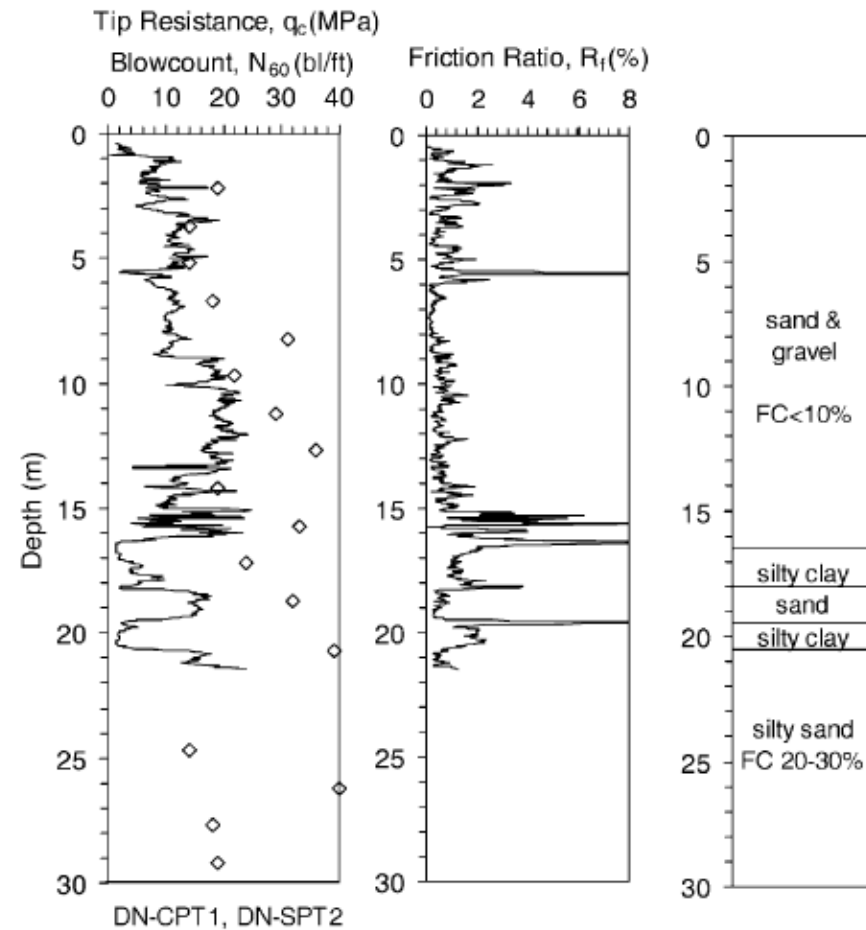


Figure 2.19b

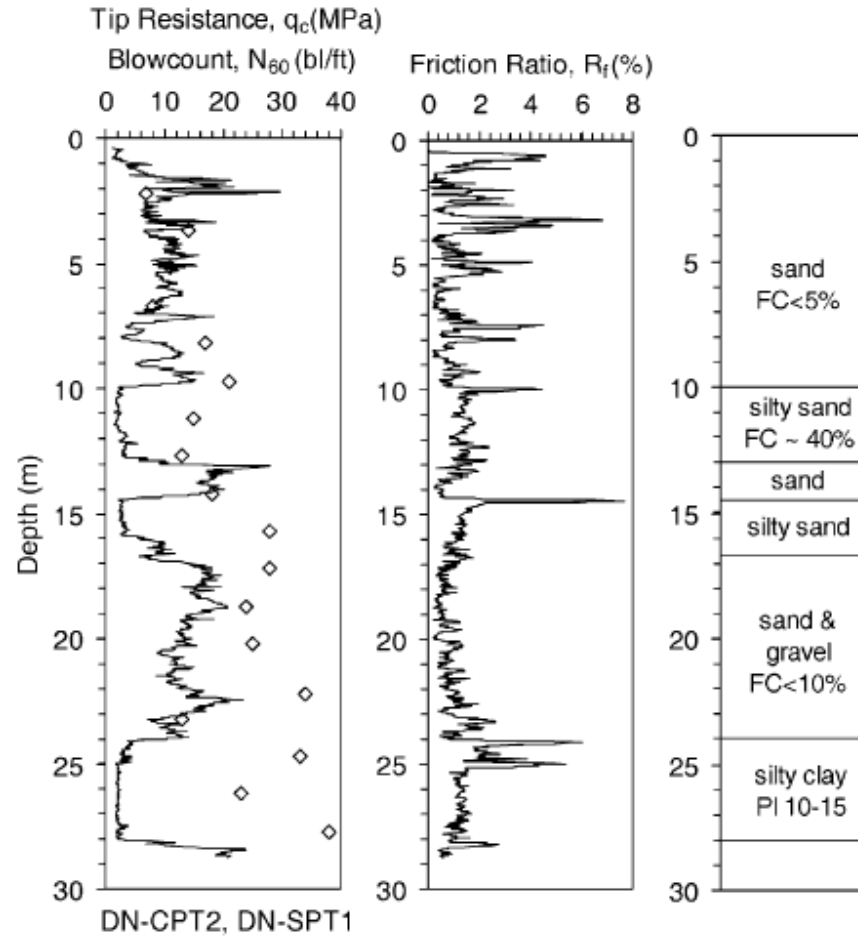
Değirmendere' de zemin kesiti



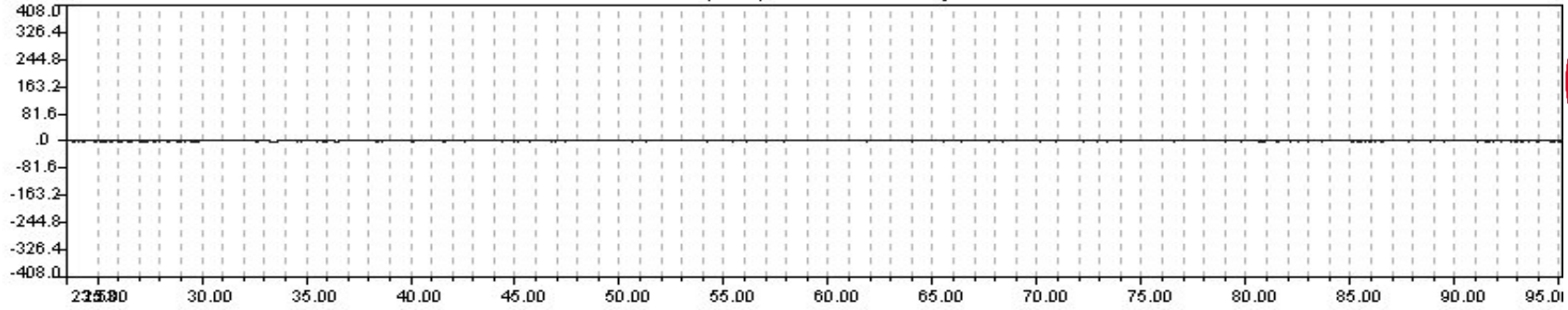
Değirmendere' de zemin kesiti



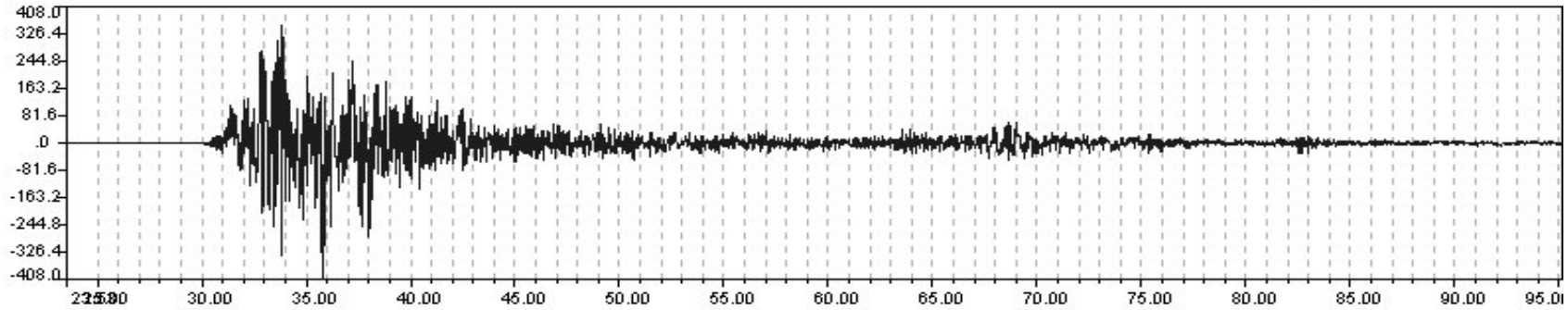
Değirmendere' de zemin kesiti



SAKARYA BAYINDIRLIK VE İSKAN MUDURLUĞU 7/08/1999 00:01:51 (GMT) DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ-ANKARA +L South Max: .2136 mG



