# YENİÇAĞA (BOLU) İLÇESİNDE YERLEŞİME AÇILACAK ALÜVYON ALANLARIN ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

İsmail BULUT

YÜKSEK LİSANS TEZİ YAPI EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

> ŞUBAT 2009 ANKARA

İsmail BULUT tarafından hazırlanan YENİÇAĞA (BOLU) İLÇESİNDE YERLEŞİME AÇILACAK ALÜVYON ALANLARIN ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Mehmet ORHAN ...... Tez Danışmanı, Yapı Eğitimi AD

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Seyhan FIRAT Yapı Eğitimi AD, Sakarya Üniversitesi

Doç.Dr. Mehmet ORHAN Yapı Eğitimi AD, Gazi Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Nihat Sinan IŞIK Yapı Eğitimi AD, Gazi Üniversitesi

Tarih: 12 / 02 / 2009

.....

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof.Dr. Nail ÜNSAL ...... Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

### TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İsmail BULUT

### YENİÇAĞA (BOLU) İLÇESİNDE YERLEŞİME AÇILACAK ALÜVYON ALANLARIN ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ (Yüksek Lisans Tezi)

İsmail BULUT

GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Şubat 2009

#### ÖZET

Yeniçağa havzası Geç Kuvaterner'de su yükü oldukça fazla bir göl ihtiva eden kapalı bir havzadır. Araştırma alanını içine alan söz konusu eski göl alanlarındaki zeminlerin özellikleri, havzanın geçirmiş olduğu bu jeolojik evre ile ilişkilidir. Yeniçağa (Bolu) İlçesinde yerleşime açılacak alüvyon alanlarda zemin parametreleri belirlenerek, zeminden kaynaklanabilecek problemlerin ortaya konulması ve gelecekte planlanan yapılaşmalarda yol gösterici olması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma sahasının 20 noktasında araştırma çukurları açılmıştır. Alınan örselenmemiş numuneler üzerinde konsolidasyon, şişme ve konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç dayanımı deneyleri ile örselenmiş numunelere zemin sınıflamasına yönelik deneyler yapılmıştır. Calışma sahasında sismik kırılma ölçümleri ile sismik hız, zemin büyütmesi, zemin hakim titreşim peryodu elde edilmiştir. Bu veriler zeminlerin üzerindeki deprem etkisi hesaplarında kullanılmıştır. Bununla beraber sahanın 10 ayrı noktasından alınan zemin numunelerine X ışınları difraksiyonu analizi uygulanarak kil minerallerinin türü ve oranları belirlenmiştir. Bu çalışmaların tamamı değerlendirildiğinde, killi zeminlerin hakim olduğu bölgelerde yüzeye yakın killerin şişme problemleri olduğu belirlenmiş ve bu killerin aşırı konsolide olduğu anlaşılmıştır. Bunun nedenleri bu çalışma kapsamında araştırılmıştır.

Bilim Kodu	: 912.1.080
Anahtar Kelimeler	: Yeniçağa zeminleri, konsolidasyon, şişme
Sayfa Adedi	: 174
Tez Yöneticisi	: Doç. Dr. Mehmet ORHAN

v

### DETERMINATION OF SOIL PARAMETERS OF THE ALLUVIUM AREAS THAT WILL BE OPENED FOR SETTLEMENT IN YENIÇAĞA DISTRICT (BOLU)

(M. Sc. Thesis)

İsmail BULUT

### **GAZİ UNIVERSITY**

#### **INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

Fabruary 2009

### ABSTRACT

The Yeniçağa basin is a closed-basin that accommodated a much water loaded lake in Late Quaternary. The soil characteristics of this paleolake area are related to the paleogeographic phase of the basin. It was aimed to determine the soil parameters of the alluvium areas that are going to be opened to settlement in the Yeniçağa district (Bolu), and to exhibit the problems that would be caused from the soil and guide to planned housing in the future. For this purpose, research pits were dug at 20 points in the investigated area. The consolidation, swelling and triaxial compressive strength tests had been made on the soil classification tests were perfored. Seismic velocity, soil amplifications, predominant soil resonance periods were acquired by seismic diffraction measurements in the studied area. These data were used in the calculation process of earthquake affects on soil. The types and proportions of the clay minerals were determined through applying XRD on soil samples which were taken from the 10 different points of the investigated area.

Science code: 912.1.080Key words: Yeniçağ soils, consolidation, swellingPage Number: 174Adviser: Assoc. Prof. Dr. Mehmet ORHAN

### TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak yapılan bu araştırmanın planlanması ve yönetimi Doç. Dr. Mehmet Orhan' a ait olup, çalışmanın seyri esnasında değerli yardımlarından ve katkılarından dolayı kendilerine teşekkür ederim. Çalışmalarımda vermiş oldukları katkı ve yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Nihat Sinan IŞIK ve Uzman Dr. Mustafa ÖZER hocalarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Bana her zaman destek olan eşime ve çocuklarıma teşekkür ederim. Katkı ve yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşım Ahmet DOĞAN' a, her zaman bana destek veren arkadaşlarım Mustafa YİĞİT, Murat SAĞLAM, Mürsel DEMİR, İbrahim İNAN, Arzu KARAÇAM, Göksel DEMİRCİ, Muhittin AYDOĞAN, İdris ÇAĞLAYAN, Melek İNCESARAÇ, Müjgan YILMAZ ve Ayşe KESER' e teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	•
ABSTRACT	
TEŞEKKÜR	
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	
RESİMLERİN LİSTESİ	
HARİTALARIN LİSTESİ	
SİMGELER VE KISALTMALAR	
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Coğrafi konum ve özellikleri	11
3.1.2. Genel jeolojisi	14
3.1.3. Çalışma sahasının genel tektonik özellikleri	16
3.1.4. Çalışmada kullanılan araç ve gereçler	23
3.2. Metod	28
3.2.1. Sınıflandırma deneyleri	28
3.2.2. Kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesine yönelik metodlar	r 29
3.2.3. Deformasyon parametrelerinin belirlenmesine yönelik metodlar	29
3.2.4. Jeofizik sismik parametrelerin belirlenmesine yönelik metodlar	30

## Sayfa

	3.2.5. Taşıma gücü hesap yöntemleri	30
	3.2.6. Kumlu zeminlerde ani oturma hesap yöntemi	30
	3.2.7. Mineralojik yapının belirlenmesine yönelik kullanılan metodlar	36
	3.2.8. Deprem etkisinin belirlenmesine yönelik metodlar	38
	3.2.9. SPT verilerine dayalı sıvılaşma potansiyeli analizi	42
4.	. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER	45
	4.1. Sınıflandırma Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler	45
	4.1.1. İnce daneli zeminlerin indis özellikleri	48
	4.2. Konsolidasyonsuz Drenajsız (UU) Üç Eksenli Basınç Deney Sonuçları v Değerlendirmeler	re 50
	4.3. Deformasyon Parametreleri Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler	52
	4.4. Sismik Kırılma Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmeler	58
	4.5. X-Işınları Difraksiyonu Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler	60
	4.6. Deprem Tehlike Analizi Bulguları ve Değerlendirmeler	67
	4.7. Taşıma Gücü Sonuçları ve Değerlendirmeler	68
	4.8. Kumlarda Ani Oturma Sonuçları ve Değerlendirmeler	69
	4.9. Sıvılaşma Değerlendirmesi	70
5.	. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
K E E	AYNAKLAR KLER k-1 Araştırma çukuru logları	75 81 82
E	k-2 Genelleştirilmiş sondaj kuyusu logları	102
E	k-3 Çalışma sahası lokasyon haritası	104
E	k-4 Konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyleri	105
E	k-5 Konsolidasyon deneyleri	114
E	k-6 Serbest şişme yüzdesi grafikleri	123

Ek-7 X-ışınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi	127
Ek-8 Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede	
1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms	$\geq$
4.5) ve üzeri olan depremler	147
Ek-9 Elek analizleri	158
Ek-10 Sıvılaşma analiz sonuçları	168
OZGEÇMIŞ	171

Sayfa

# ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Araştırma çukurları (AÇ) koordinatları.	24
Çizelge 3.2. Sismik kırılma ölçüm yeri koordinatları.	26
Çizelge 3.3. Taşıma gücü faktörleri.	33
Çizelge 3.4. X- ışınları kırınımı (XRD) analizlerinin uygulandığı numuneler.	37
Çizelge 4.1. Zeminlerin sınıflandırma deney sonuçları.	47
Çizelge 4.2. CH sınıfı zeminlerin indis özellikleri.	48
Çizelge 4.3. CL sınıfı zeminlerin indis özellikleri.	48
Çizelge 4.4. CH sınıfı zeminlerin LI ve PI sınıflaması.	48
Çizelge 4.5. CL sınıfı zeminlerin LI ve PI sınıflaması.	49
Çizelge 4.6. İnce daneli zeminlerin plastisite indisine göre plastiklik derecesi.	49
Çizelge 4.7. Likidite indisine göre zeminlerin kıvamı.	49
Çizelge 4.8. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçları.	52
Çizelge 4.9. Konsolidasyon deneyi sonuçları.	52
Çizelge 4.10. Zeminlerin konsolidasyon dereceleri.	54
Çizelge 4.11. Şişme potansiyeli tanımı.	54
Çizelge 4.12. Serbest şişme deneyi sonuçları.	54
Çizelge 4.13. İller Bankası sondaj kuyularından alınan numunelerin şişme potansiyeli değerlendirmeleri.	58
Çizelge 4.14. Sismik kırılma ölçüm sonuçları.	59
Çizelge 4.15. Zemin büyütmesi (Ak) ve zemin hakim titreşim periyotları ( $T_0$ ).	59
Çizelge 4.16. XRD analizine tabi tutulan SK1/UD1 numunesindeki mineral oranları.	62

# xiii

Çizelge		Sayfa
Çizelge 4.17.	SK1/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	62
Çizelge 4.18.	XRD analizine tabi tutulan SK3/UD1 numunesindeki mineral oranları.	62
Çizelge 4.19.	SK3/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	62
Çizelge 4.20.	XRD analizine tabi tutulan SK8/SPT4 numunesindeki mineral oranları.	62
Çizelge 4.21.	SK8/SPT4 numunesindeki kil türlerinin oranları.	63
Çizelge 4.22.	XRD analizine tabi tutulan SK9/SPT4 numunesindeki mineral oranları.	63
Çizelge 4.23.	SK9/SPT4 numunesindeki kil türlerinin oranları.	63
Çizelge 4.24.	XRD analizine tabi tutulan SK11/UD1 numunesindeki mineral oranları.	63
Çizelge 4.25.	SK11/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	64
Çizelge 4.26.	XRD analizine tabi tutulan SK15/UD1 numunesindeki mineral oranları.	64
Çizelge 4.27.	SK15/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	64
Çizelge 4.28.	XRD analizine tabi tutulan SK16/UD1 numunesindeki mineral oranları.	64
Çizelge 4.29.	SK16/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	65
Çizelge 4.30.	XRD analizine tabi tutulan SK18/UD1 numunesindeki mineral oranları.	65
Çizelge 4.31.	SK18/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	65
Çizelge 4.32.	XRD analizine tabi tutulan SK19/UD1 numunesindeki mineral oranları.	65
Çizelge 4.33.	SK19/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	66
Çizelge 4.34.	XRD analizine tabi tutulan SK20/UD1 numunesindeki mineral oranları.	66