+T East Max: 407.0438 mG



+V Up Max: 259.0029 mG

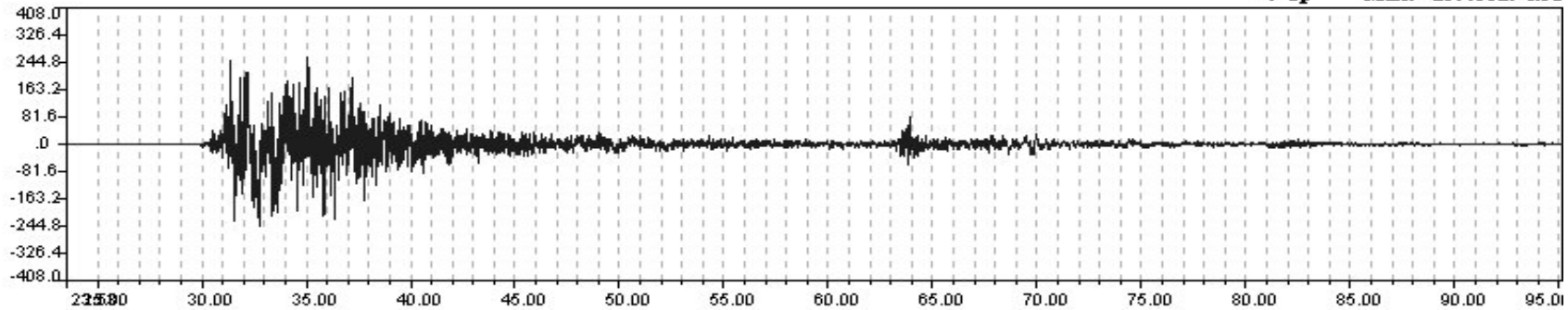


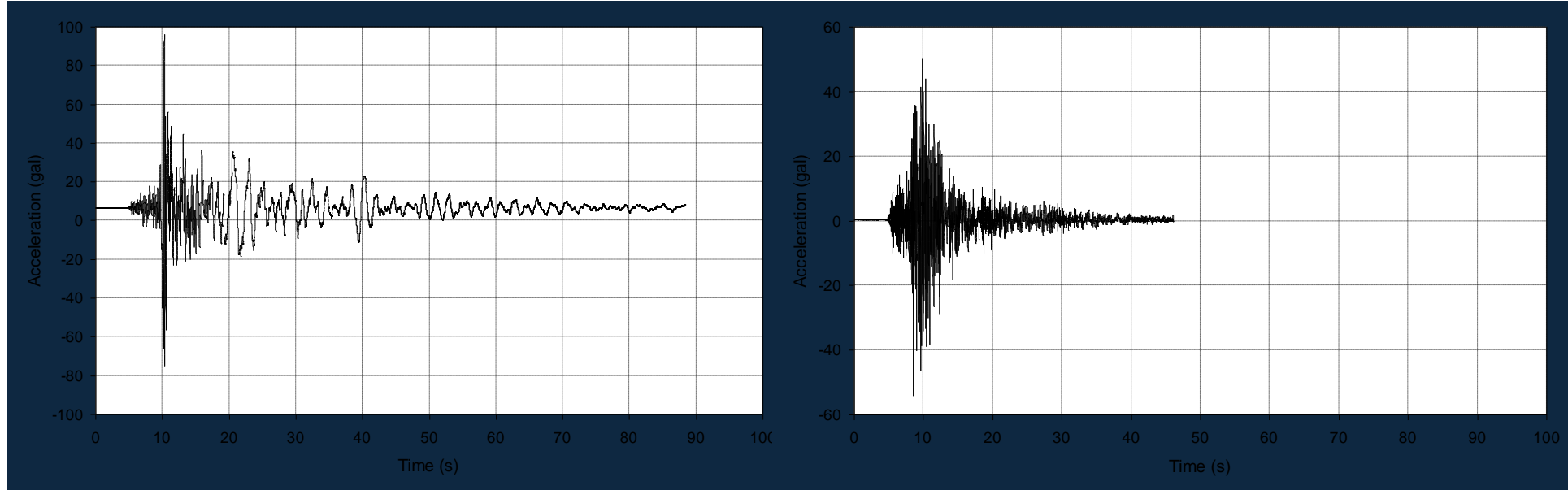
Figure 4.1

13.09.1999 (İzmit) Artçı Depremi İvme Kayıtları

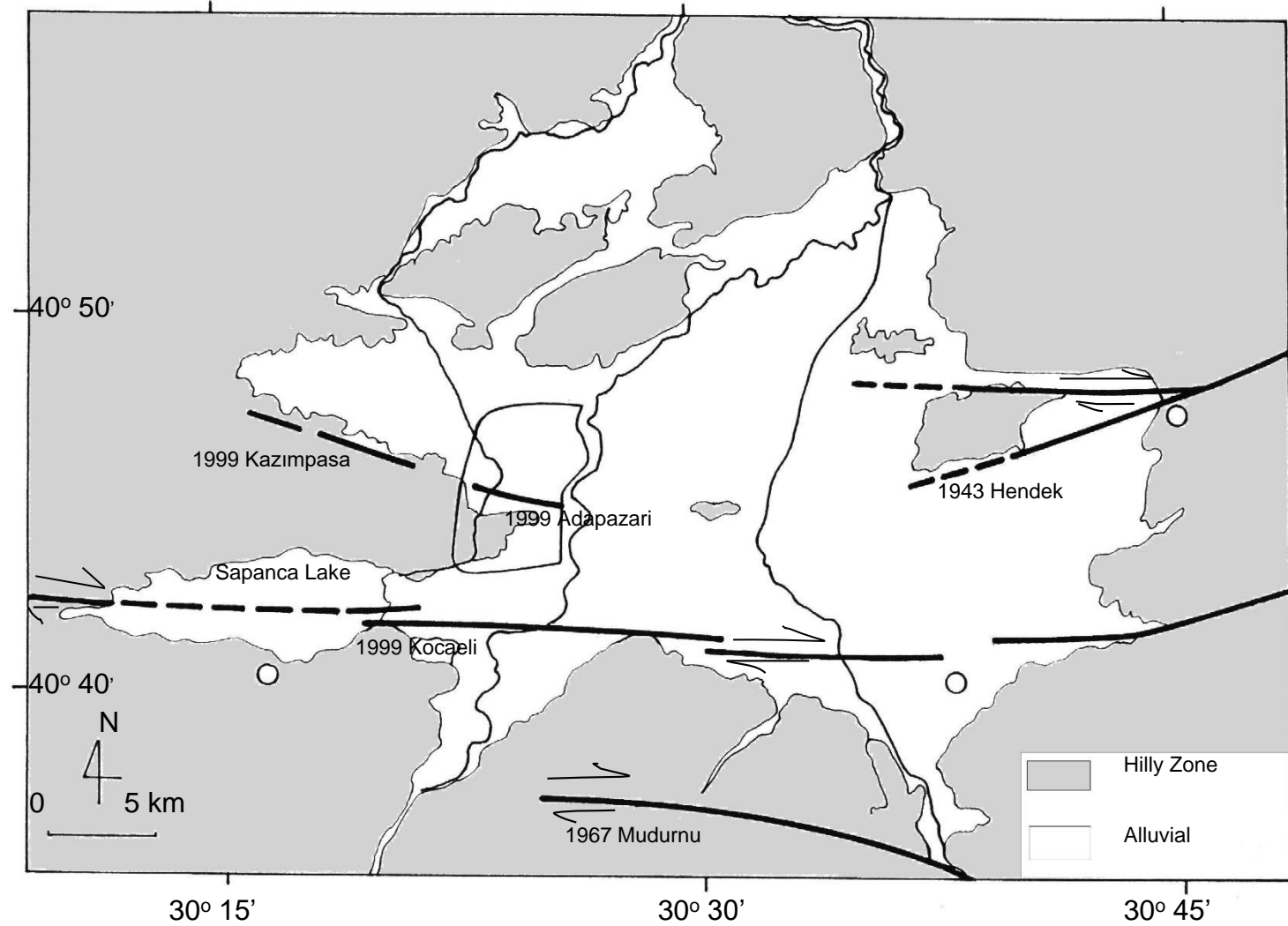


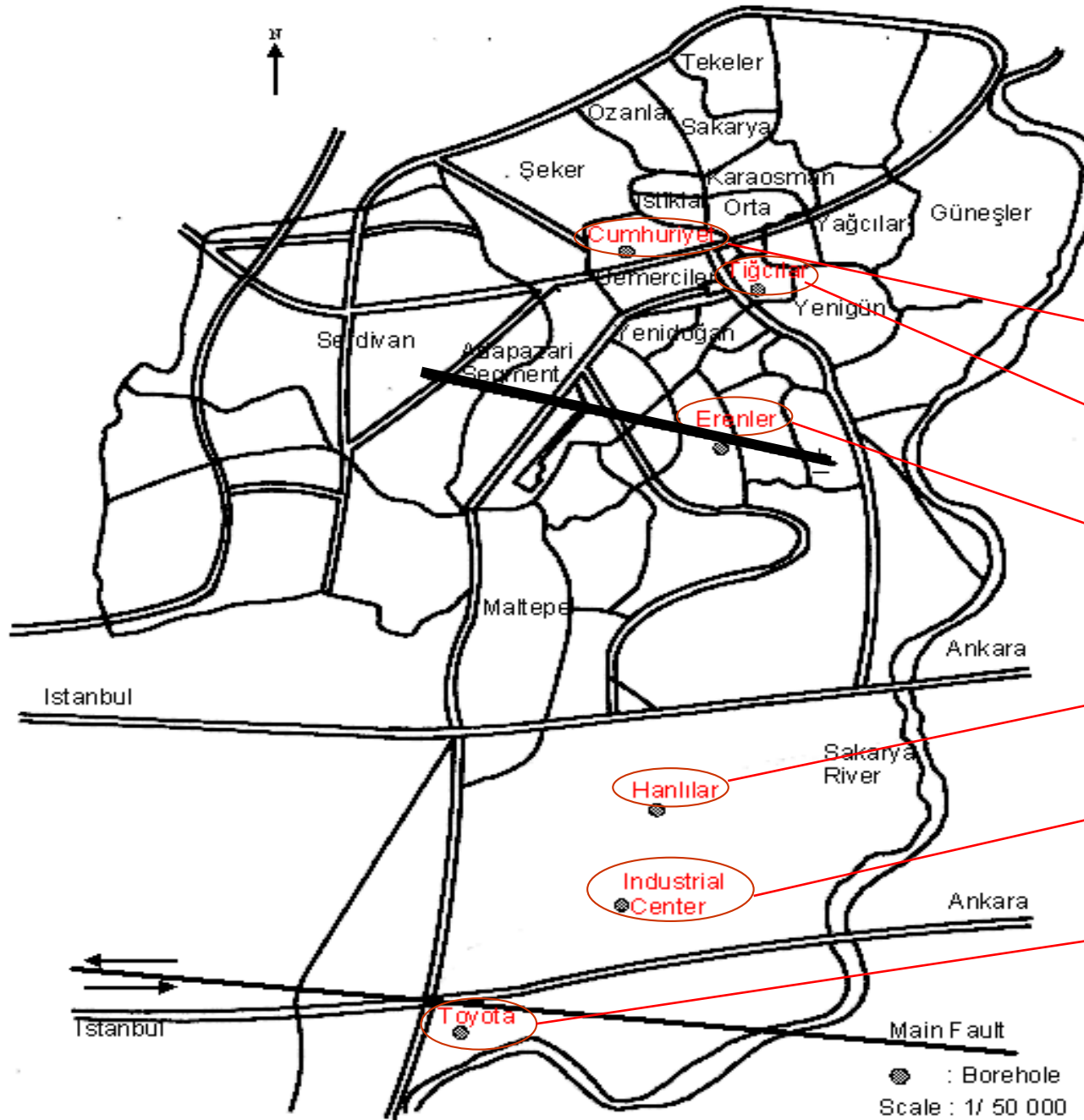
Yumuşak Zemin
Süre 80 sn
 $a=96$ gal

Ayrışmış Kaya
Süre 45 sn
 $a=46$ gal

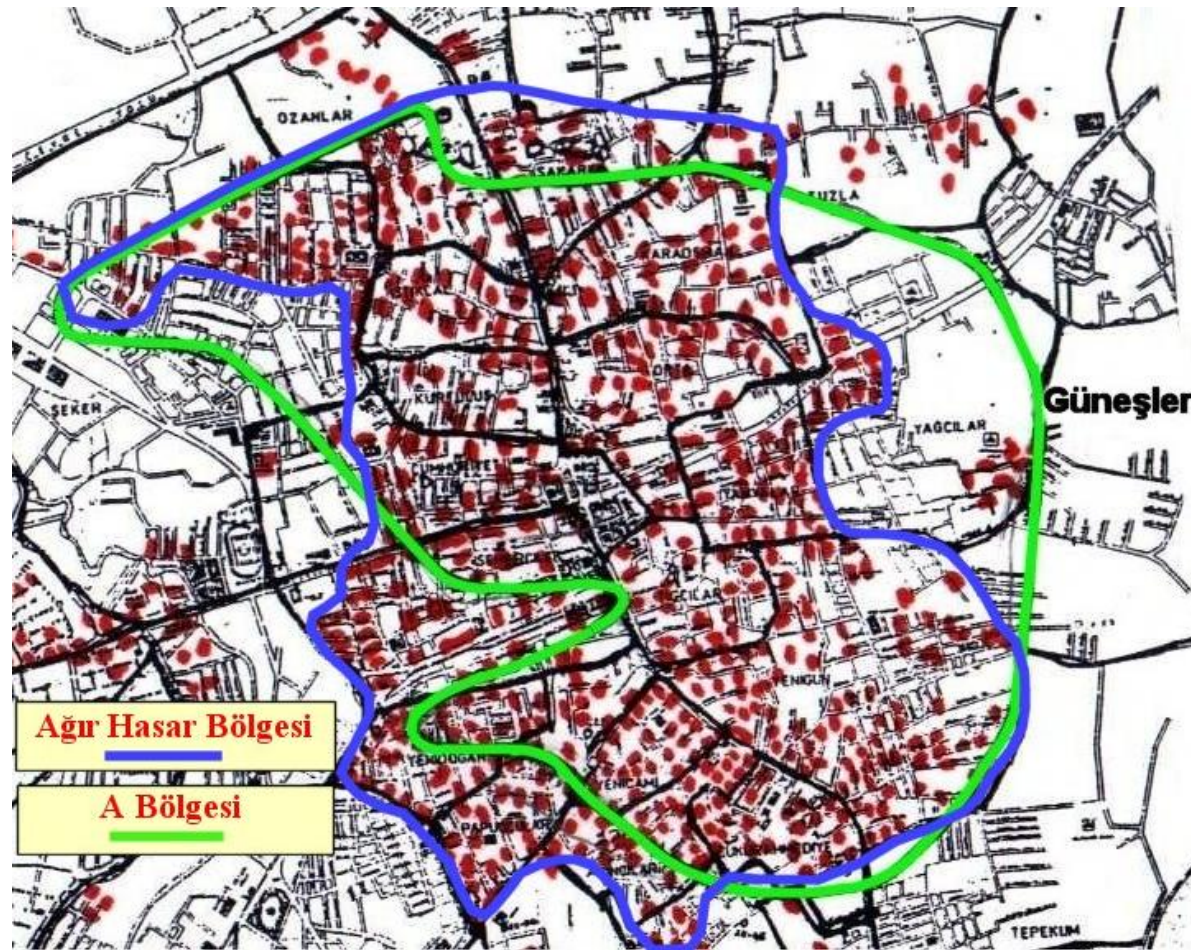


• Adapazari Basin

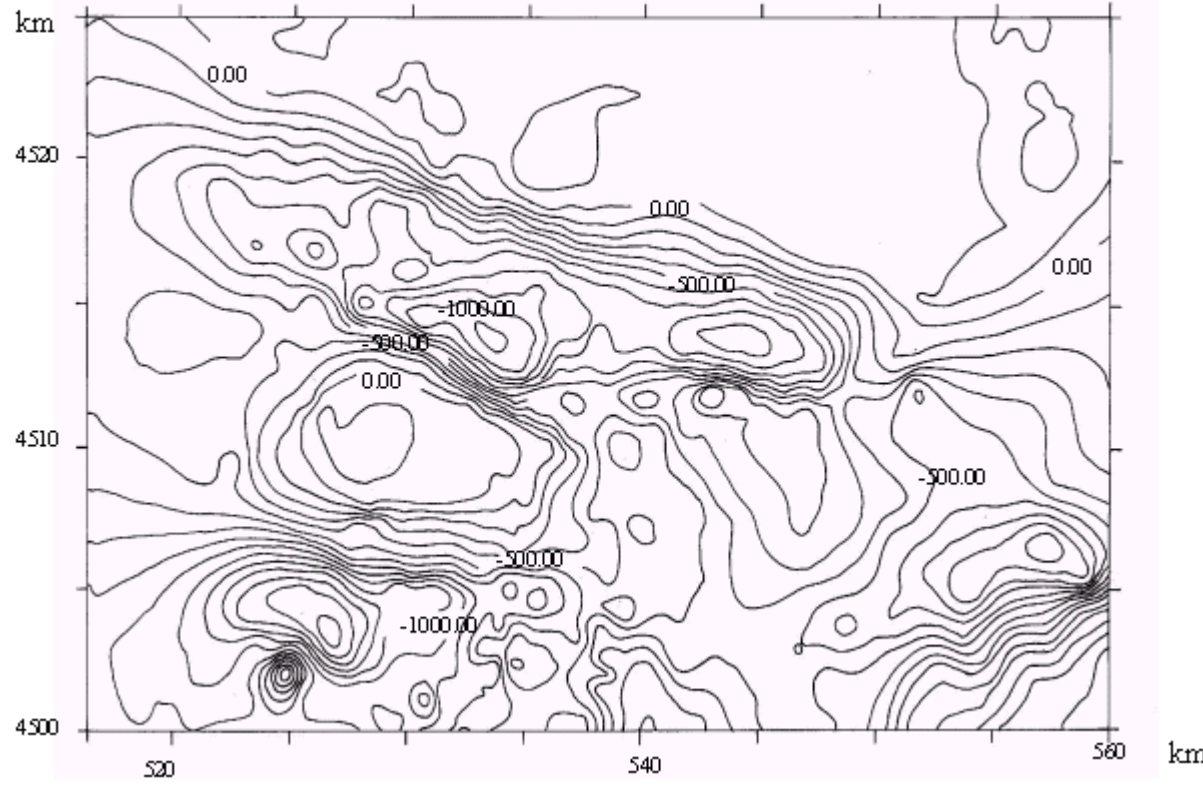




- Cumhuriyet
- Tıgçılar
- Erenler
- Hanlılar
- Industrial C.
- Toyota

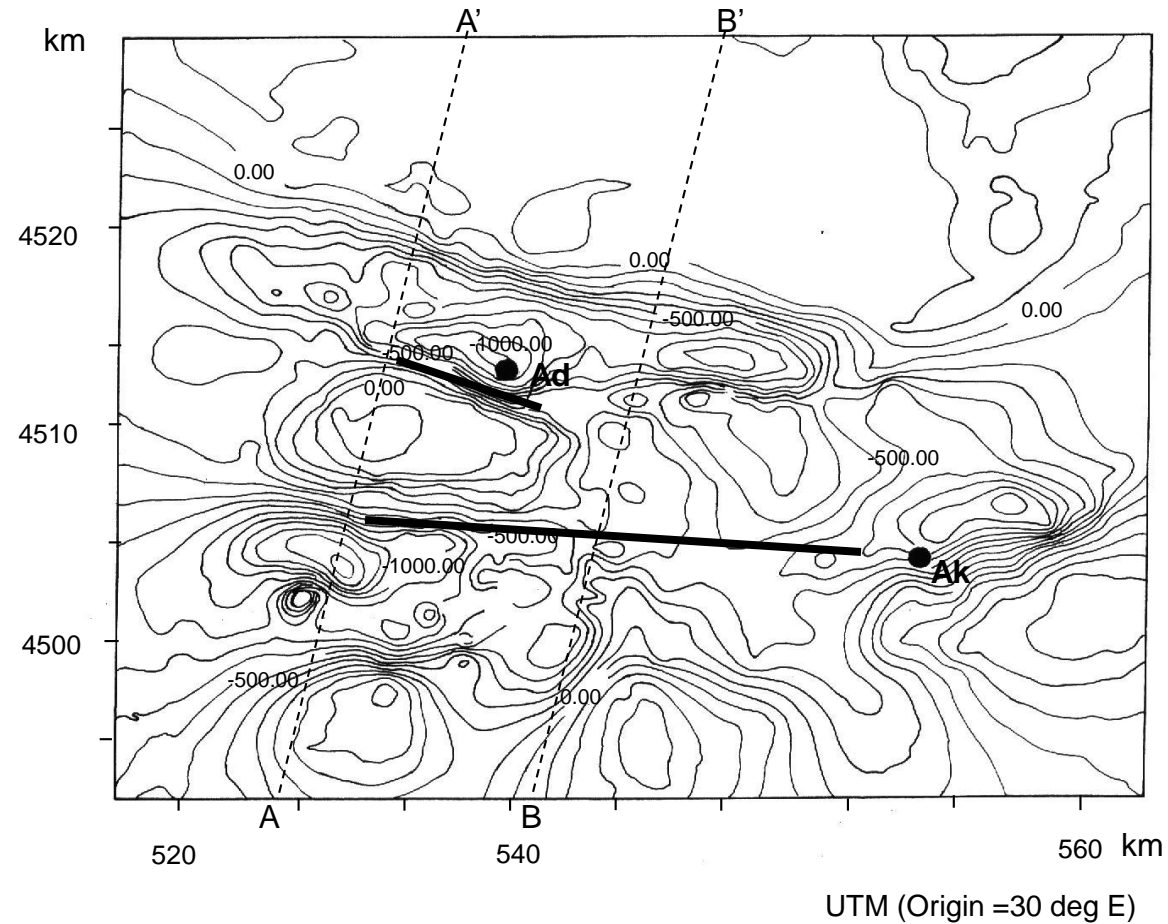


Ana Kaya Derinliđinin Belirlenmesi

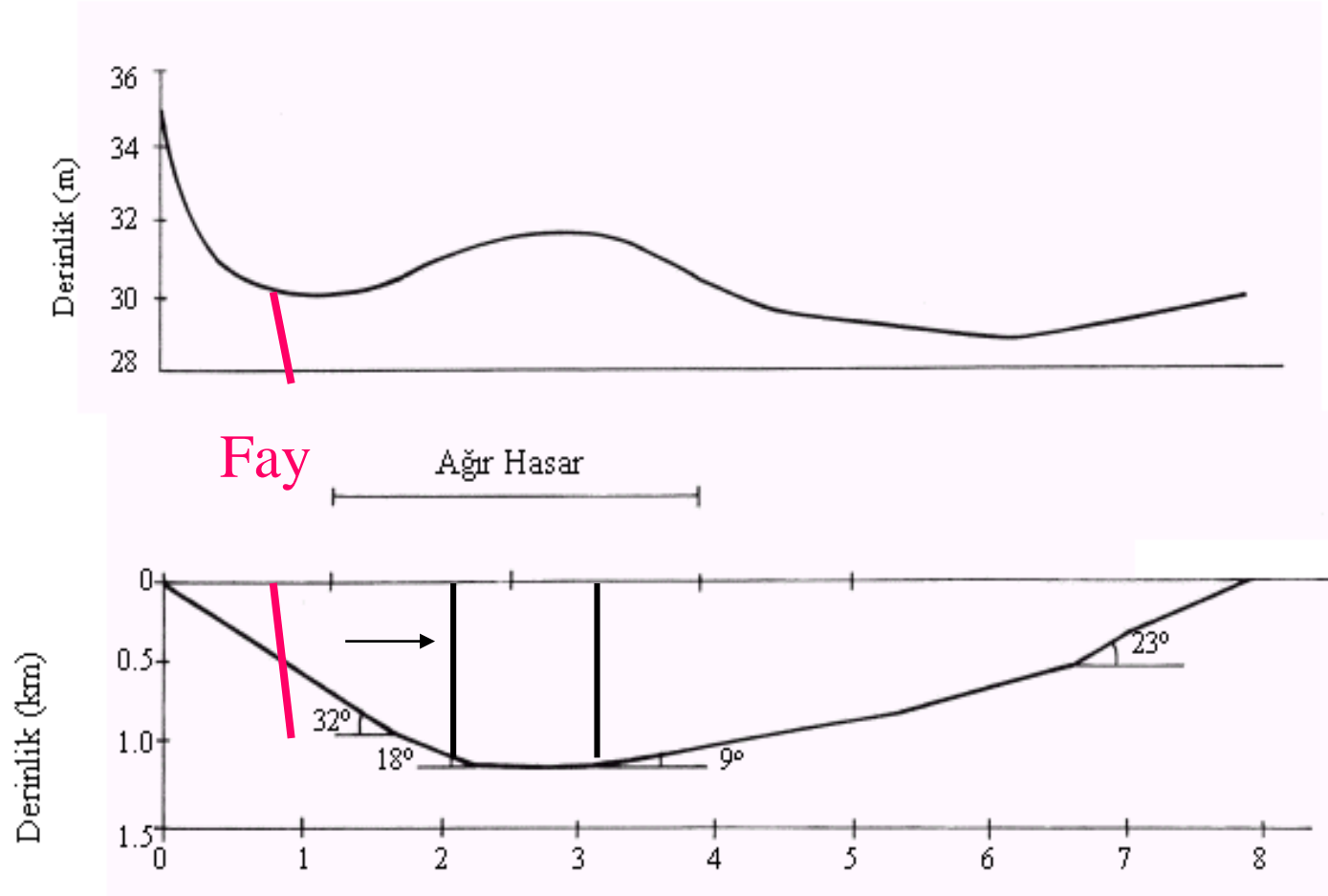


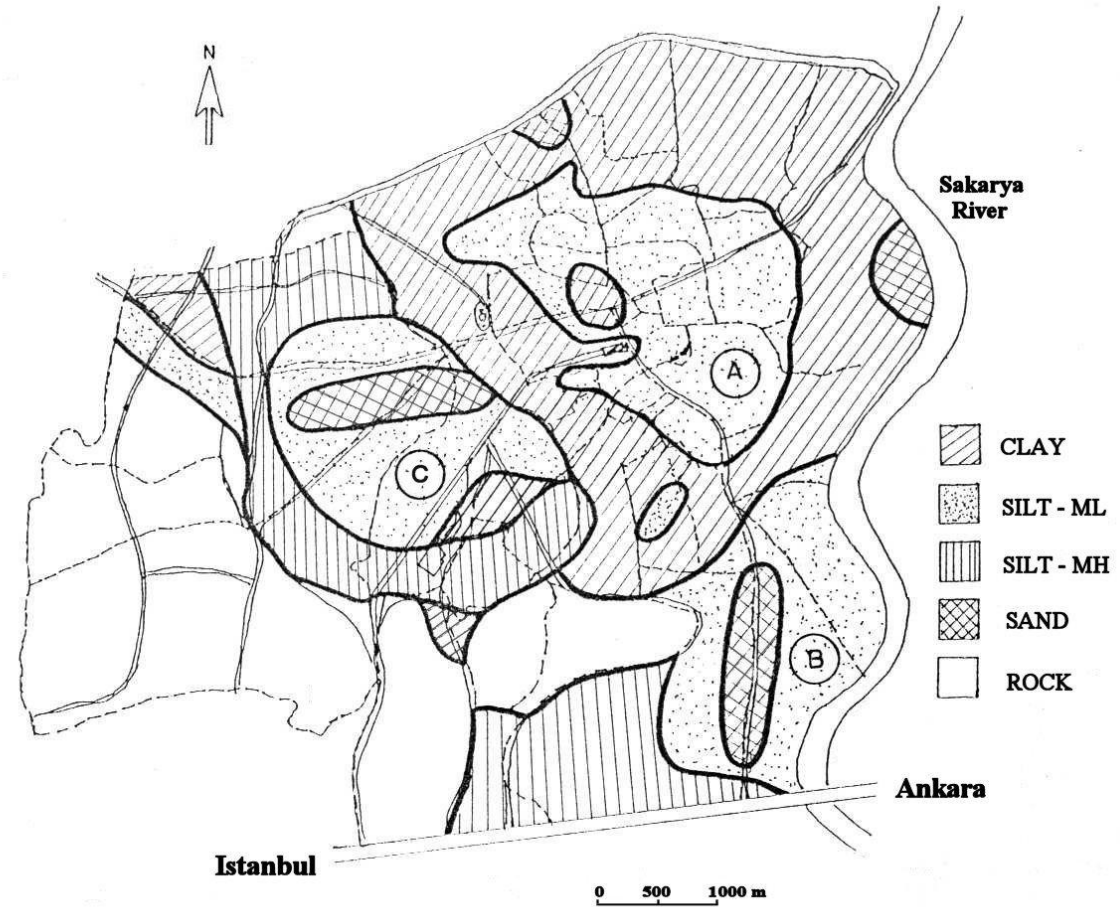
Bedrock Structure in Adapazari

(Komazawa et.al, 2002)

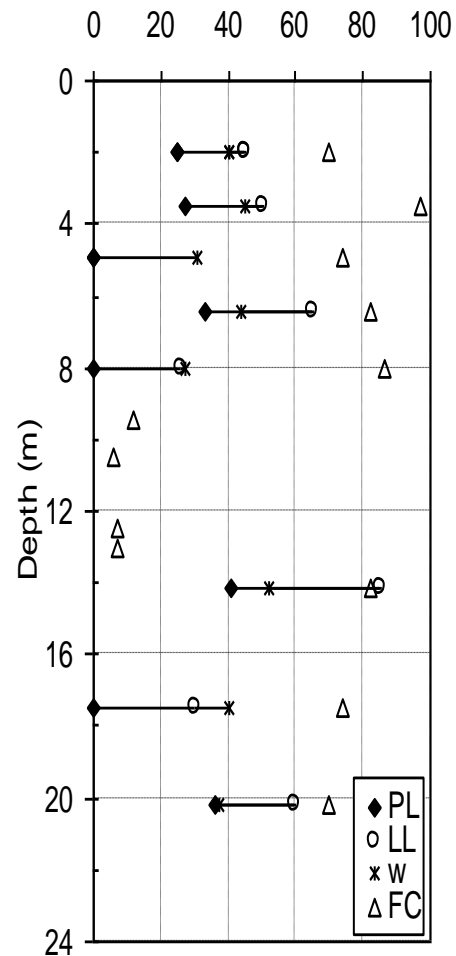
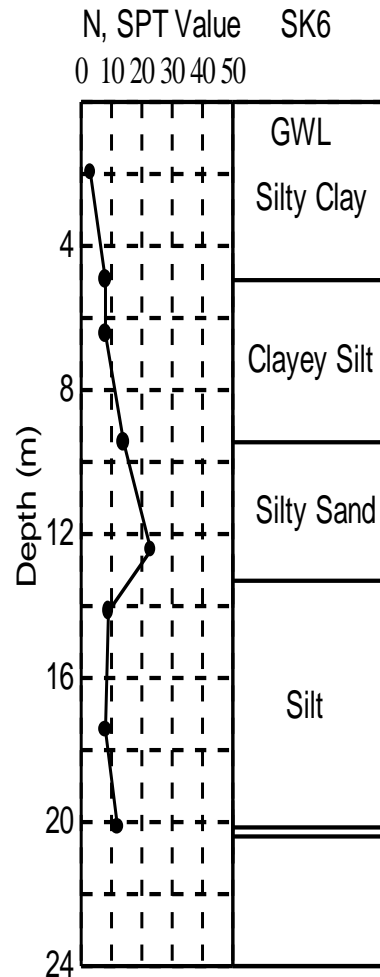


Adapazarı Basen Kesiti



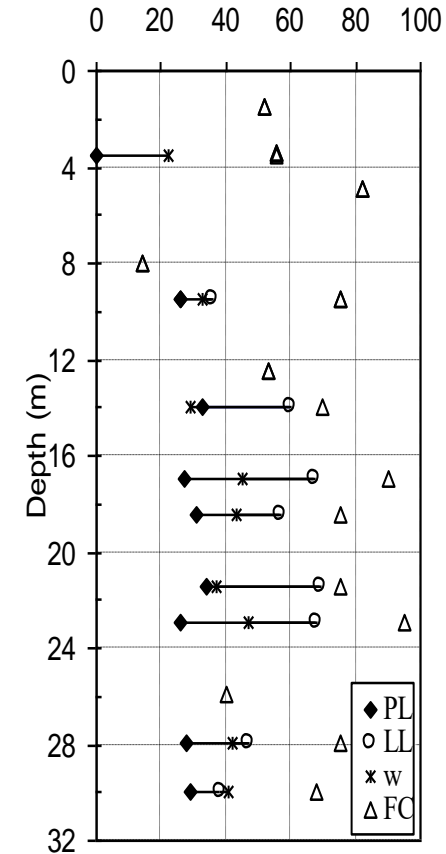
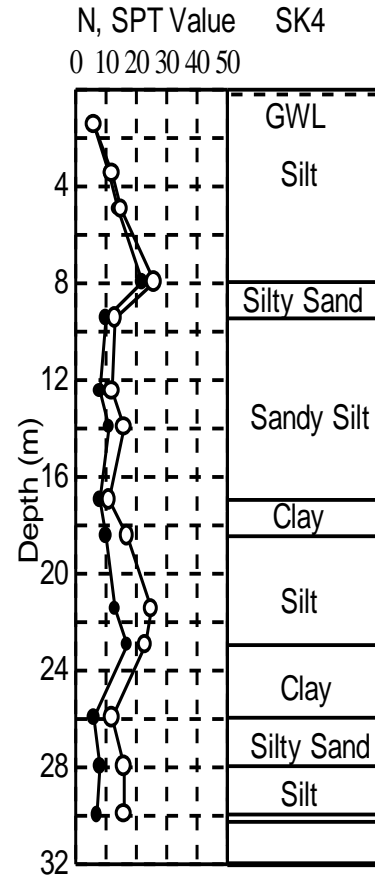


Typical Soil Condition in Cumhuriyet District



- $I_p = 20$ (top layer)
- $LL = 45-65\%$
- $w = 26-44\%$
- Sandy soils
 $FC = 6$ to 12% .

Tilted Building in Tigcilar

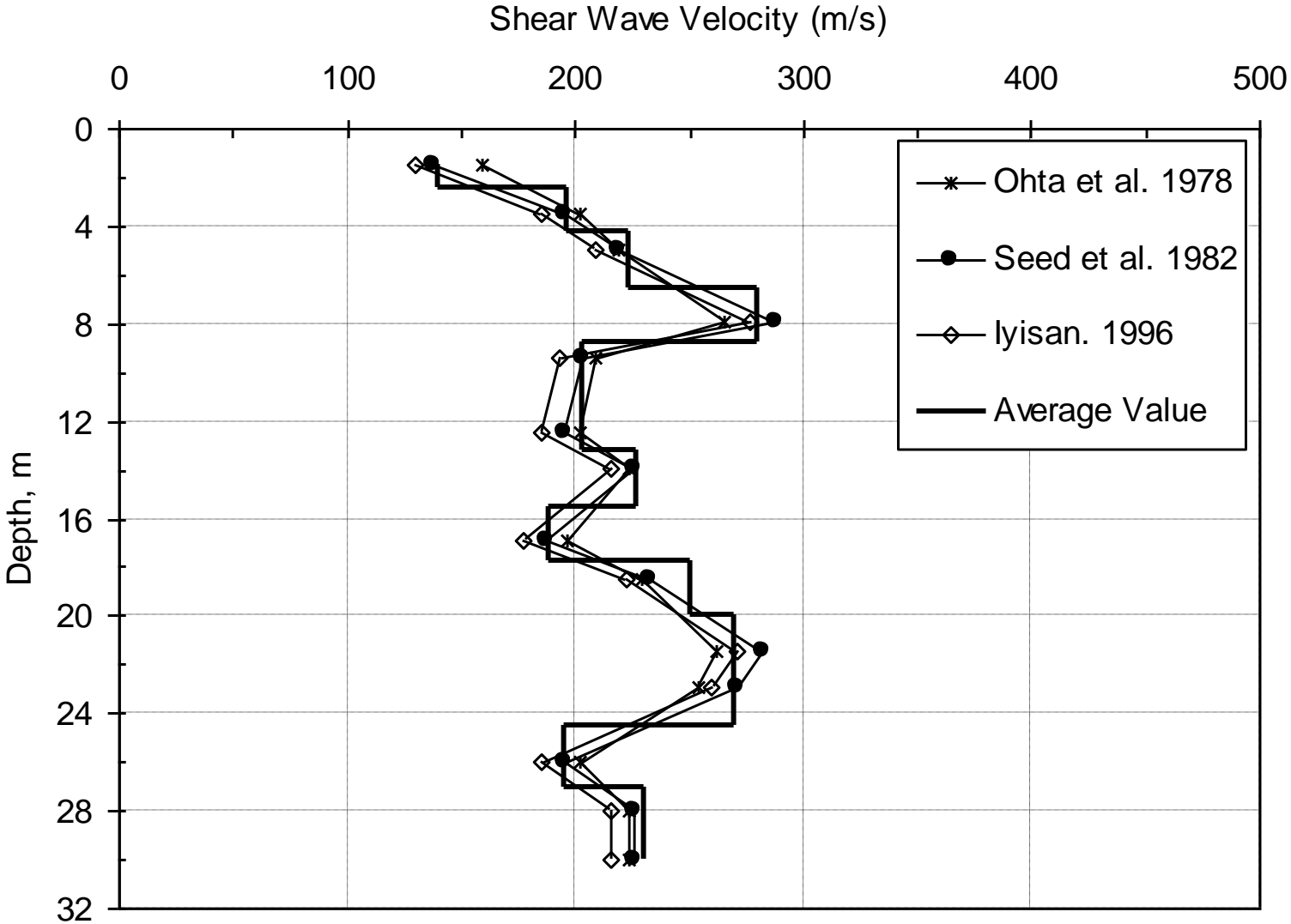


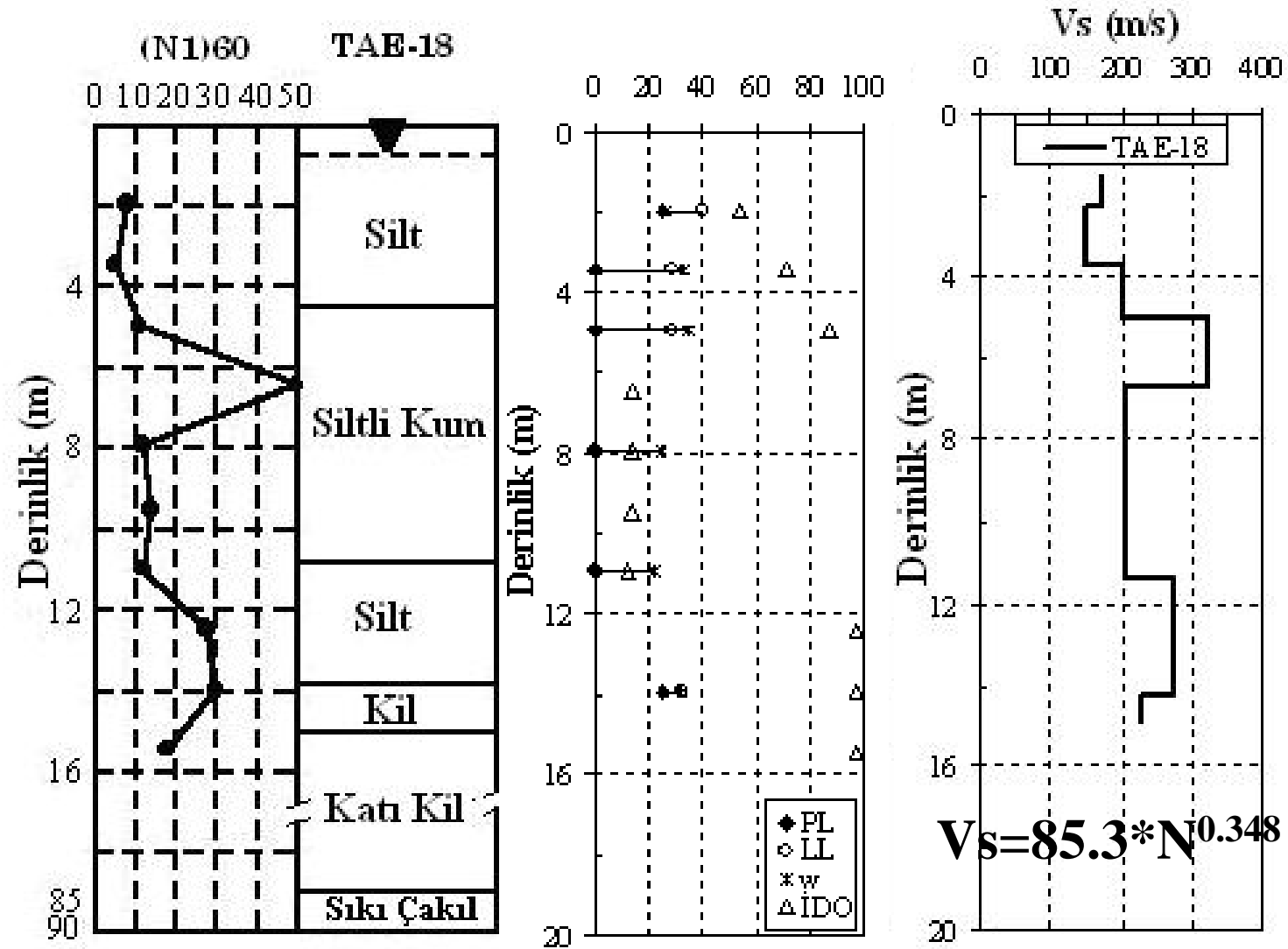
Gevsek Kumlu Silt FC = 55% Silty Sands FC = 40%