### xiv

Çizelge		Sayfa
Çizelge 4.35.	SK20/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.	66
Çizelge 4.36.	XRD analizine tabi tutulan numunelerdeki ortalama mineral oranları.	67
Çizelge 4.37.	Kil türlerinin ortalama oranları.	67
Çizelge 4.38.	Çalışma sahası ve çevresinde belirlenen sismik kaynaklar.	68
Çizelge 4.39.	İvme azalım ilişkileri kullanılarak noktasal ve çizgisel sismik kaynaklar ile hesaplanan maksimum yatay yer ivmesi değerleri (PGA).	68
Çizelge 4.40.	Taşıma gücü analiz sonuçları.	69
Çizelge 4.41.	Kumlarda ani oturma hesap sonuçları.	70

# ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sa	yfa
Şekil 3.1.	Çalışma sahasının uydu görüntüsü.	13
Şekil 3.2.	Yeniçağa ve çevresinin genelleştirilmiş kolon kesiti.	16
Şekil 3.3.	Etki derinliğinin belirlenmesi.	35
Şekil 3.4.	Toz numunenin üzerine gönderilen X ışınlarının yansıması.	38
Şekil 3.5.	M=7,5 için siltli kumlarda devirsel direnç oranı ile (N <sub>1</sub> ) <sub>60</sub> arasındaki İlişki.	42
Şekil 3.6.	Son çalışmalara göre yeniden düzenlenmiş M= 7,5 için devirsel direnç oranı ve $(N_1)_{60}$ arasındaki ilişki.	43
Şekil 4.1.	Çalışma sahası zemin türleri.	46
Şekil 4.2.	Serbest şişme yüzdesi grafiği.	55
Şekil 4.3.	SK11/UD1 nolu kil numunesinin glikollü X ışınları difraksiyon çekimi	.61
Şekil 4.4.	SK11/UD1 nolu kil numunesinin 550 C <sup>o</sup> de X ışınları difraksiyon çekimi.	61
Şekil 4.5.	Zeminlerde potansiyel sıvılaşma granülometri aralığı.	71
Şekil 4.6.	Çalışma sahasının Zonguldak yolu doğusu için genelleştirilmiş sondaj logundan, SPT değerlerine dayalı sıvılaşma analizi sonucu.	71

# RESIMLERIN LISTESI

Resim	Sayfa
Resim 3.1. 1966 yılında çekilmiş hava fotoğrafı.	20
Resim 3.2. Çalışma sahasından görünüm (Gölün doğusu).	22
Resim 3.3. Çalışma alanı alüvyonlarında killi seviyeler.	23
Resim 3.4. Kazılarda kullanılanhidrolik kazıcı.	24
Resim 3.5. Araştırma çukurlarından alınmış parafinlenmiş örselenmemiş numuneler.	25
Resim 3.6. Sismik kırılma çalışması.	26
Resim 3.7. Konsolidasyon deney cihazı (ödometre).	27
Resim 3.8. Üç eksenli deney cihazı.	27
Resim 3.9. Rotary sondaj makinasından görünüm.	36
Resim 4.1. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyine ait görüntü	ler.50
Resim 4.2. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonunda numunelerdeki deformasyon şekilleri.	51
Resim 4.3. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonunda numunelerdeki deformasyon şekilleri.	51
Resim 4.4. Konsolidasyon deneyinde okuma alınırken.	53
Resim 4.5. Numunenin ödometre cihazına yerleştirilip deneye hazırlanması.	53
Resim 4.6. Yeniçağa (Bolu) yerleşim alanı zemininde meydana gelen şişme so tek katlı konut duvarında diyagonal yönde gelişen çatlak yapısı.	onucu, 56

## HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Yeniçağa (Bolu) yer bulduru haritası.	12
Harita 3.2. Çalışma sahası eğim haritası.	13
Harita 3.3. Yeniçağa ve çevresinin genel jeolojisi.	15
Harita 3.4. Doğu Akdeniz Bölgesinin aktif tektonik haritası.	19
Harita 3.5. Hava fotoğraflarından çizilmiş eski göllerin sınırları ile şimdiki göl alanı.	21
Harita 3.6. Yeniçağa (Bolu) merkezli 100 km yarıçaplı alanda deprem etkinliği Haritası.	40
Harita 3.7. BİB Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) göre Bolu ili dep bölgeleri haritası.	orem 41
Harita 4.1. Birleşik Zemin Sınıfları (USCS) haritası.	46
Harita 4.2. Eş şişme basıncı haritası.	56
Harita 4.3. Eş serbest şişme yüzdesi haritası.	57
Harita 4.4. Şişme probleminin yoğun olduğu alanların eski göl alanlarındaki durumu.	57
Harita 4.5. Çalışma sahası eş zemin büyütme haritası.	60

xvii

### SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Ak	Zemin büyütmesi
<b>a</b> <sub>v</sub>	Sıkışma katsayısı
В	Temel genişliği
<b>b</b> <sub>1</sub>	Fay türü
<b>b</b> <sub>2</sub> , <b>b</b> <sub>3</sub> , <b>b</b> <sub>5</sub> , <b>b</b> <sub>v</sub>	Peryot değerleri
С	Klorit
c	Kohezyon
Cc	Sıkışma indisi
CL	Düşük ile orta plastisitede çakıllı, kumlu, siltli kil
Cs	Şişme indisi
C-V / C-S	Korensit
СН	Yüksek plastisiteli inorganik kil
D <sub>f</sub>	Temel derinliği
F	Fay tipi
$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$	Şekil faktörleri
$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$	Derinlik faktörleri
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$	Yük eğimi faktörleri
GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı
GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı

Simgeler	Açıklama
GM	Siltli çakıllar, fena derecelenmiş çakıl-kum-silt karışımı
Gs	Özgül ağırlık
h	Derinlik sabiti
HW	Fayın sarkma tarafı değişkeni
I	İllit
I-C	İllit-Klorit karışık tabakalı
I-S	İllit- Smektit karışık tabakalı
k	Mineral oranlarının tespitinde mineral çarpım katsayısı
K	Kaolinit
LL	Likit Limit
LI	Likidite (Likitlik) indisi
Μ	Deprem büyüklüğü
m <sub>v</sub>	Hacimsel sıkışma katsayısı
$N_c, N_{\gamma}, N_q$	Temel tabanın altındaki zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü faktörleri
P <sub>c</sub>	Ön konsolidasyon gerilmesi
PI	Plastisite Indisi
PL	Plastik Limit
Po	Zemin üzerindeki efektif gerilme
r	Çalışılan alanın deprem odak noktasına olan mesafesi
R <sub>cl</sub>	Çalışılan alanın yüzey kırığına en yakın mesafesi
R <sub>epi</sub>	Episantr mesafesi (km)

Simgeler	Açıklama
r <sub>jb</sub>	Kırığın düşey iz düşümünün çalışma sahasına en yakın mesafesi
r <sub>rup</sub>	Fay kırığının çalışma alanına en yakın mesafesi
r <sub>seis</sub>	Deprem odak noktasından çalışma alanına olan uzaklık
S	Zemin sınıfı katsayısı
SA	Zemin türüne dayalı sabit
SP	Kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllar
S <sub>VFS</sub> ,S <sub>SR</sub> ,S <sub>FR</sub>	Zemin sınıfı için sabitler
То	Zemin hakim titreşim periyodu.
UD	Örselenmemiş numune
V	Vermikülit
Vs	Kayma dalgası hızı
V <sub>s30</sub>	30 m. bir derinlik için ortalama S dalga hızı
W <sub>n</sub>	Doğal su muhtevası
Y	En büyük yatay yer ivmesi
<b>q</b> <sub>u</sub>	Nihai taşıma gücü
<b>q</b> <sub>all</sub>	Emniyetli taşıma gücü
$\phi$	İçsel sürtünme açısı
γ	Zeminin birim ağırlığı
3	Standart sapma

Kısaltmalar	Açıklama
AÇ	Araştırma Çukuru
СРТ	Konik penetrasyon testi (deneyi)
DAFS	Doğu Anadolu Fay Sistemi
DDO	Devirsel direnç oranı
DGO	Devirsel gerilme oranı
GS	Güvenlik sayısı
іто	İnce tane oranı
KAFS	Kuzey Anadolu Fay Sistemi
OCR	Aşırı konsolidasyon oranı
SPT	Standart penetrasyon testi (deneyi)
SK	İller Bankası sondaj kuyusu
YASS	Yeraltısuyu seviyesi
PGA	Pik yatay yer ivmesi değerleri

### 1. GİRİŞ

Yapıların (bina, yol, otoyol, havaalanı vb.) tasarımı ve uygulamasında çıkan mühendislik problemlerinin büyük bir kısmı zeminden kaynaklanmaktadır. Bundan dolayı yapılan geoteknik ve mühendislik jeolojisi çalışmalarında zemin parametrelerinin ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Bu tezin amacı, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde ve aynı zamanda 1. derece deprem bölgesinde bulunan Yeniçağa İlçesi yeni yerleşime açılacak 117 hektarlık alanda zemin parametrelerin belirlenerek yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesinin yapılmasına katkıda bulunmak, elde edilen sonuç ve değerlendirmelerin bu bölgedeki daha sonra yapılacak çalışmalarda ve temel tasarımlarında kullanılmasıdır.

Zemin, yapılar için bir temel görevi gördüğü gibi önemli bir de yapı malzemesidir. Zeminden hem ekonomik hem de en güvenli bir şekilde faydalanma ve kullanma ihtiyacından dolayı zemin özelliklerinin iyi bilinmesi kaçınılmazdır.

Zemin araştırması genellikle ölçüm ve gözlemleri de içerir biçimde düzenlenir. Yapım öncesinde ve yapım sonrasında tasarımın değiştirilmesi imkanını verir ve tasarımın doğrulanmasını sağlar.

Yapıların tasarımı ve uygulaması için jeoloji, jeofizik, malzeme, mukavemet, mekanik, hidrolik-hidroloji, temel mühendisliği, zemin mekaniği ve kaya mekaniği bilimlerinin tümünü içeren geoteknik biliminden yararlanılmak durumundadır. Geoteknik mühendisi zemini hem bir temel hem de bir malzeme olarak kullanmak durumunda olduğu kadar gerektiğinde problemli zeminleri ıslah etmek, zeminin stabil olmasını sağlamak veya kontrol altına almak, zeminin önceden davranışını kestirmek ve önlem almak, pratik-ekonomik-emniyetli olabilecek alternatif çözümleri araştırmak, proje mühendisine öneride bulunma ya da danışmanlık yapmak, farklı disiplindeki uzmanlar ile ortak çalışmaları yürüterek alternatif çözümler üzerine araştırmalar yapmakla yükümlüdür [Göğüş, 2004]. Dolayısıyla geoteknik mühendisinin bu sorumlulukları yerine getirebilmesi için geoteknik konusunda uzmanlaşmış ve geoteknik uygulamaları da çok iyi bilmekle yükümlüdür.