$(N_1)_{60} \approx 10$ LL = 27-36% w = 22-33%

Yuzey zemini non plastic iltli kum

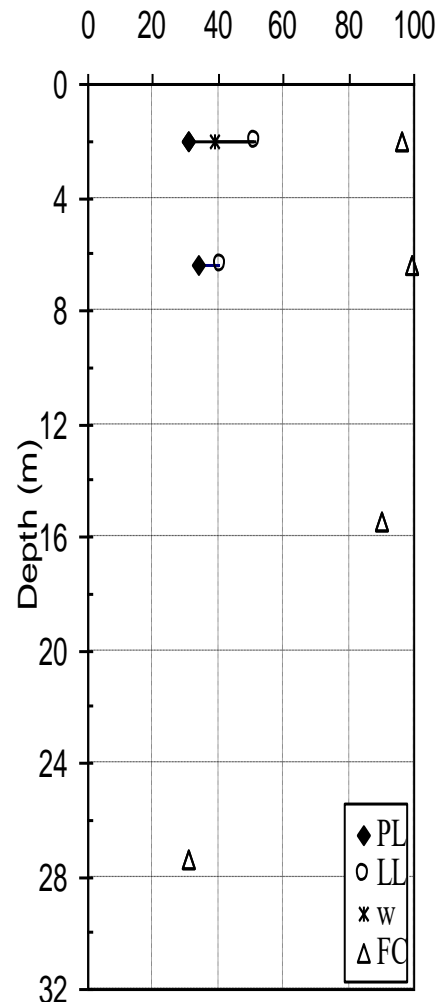
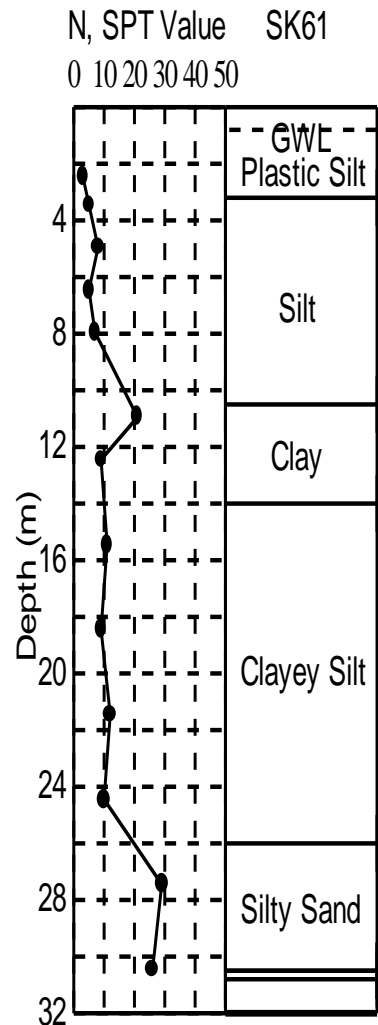
Shear Wave Velocity Distribution at SK4-Tigcil





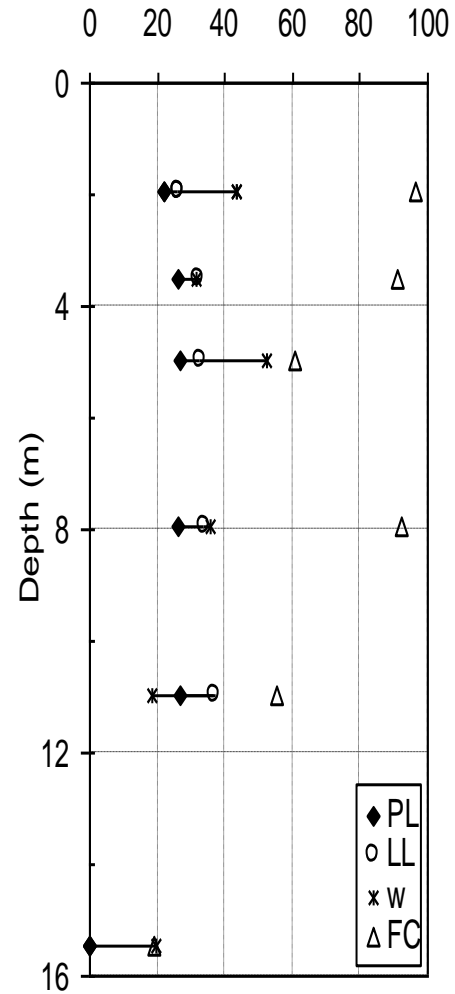
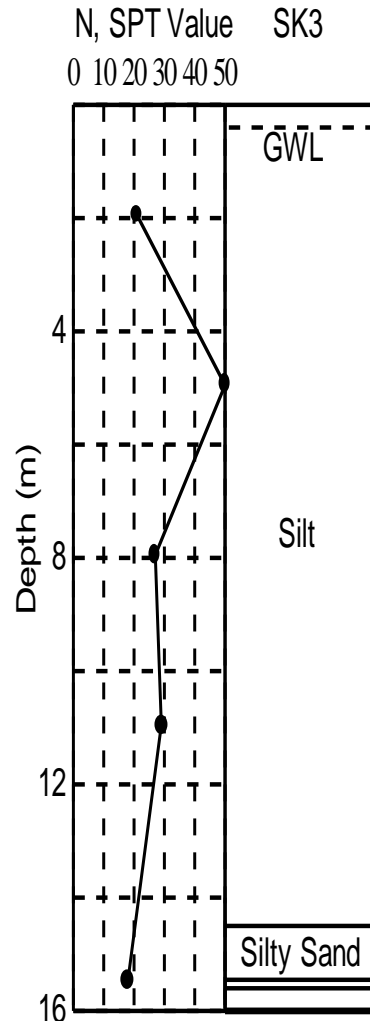
TAE-18 sondajındaki zemin kesiti ve kayma dalgası hızı

Typical Soil Condition in Erenler District



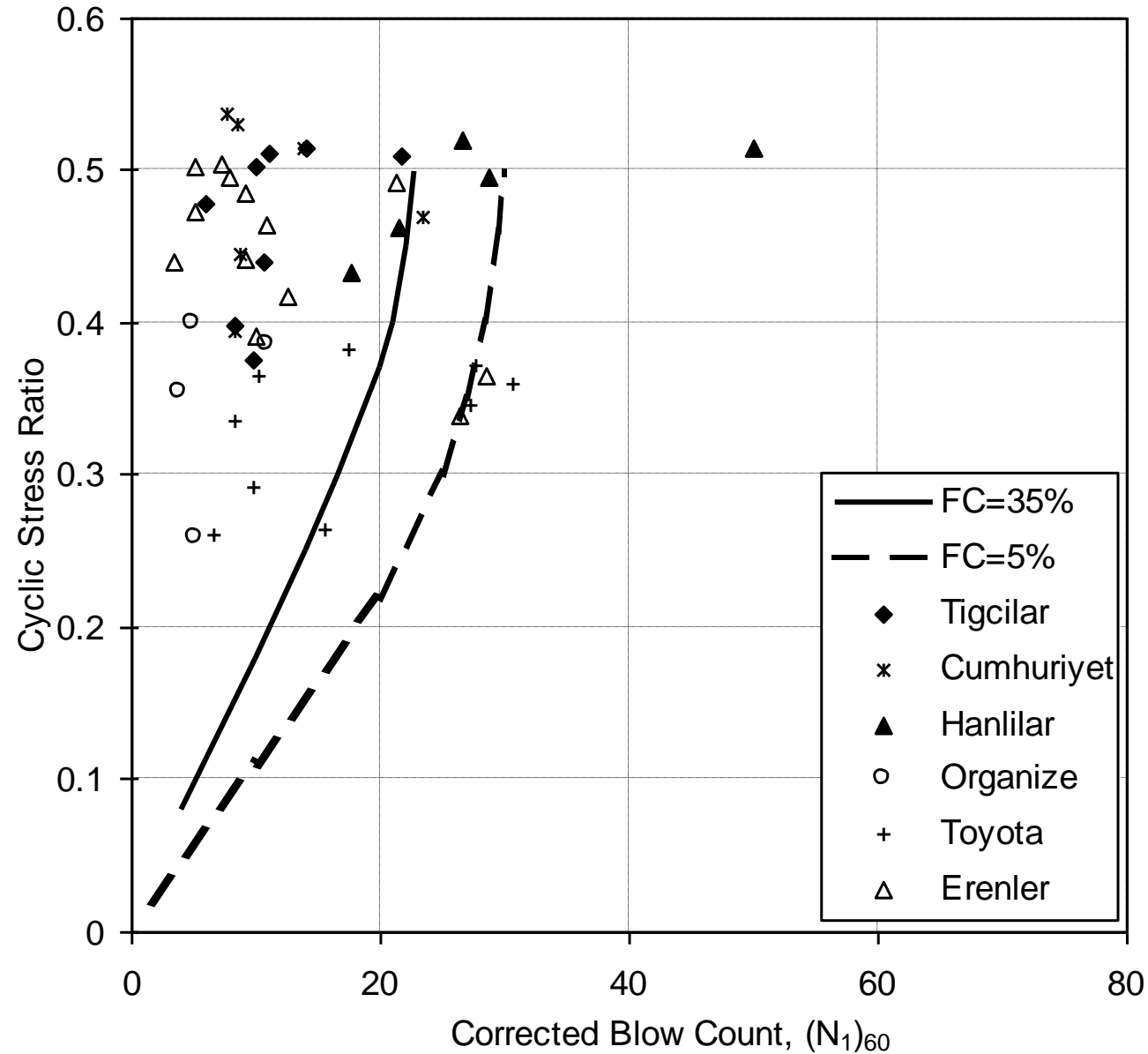
- IP = 4-10
- LL = 41-51
- w = 40%

Typical Soil Condition in Hanlilar District

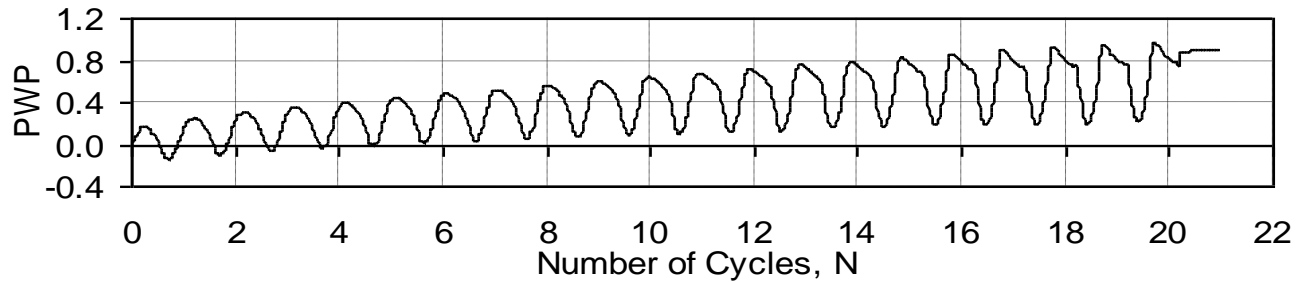
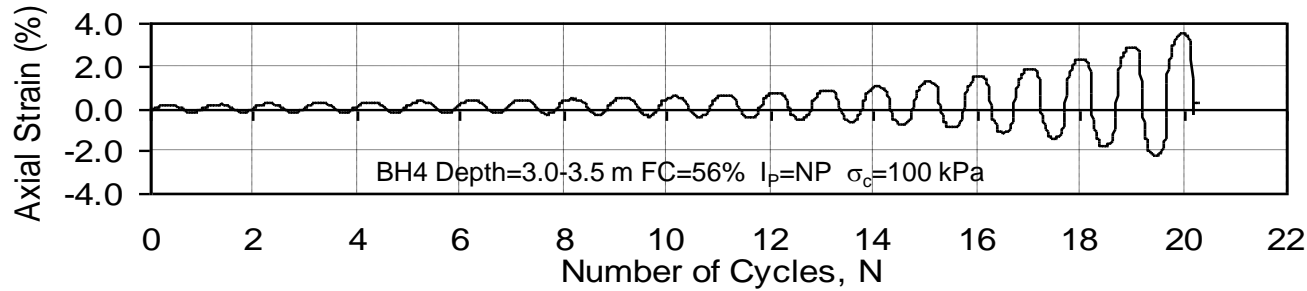
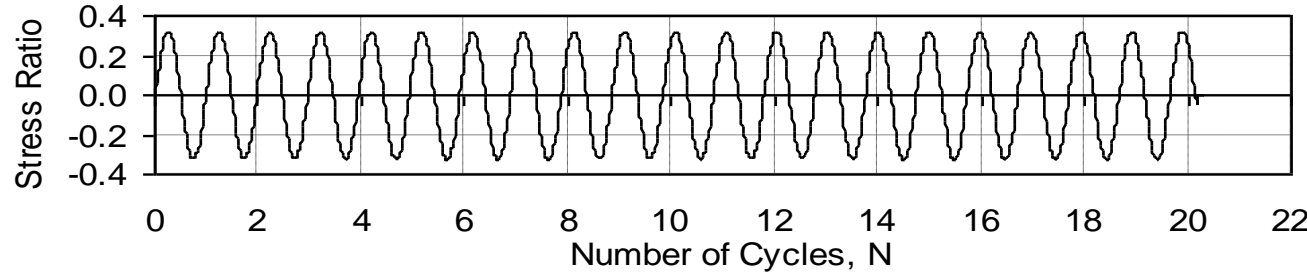


- IP = 4-10
- LL = 26-37
- w = 32-53%

Relationship Between $(N_1)_{60}$ Versus CSSR

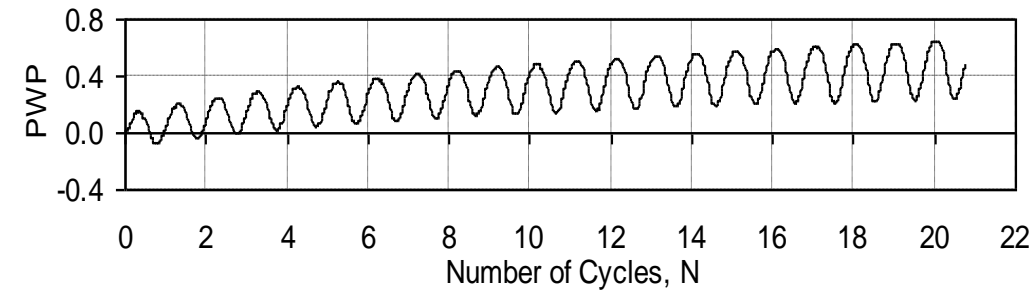
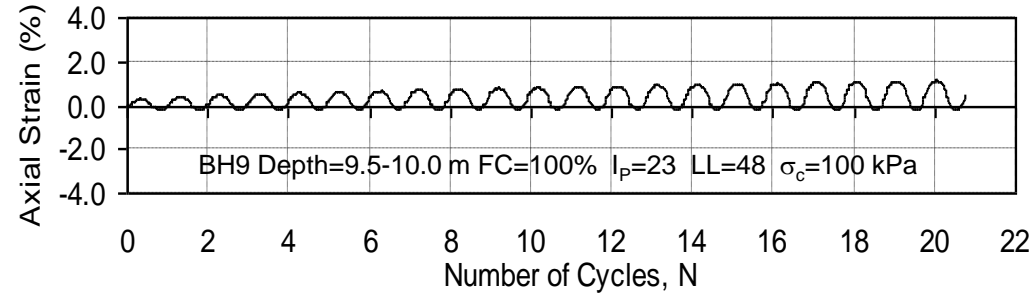
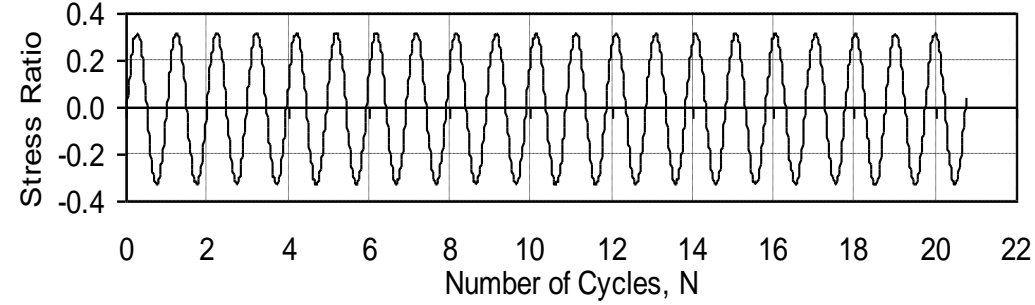


Örselenmemiş kumlu non plastic siltli zeminin dinamik davranışı



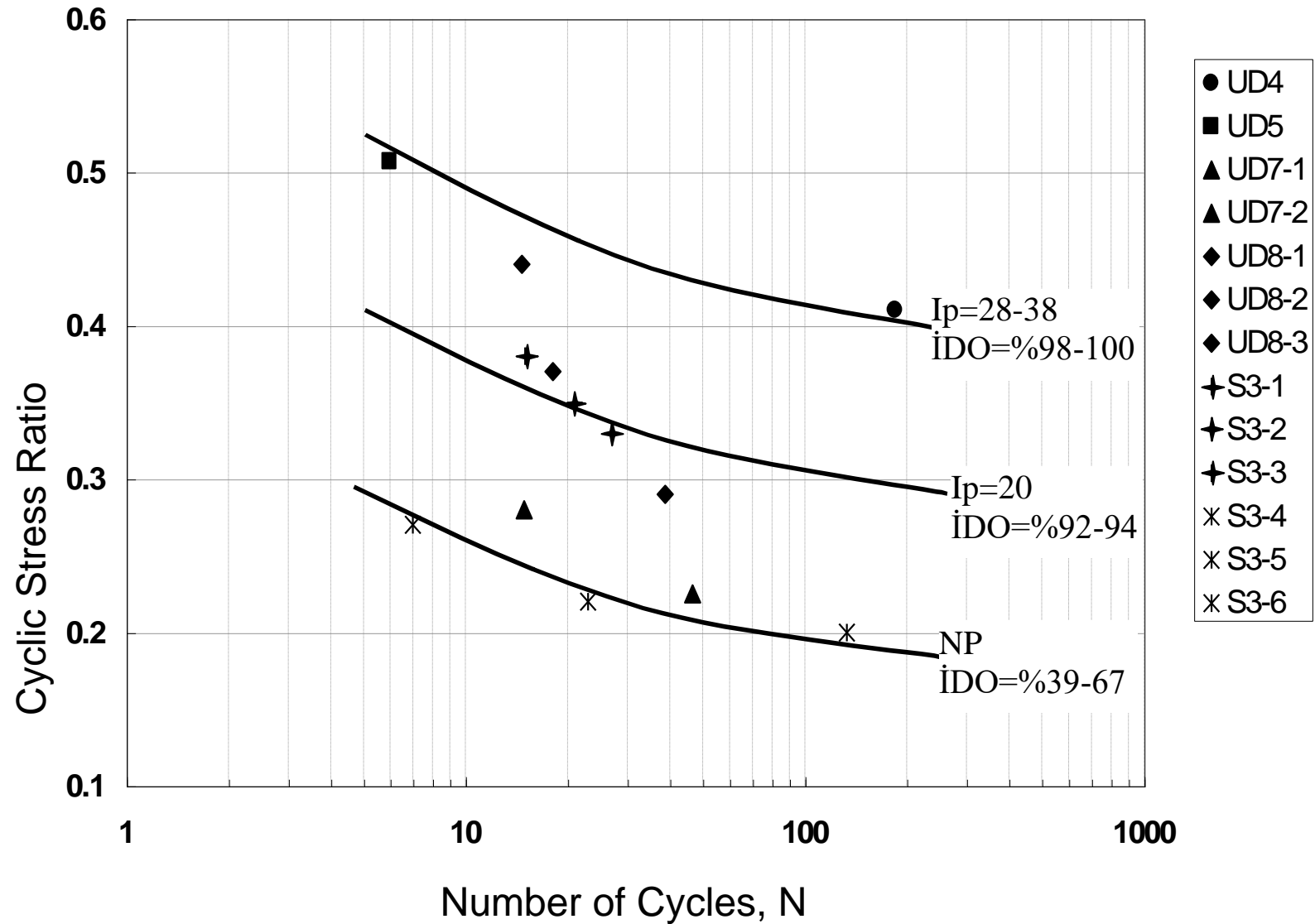
BH4 Depth=3.0-3.5 m FC=56% $I_p=NP$ $\sigma_c=100$ kPa

Cyclic Behaviour of Undisturbed Clay Sample Örseilenmemiş killi zeminin dinamik davranışı