Mühendislik jeolojisi ve geoteknik çalışmalar Dünyada ve ülkemizde son 30 yıl içinde karayolu, demiryolu, havaalanı, liman, köprü, metro, tünel, konut vb. yapıların inşaatlarında ortaya çıkan mühendislik problemlerinin çözümünde büyük rol oynamıştır. Önceden yaşanan acı kayıplar ve ekonomik zararlara bakıldığında Mühendislik jeolojisi ve geoteknik çalışmaların ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Zemin araştırmalarının kabaca yapım maliyetinin % 0.5 ile %1 arasında olduğu düşünülürse bu tür bir harcamadan kaçınmanın sağlayacağı ekonominin, bundan vazgeçmenin getireceği riskler yanında ne kadar önemsiz olduğu görülmektedir [Yıldırım, 2002].

Bu tez hazırlanırken, çalışma sahasında açılan araştırma çukurlarından alınan numunelere, İller Bankası zemin mekaniği laboratuvarında deneyler uygulanmış, arazide yapılan jeofizik sismik kırılma ölçümlerinden sismik hızlar hesaplanmış, zemin büyütmesi, zemin hakim titreşim peryotları elde edilmiş. Bu veriler zeminlerin üzerindeki deprem etkisi hesaplarında kullanılmıştır. Çalışma sahasında İller Bankasının imar planına esas Jeolojik-Jeoteknik araştırmalar kapsamında yapmış olduğu zemin sondajlarının (SK) genelleştirilmiş loglarından ve bu sondajlardan alınan numunelere yaptırılan XRD çekimlerinden faydalanılmıştır.

Çalışma sahasındaki killerin aşırı konsolide olmalarının, Geç Kuvaterner'de büyük bir göl alanı içeren Yeniçağa havzasının kuruması ile ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Killi zeminlerin yoğun olduğu bölgelerde deneysel çalışmaların sonucunda yüzeye yakın seviyelerde şişme problemleri ile karşılaşılacağı anlaşılmıştır. Bu gibi problemli zeminlerde yapılaşmadan önce parsel bazında zemin etütleri yapılıp, bu etüt raporlarında, zeminden kaynaklanabilecek problemler ve iyileştirme yöntemlerinin anlatılması gerektiği, bununla beraber zemin iyileştirmelerinin de yapının özelliklerine ve zemindeki problemlerin durumuna göre ayrı bir proje şeklinde yapılması belirtilmiştir.

#### 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnşaat Mühendisleri uygulamalarında, zemini çok çeşitli ve önemli yapılar için temel olarak kullanırlar. Yapılarını bu temel üzerine bir takım varsayımlara dayanarak proje eder ve uygularlar. Tasarım esnasında yapılan bu kabullerin geçerliliği zemin etütleri yapılıp doğrulanmadığı taktirde kabulden öteye geçmemekte ve yanlışlığı durumunda ise ülkemizde ve dünyada örneğine pek çok kez rastladığımız, zemin kaynaklı can ve mal kayıplarına neden olan büyük çaplı hasarlara neden olunmaktadır [Göğüş, 2004].

Yapıların ömürleri boyunca bu tür zemin kaynaklı hasarlara maruz kalmaması, emniyetli ve ekonomik yapı tasarımı yapabilmek için, mühendislerin, yeterli mühendislik formasyonuna, mühendis öngörüsüne, çok iyi yapı davranışı bilgisine ve yapı-zemin ilişkisini analiz edebilecek tecrübeye sahip olmaları gerekmektedir.

Ancak bunlardan sonra, proje safhasında sondaj yaparak, yer altı suyunun durumunu, sondajda geçilen formasyonların nitelikleri ve litolojik sınırların belirlenmesi ile arazi ve laboratuvar deneyleri sonucu elde edilen ham verilerin analizini yapmak mümkündür. Burada, nitelikli, öngörülü, yetişmiş ve elde ettiği verileri yorumlayabilecek kapasiteye sahip mühendis ön plana çıkmaktadır. İşte böyle mühendisler, zeminden kaynaklanabilecek yapı hasarlarına karşı önceden tedbir alabilir, bu gibi sorunlara çözüm bulabilir.

Ülkemizde çeşitli isimler altında arazi ve zemin etütleri yapılmaktadır. Bununla beraber bu iki çalışma bir birine karıştırılmaktadır. Arazi Etüdü; İnşaat mühendisliği tasarım ve ürünlerinin performansını etkileyen geoteknik ve çevresel diğer bilgileri içerir (yerleşime uygunluk, arazi kullanımı vb. için yapılır). Bu çalışma içerisinde bulunacak sayısal geoteknik veriler ancak öngörünüm amaçlı olabilir, projeye esas olamaz. Buna karşın, zemin etüdü lokal bir çalışma olup zeminin fiziksel incelemesidir. Yani; yüzeyden itibaren, belirlenen derinliğe kadar, zemin tabakalarının projelendirmeye esas geoteknik verileri, sondaj, muayene çukurları, numune alımı, arazi ve laboratuvar deneylerini içeren oldukça geniş kapsamlı bir

çalışma olup çok daha fazla sayısal değerlere sahip veriler toplanır. Bu değerler sadece mühendislik hizmetlerinde kullanılmaktadır. Toplanan veriler;

- Uygun temel tipi ve derinliği seçiminde,
- temel taşıma gücünün hesabında,
- yapı tasmanının belirlenmesinde,
- muhtemel temel problemlerinin belirlenmesinde,
- yer altı suyunun varlığının ve seviyesinin belirlenmesinde,
- istinat yapılarına gelen yanal yüklerin tespitinde,

- farklı özelliklere sahip zeminler üzerinde inşaa edilecek yapıların tasarımında ve inşaasında uygulanacak en uygun ve ekonomik metodu belirlemede kullanılırlar.

Bir deprem kuşağı üzerinde olan ülkemizde depremin doğrudan ve dolaylı zararlarının arzulanan ölçekte azaltılamadığı, tüm büyük ve orta büyüklükteki depremlerden sonra görülmektedir. Deprem zararlarının azaltılması çalışmalarının başarılı olabilmesi, ilgili bilim ve endüstri dallarının bir arada üretim yapabilmeleri ve uygulamaların sürdürülebilmesi ile ilgilidir.

Türkiye'de yerleşim yerleri, yer seçimi, fiziki biçimlenme ve yapılaşma açılarından, çarpıcı ölçülerde ve denetimsiz büyümeler göstermiştir. Oluşan bu büyük risklerin azaltılması gerekir. Afet zararlarını azaltmak için, mevcut yapılar depreme dayanıklı ve güvenli hale getirilmeli, yeni yapıların deprem yönetmeliğine uygun yapılması sağlanmalı, imar planları rasyonel ve katılımcı tarzda geliştirilmeli, oluşturulacak Kent Bilgi Sistemlerinden en yüksek düzeyde faydalanılmalıdır.

#### Araştırma sahasındaki önceki çalışmalar;

Burak ve ark. (2001), "Yeniçağa (Bolu) revize imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt raporunu hazırlamışlar. Çalışma alanında 40 noktada yapılan zemin araştırma sondajı ve alınan numunelerden genel olarak elde edilen veriler; SPTN<sub>30</sub> (darbe sayısı), 2 - 35, su içeriği (%), 5 - 33, kohezyon (kPa), 43 - 65, İçsel sürtünme açısı, 5 - 35, doğal birim hacim ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>), 1,4 - 2, likit limit (%), 26 - 58, plastik limit (%), 18 - 39 arasındadır". Zemin grubu C, yerel zemin sınıfı Z3, spektrum karakteristik periyotları (sn), Ta, 0,15 ve Tb, 0,60' dır. Jeolojik-Jeoteknik raporlarında, çalışma alanı ve çevresinde 1912 - 1999 yılları arasında 9 deprem kaydedildiği, bu depremlerin en büyüğünün 01.02.1944 tarihinde meydana gelmiş olan 7,2 aletsel büyüklüğündeki Gerede depremi olduğu ve bu depremde Yeniçağa İlçesi' nin 1. derece hasar görmüş sahalar içinde kaldığını belirtmişlerdir" [Burak ve ark., 2001].

Bolu ili D100 karayolu ile Büyüksu Deresi arasındaki çalışmada, normal konsolide zeminlerde 6, 10metre ile 18, 28metre arasında değişen derinliklerde 88 adet temel sondajı yapılmış ve bu alandaki birimlerin özellikleri incelenmiştir. Alüvyon, birleşik zemin sınıflama sistemi (USCS) ne göre çakıllı, kumlu, düşük plastisiteli inorganik kil (CL) ve yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) ile düşük plastisiteli inorganik silt (ML), çakıllı, kumlu ve yüksek plastisiteli inorganik silt (MH) ve killi kumdan (SC) oluşmaktadır. Ayrıca az miktarda killi çakıl (GC), siltli kum (SM) ve siltli çakıl (GM), kötü derecelenmiş kum (SP) ve kötü derecelenmiş çakıl (GP) bulunmaktadır [Ulamış, 2002].

Arca (2004), "Yeniçağa Havzası'ndaki fayların varlığının ve aktivitelerinin, topoğrafik eğimlerindeki ani kesilmeler, iyi korunmuş fay yüzeyleri, derelerin kesilmesi, yamaçlarda geniş yayılımlı alüvyal yelpaze oluşumları ve bu bölgede gözlenen basınç sırtları ile havzanın genel eğimine paralel oluşmuş çöküntü göllerinin doğrultu atımlara bağlı olarak gelişen oluşumlar olduğunu ifade etmektedir" [Arca, 2004].

Tokmakkaya ve Dayan (2005), "08.07.2005 tarihli İller Bankasının Yeniçağa (Bolu) jeolojik etüt raporunda, Üst Kretase yaşlı fliş (kireçtaşı, kiltaşı ve killi kireçtaşı) seviyelerinin bulunduğu kesimleri yerleşime uygun alanlar (UA), sedimanter seri (çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ardalanmalı) olan kesimleri önlemli alanlar (ÖA) ve alüvyon olan kesimleri yerleşim açısından jeoteknik etüt gerektiren alanlar (JEGA) olarak belirlemişlerdir" [Tokmakkaya ve Dayan, 2005].

Uran (2005), "Tez çalışmasında X-ışınları analizi sonuçlarına göre, Yeniçağa yerleşim alanının farklı noktalarından alınan örneklerde ağırlıklı olarak kil mineralleri başta olmak üzere, kuvars, feldispat, kalsit, kristobalit-tridimit ve zeolit grubu minerallere rastlanıldığını belirtmektedir". Çalışma alanında en çok bulunan kil minerali türünü smektit grubu killer ile karışık tabakalı (smektit-illit ve smektit-klorit) killer oluştururken, illit, klorit ve kaolinit türü kil minerallerinin ise diğer kil minerallerine nazaran daha az oranda bulunduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu kil mineralleri dikkate alındığında kaynak kayanın volkanik kökenli olduğu, Yeniçağa yerleşim alanında yer alan killi zeminlerin de volkanik kayaçların bozunması sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Çalışma alanından alınan örneklerin % 20' si CL grubu zeminden oluşurken, % 80' i CH grubu zeminden oluşmaktadır. Atterberg limitleri, LL (%) 40 - 96, PL (%) 21 - 29 ve PI (%) 15 - 67 arasındadır. Aktivite değerleri ise 0,65 - 1,05 arasındadır. Yeniçağa killerine ait konsolidasyon deneyleri neticesinde şişme yüzdesi (% FS) 0,7 - 11,9 ve sıkışma indeksi (C<sub>c</sub>) 0,11 - 0,27 arasındadır.