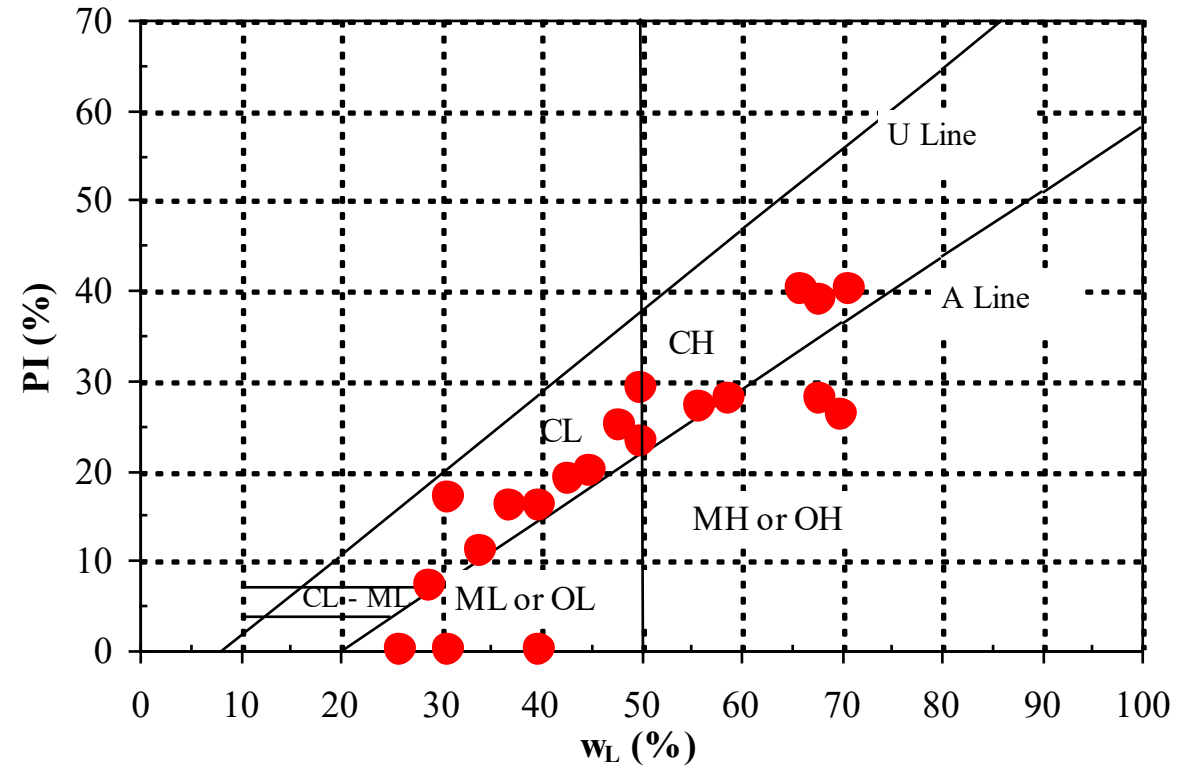
BH9 Depth=9.5-10.0 m FC=100% $I_p=23$ LL=48 $\sigma_c=100$ kPa

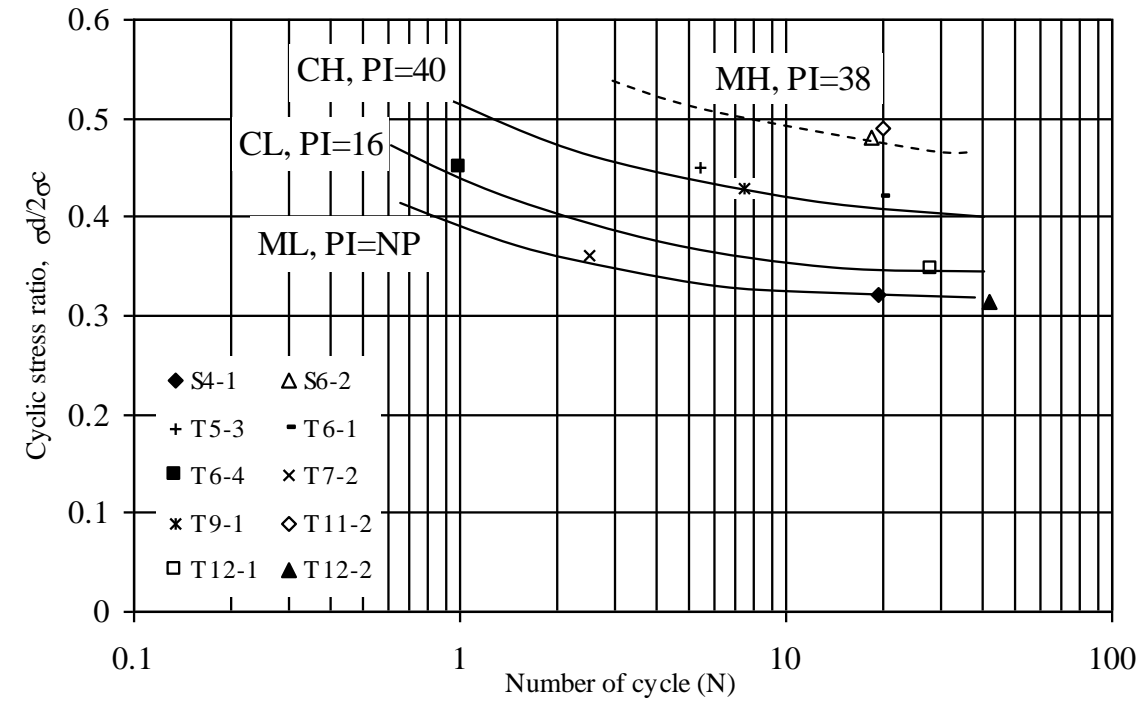
Dynamic Strength of Adapazari Soils

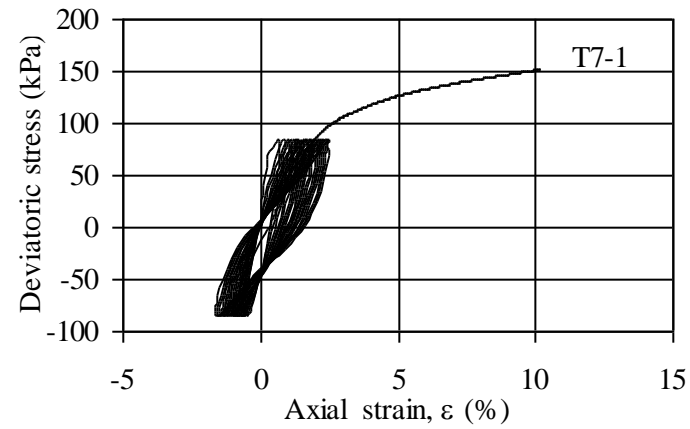




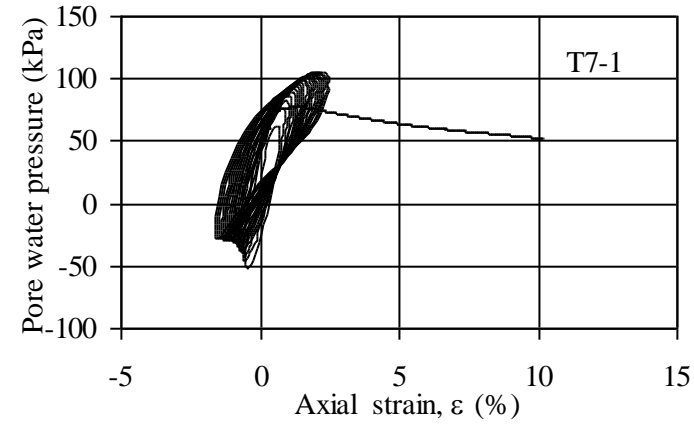
Dinamik Üç Eksenli Basınç
Deney Sisteminde Dinamik
Deneyler
Statik Deneyler
Dinamik Yükleme Sonrası
Statik Deneyler
(Örselenmemiş Adapazarı
Zeminleri)





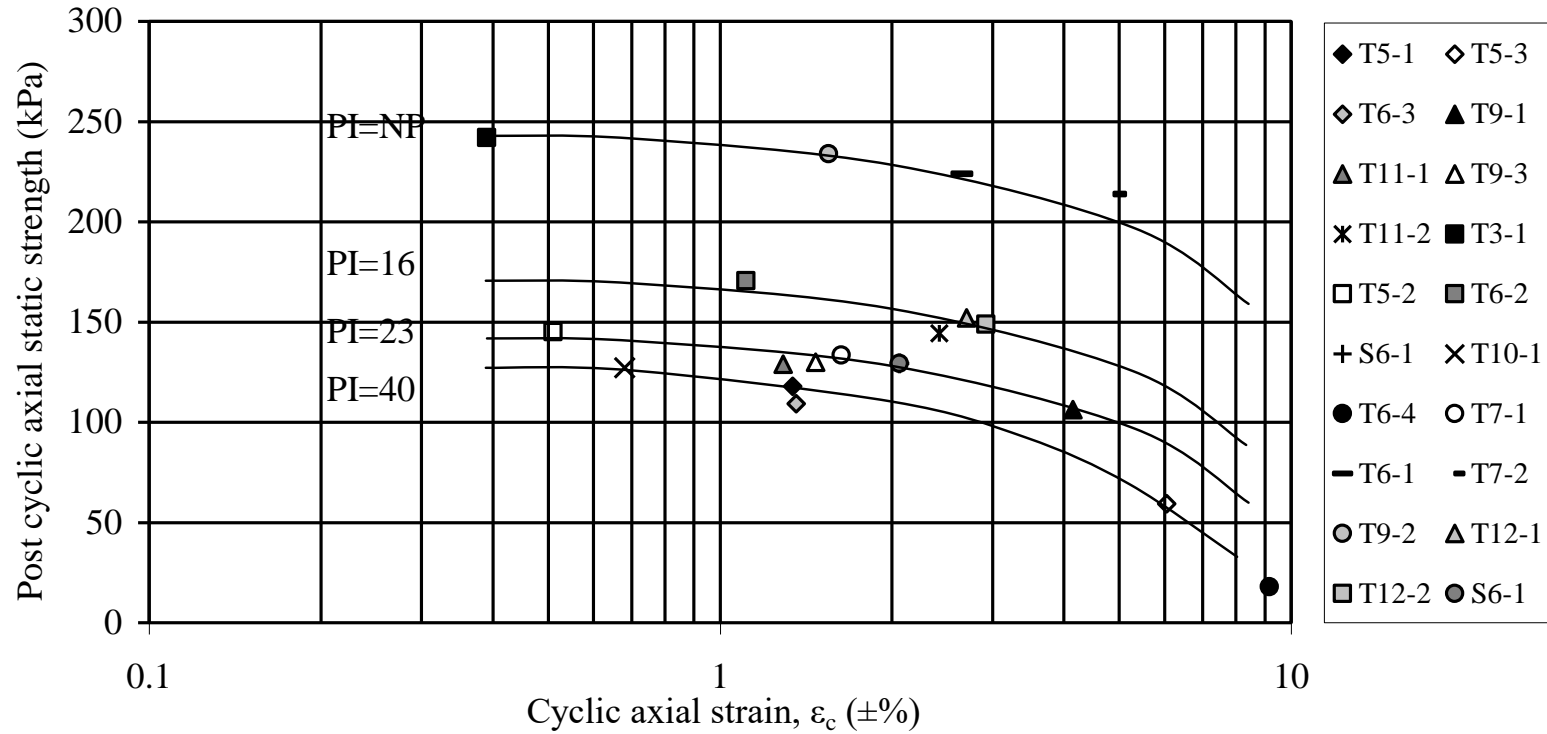


Eksenel Gerilme-Eksenel
Deformasyon (PI=19,
 $\sigma_d/2\sigma_c = 0.40$, $e = 1.63\%$)

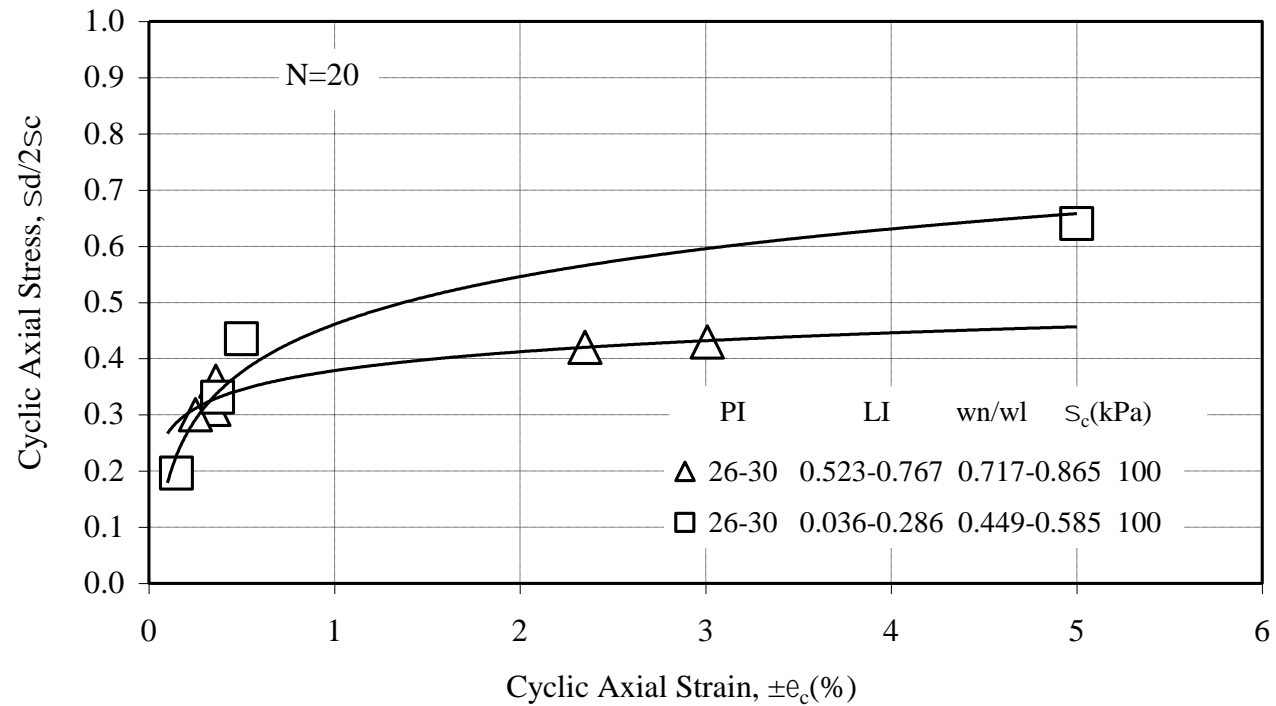


Boşluk suyu basıncı-Eksenel
deformasyon

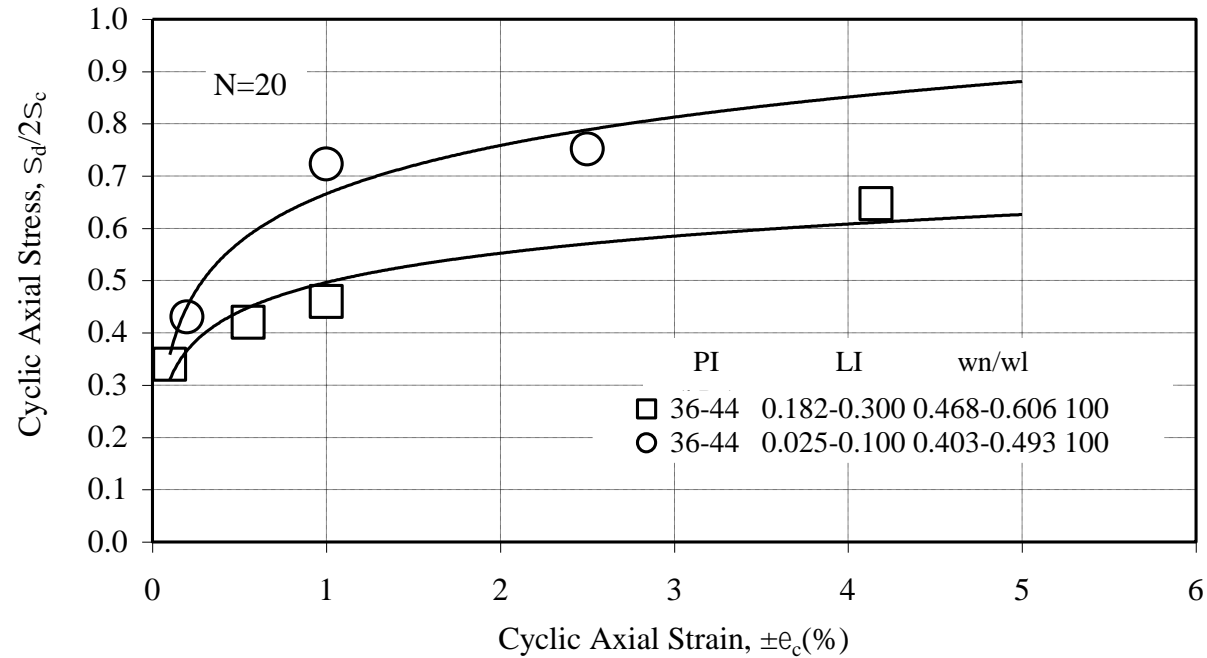
Dinamik yük sonrası statik mukavemet (Adapazarı)

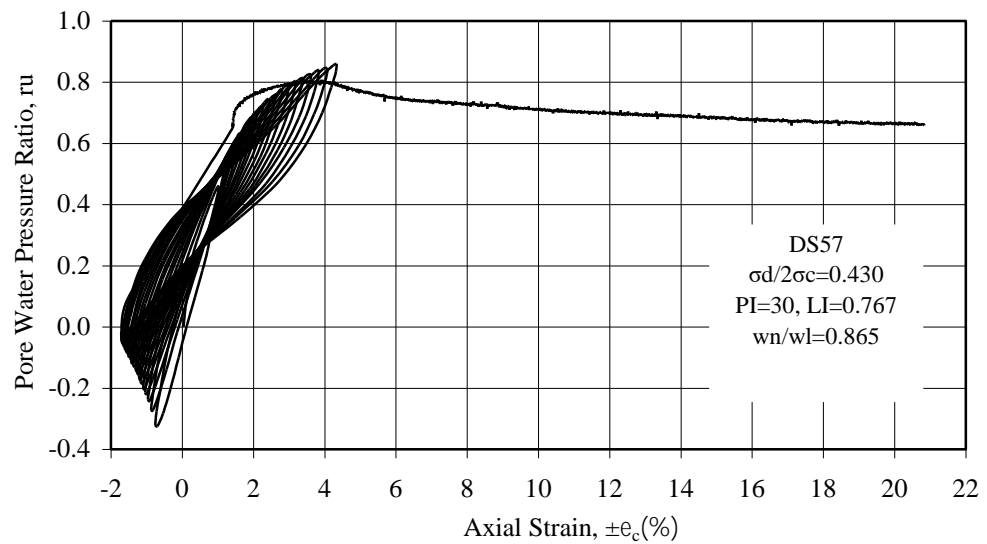
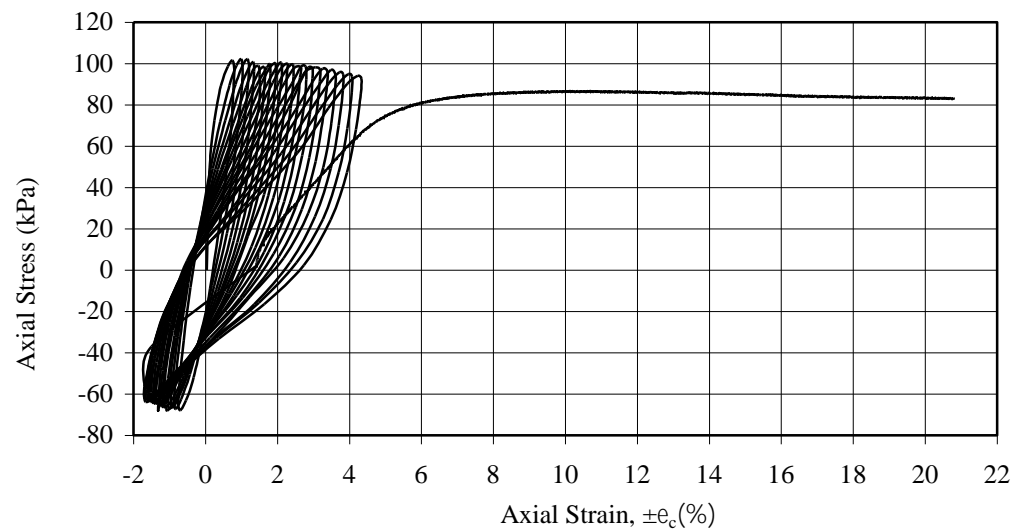


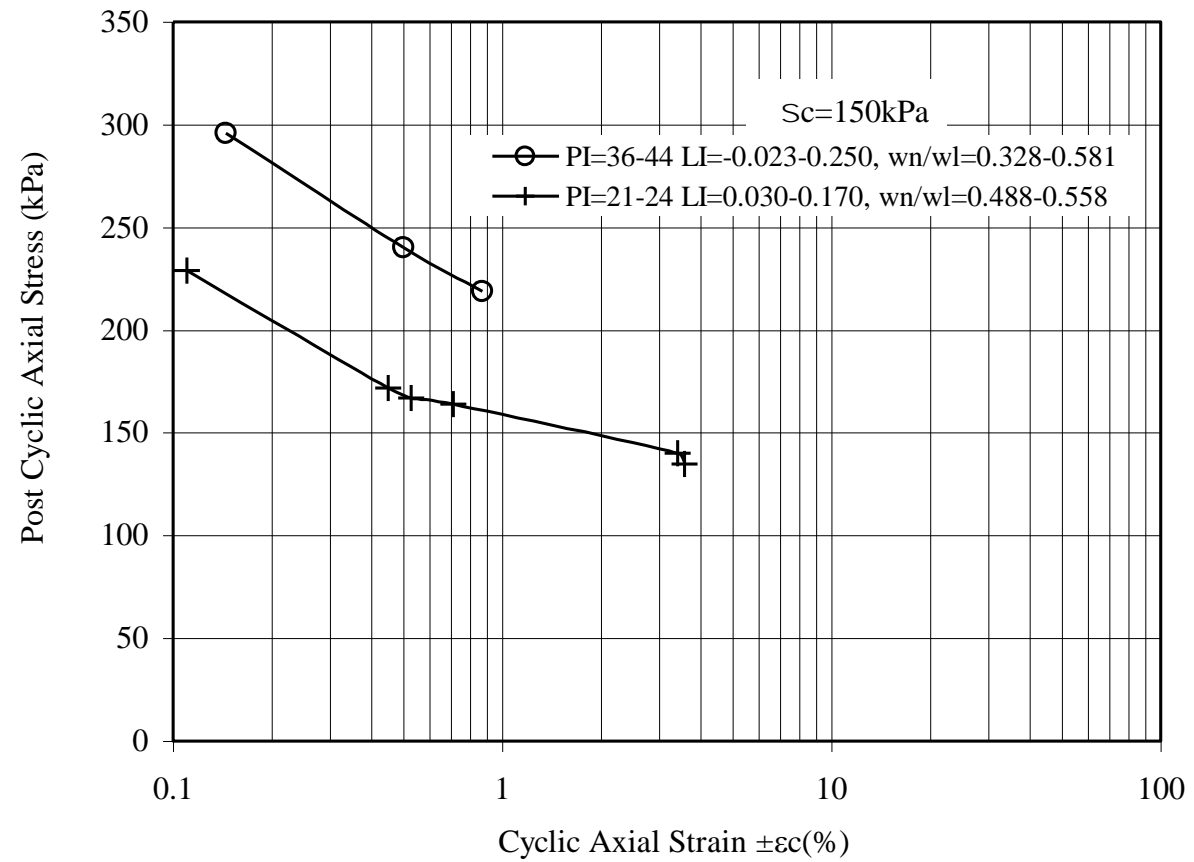
PI=26-30 Orta Katı Killler (Dinar)



PI=36-44 Orta Katı Killiler



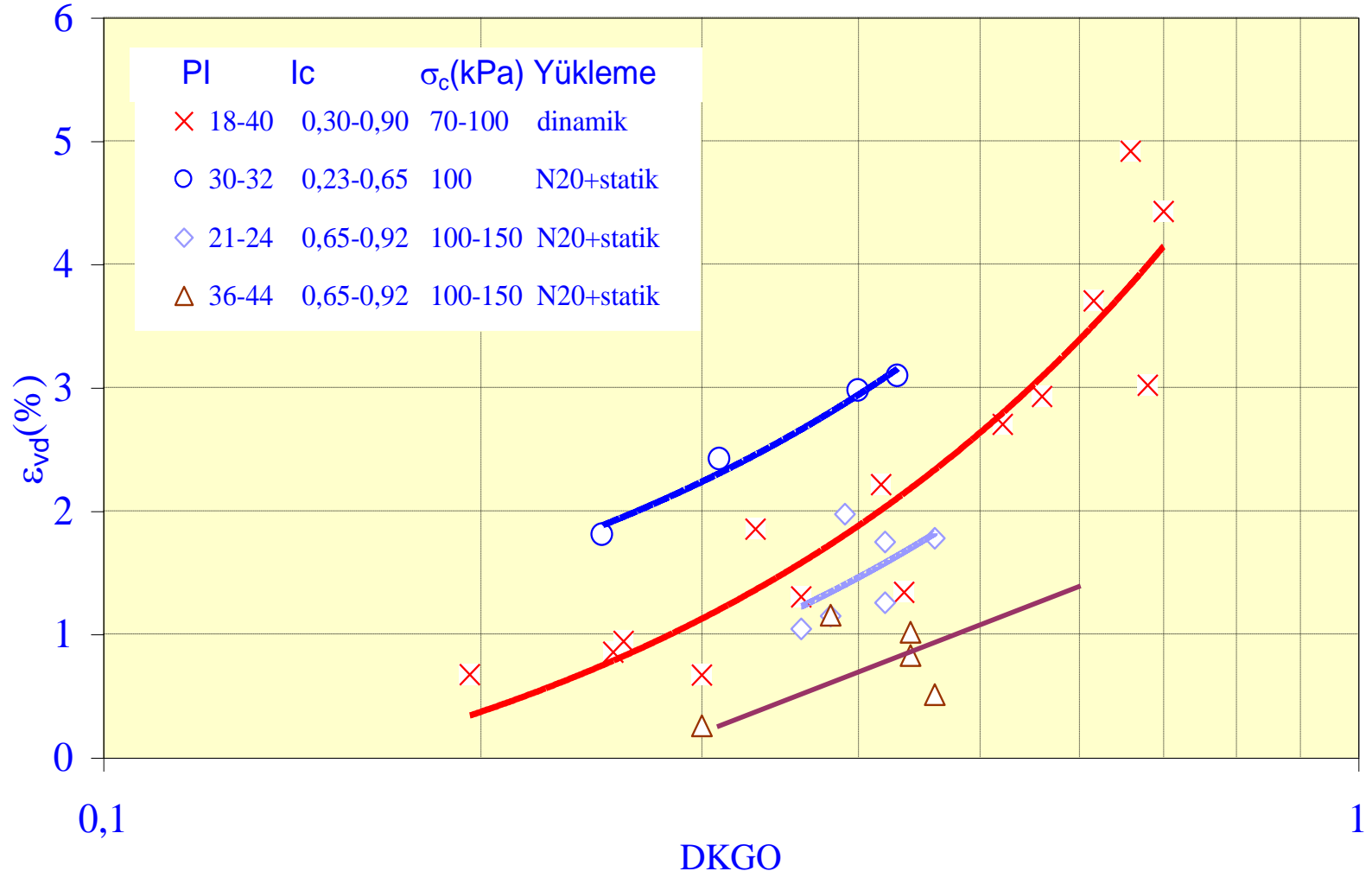






Dinamik Yükleme- Dinamik Sonrası Statik Yükleme ile Meydana Gelen Hacım Değişimleri (Oturmalar)

Örselenmemiş Dinar Zeminleri





Sonuçlar

- Depremler sırasında zeminlerin statik mukavemetinin azalması nedeni ile taşıma gücü kayıpları oluşmaktadır.
- Zeminlerin mukavemetinin azalması deprem sırasında zeminde oluşan boşluk suyu basınçları ve deformasyonlar nedeni ile meydana gelmektedir.



- Mukavemetteki azalma zeminin plastisitesine, kıvamına ve olası depreme bağılı olmaktadır.
- 7.5 büyüklüğündeki deprem sırasında dinamik burulmalı yükleme sonucu $PI=18$ olan zeminde mukavemetteki azalma %40 lara ulaşmaktadır. Bu durumda zeminin deprem sırasındaki taşıma gücü başlangıç (sadece statik yüklere göre) taşıma gücünün %40 na kadar azalmaktadır.

2010 Kovancılar Palu (Elazığ) Depremi Stabilite Kayıpları (Şev Kayması)



2010 Kovancılar Palu (Elazığ) Depremi Şev Kaymaları



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı - Sıvılaşma ve yanıl yayılma



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı - Sıvılaşma ve yanar yayılma



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı





Yapısal Hasarların Nedenleri

- Zemin sıvılaşması
- Zemin yumuşaması-Taşıma gücü kaybı
- Zemin büyütmesi
- Basen etkisi
- Yapısal yetersizlik (proje yetersizliği, beton kalitesi, yapı işçiliğinin kötü olması, korozyon, zemin ve yapı periyodunun benzer olması (rezonans))

Kaynaklar



- **Elnashai, A. S., Di Sarno, L. (2008).**
Fundamentals of Earthquake Engineering, Wiley.
- **Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü**
- **Ishihara, K. (1996).** Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, 1st ed., Oxford, Clarendon Press.
- **Kramer, S.L. (1996).** Geotechnical earthquake engineering, Prentice Hall.
- **Wair, B. R., DeJong, J. T., Shantz, T. (2012).**
Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles.

Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı



Van 2011 Depremi Van Erciş Karayolu -Gedikbulak

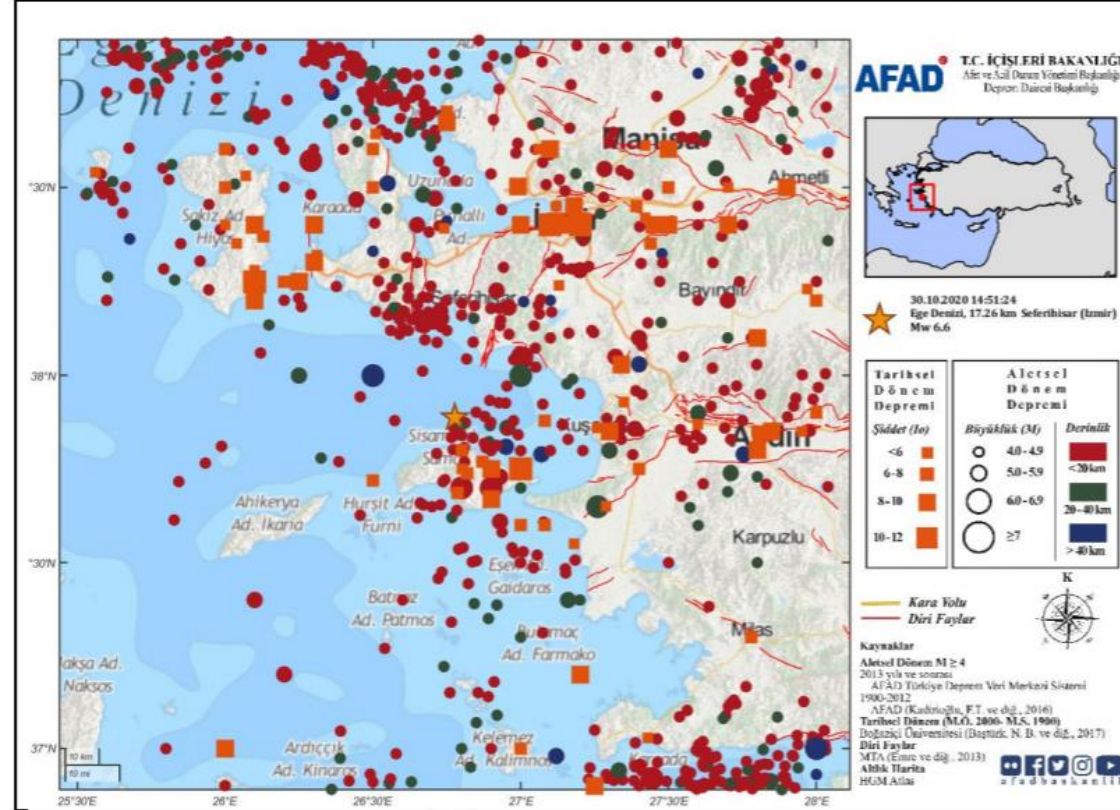




30 Ekim 2020 İzmir Depremi

- 30.10.2020 günü Ege Denizi, Seferihisar (Izmir) açıkları -17.26 km mesafede 16.54 km derininde Mw 6.6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir.
- Ana şoktan, 02.11.2020 12:54'e kadar geçen zamanda, büyüklükleri 1.0 ile 5.1 arasında değişen **1230 artçı** deprem kaydedilmiştir.
- Depremin belirgin süresi ise ilk hesaplamalara göre **15.68 sn** olarak belirlenmiştir.

30 Ekim 2020 İzmir Depremi



Şekil 2.1 Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi







1999 Kocaeli Depremi Adapazarı Taşıma Gücü Kavbı







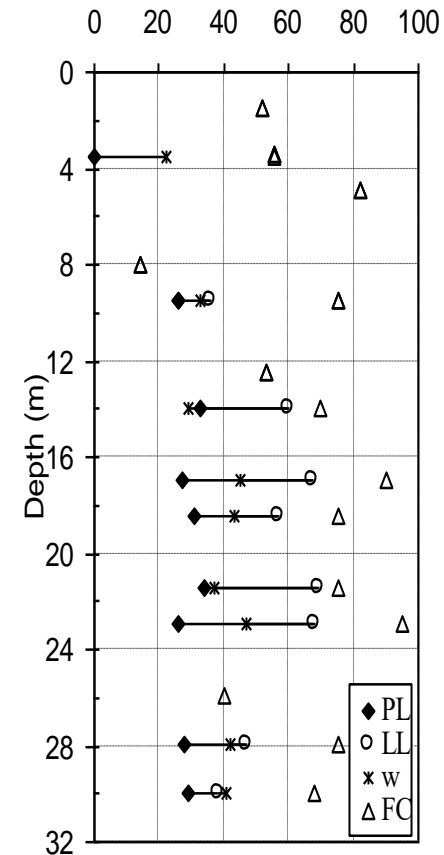
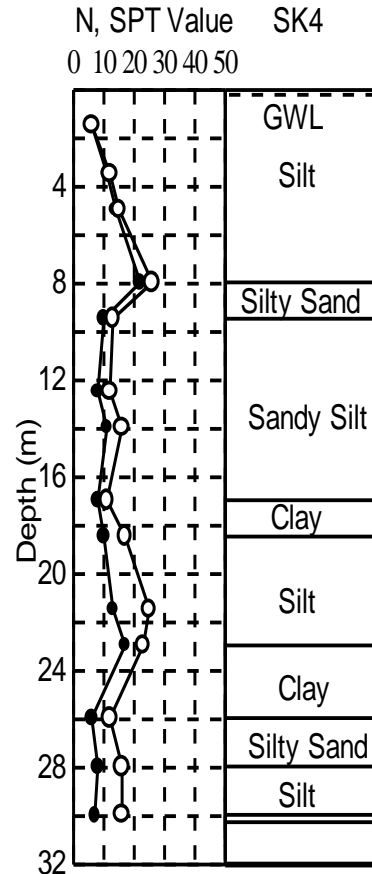
12 Kasım 1999 Düzce Depremi



Adapazarı Tıĝcılar



Tigcilar da devrilen binanın Zemin keşfi



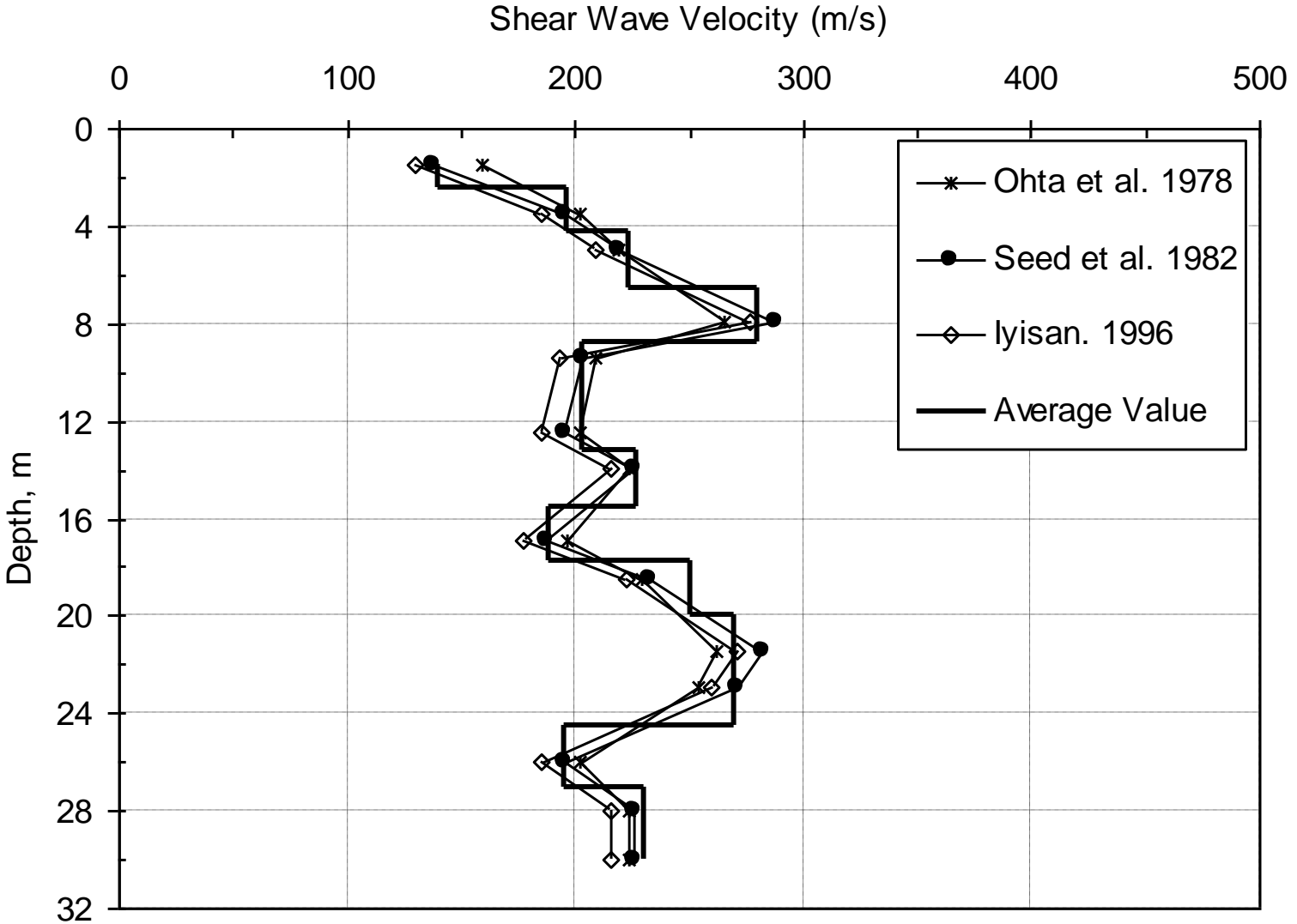
Loose Sandy Silts FC = 55%

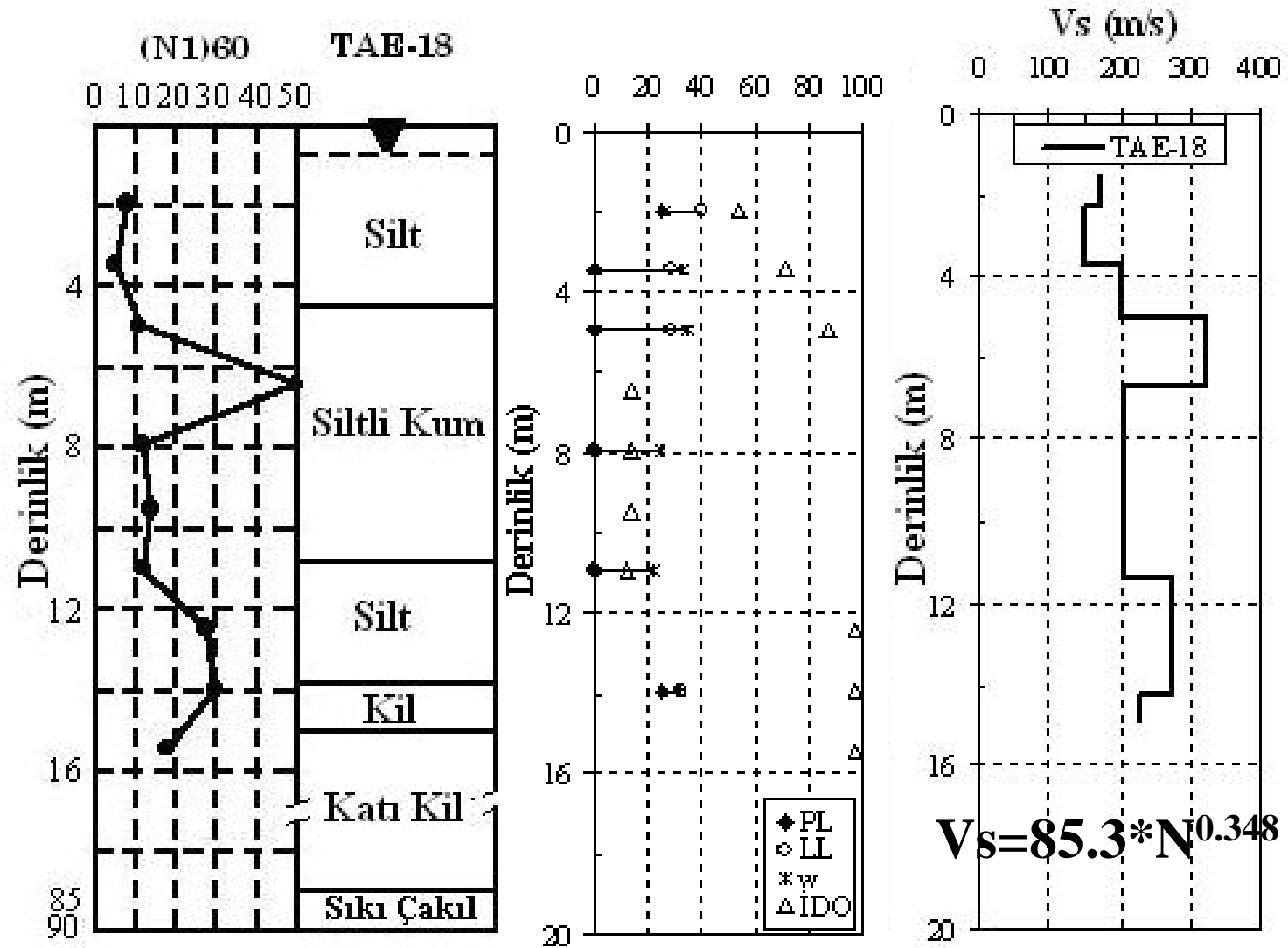
Silty Sands FC = 40%

$(N_1)_{60} \approx 10$ LL = 27-36% w = 22-33%

The surficial silty soil layer is non plastic

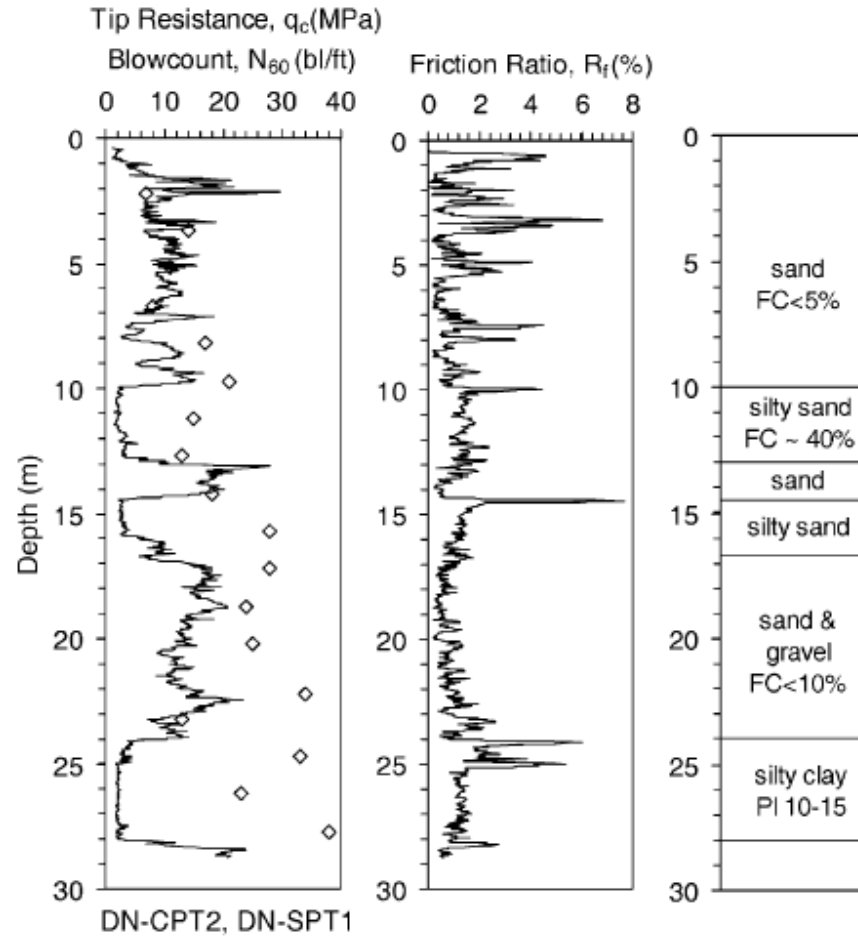
Shear Wave Velocity Distribution at SK4-Tigci



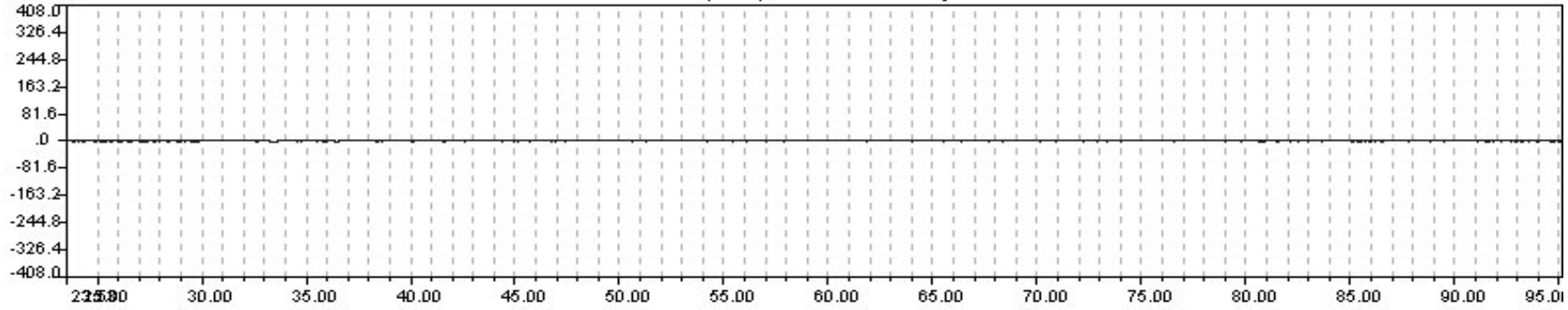


TAE-18 sondajındaki zemin kesiti ve kayma dalgası hızı

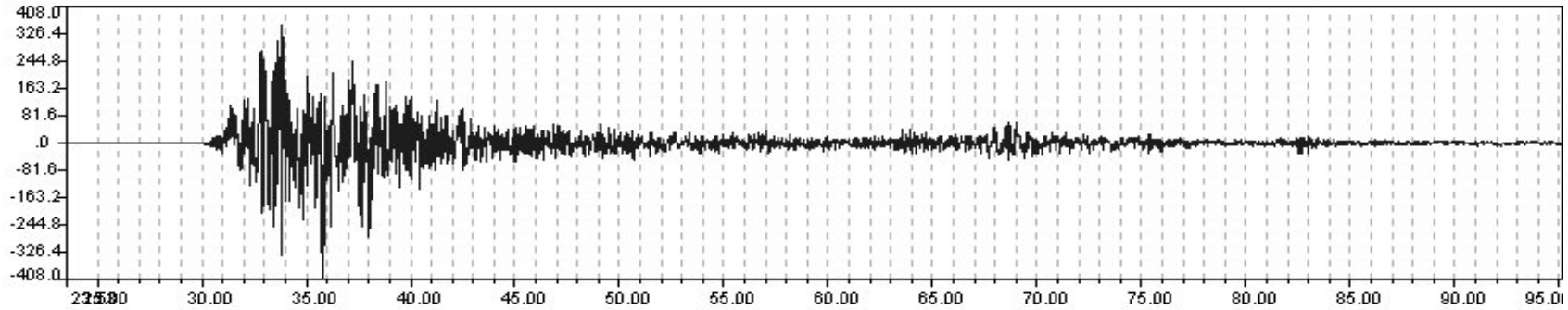
Değirmendere' de zemin kesiti



SAKARYA BAYINDIRLIK VE İSKAN MUDURLUĞU 7/08/1999 00:01:51 (GMT) DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ-ANKARA +L South Max: .2136 mG