Kavak ve ark. (2005) çalışmasında, Yeniçağa civarında K 70° D doğrultusunda uzanan Kuzey Anadolu Fay Zonunun (KAFZ) davranış biçiminin anlaşılabilmesi için yapılan kinematik analiz çalışmalarının sonucunda; birbiriyle uyumlu olan iki tektonik durumun varlığını ortaya koymuştur. Bunlardan göreceli olarak daha yaşlı olanı; günümüzde de bölgede etkin olan KB - GD doğrultulu normal bileşenli doğrultu atımlı gerilme rejimidir. İkincisi ise, doğrultu atımlı rejimle uyumlu KD-GB doğrultulu açılma (lokal normal faylanma) rejimidir [Kavak ve ark., 2005].

### Konuya ilişkin önceki çalışmalar;

Gromko (1974), "Şişmenin zemin çökelinin genellikle üst kesimlerinde meydana geldiğini belirtmektedir". Bu nedenle şişme daha çok hafif yapılara, yol kaplamalarına ve kanal astarlarına zarar vermektedir. Şişme basıncı 40 - 50 m. kalınlığındaki dolgunun sağladığı basınca eşdeğer olan 1000 kPa' ya varan büyüklüklere çıkabilmektedir. 100 - 200 kPa gibi orta derecedeki şişme basınçları 5 - 6 m. kalınlığındaki dolguları etkileyebileceğinden, temel zeminde şişmeye karşı önlemler alınmalıdır. Ortalama bir binanın temele ileteceği basınç her bir kat başına yaklaşık olarak 10 - 15 kPa' dır. Yazar bir zeminde zarar verici anlamda bir şişmenin meydana gelmesi için üç şartın olması gerektiğini belirtmiştir; Zeminde montmorillonitin (Smektit grubu) varlığı, zeminin doğal su içeriğinin PL civarında olması ve bir su kaynağının bulunması [Gromko, 1974].

Suya doygun, gevşek kum / kumlu zeminler, tekrarlı yükler etkisinde, sıkışma ve hacim daralması eğilimi gösterirler. Bu eğilim, drenajın olmadığı koşullarda, boşluk suyu basıncını artırır. Tekrarlı yükler kum tabakası içindeki boşluk suyu basıncının artmasını desteklediği zaman, toplam gerilme, boşluk suyu basıncına eşit değere ulaşabilir [Das, 1983].

Efektif gerilme prensibine göre;

$$\sigma' = \sigma - u \tag{2.1}$$

$$\sigma = u \Longrightarrow \sigma' = 0 \quad \text{olur.} \tag{2.2}$$

Bu durumda, kohezyonsuz zemin kayma direncini kaybeder ve bir sıvı gibi davranarak büyük yer değiştirmelerine maruz kalır. Böylece sıvılaşma evresine geçilmiş olur [Das, 1983].

Seed ve Idriss (1982) tarafından açıklanan [Seed ve Idriss, 1981] ve sonradan Youd ve Gilstrap (1999) tarafından pekiştirilen kriterler kullanılarak, ince taneli zeminlerin (siltlerin) sıvılaşması için, aşağıdaki üç kriterin tamamının karşılanması gerekmektedir:

a- 5  $\mu$ m'den daha ince partiküllerin zemindeki kuru ağırlıkça yüzdesi 15'den daha az olmalıdır (yani, 5  $\mu$ m'den geçen yüzde < 15).

b- Likit Limit değeri 35' den küçük olmalıdır (yani, LL < 35).

c- Zeminin su muhtevası (w) likit limitin 0,9'undan daha büyük olmalıdır. [yani, w > 0,9 (LL)] [Youd ve Gilstrap, 1999].

Depreme dayanıklı yapı ve tesislerin uygun şekilde tasarlanması için bu yapıların maruz kalacakları yer sarsıntısı düzeyinin hesaplanması gerekir. Bir bölgedeki deprem tehlikesini ve buna bağlı olarak da deprem riskini gösteren en önemli unsurlardan biri yer hareketi ivmesi olarak tanımlanan deprem etkisidir. Magnitüd bir depremin büyüklüğünü tanımlamak için geçerli bir ölçü olmakla birlikte bir bölgede deprem tehlikesinin belirlenmesinde ve o bölgede depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde tek başına yeterli değildir. Bu nedenle M büyüklüğünde bir depremin r odak uzaklığında yeryüzünün herhangi bir noktasında yaratacağı en büyük ivme değerini veren zemin hareketi azalım ilişkilerine gerek vardır. Bu tür çalışmalar deprem kaynağının incelenecek alana olan uzaklığına bağlı olduğu için ivme – uzaklık azalım ilişkisi olarak adlandırılırlar. Bir çok araştırmacı, yer yüzünün çeşitli bölgeleri için geçerli olacak ivme azalım ilişkileri geliştirmişlerdir [Joyner ve Boore, 1981; Campbell, 1989; Fukushima ve Tanaka, 1990; Sadigh ve ark., 1997]. Bunun yanı sıra ülkemizde oluşan depremlere ait ivme kayıtlarının bir bölümü kullanılarak Türkiye için önerilmiş ivme azalım denklemleri de bulunmaktadır [İnan ve ark.,1996; Gülkan ve Kalkan, 2002; Ulutaş ve ark., 2003; Kalkan ve Gülkan, 2004; Ulusay ve ark., 2004].

Önalp (1991), "Smektit grubu killerin en önemli özelliklerinden biri, tabakalar arasına su ve organik sıvılar girmesi sonucu tabaka kalınlığının değişkenlik göstermesi ve bu olayın sonucunda hacimda büyük artışların olmasıdır. Bunun önlenmesi halinde yüksek şişme basınçlarının oluştuğuna işaret etmektedir" [Önalp, 1991].

Erzurum şehir merkezinde, zemin-yapı etkileşiminin deprem hasarları üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, şehir merkezinin belirli bir bölümünde, altı ayrı yapıdan on beş adet örselenmiş zemin numunesi alınarak özellikleri deneysel olarak belirlenmiş ve zemin-yapı etkileşiminin hasara etkisi tespit edilmeye çalışılmıştır [Zaimoğlu, 1993].

Zeminlerdeki killerin şişme özelliklerine bağlı olarak mühendislik yapılarında bir çok deformasyon sorunlarıyla karşılaşılması muhtemeldir. Yüksek şişme potansiyeline sahip zeminler üzerine inşa edilen mühendislik yapıları üzerinde özellikle de hafif yapılarda, zemin kabarmaları sonucunda birçok deformasyonlar meydana gelebilmekte, hatta bir kısmı kullanılmaz hale gelebilmektedir. Zeminlerin şişme özelliklerinin ve mekanizmalarının çok iyi belirlenmesi, zemin davranışlarının açıklanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Şişme potansiyeli terimi birçok araştırmacı tarafından genellikle zeminlerin hem şişme yüzdesi, hem de şişme basıncı olarak tanımlanır. Serbest şişme deneyleri doygun ortamda kilin hacımsal değişiminin ölçülmesi olarak kabul edilebilir. Şişme basıncı ile ilgili kabul edilen tanımlama, su ilave edildiğinde zemin hacminin sabit kalması için karşı koyan kuvvet olarak kabul edilir [Yılmaz ve Karacan, 1998].

Bir fayın deprem tehlikesi ve riskini doğru olarak belirleyebilmek ve deprem zararlarını en aza indirgeyebilmek için, o fay üzerinde olan deprem parametrelerinin (büyüklük, koordinatlar, derinlik gibi...) en az hata ile saptanması gerekir. Aksi taktirde tarihsel depremlerde karşılaşılan güçlükler, aletsel dönem depremlerinde de görülür [Demirtaş ve ark., 2000].

Tunç (2002), Kohezyonlu zeminlerde kil miktarı %50 veya daha fazla ise kum ve siltin zemin kitlesinin davranışı üzerine hiçbir etkisi olmayacağını belirtmiştir. Kil mineralleri son derece ince plakalar halinde kristal yapılar olup, kayaların fiziksel ve kimyasal yolla parçalanması, aşınması ve bozuşması sonucunda oluşmuştur. Son derece küçük çaplı (çapları genellikle 1µm' dan daha az) olan kil mineralleri X-Ray

difraksiyon ve bazen de elektron mikroskoplarla tayin edilebilmektedirler. Kil mineralleri kimyasal olarak alümina-silikat hidrateler ve diğer metalik iyonlar (demir, magnezyum, potasyum vb.) ile oluşmuş olduğu belirtilmiştir [Tunç, 2002].

#### **3. MATERYAL ve METOD**

### 3.1. Materyal

#### 3.1.1. Coğrafi konum ve özellikleri

Yeniçağa (Bolu) Ankara – İstanbul D-100 Karayolu üzerinde, Ankara' ya 159 km ve İstanbul'a 298 km mesafededir. Batısında Bolu il merkezi, kuzeyinde Mengen İlçesi, güneyinde Dörtdivan ilçesi ve dogu-kuzeydoğusunda Gerede ilçesi bulunmaktadır (Harita 3.1). İlçenin 500 m güneyinden TEM otoyolu geçmektedir. Şekil 3.1' de tez sahasının uydu görüntüsü verilmiştir.

İlçenin doğal yapısının oluşumunda kuzey ve güneydeki iki sıradağ arasında uzanan Yeniçağa Ovası önemli rol oynar. Bölgede topoğrafya genelde güneye doğru yükselen bir yapı gösterir. İlçe merkezinin güneyinde en yüksek kotu (1151 m) görebilmek mümkündür. Yeniçağa Ovasının ortasındaki 2780 dekarlık alan kaplayan Yeniçağa Gölünün kotu ise 990,4 m dir (Şekil 3.1). Bu göl tektonik kökenlidir, dipten kaynaklarla beslenmekte olup en derin yeri 12 m'dir. İlçede yerleşim yerleri düz alanlarda ve kısmen de ilçenin güney kesiminde ki % 5 - 30 eğimli alanlarda oluşmuştur. Tez sahası % 0 - 5 arası çok az eğimli alanlardan oluşmaktadır (Harita 3.2).

Yeniçağa ilçesinde Batı Karadeniz iklimi hakim olup bol yağışlıdır. Ancak İç Anadolu ve Marmara iklimi etkileri altında da kalmaktadır. 62 yıllık rasat kayıtlarından anlaşıldığına göre bölgede ortalama sıcaklık 10,2 °C'dir. Ortalama sıcaklık, Ocak ayından Ağustos ayına kadar düzenli artmakta, Eylül ayından itibaren de düzenli olarak azalmaktadır. En soğuk aylar Aralık, Ocak, Şubat ayları olup, en sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır [Bolu Meteoroloji Müdürlüğü, 2007].



Harita 3.1. Yeniçağa (Bolu) yer bulduru haritası.



Şekil 3.1. Çalışma sahasının uydu görüntüsü.



Harita 3.2. Çalışma sahası eğim haritası.