+T East Max: 407.0438 mG



+V Up Max: 259.0029 mG

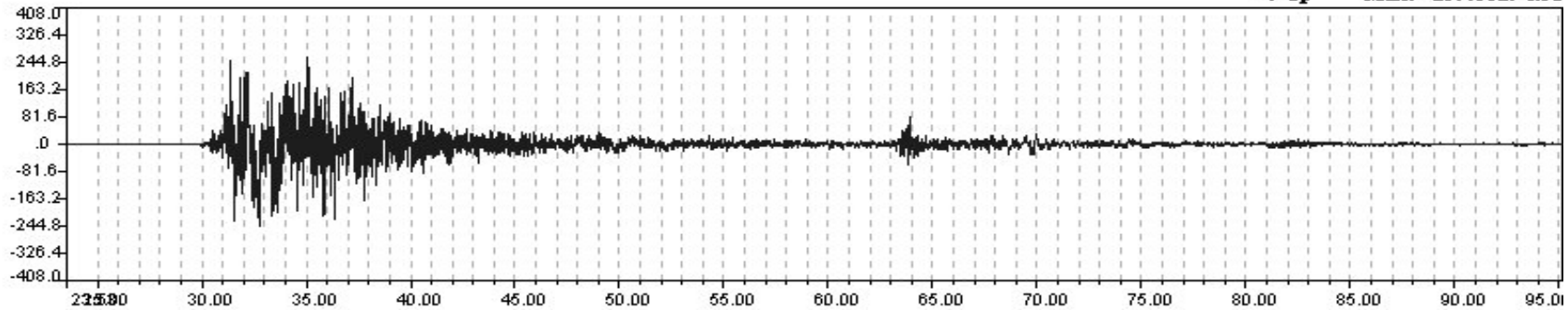


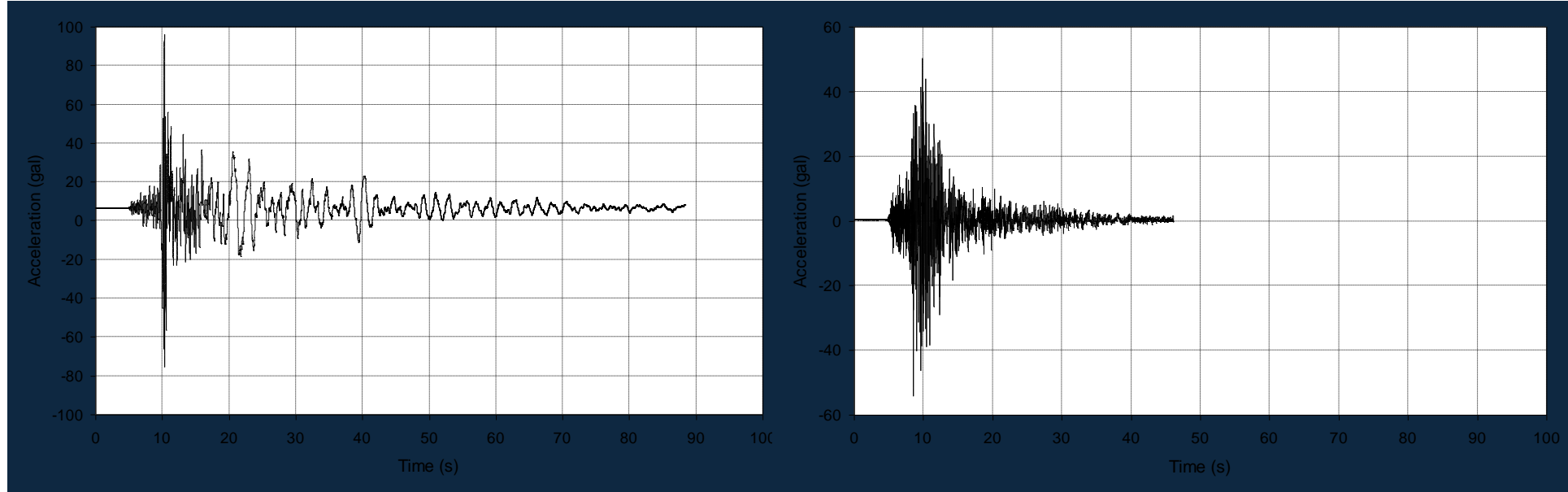
Figure 4.1

13.09.1999 (İzmit) Artçı Depremi İvme Kayıtları

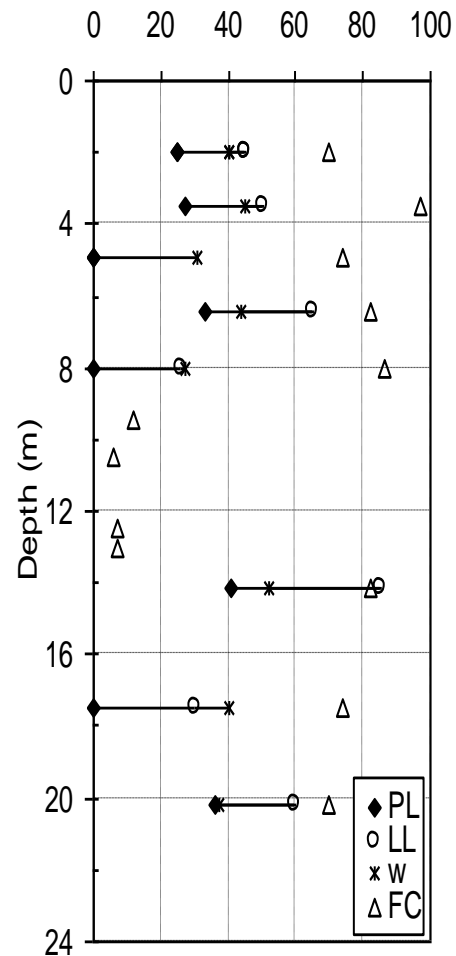
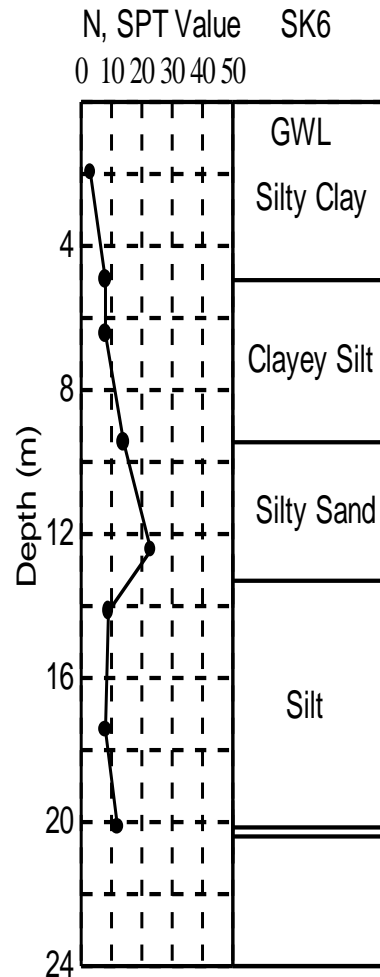


Yumuşak Zemin
Süre 80 sn
a=96 gal

Ayrışmış Kaya
Süre 45 sn
a=46 gal

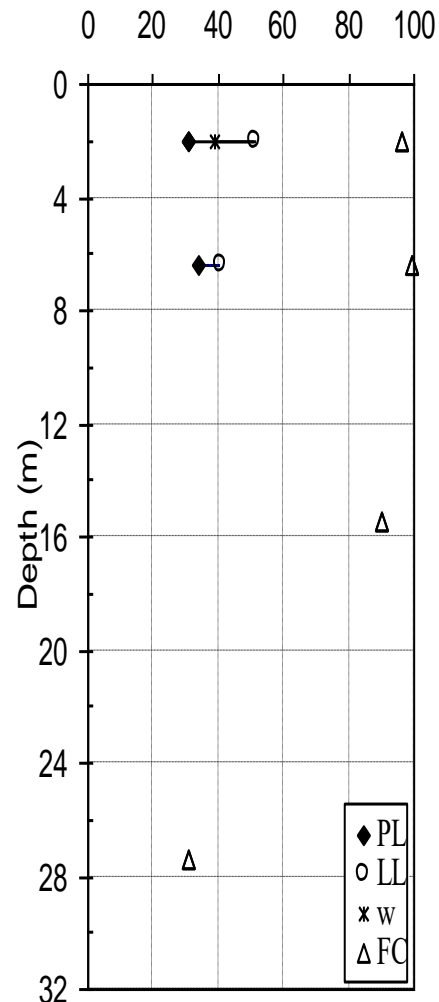
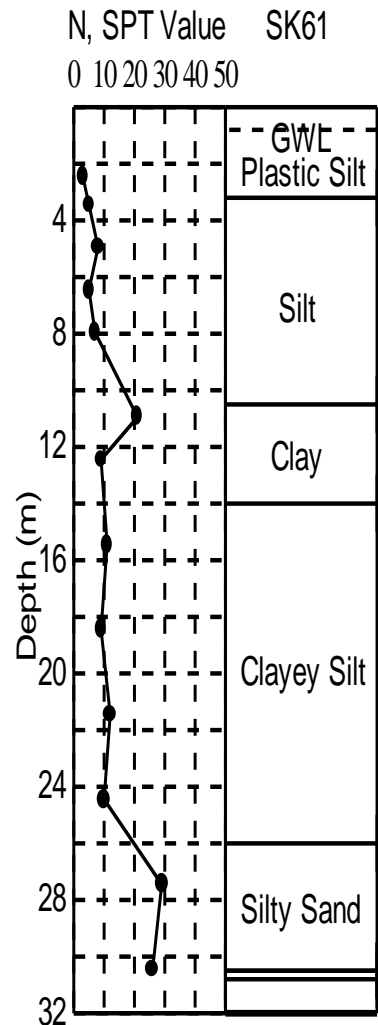


Typical Soil Condition in Cumhuriyet District



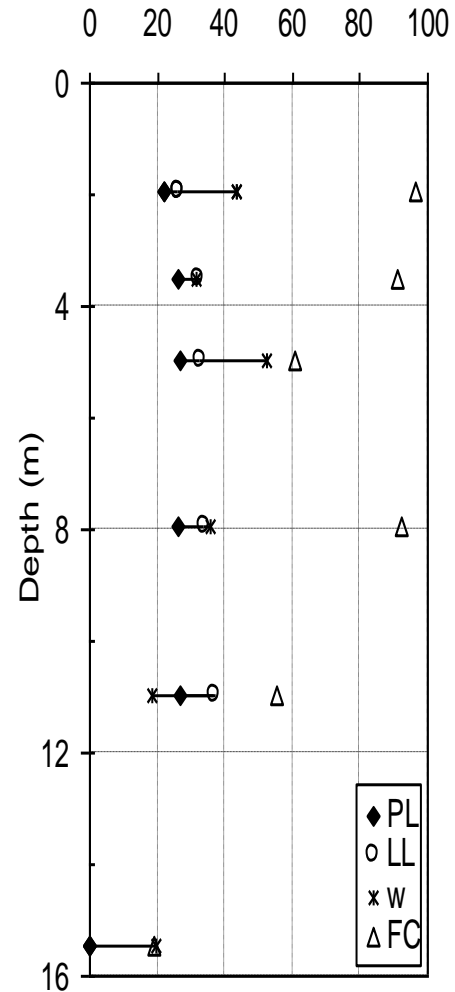
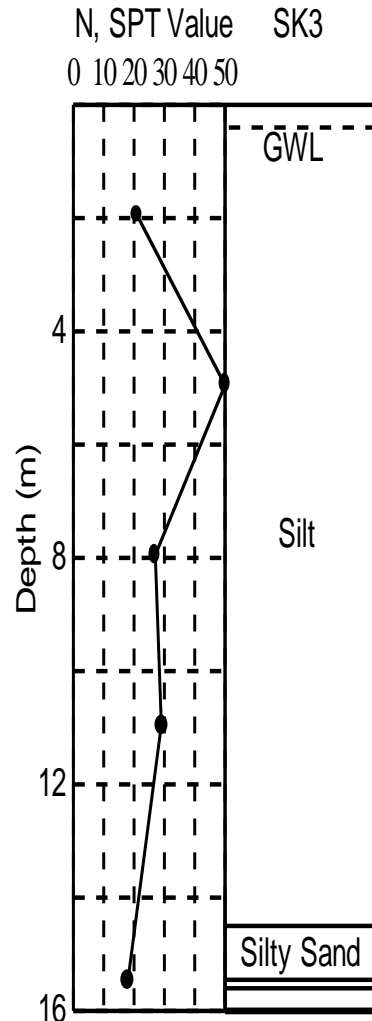
- $I_p = 20$ (top layer)
- $LL = 45-65\%$
- $w = 26-44\%$
- Sandy soils
 $FC = 6$ to 12% .

Typical Soil Condition in Erenler District

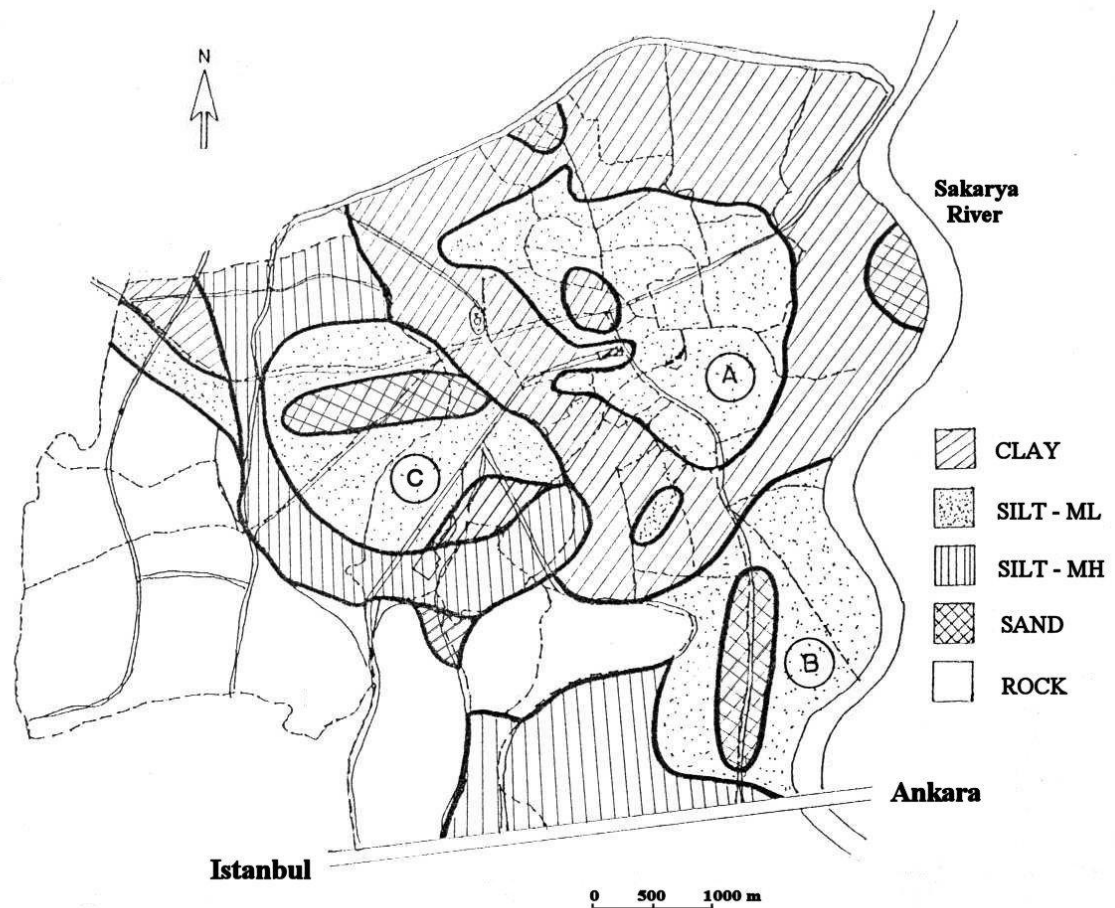


- IP = 4-10
- LL = 41-51
- w = 40%

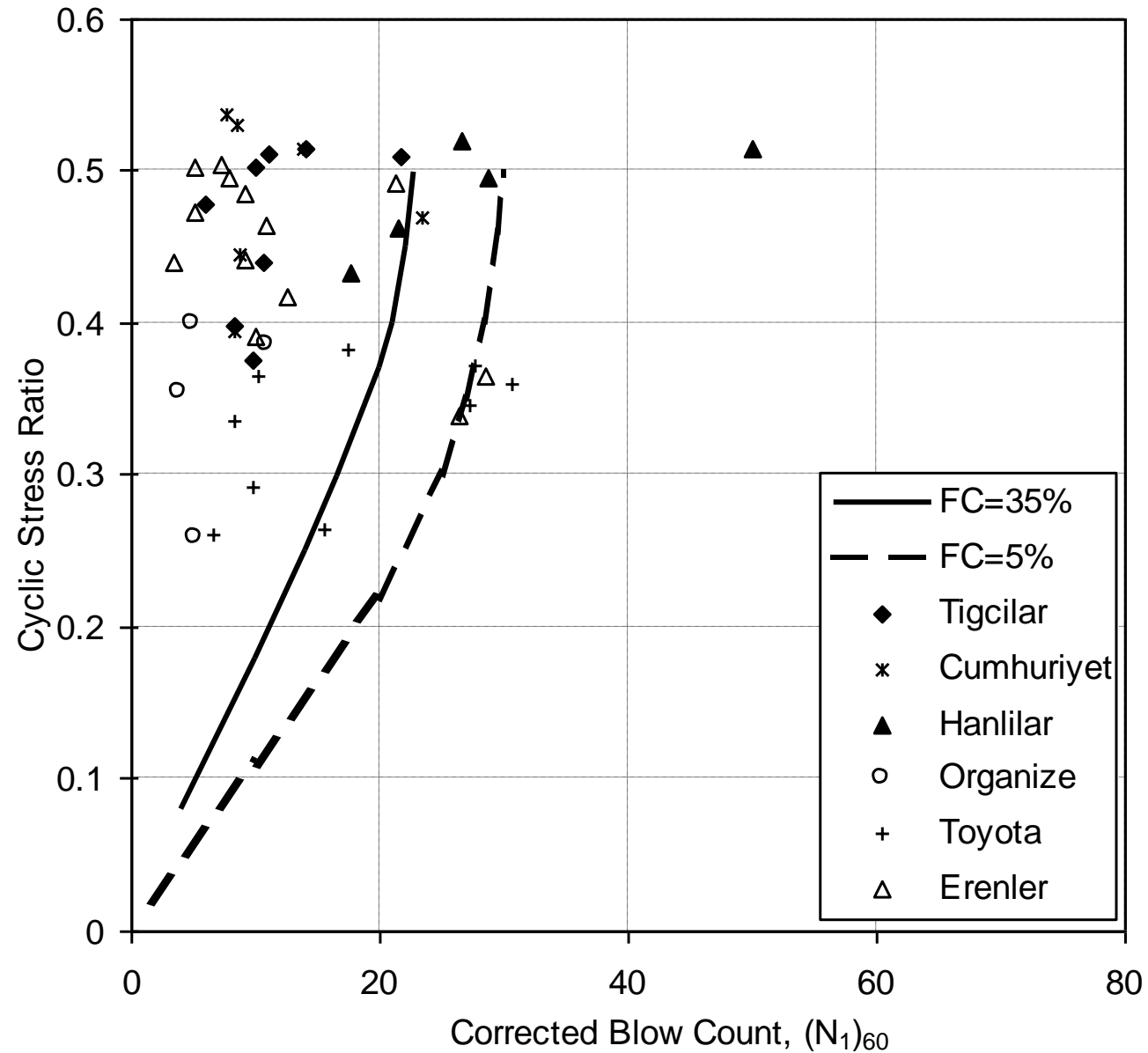
Typical Soil Condition in Hanlilar District



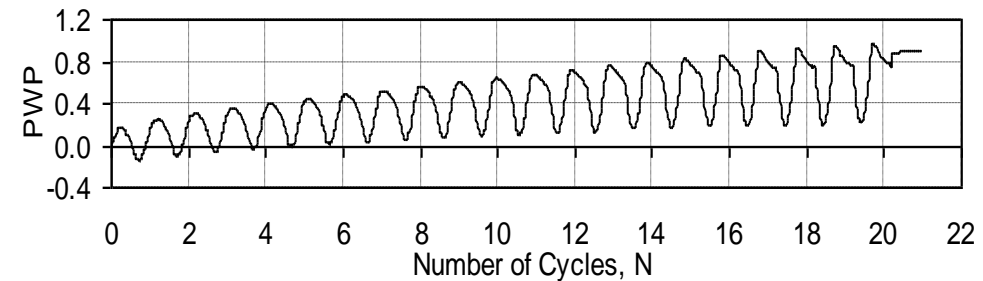
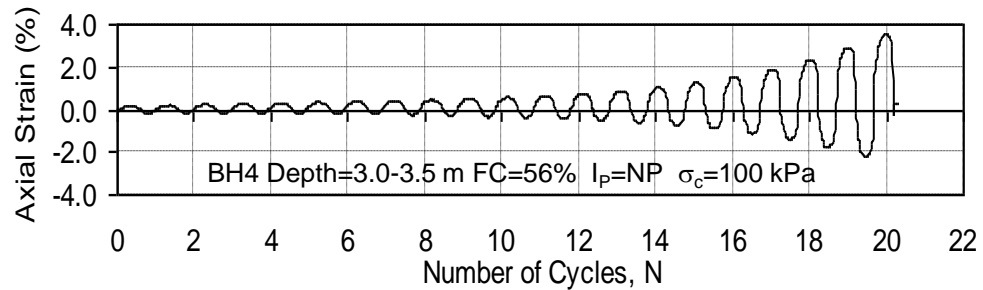
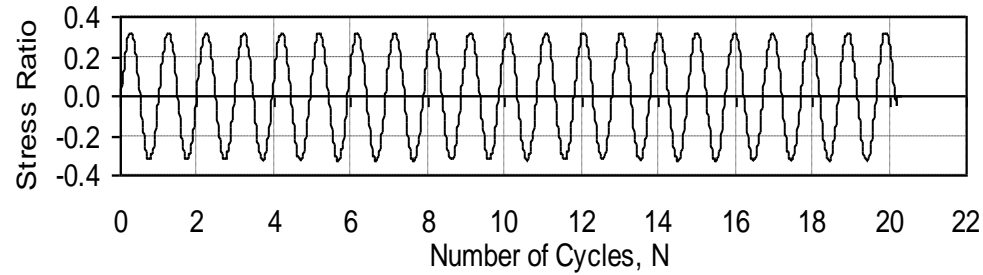
- $IP = 4-10$
- $LL = 26-37$
- $w = 32-53\%$



Relationship Between $(N_1)_{60}$ Versus CSSR

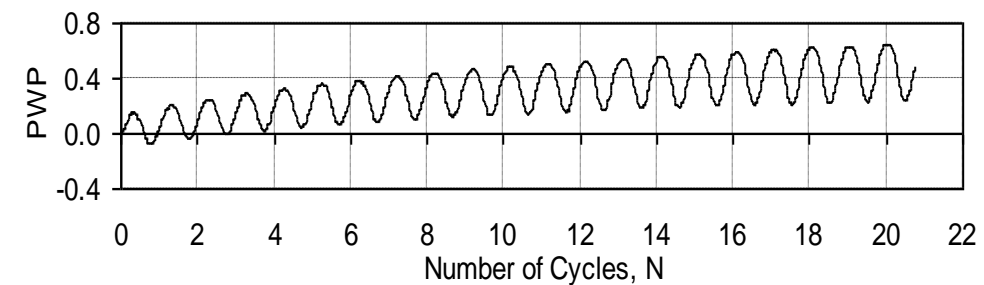
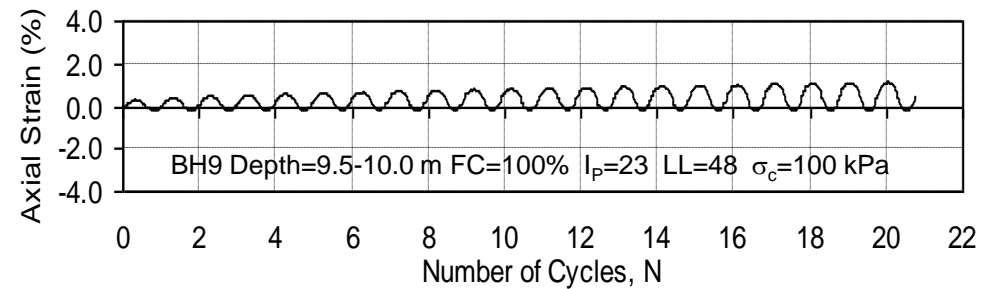
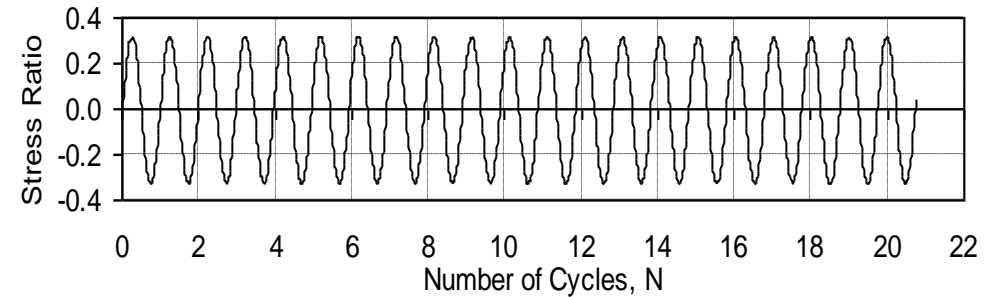


Cyclic Behaviour of Undisturbed Sandy Non-Plastic Silt Sample



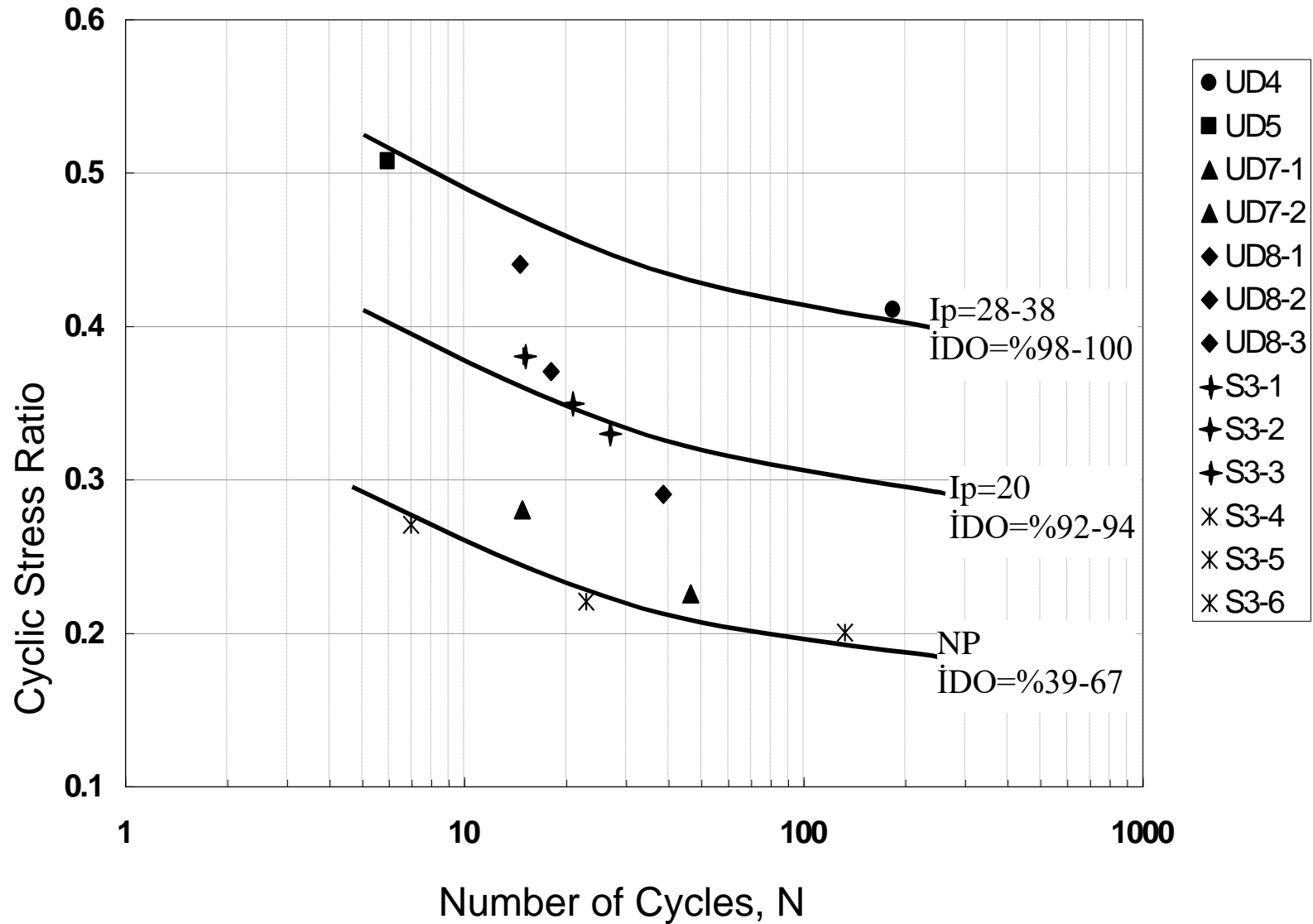
BH4 Depth=3.0-3.5 m FC=56% I_p =NP σ_c =100 kPa

Cyclic Behaviour of Undisturbed Clay Sample



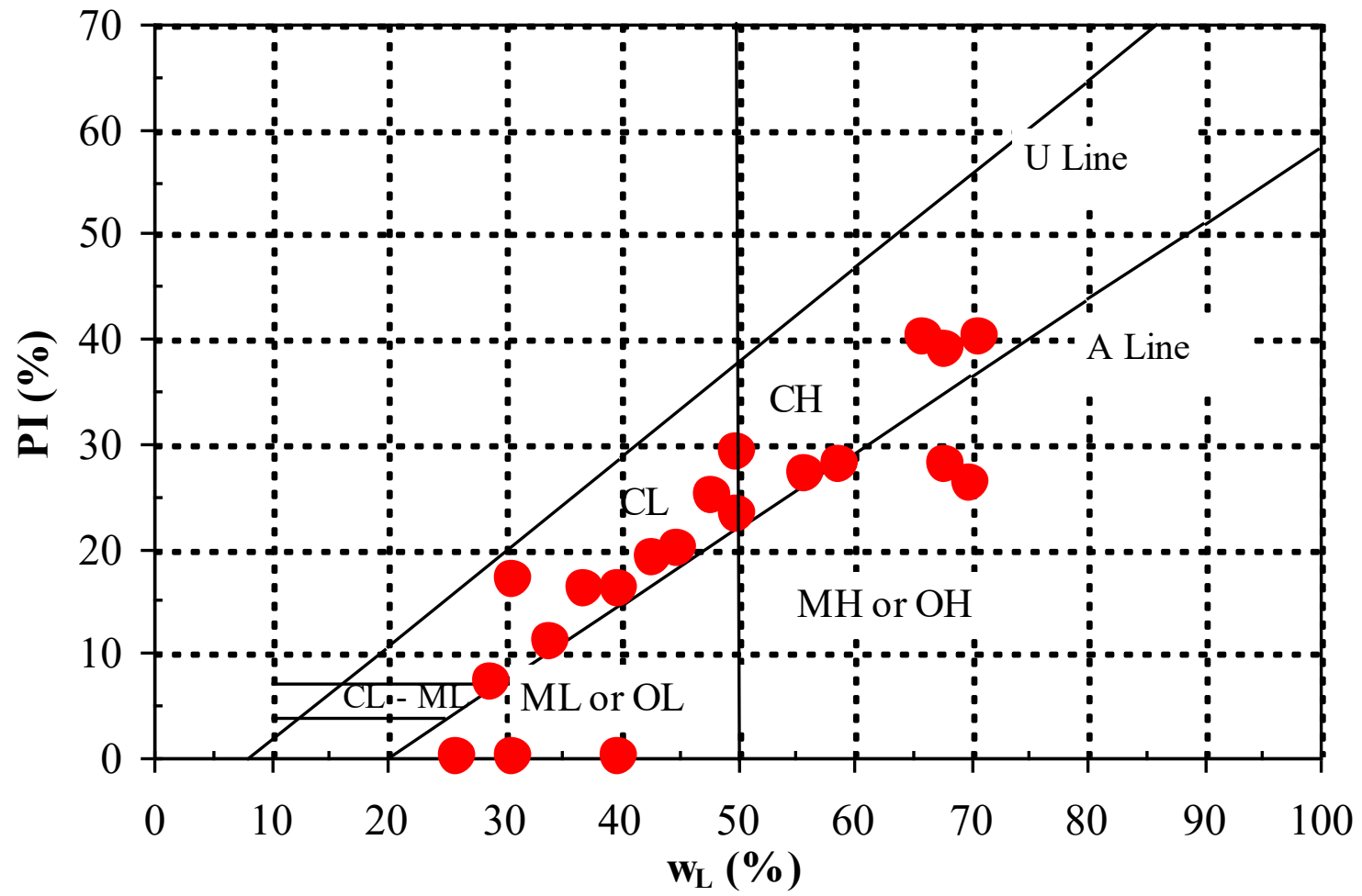
BH9 Depth=9.5-10.0 m FC=100% $I_p=23$ LL=48 $\sigma_c=100$ kPa

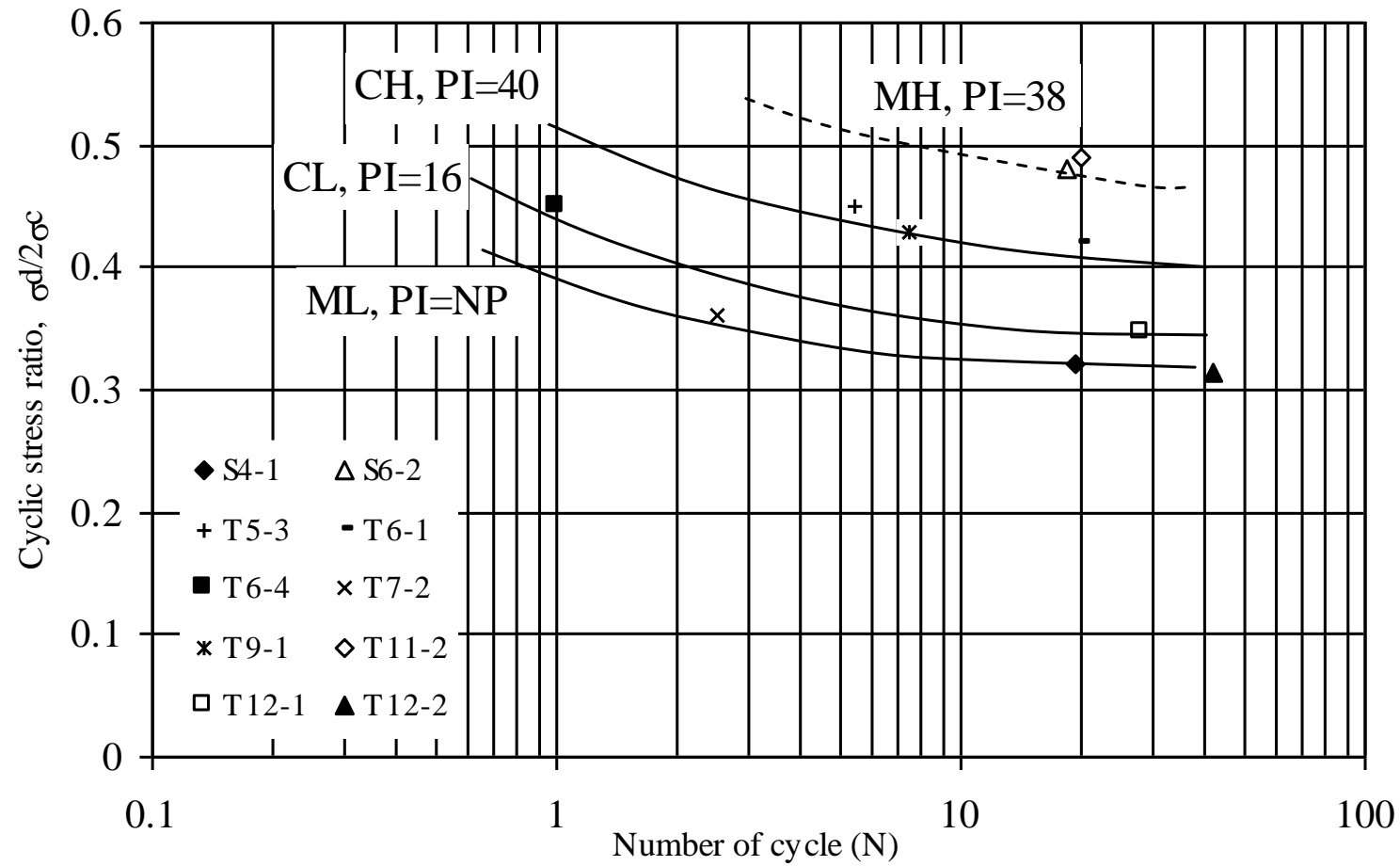
Dynamic Strength of Adapazari Soils

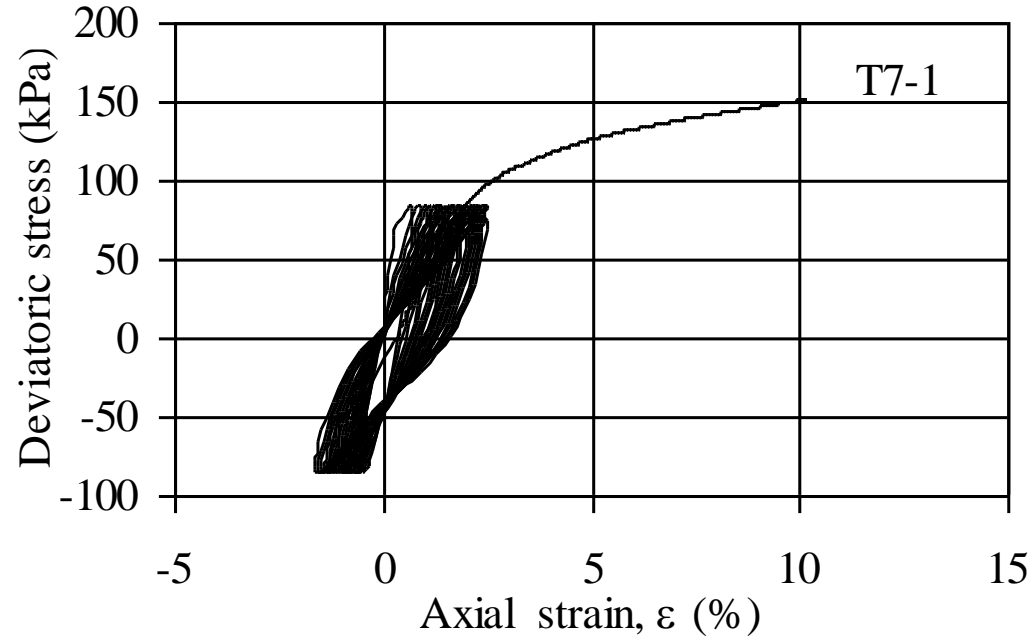




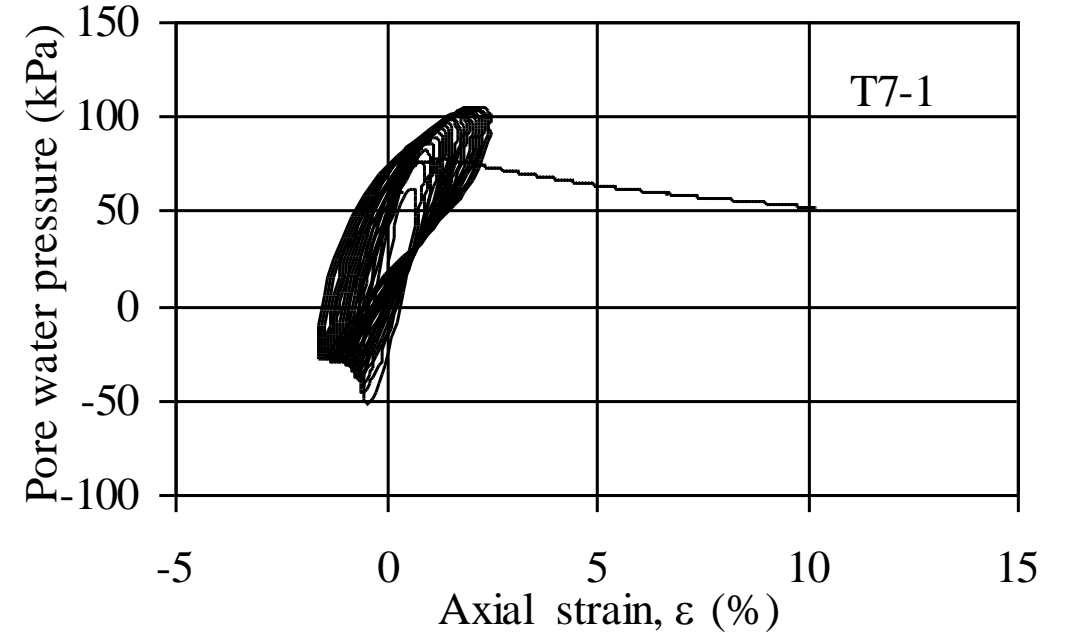
Dinamik Üç Eksenli Basınç Deneý
Sisteminde Dinamik Deneýler
Statik Deneýler
Dinamik Yükleme Sonrası Statik
Deneýler
(Örselenmemiş Adapazarı Zeminleri)





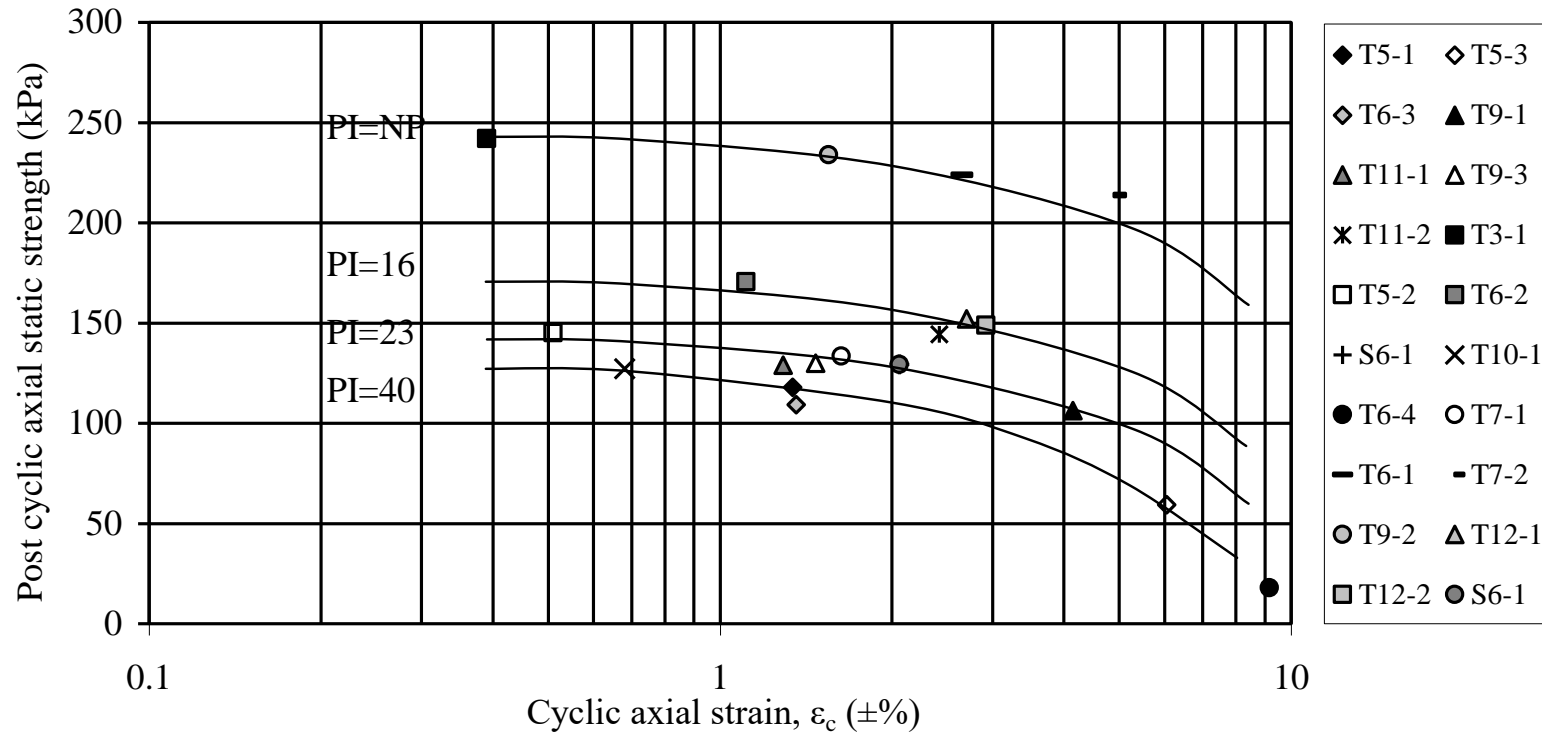


Eksenel Gerilme-Eksenel
Deformasyon (PI=19,
 $\sigma_d/2\sigma_c = 0.40$, $e = 1.63\%$)