### 3.1.2. Genel jeoloji

Yeniçağa ve çevresi Batı Pontidler ile Orta Sakarya' nın Kuzey Anadolu Fayı (KAF) boyunca bir araya geldiği bölgede yer alır. Çalışma sahasının da bulunduğu bu bölge Batı Pontid zonu, Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonu ve Sakarya zonu olarak üç bölgeye ayrılır. Çalışma sahası ve çevresindeki formasyonlardan Yedigöller formasyonu Batı pontid zonunda, Abant formasyonu ve Kışlaköy formasyonu Armutlu-Almacık-Arkotdağı zonunda, Deveören volkaniti, Örencik formasyonu, eski alüvyon ve güncel alüvyon ise Sakarya zonunda değerlendirilmiştir (Harita 3.3 ; Şekil 3.2).

### Prekambriyen;

*Yedigöller Formasyonu (Pey):* Amfibolit, gnays, migmatit, metagranit, metavolkanit, mermer, şist vb. kaya türlerinden oluşan birim, Serdar ve Demir (1983) tarafından adlandırılmıştır.

#### Alt Kretase;

*Soğukçam Formasyonu (Jks):* Beyaz krem, pembemsi renkli, porselenimsi görünümlü, çörtlü, kil ara katmanlı, yarı pelajik kireçtaşlarından oluşan istif, Altınlı (1973 a,b) tarafından Soğukçam kireçtaşı olarak tanımlamıştır. İçerisinde kireçtaşları ile birlikte farklı litolojilerin de yer alması nedeniyle Soğukçam Formasyonu adı benimsenmiştir [Sevin ve Aksay, 2002].

### Üst Kretase;

*Abant Formasyonu (Ktab):* Çeşitli cins, köken ve yaşta bloklar içeren türbiditik çökeller, moloz akma çökelleri, pelajik çamurtaşı, mikrit ve marnlardan oluşur. Bu çökellerde akma ve kayma yapılarının yanı sıra granit, gabro, amfibolit, serpantinit, volkanik ve metamorfik kaya blokları da gözlenir [Sevin ve Aksay 2002].

### Orta-Üst Paleosen;

*Kışlaköy Formasyonu (Tek):* Karabük Safranbolu Tersiyer havzasının tabanını oluşturan konglomera, marn, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı ve kiltaşı istifi ile temsil edilir. Formasyonun tabanını kırmızı, sarı, yeşil renkli konglomera oluşturur [Sevin ve Aksay, 2002].



Harita 3.3. Yeniçağa ve çevresinin genel jeolojisi (Sevin ve Aksay 2002' den düzenlenmiştir).

#### Orta Miyosen;

*Deveören volkaniti (Tmd):* Birim dasit, andezit türü lavlar ile tüf ve aglomeradan oluşur. Gri, siyah, yeşil, kahverengi genelde levhamsı akmalı, yer yer masif görünümlü kriptokristalen dokulu olan lavlar, hamurlarında bol cam içermekte ve kimyasal analizlerine göre de dasidik bir volkanizma karakterindedir [Sevin ve Aksay, 2002].
#### Pliyosen;

*Örencik Formasyonu (Tpiö):* Formasyon kırmızı, sarımsı kırmızı, kahve renkli konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ardalanması ile temsil edilir. Birim genelde çok az tutturulmuş olup, orta – kalın tabakalanma gösterir. Yer yer tabakalanması belirsizdir.



Şekil 3.2. Yeniçağa ve çevresinin genelleştirilmiş kolon kesiti (Sevin ve Aksay 2002' den düzenlenmiştir).

Konglomeralar, aşınmalı tabanlı, kötü boylanmalı olup çakıllar yuvarlak – az yuvarlaktır [Sevin ve Aksay, 2002].

*Yörük Üyesi:* Bölgede Örencik Formasyonu ile ilksel ilişkili gölsel kireçtaşları Yörük üyesi olarak ayırtlanmıştır. Yörük üyesi tabanda konglomeralarla başlar, üste doğru kireçtaşlarına geçer. Sarımsı, boz, kırmızımsı renklerde ve orta – kalın tabakalıdır. [Sevin ve Aksay 2002].

#### Holosen;

*Eski alüvyon (Qaly):* Çakıl, kum, çamur birikintilerinden oluşmaktadır. Yatak değiştiren akarsuların yakınlarında ve / veya az uzağında tatlı eğimli tepecikler halinde görülürler.

*Alüvyon (Qal):* Akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum ve çamur çökelleridir.

#### 3.1.3. Çalışma sahasının genel tektonik özellikleri

Söz konusu edilen bir bölgede veya bir kıtada, son esas tektonik yapılanmadan beri geçen zaman "Neotektonik Dönem" olarak tanımlanmaktadır. Türkiye için Anadolu levhası ile Arabistan levhasının Orta Miyosen'deki çarpışması bu dönemin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu zaman aralığına bakıldığında tüm Anadolu'nun tektoniği, jeomorfolojisi, çökel toplulukları, havza tipleri ve magmatizmasındaki değişimler ülkemizin neotektonik gelişmesini paleotektonik gelişmesinden ayırmak için uygun bir dönüm noktasını oluşturmaktadır [Şengör ve ark., 2004].

Orta Miyosen sırasında Arabistan ile Avrasya, Anadolu'nun güneydoğusunda Bitlis süturu boyunca çarpışmışlardır. Bu çarpışma kenet kuşağı boyunca dağların kabarıp yükselmesini meydana getirmiştir. Söz konusu yükselimler arasında kalan küçük karasal karbonat havzalarında zaman zaman denizel girdiler rastlanmaktadır.

Denizel-karasal geçişin son evresi Doğu Anadolu için Serravaliyen'de meydana gelmiştir ve bir daha deniz günümüze kadar bu bölgeye ulaşamamıştır. Aynı zaman aralığı sırasında Batı ve Orta Anadolu'da denizel depolanma yoktur ve bu bölgelerin hala yüksek bir bölge durumunda olduğu söylenebilir.

Geç Miyosen-Erken Pliyosen sırasında Türkiye'nin güncel tektonik rejimi iyice belirgin bir hale gelmiştir. Bu dönemden itibaren ilerleyen deniz suları bir daha asla Anadolu'yu istila etmemiştir. Türkiye'nin topografik görüntüsü zamanla Orta Anadolu'da bir eksen etrafında tersine olarak değişmiştir. Paleotektonik dönemde alçak alanları oluşturan Doğu Anadolu, Arap Afrika-Avrasya yaklaşması sonucu okyanusal dalmaya imkan bulunmadığından kıtasal yamulmayla birlikte incelerek yükselmeye başlamıştır. Bir yandan Anadolu levhası Kuzey ve Doğu Anadolu transform fayları boyunca batıya sürüklenmekte, Karlıova ekleminin doğusunda da kıvrım ve bindirme tektoniği vasıtasıyla kolaylıkla incelerek yükselmektedir [Şengör ve ark., 2004].

Üst Miyosen sırasında Anadolu bloğunun batıya doğru hareketini sağlayan KAFS ve DAFS geniş bir makaslanma zonu olarak meydana çıkmıştır [Ketin, 1948; McKenzie, 1972]. Türkiyenin en önemli sismojenik zonlarından biri olan sağ yönlü doğrultu atımlı KAFS doğrultu atımlı bir transform faydır. Doğuda Karlıova ile batıda Kuzey Ege Denizi arasında yaklaşık 1500 km uzunluğundadır (Harita 3.4). Arap-Afrika levhası ile Avrasya levhaları arasında gerçekleşen kıta-kıta çarpışması sonucu ortaya çıkan KAFS ve DAFS Karlıova üçlü ekleminde birleşirler [Ketin, 1966; Allen, 1969; McKenzie, 1972; Tckalenko, 1970; Jackson ve McKenzie, 1984]. Bu iki fayın yaşı için bazı araştırmalarda Geç Pliyosen-Erken Kuvaterner zaman aralığı ileri sürülmektedir. KAFS boyunca rastlanan doğrultu atımlı havzaların çoğu da Geç Miyosen-Erken Pliyosen olarak yaşlandırılmaktadır. KAFS'nin toplam atımı üzerine olan öneriler 25-30 km den 85 km'ye kadar değişmektedir. Güncel GPS verileri KAFS boyunca ortalama kayma hızının 25 mm/yıl olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanı Neotektonik Dönem içinde oluşmuş olan KAFS transform fayının 1944 depremi yüzey kırığı çalışma sahasının güneyindedir. Bundan dolayı çalışma alanı zeminlerinin davranışlarında deprem etkisinin yüksek olması beklenmelidir.



Harita 3.4. Doğu Akdeniz Bölgesinin aktif tektonik haritası [Okay ve ark. 2000' den değiştirilerek alınmıştır].

Kuzey Anadolu Fayı Zonu (KAFZ)'na ve bölgesel kinematik problemlere yönelik yapılan son zamanlardaki çalışmalarda, KAFZ' nun bir makaslama zonu olarak Üst Miyosen-Pliyosen döneminde ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Bununla birlikte fay zonunun Transform niteliğini kazanması ise Geç Pliyosen döneminde meydana geldiği ifade edilmiştir.

KAFZ'nun üzerinde gelişen ve KAFZ ile eş zamanlı şekillenen çek-ayır havza niteliğindeki Yeniçağa havzası da Geç Pliyosen veya sonrasında oluşmaya başlamış olmalıdır. Bu sebeple KAFZ' nun ilk evrelerinde bir birine paralel faylar arasında oluşmaya başlayan ve daha sonra normal faylarla gelişen havza Kuvaterner sonlarına kadar kapalı bir havza niteliğindedir.

KAFZ' nun transform fay niteliği kazanması ile havza kenar fayları giderek doğrultu atıma dönüşmüş günümüzde ise havzayı ortadan kesen tek bir doğrultu atımlı

niteliğindeki faylarla çek-ayır niteliğini yitirmiştir [Kondo ve ark. 2005]. Bu süreç içerisinde havza kuzey kenarında bulunan Mengen Çayı'nın havzayı muhtemelen Geç Kuvaterner sonlarında boşalttığı düşünülmektedir. Yeniçağa havzası Geç Kuvaterner'de kapalı bir havza olup büyük bir göl ihtiva etmekte idi (Avsar ve ark. 2008). 1966 yılı hava fotoğrafları (Bkz. Resim 3.1) ile yaptığımız çalışmalar neticesinde güncel göl alanı (G3) ile eski göl alanlarının (G1, G2) sınırları çizilmiştir (Harita 3.5).



Resim 3.1. 1966 yılında çekilmiş hava fotoğrafi.

G1 ile gösterilen alanlar en büyük olan ilk eski gölün sınırlarını, G2 ile gösterilen alanlar ikinci eski gölün sınırlarını ve G3 ile gösterilen alan ise şimdiki gölün sınırlarını göstermektedir. G1' in kıyı kodu (1012m) ile G3' ün kıyı kodu (990) arasındaki fark ise 22 metredir.



Harita 3.5. Hava fotoğraflarından çizilmiş eski göllerin sınırları ile şimdiki göl alanı.

Çalışma sahası eski göl alanlarının içinde olup güncel göle oldukça yakın bir sahadır (Resim 3.2). Göle yakın kesimlerde killi ve siltli seviyeler yoğundur, ancak gölden daha uzak olan Zonguldak yolu doğusunda bloklu kum-çakıl seviyeleri yaygındır.

Çalışma alanının tamamı gölsel çökel ve göle zaman zaman giriş yapan akarsuların birlikte oluşturduğu alüvyondan oluşmaktadır. Araştırma çukuru logları (Ek-1) ve İller Bankasının sondaj kuyularının genelleştirilmiş kuyu logları (Ek-2) değerlendirildiğinde, çalışma sahasının Zonguldak yolu doğusunda, yer altı suyu seviyesinin genellikle 7,5 m'de olduğunu ve bloklu kum-çakıl seviyelerden oluştuğunu söyleyebiliriz. Zonguldak yolunun batısında ise, yer altı suyu statik seviyesinin genellikle 1.70 m olduğu, yüzeye yakın seviyelerde kum-çakıl ara bantlı (kum-çakıl bantları 5-10 cm kalınlıkta olup yer altı suyu bulundurmaktadırlar) yüksek plastisiteli kil, siltli kil ve ince kumlu çakıllı kil (Resim 3.3) seviyelerinden oluştuğunu söyleyebiliriz.



Resim 3.2. Çalışma sahasından görünüm (Gölün doğusu).



Resim 3.3. Çalışma alanı alüvyonlarında killi seviyeler.

#### 3.1.4. Çalışmada kullanılan araç gereçler

#### Araştırma çukuru çalışmalarında kullanılan araç ve gereçler;

Araştırma çukuru kazıları hidrolik kazıcı ile yapılmıştır (Resim 3.4). Arazi çalışmalarında UD tüpleri, parafin, keski, kürek, tüp ve poşet torbalar kullanılmıştır. Her araştırma çukuru açıldıktan sonra çukura inilerek çukurların yan yüzeylerinden tabakalaşma, tabakaların kalınlıkları, zemin cinsleri, zeminlerin sıkılık - gevşeklik, katılık - yumuşaklık veya yan duvarların kendini tutabilme kabiliyeti gözlenerek elle muayene edilerek loglara işlenmek üzere not edilmiştir. UD tüpleri ile alınan numuneler parafinlenmiş (Resim 3.5), torba numuneler ise 2 kat torbalanmış sıkıca bağlanmıştır. Araştırma çukuru koordinatları çizelgede Çizelge 3.1' de verilmiştir.

AÇ no	X	Y		
1	4518326	419886		
2	4518070	420613		
3	4518166	421571		
4	4517972	422025		
5	4517664	421205		
6	4517500	420908		
7	4517148	421117		
8	4517210	420659		
9	4517137	422151		
10	4517412	421875		
11	4516855	421744		
12	4516493	421013		
13	4516603	420602		
14	4516412	420139		
15	4516461	419586		
16	4516883	419580		
17	4517112	419873		
18	4516925	419146		
19	4516371	418883		
20	4516176	419160		

Çizelge 3.1. Araştırma çukurları (AÇ) koordinatları.



Resim 3.4. Kazılarda kullanılan hidrolik kazıcı.



Resim 3.5. Araştırma çukurlarından alınmış parafinlenmiş örselenmemiş numuneler.

Sismik kırılma çalışması için kullanılan araç ve gereçler;

Çalışma sahasında 9 noktada, 12 kanallı Geometrics Smartseis SE model mühendislik sismografi (Resim 3.6) kullanılarak P ve S dalga hızı ölçümleri yapılmıştır. Sismik kaynak olarak ise 9 kg ağırlığında balyoz kullanılmıştır. Sismik veriler "REF2 Sismik Kırılma 2.1" yazılımı [Başokur, 2001b] kullanılarak bir boyutlu (1-B) olarak değerlendirilmiştir. Sismik kırılma ölçüm yeri koordinatları çizelgede Çizelge 3.2' de verilmiştir.



Resim 3.6. Sismik kırılma çalışması.

Çizelge 3.2. Sismik kırılma ölçüm yeri koordinatları.

JFsis	X	Y
1	4516936	419128
2	4516591	420088
3	4517550	420944
4	4518408	419886
5	4518165	421465
6	4517842	422752
7	4517028	421832
8	4516470	421244
9	4516117	419038

Laboratuvar çalışmalarında kullanılan araç ve gereçler;

Konsolidasyon deneylerinde (Bkz. Resim 3.7) ve konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneylerinde (Bkz. Resim 3.8) TS 1902' ye uygun araç ve gereçler kullanılmıştır. Konsolidasyon deneylerinde 9 adet, serbest şişme deneylerinde 8 adet ve üç eksenli basınç deneylerinde 9 adet örselenmemiş numune kullanılmıştır. Tanımlama ve sınıflama deneyleri ise TS 1901'e uygun olarak yapılmıştır.

Bu deneyler için ise 20 adet örselenmiş numune kullanılmıştır. Deneyler İller Bankası Genel Müdürlüğü zemin mekaniği laboratuvarında yapılmıştır.



Resim 3.7. Konsolidasyon deney cihazı (ödometre).



Resim 3.8. Üç eksenli deney cihazı.

#### **3.2. Metod**

Çalışma sahasında muhtemel beklenen problemler taşıma gücü, oturma ve şişmedir. Bundan dolayı daha önce İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış olan 20 adet zemin sondajlarının her birinin yanında araştırma çukurları açılarak (Ek-1) örselenmiş ve örselenmemiş numuneler alınmıştır. Çalışma sahasında çalışılan yerleri gösterir lokasyon haritası Ek-3' de verilmiştir.

Seçilen çalışma alanındaki zeminin geoteknik özellikleri ve zemin parametrelerinin belirlenmesi maksadı ile arazi çalışmaları kapsamında derinlikleri 1.50 – 2,00m arasında olan 20 adet Araştırma Çukuru (AÇ) açılmış (Bkz. Ek-1), killi seviyelerden 10 farklı lokasyondan UD tüpünde örselenmemiş ve tüm lokasyonlardan örselenmiş torba numuneler alınmıştır. Çakıllı ve kumlu seviyelerden ise sadece torba numuneler alınmıştır. Çalışma sahasının 9 farklı yerinde sismik kırılma ölçümü yapılmıştır.

Laboratuvarda 20'si örselenmiş ve 10'u da örselenmemiş numune olmak üzere toplam 30 numune değerlendirilmiştir. Örselenmiş numunelerin tamamına su içeriği deneyi yapılmıştır. Sınıflandırma, konsolidasyon, şişme ve kayma mukavemeti deneylerinin tamamı İller Bankası Genel Müdürlüğü Zemin Mekaniği laboratuvarında yapılmıştır.

#### 3.2.1. Sınıflandırma deneyleri

Tanımlama ve sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesi amacı ile örselenmiş numunelerde tane dağılımı deneyi, hidrometre, özgül ağırlık, likit limit ve plastik limit deneyleri TS 1900-1'e uygun yapılmıştır. İnce daneli zeminlerin indis özelliklerinden plastiklik ve likidite indisi özellikleri irdelenmiştir.

Bu çalışmada zeminlerin sınıflaması Birleşik Zemin Sınıflamasına (USCS) uygun şekilde yapılıp haritalanmıştır.

#### 3.2.2. Kayma dayanımı parametrelerinin belirlenmesi yönelik metodlar

Kayma dayanımı parametreleri için konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç dayanımı deneyleri TS 1900-2'ye uygun yapılmıştır. Mohr Coulomb yenilme zarfları elde edilmiş, kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri ve sekant deformasyon modülleri ( $E_{50}$ ) belirlenmiştir (Ek-4).

#### 3.2.3. Deformasyon parametrelerinin belirlenmesine yönelik metodlar

Deformasyon parametrelerinin belirlenmesi için örselenmemiş numunelere konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Serbest şişme yüzdesinin belirlendiği konsolidasyon deneyleri TS 1900-2'ye göre, şişme basıncının belirlenmesine yönelik yapılan konsolidasyon deneyleri ise ASTM D4546 - Method C'ye göre yapılmıştır (Ek-5). Elde edilen şişme basıncı değerleri ile çalışma sahası eş şişme basıncı haritası oluşturulmuştur.

Konsolidasyon Karekteristikleri;

Sıkışma katsayısı, 
$$a_v = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1} = \frac{\Delta e}{\Delta P}$$
 (3.1)

Hacimsel sıkışma katsayısı,  $m_v = \frac{a_v}{1 + e_0}$  (3.2)

Sıkışma indisi, 
$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log P_2 - \log P_1} = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_1}}$$
 (3.3)

Şişme indisi, 
$$C_s = \frac{e_{son} - e_2}{\log P_2 - \log P_{son}} = \frac{\Delta e}{\log \frac{P_2}{P_{son}}}$$
 (3.4)

# $P_0$ : $h x \gamma_{zemin}$ $P_0$ : Zemin üzerindeki efektif gerilme $P_c$ : Ön konsolidasyon gerilmesi

Aşırı konsolidasyon oranı, 
$$OCR = P_c/P_o$$
 (3.5)

Serbest şişme yüzdesinin belirlendiği konsolidasyon deneyinde, deney başlangıcında numune serbest şişmeye bırakıldığında 6', 18', 30', 1 dk, 2 dk, 5 dk, 10 dk, 20 dk, 30 dk, 40 dk, 50 dk, 60 dk, 70 dk, 80 dk, 100 dk, 150 dk, 200 dk, 250 dk, 300 dk, 500 dk 1440 dk aralıklarla okumalar yapılarak şişme yüzdesi grafikleri elde edilmiştir (Ek-6). Elde edilen serbest şişme yüzdeleri ile çalışma sahası eş serbest şişme haritası oluşmuştur.

#### 3.2.4. Jeofizik sismik parametrelerin belirlenmesine yönelik metodlar

Jeofizik sismik kırılma çalışmaları ile ölçüm yapılan noktalarda sismik hız ( $V_s$ ), zemin büyütmesi (Ak) ve zemin hakim titreşim peryot ( $T_0$ ) değerleri belirlenmiştir. Çalışma sahasında kayma dalgası hızları kullanılarak Midorikawa (1987) tarafından önerilen bağıntı kullanılarak göreceli zemin büyütme değerleri hesaplanmıştır (hesaplanan büyütmeler boyutsuzdur). Elde edilen zemin büyütme değerleri kullanılarak çalışma sahası eş zemin büyütme haritası oluşturulmuştur.

$$A_{k} = 68 V_{s30}^{-0.6} (V_{s30} < 1100 \text{ m/sn})$$
(3.6)

 $A_k = 1$  (V<sub>s30</sub> > 1100 m/sn)

Zemin hakim titreşim periyodu hesaplarında ise Kanai (1983) tarafından önerilen bağıntı kullanılmıştır.

$$T_0 = \Sigma 4H_i / Vs_i \tag{3.7}$$

#### 3.2.5. Taşıma gücü hesap yöntemleri

Taşıma gücü hesaplarında laboratuvar verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sığ temellerin taşıma gücünün hesaplanması için araştırmacılar tarafından çeşitli bağıntılar önerilmiştir. Bunlardan Terzaghi formülleri önerilmiş ilk teorik bağıntılardır. Bununla beraber Meyerhof (1963) Terzaghi' nin formülünü geliştirerek şekil, derinlik ve yük eğimi faktörleri ilave etmiştir. Bu girdiler deneysel verilerle elde edilmiş ampirik faktörlerdir. Hansen (1970)' de bu faktörlerle ilgili bağıntılar önermiştir [Das, 1999].