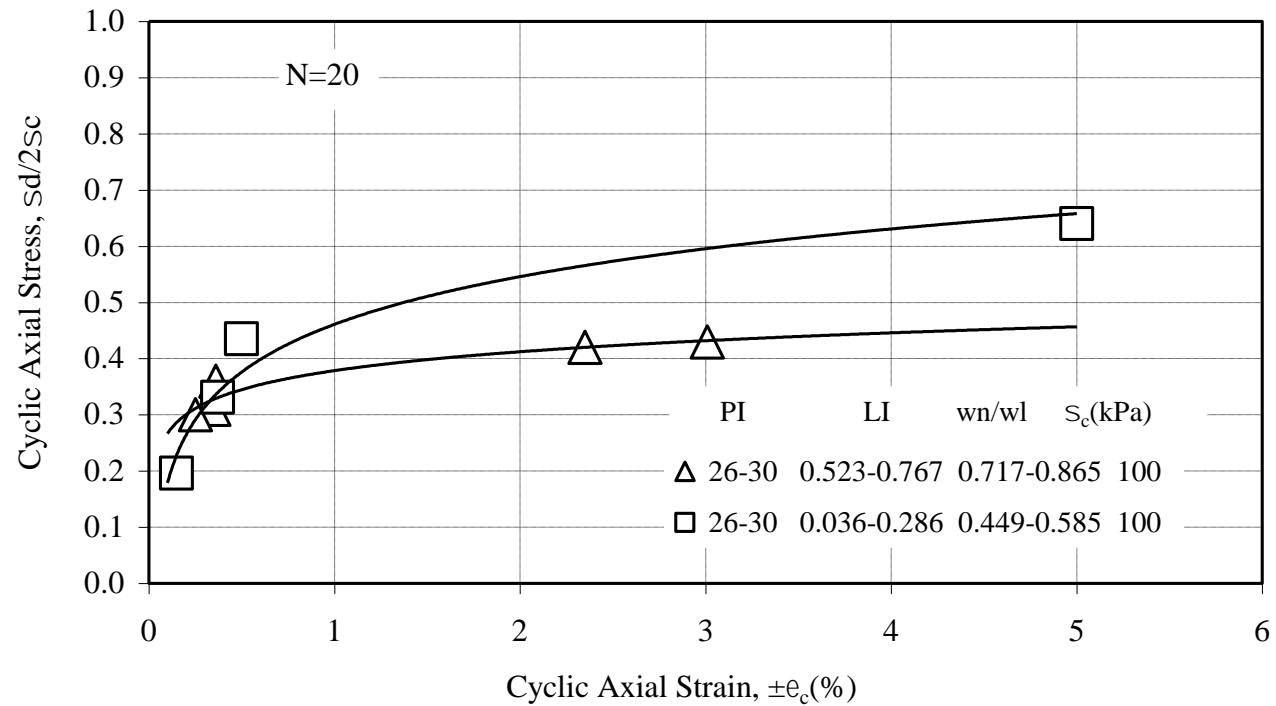


Boşluk suyu basıncı-Eksenel
deformasyon

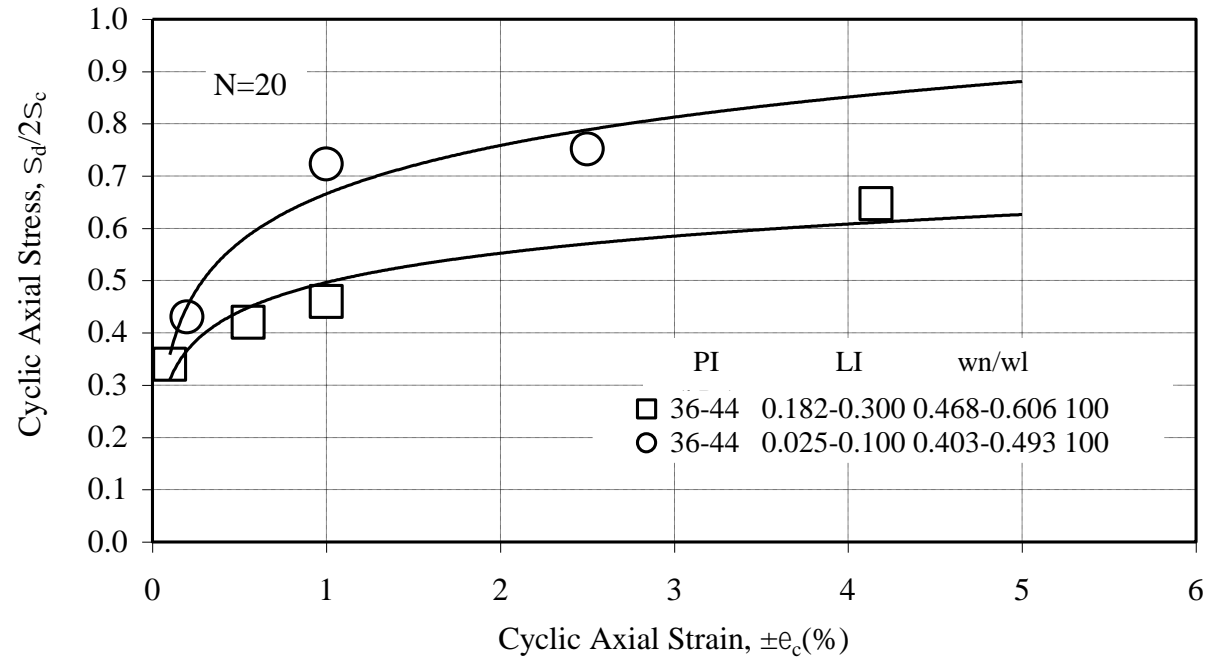
Dinamik yük sonrası statik mukavemet (Adapazarı)

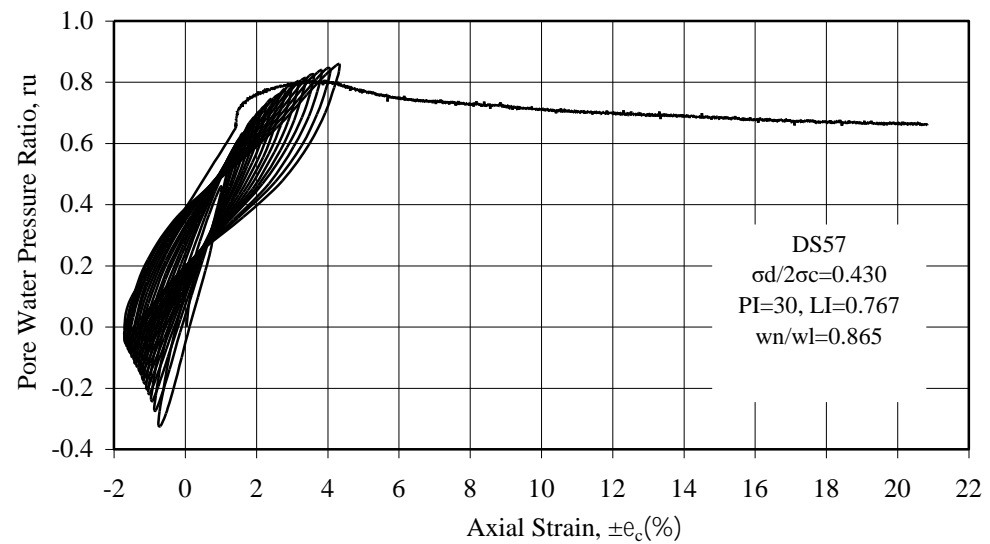
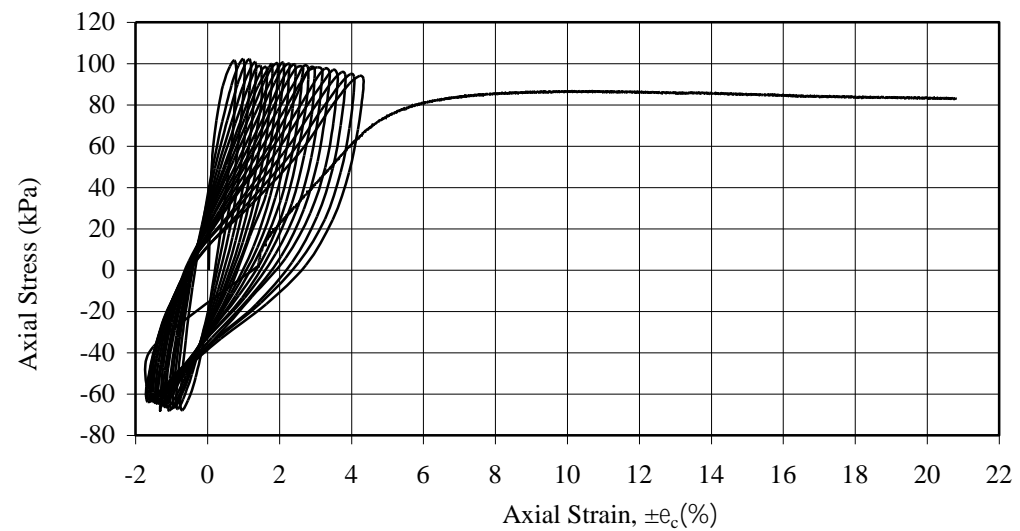


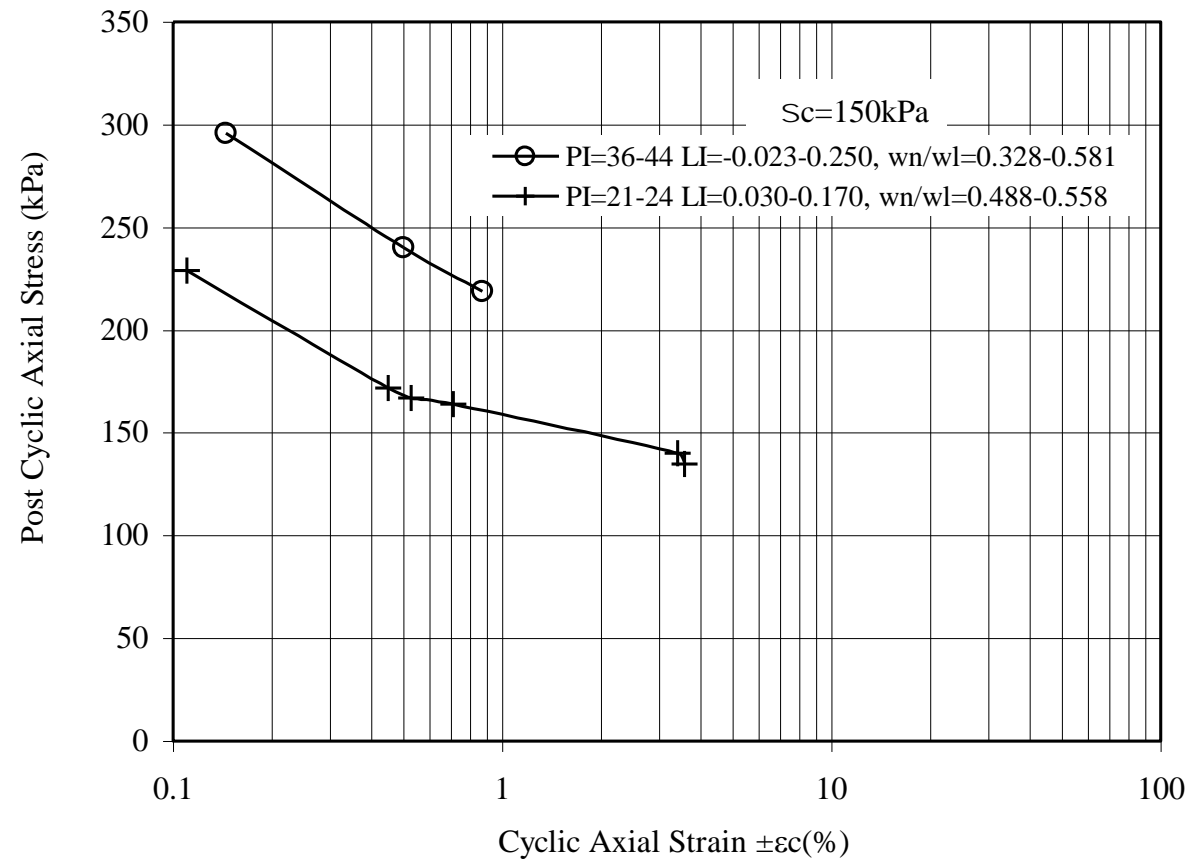
PI=26-30 Orta Katı Killer (Dinar)



PI=36-44 Orta Katı Killer



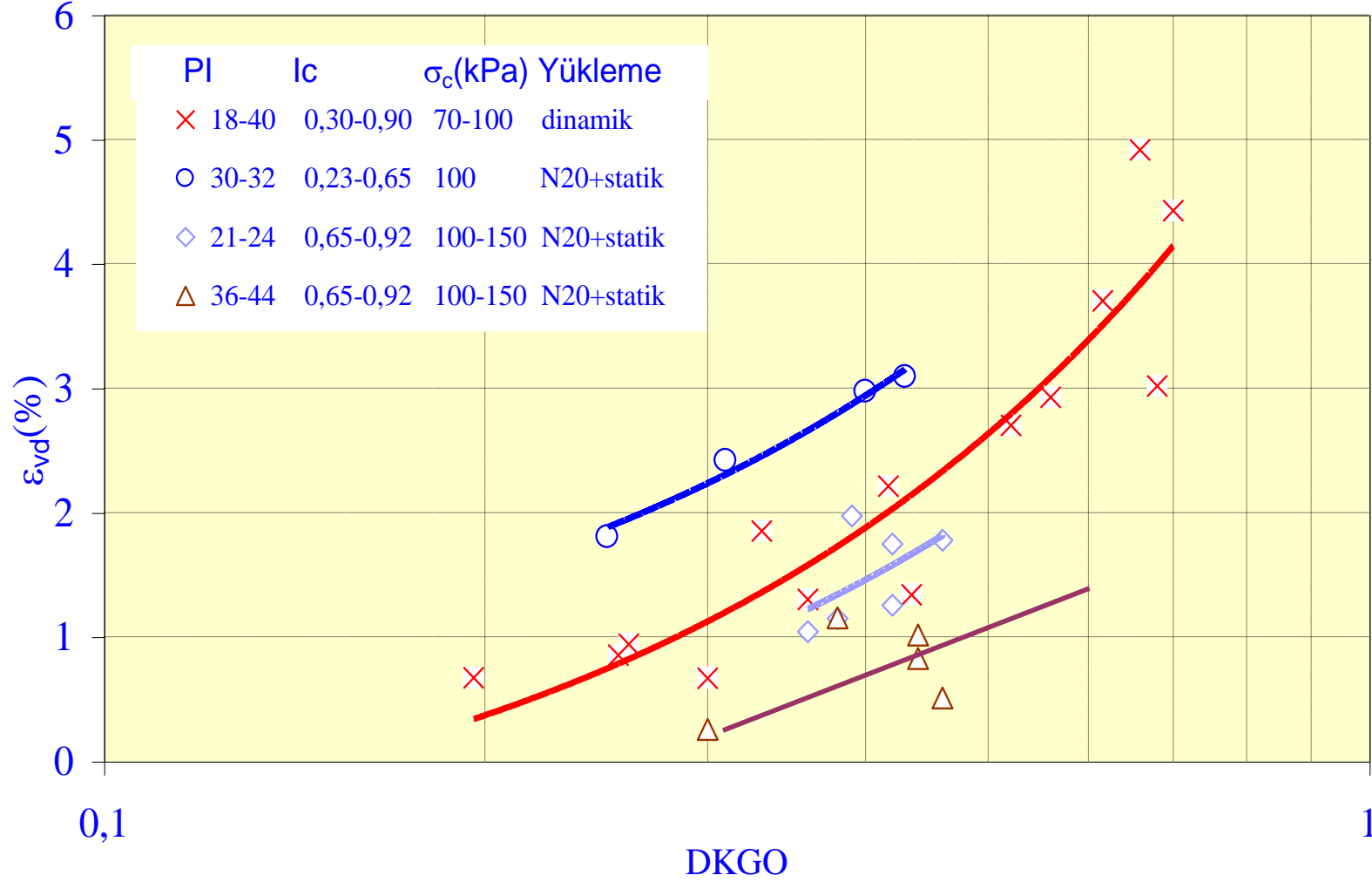






Dinamik Yükleme- Dinamik Sonrası Statik Yükleme ile Meydana Gelen Hacim Değişimleri (Oturmalar)

Örselenmemiş Dinar Zeminleri





Sonuçlar

- Depremler sırasında zeminlerin statik mukavemetinin azalması nedeni ile taşıma gücü kayıpları oluşmaktadır.
- Zeminlerin mukavemetinin azalması deprem sırasında zeminde oluşan boşluk suyu basınçları ve deformasyonlar nedeni ile meydana gelmektedir.



- Mukavemetteki azalma zeminin plastisitesine, kıvamına ve olası depreme bağılı olmaktadır.
- 7.5 büyüklüğündeki deprem sırasında dinamik burulmalı yükleme sonucu $PI=18$ olan zeminde mukavemetteki azalma %40 lara ulaşmaktadır. Bu durumda zeminin deprem sırasındaki taşıma gücü başlangıç (sadece statik yüklere göre) taşıma gücünün %40 na kadar azalmaktadır.

2010 Kovancılar Palu (Elazığ) Depremi Stabilite Kayıpları (Şev Kayması)



2010 Kovancılar Palu (Elazığ) Depremi Şev Kaymaları



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı - Sıvılaşma ve yanar yayılma



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı - Sıvılaşma ve yanar yayılma



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı



Van 2011 Depremi Erciş-Çelebibağı



Van 2011 Depremi Van Erciş Karayolu -Gedikbulak

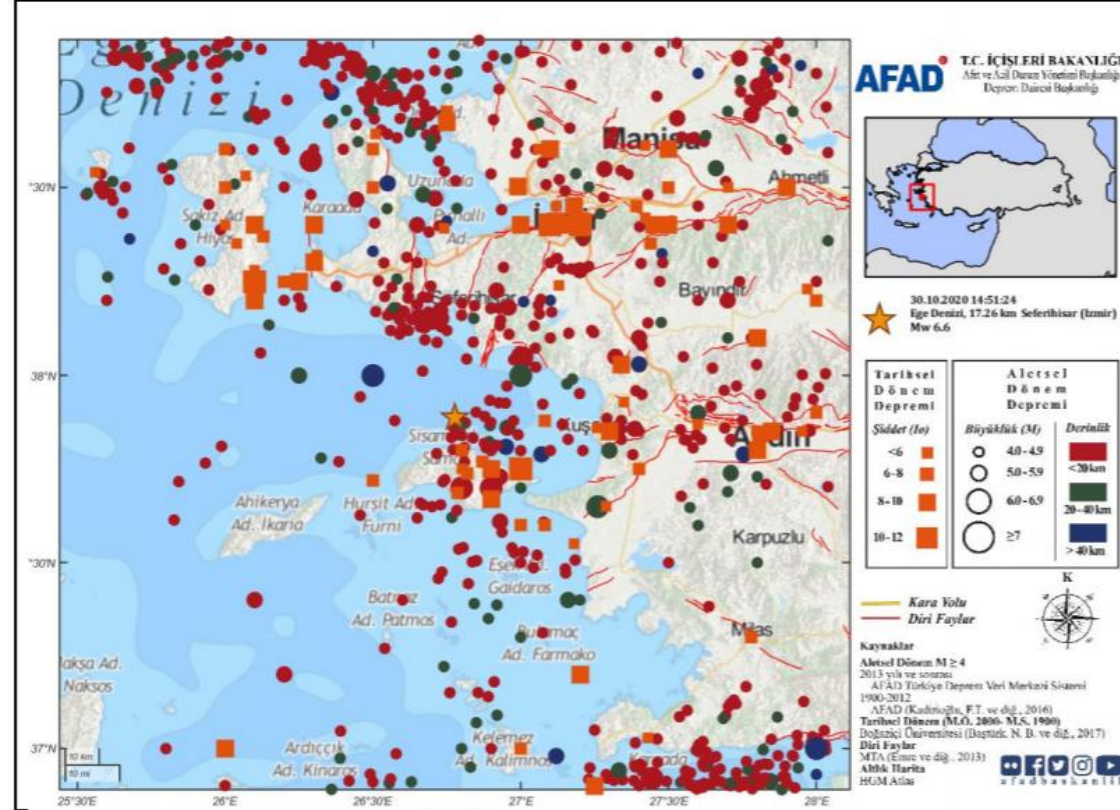




30 Ekim 2020 İzmir Depremi

- 30.10.2020 günü Ege Denizi, Seferihisar (İzmir) açıkları - 17.26 km mesafede 16.54 km derininde Mw 6.6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir.
- Ana şoktan, 02.11.2020 12:54'e kadar geçen zamanda, büyüklükleri 1.0 ile 5.1 arasında değişen **1230 artçı** deprem kaydedilmiştir.
- Depremin belirgin süresi ise ilk hesaplamalara göre **15.68 sn** olarak belirlenmiştir.

30 Ekim 2020 İzmir Depremi

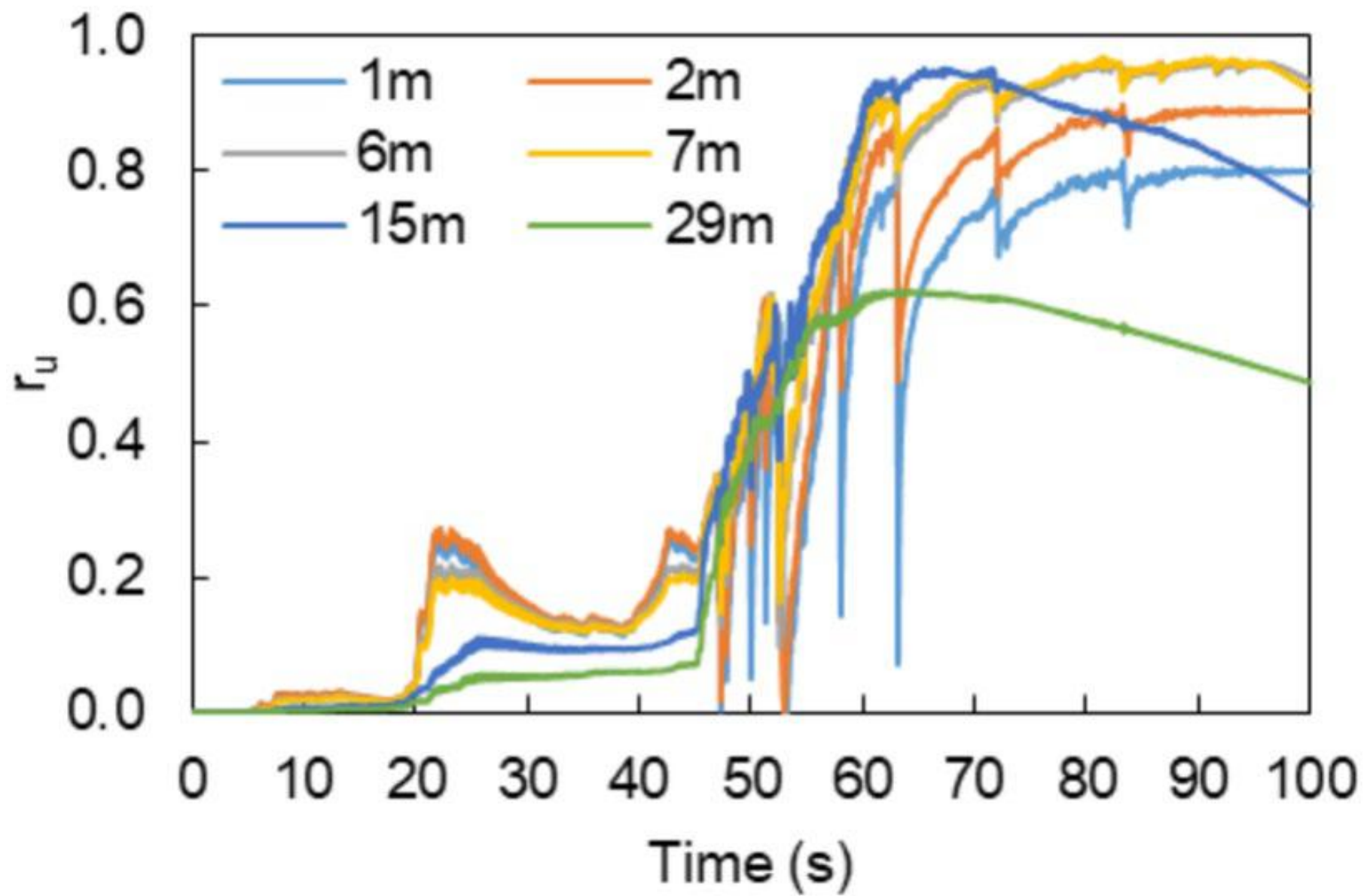


Şekil 2.1 Bölgenin tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi











Yapısal Hasarların Nedenleri

- Zemin sıvılaşması
- Zemin yumuşaması-Taşıma gücü kaybı
- Zemin büyütmesi
- Basen etkisi
- Yapısal yetersizlik (proje yetersizliği, beton kalitesi, yapı işçiliğinin kötü olması, korozyon, zemin ve yapı periyodunun benzer olması (rezonans))



İnce Daneli Zeminlerin Taşıma Gücü Kayıplarının Bulunması ve Diğer Deprem Özellikleri ile İlgili Tezler

- Dinamik Üç Eksenli Basınç Deney Sisteminde Dinamik deneyler-Statik deneyler- Dinamik yükleme sonrası statik deneyler.
- 1995 Dinar depremi – Örselenmemiş Dinar zeminleri (Dr.Recep ÖZAY Doktora Tezi)
- 1999 Kocaeli Depremi – Örselenmemiş Adapazarı zeminleri (Dr.Zülküf KAYA- Doktora Tezi)
- Kirlenmiş kumlu zeminlerin Sıvılaşması) Aytaç Yaşargün
- Çoklu Fay kırılması (Selda Atarod-Doktora Tezi)
- Tamamlanmış 5 Yüksek Lisans Tezi

Kaynaklar



- **Elnashai, A. S., Di Sarno, L. (2008).**
Fundamentals of Earthquake Engineering, Wiley.
- **Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü**
- **Ishihara, K. (1996).** Soil Behaviour in Earthquake Geotechnics, 1st ed., Oxford, Clarendon Press.
- **Kramer, S.L. (1996).** Geotechnical earthquake engineering, Prentice Hall.
- **Wair, B. R., DeJong, J. T., Shantz, T. (2012).**
Guidelines for Estimation of Shear Wave Velocity Profiles.



Teşekkür Ederim