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma BN_{\gamma}F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i} \quad [\text{Meyerhof}, 1963]$$
(3.8)

Hansen (1970) şekil faktörü için aşağıdaki formülü önermişdir [Das, 1999].

$$F_{cs} = I + \frac{B}{L} \frac{N_q}{N_c} \tag{3.9}$$

$$F_{qs} = I + \frac{B}{L} \tan \phi \tag{3.10}$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \tag{3.11}$$

Hansen (1970) derinlik faktörü için aşağıdaki förmülleri önermiştir [Das, 1999].

$$D_f / B \le 1 \text{ ise,}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$
(3.12)

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$
(3.13)

$$D_f / B > 1 \text{ ise,}$$

$$F_{cd} = 1 + (0,4) \tan^{-1} \frac{D_f}{B}$$
(3.14)
$$F_{cd} = 1 + 2 \tan d(1 - \sin d)^2 \tan^{-1} \frac{D_f}{B}$$
(3.15)

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \frac{B_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$
(3.15)

Meyerhof (1963), Hanna ve Meyerhof (1981) yük eğimi faktörü için aşağıdaki formülleri önermişlerdir [Das, 1999].

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^{\circ}}{90^{\circ}}\right)^2$$
(3.16)

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2 \tag{3.17}$$

 $N_c$ ,  $N_\gamma$ ,  $N_q$  temel tabanın altındaki zeminin içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü faktörleri olup içsel sürtünme açısı ile olan ilişkisi Çizelge 3.3' de verilmiştir.

İzin verilebilir taşıma gücü için pratik mühendislik uygulamalarında güvenli bir faktör kullanılır. Çalışma sahası için yapılan hesaplamalarda güvenlik faktörü 3 alınmıştır [Das, 1999].

qall= Net Taşıma Gücü Kapasitesi / Güvenlik Faktörü

Φ	N <sub>c</sub>	Nq	Nγ	N <sub>q</sub> /N <sub>c</sub>	tan⊅	Φ	N <sub>c</sub>	Nq	Nγ	N <sub>q</sub> /N <sub>c</sub>	tan⊅
0	5,14	1,00	0,00	0,20	0,00	26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
1	5,38	1,09	0,07	0,20	0,02	27	23,94	13,20	14,47	0,55	0,51
2	5,63	1,20	0,15	0,21	0,03	28	25,80	14,72	16,72	0,57	0,53
3	5,90	1,31	0,24	0,22	0,05	29	27,86	16,44	19,34	0,59	0,55
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07	30	30,14	18,40	22,40	0,61	0,58
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09	31	32,67	20,63	25,99	0,63	0,60
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11	32	35,49	23,18	30,22	0,65	0,62
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12	33	38,64	26,09	35,19	0,68	0,65
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14	34	42,16	29,44	41,06	0,70	0,67
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16	35	46,12	33,30	48,03	0,72	0,70
10	8,35	2,47	1,22	0,30	0,18	36	50,59	37,75	56,31	0,75	0,73
11	8,80	2,71	1,44	0,31	0,19	37	55,63	42,92	66,19	0,77	0,75
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21	38	61,35	48,93	78,03	0,80	0,78
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23	39	67,87	55,96	92,25	0,82	0,81
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25	40	75,31	64,20	109,41	0,85	0,84
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27	41	83,86	73,90	130,22	0,88	0,87
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29	42	93,71	85,38	155,55	0,91	0,90
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31	43	105,11	99,02	186,54	0,94	0,93
18	13,10	5,26	4,07	0,40	0,32	44	118,37	115,31	224,64	0,97	0,97
19	13,93	5,80	4,68	0,42	0,34	45	133,88	134,88	271,76	1,01	1,00
20	14,83	6,40	5,39	0,43	0,36	46	152,10	158,51	330,35	1,04	1,04
21	15,82	7,07	6,20	0,45	0,38	47	173,64	187,21	403,67	1,08	1,07
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,40	48	199,26	222,31	496,01	1,12	1,11
23	18,05	8,66	8,20	0,48	0,42	49	229,93	265,51	613,16	1,15	1,15
24	19,32	9,60	9,44	0,50	0,45	50	266,89	319,07	762,89	1,20	1,19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

Çizelge 3.3. Taşıma gücü faktörleri [Vesic, 1973].

#### 3.2.6. Kumlu zeminlerde ani oturma hesap yöntemi

Kumlu zeminlerin ani oturmasının hesabında Burland ve Burbidge (1987) bağıntıları kullanılmıştır. Bu yöntemde ani oturmayı hesaplayabilmek için SPT N sayıları kullanılmıştır. Bunun için İller Bankasının çalışma sahasının Zonguldak yolu doğusundaki sondaj kuyularından yapılmış olan genelleştirilmiş kuyu logundan (Ek-3) faydalanılmıştır.

Gevşek kumlar için;

$$S_{ani}(mm): q_{net}(kPa).B^{0,7}(m)I_c\left[\frac{mm.}{kPa}\frac{1}{m}\right]$$
3.18

Sıkı kumlar için;

*Eğer qnet* $\langle \sigma_0^1 \rangle$ , ise

$$S_{ani}(mm): \left[q_{net}(kPa) - \frac{2}{B}\sigma_0^{1}.(kPa)\right] B^{0.7}(m)I_c$$
3.19

*Eğer qnet* $\langle \sigma_0^1$ , ise

$$S_{ani}: q_{net}.B^{0.7}.\frac{I_c}{3}$$
 3.20

# Bağıntılarda;

q<sub>net</sub>: Net temel gerilmesini,

B: Temelin kısa kenar uzunluğunu,

Ic: N sayısına bağlı faktörü,

 $\sigma_0^1$ : Temel derinliğindeki efektif düşey gerilmeyi,

N55: Etki derinliğindeki ortalama N sayısını göstermektedir (Kanıt, 2003).

$$I_c : \frac{1,71}{N_{55}^{1,4}} \text{ bağıntısı ile hesaplanır.}$$
 3.21

N değerleri derinlikle birlikte arttığından dolayı, etki derinliği Şekil 3.3' den belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Etki derinliğinin belirlenmesi.

Ani oturma yukarıdaki yöntemle hesaplandıktan sonra temel şekli ve kumlu tabakanın derinliği için düzeltmeler yapılmıştır.

Şekil düzeltmesi;

$$F_{s} : \left[\frac{1,25(L/B)}{(L/B) + 0,25}\right]^{2}$$
3.22

Kum tabakasının derinliği için düzeltme;

Eğer etki derinliği (Zi)>H ise, 
$$F_k : \frac{H}{Z_i} \left( 2 - \frac{H}{Z_i} \right)$$
 3.23

Bu bağıntılarda;

H: Kum tabakasının kalınlığıdır.

Düzeltme faktörleri de belirlendikten sonra ani oturma aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

#### 3.2.7. Mineralojik yapının belirlenmesine yönelik kullanılan metodlar

Killi seviyeler için, çalışma alanının Zonguldak yolu batısındaki killerin yoğun olduğu yerlerdeki İller Bankası Genel Müdürlüğü' nün rotary sondaj makinası (Resim 3.9) ile yapmış olduğu zemin sondajlarından alınmış numunelerden 10 tanesine MTA laboratuvarında X-Işınları Difraksiyonu Analizi (XRD) yaptırılmıştır (Çizelge 3.4). Kil minerallerinin türleri ve oranları bu analizlerin neticesinde elde edilen difraktogramların değerlendirilmesi ile belirlenmiştir.



Resim 3.9. Rotary sondaj makinasından görünüm.

MTA' da numunelere tüm kaya çekimi yanında, kil örneklerine normal, etilen glikol ve 550°C' de ısıl işlem çekimleri yapılarak XRD difraktogramları bilgisayar çıktısı şeklinde alınmıştır (Ek-7). Büro çalışmaları ile yorum ve değerlendirmeler yapılarak

36

çalışma alanındaki kil türleri belirlenmiş, numunelerdeki mineral oranları hesaplanmıştır. Difraktogramların değerlendirilmesinde American Standart for Testing Material (ASTM, 1972) kartoteksi esas alınmıştır. X-ışını çözümlemelerinde tüm kayaç bileşenleri tanımlandıktan sonra yarı nicel yüzdeleri de "dış standart yöntemi" esas alınarak hasaplanmıştır [Brindley, 1980; Gündoğdu, 1982].

$$Mineral(\%) = (k \times h \times 100)/t \tag{3.18}$$

Sondaj No	Numune Cinsi	Zemin Sınıfı	Derinlik (m)	Analiz			
SK1	UD	SM	2,10-2,70	MP-22/MP-23			
SK3	UD	CL	5,10-5,70	MP-22/MP-23			
SK8	SPT	CL	6,00-6,45	MP-22/MP-23			
SK9	SPT	СН	6,00-6,45	MP-22/MP-23			
SK11	UD	UD CH 6,60-7,30 MP-22/MP-2					
SK15	UD	СН	3,60-4,20	MP-22/MP-23			
SK16	UD	СН	3,60-4,20	MP-22/MP-23			
SK18	UD	CL	6,60-7,20	MP-22/MP-23			
SK19	UD	MH-OH	2,10-2,70	MP-22/MP-23			
SK20	SK20 UD CH 3,60-4,20 MP-22/MP-23						
MP22: Tüm kaya XRD difraktogram çekimi							
MP-23: Tüm kaya ve kil örn. normal, etilen glikol ve 550°C' de ısıl işlem							
çekimleri yapı	larak XRD difrakt	ogramların çıkaı	rtılması				

Çizelge 3.4. X- ışınları kırınımı (XRD) analizlerinin uygulandığı numuneler.

Bu metodun esası çok kısa dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalardan meydana gelen X ışınlarının numunedeki kristallerin atomlarına çaptırılarak yansıtılmasıdır. Kristallere atomlar belli bir düzen içinde bulunduğundan yansıyan ışınlar birbirini güçlendirir veya yok eder. Amorf cisimlerde atomlar düzensiz olduğundan düzenli bir yansıma meydana gelmez. Yansımanın meydana gelmesi için X ışınları numune üzerine belli bir açıyla duran toz numunenin üzerine gönderilir. Atomlara çarpan X ışınları aynı açıyla yansır (Bkz. Şekil 3.4). Yansıyan ışınların izleri fotoğraf kartı üzerinde tespit edilir.

Herhangi bir killi numunedeki kil minerallerini tespit etmek için daha önce saf kil örneklerinin X-Ray verileri tespit edilmiş ve standart ASTM kartları hazırlanmıştır. Elde edilen grafiklerle, standart ASTM kartlarındaki bilgiler karşılaştırılarak incelenen numunenin kil mineralleri tespit edilir.



Şekil 3.4. Toz numunenin üzerine gönderilen X ışınlarının atom düzlemlerinde yansıma şekli.

#### 3.2.8. Deprem etkisinin belirlenmesine yönelik metodlar

Jeoteknik çalışmaların en önemli girdilerinden birisi olan bir bölgenin veya alanın depremselliği; söz konusu bölgeyi etkileyen fayların öznitelik bilgileri ve kinematik özelliklerinin çok iyi bilinmesi ile ancak mümkündür. Deprem kaynakları olan aktif fayların çalışılan alana iki tür etkisi vardır. Aktif fayların birinci etkisi depremle meydana gelmiş fay üzerindeki yüzey kırığının deformasyonudur ki bu deformasyon zonal bir yapı sunmakla beraber bu zonun genişliği ve özellikleri fayın öz nitelik bilgilerine (doğrultu atımlı, bindirme, normal fay vs.) bağlıdır. Deprem kaynaklarının çalışma alanında meydana getirdiği ikinci etkisi ise yatay yer ivmesidir. Aktif fayların yüzey deformasyonlarına ilişkin çalışmalar ülkemizde kısıtlı yapılmakla beraber çok da maliyetli ve uzun sürelidir. Bu nedenle amacına yönelik yapılan jeoteknik çalışmalarda bölgeyi etkileyecek depremlere yönelik senaryolar eldeki jeolojik ve sismolojik bilginin yetersizliğinden dolayı çoğu kez probobalistik (istatiksel) yöntemlerle yapılmaktadır.

Çalışma sahası ve çevresinde oluşmuş en büyük magnitüdlü depremler nokta kaynak ve çevresinde bulunan aktif faylar (Kuzey Anadolu Transform Fayı üzerinde, 1944 Gerede (Bolu) deprem yüzey kırığı) ise çizgisel kaynak gibi düşünülerek, depremlerin çalışma sahasında oluşturabileceği en büyük yatay yer ivmesi değerleri çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen, azalım ilişkisi bağıntıları (atenasyon denklemi) kullanılarak hesaplanmıştır.

Erdik ve ark. (2003) "Ülkemizde kaydedilmiş kuvvetli yer hareketi verilerinin California verileri kullanılarak elde edilen azalım ilişkileri ile uyumlu olduğunu belirtmektedir". Bu kapsamda çalışma alanı için Abrahamson ve Silva (1997) ile Boore ve ark. (1997) tarafından geliştirilmiş en büyük yer ivmesi azalım ilişkileri kullanılmıştır. Ayrıca bu iki araştırmacının yanı sıra, Campbell ve Bozorgnia (2003) ile Türkiye için geliştirilen bağıntılardan Kalkan ve Gülkan (2004), Ulusay ve ark. (2004)' nın bağıntıları da kullanılmıştır. Bağıntılarda alüvyon zeminlerin varlığı dikkate alınmıştır.

Bu amaçla; çalışma alanını etkileyebileceği düşünülen en yakın çizgisel sismik kaynak olan Gerede (Bolu) 1944 Depremi (M 7,3) yüzey kırığı harita bilgileri Kondo ve ark. (2005) çalışmasından alınmıştır. Bahsi geçen araştırmacılar tarafından 1/25.000 ölçeğinde çalışılan sismik kaynağın araştırma alanına uzaklığı tespit edilmiş olup alanın güney kenarından geçmektedir. Araştırma sahası için noktasal kaynak Gerede depreminin merkez üssü (Kaynak-1) alınmıştır. Kaynak-1'in araştırma sahasına uzaklığı 14.5 km'dir. Bununla beraber bu depremin yüzey kırığı araştırma sahasının 0.5 km güneyinden geçmekte olup, çizgisel kaynak olarak düşünülmüş ve kaynak-2 olarak tanımlanmıştır. Bu verilerle beraber, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi, Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'ne ait sismolojik verilerin de (Bkz. Ek- 8) kullanıldığı Yeniçağa (Bolu) merkezli 100 km yarıçaplı alanda deprem etkinliği haritası oluşturulmuştur (Harita 3.6).



Harita 3.6. Yeniçağa (Bolu) merkezli 100 km yarıçaplı alanda deprem etkinliği haritası (1944 Gerede (Bolu) deprem yüzey kırığı Kondo ve ark. (2005)' dan alınmış olup, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi, Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM) Sismolojik verileri ile kullanılmıştır).

$$\ln Sa(g) = f_1(M, r_{rup}) + Ff_3(M) + HWf 4(M, r_{rup}) + Sf_5(PGA_{rock})$$

[Abrahamson ve Silva, 1997]

(3.25)

$$\ln Y = b_1 + b_2 (M_w - 6) + b_3 (M_w - 6)^2 + br \ln(r) + bv \ln(V_s / V_A) + \varepsilon$$
[Boore ve ark., 1997] (3.26)

$$\ln Y = c_1 + f_1(M_w) + c4\ln\sqrt{f_2(M_w, r_{seis}, S)} + f_3(F) + f_4(S) + f_5(HW, F, M_w, r_{seis}) + \varepsilon$$

[Campbell ve Bozorgnia, 2003]

$$\ln Y = 0.393 + 0.576(M_w - 6) - 0.107(M_w - 6)^2 - 0.8999\ln(r) - 0.200\ln(V_s / V_A)$$

$$r = (R_c l^2 + h^2)^{1/2}$$

[Kalkan ve Gülkan, 2004]

 $PGA = 2,18e^{[0,0218(33,3M_w - R_{epi} + 7,842SA + 18,9282SB)]}$ 

[Ulusay ve ark., 2004]

(3.29)

(3.28)

Çalışma sahası BİB Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) göre birinci derece deprem bölgesi içinde kalmaktadır (Harita 3.7).



Harita 3.7. BİB Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) göre Bolu ili deprem bölgeleri haritası.

(3.27)

#### 3.2.9. SPT verilerine dayalı sıvılaşma potansiyeli analizi

Standart Penetrasyon deneyi, sıvılaşma direncinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın arazi deneyidir. Çünkü sıvılaşma direncini arttıran sıkılık, geçmişteki sismik deformasyon, aşırı konsolidasyon oranı, yanal zemin basıncı ve gerilmeye maruz kalma süresi gibi faktörler, aynı zamanda SPT direncini de artırmaktadır. Seed vd. (1985) 7,5 büyüklüğünde (M<sub>w</sub>) depreme maruz kalmış temiz ve siltli kumlu zeminlerde, sıvılaşmanın oluştuğu ve oluşmadığı bölgelerde SPT darbe sayısını araştırmışlar ve bunun sonucunda, belirli SPT darbe sayılarında sıvılaşma oluşması için, gerekli minimum devirsel kayma gerilme oranını, grafiksel olarak göstermişlerdir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. M<sub>w</sub>=7,5 için siltli kumlarda devirsel direnç oranı ile (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> arasındaki ilişki [Kramer, 1996].

 $(N_1)_{60}$  yaklaşık 100 kPa'lık üst tabaka yüküne göre ve % 60 enerji oranına göre düzeltilmiş SPT darbe sayısını ifade etmektedir. Eğriler ince tane oranı % 5 ve daha az, % 15 ve % 35 olan granüler zeminler için elde edilmiştir. İnce tane oranı %5 ve daha az olan kumlu zeminler, temiz kum olarak adlandırılır. Seed ve ark. (1985) tarafından bulunan eğriler 1996 ve 1998 yıllarında National Center for Earthquake Engineering (NCEER) ve National Center for Earthquake Engineering/National Science Foundation (NCEER/NSF) tarafından yapılan seminerlerde değişikliklere uğramıştır. İlk olarak, temiz kum eğrisinde DGO= 0,1 değerine kadar yaklaşık 45<sup>0</sup> eğimle devam eden kısım, (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> değerinde DGO= 0,05 değerine gelecek şekilde bir kurpla dönülmüştür. Bu değişim, temiz kum eğrisinden elde edilen sıvılaşma direnci sonuçlarının, CPT yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla uyum sağlaması için yapılmıştır. Temiz kum eğrisinin yeni hali Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Son çalışmalara göre yeniden düzenlenmiş M= 7,5 için devirsel direnç oranı ve  $(N_1)_{60}$  arasındaki ilişki [Youd ve ark., 1996].

Youd ve ark. (2001) devirsel direnç oranının hesabında, Şekil 3.7'de gösterilen temiz kum eğrisi yerine kullanılabilecek olan aşağıdaki eşitliği geliştirmişlerdir.

$$DDO = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{(10(N_1)_{60} + 45)^2} - \frac{1}{200}$$
(3.30)

Bu eşitlik sadece  $(N_1)_{60} < 30$  değerleri için geçerlidir.  $(N_1)_{60} \ge 30$  değerlerine sahip temiz granüler zeminler, sıvılaşma için çok sıkı kabul edilirler ve sıvılaşmayan zeminler olarak sınıflandırılırlar. Bu eşitlik, rutin mühendislik hesaplamalarında temiz kum eğrileri yerine kullanılabilir.

Sıvılaşma, deprem nedeniyle oluşan yüklerin, sıvılaşma direncini aştığı derinliklerde oluşur. Bu ifade, bir emniyet faktörü cinsinden aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

Emniyet faktörünün 1'den küçük olduğu derinliklerde, sıvılaşmanın oluştuğu kabul edilmektedir [Kramer, 1996]. Ancak emniyet faktörünün 1'in üzerinde olan zeminler yine de bir deprem anında sıvılaşabilir. Örneğin alttaki tabakanın sıvılaşması durumunda yukarı doğru yükselen su akışı üstte yer alan ve emniyet faktörü 1'den biraz büyük olan tabakanın sıvılaşmasına neden olabilir [Mollamahmutoğlu ve Babuçcu, 2006].

Muhtemelen sıvılaşma beklenen çalışma alanının Zonguldak yolu doğusunda kalan serbest bloklu kum-çakıl seviler için İller Bankası zemin sondajlarından oluşturulmuş genelleştirilmiş kuyu logundaki SPTN değerleri kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analizlerde liqIT (Support@Geologismiki.gr) proğramı ile Youd ve ark. (2001) ve NCEER (1998) yöntemi kullanılmıştır.

# 4. DENEYSEL BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

Arazi çalışmaları ve laboratuvar deneylerine başlamadan önce, yapılan arazi etüdü ve gözlemler neticesinde, çalışma sahası içerisinde deprem tehlikesi beklenilmektedir, heyelan, kaya düşmesi, çığ gibi diğer doğal afet riskleri beklenilmemektedir. Araştırma çukuru çalışmaları, genelleştirilmiş sondaj logları ve litoloji değerlendirmeleri sonucunda Zonguldak yolu ile Yeniçağa gölü arasında hakim litolojinin kil, Zonguldak yolu doğusunda ise hakim litolojinin bloklu çakıllı kumun olduğunu söyleyebiliriz.

#### 4.1. Sınıflandırma Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Araştırma çukurlarından alınan örselenmiş numunelere sınıflandırma amacıyla, tane büyüklüğü dağılımı (yıkamalı elek- hidrometre) (Ek-9) ve Atterberg limitleri (kıvam limitleri) deneyleri yapılmıştır.

Yapılan değerlendirmelerden çalışma alanındaki alüvyonda ince taneli ve iri taneli zemin oranları bir birine eşittir. İri taneli zeminler genellikle orta sıkı ve sıkı seviyelerle, ince taneli zeminler ise genellikle yumuşak ve katı seviyelerle temsil edilmektedir.

Araştırma çukurlarından alınan zemin örneklerinin laboratuvar analiz sonuçları, çalışma sahasındaki zeminlerin % 50'sinin ince taneli; % 50'sinin de iri taneli olduğunu göstermektedir. Birleşik zemin sınıflamasına (USCS) göre zemin türleri Şekil 4.1' de verilmiştir.

Çalışma sahası zeminlerin % 35' i CL (düşük ile orta plastisitede çakıllı, kumlu, siltli kil), % 15' i CH (yüksek plastisiteli inorganik kil), % 25' i GP (kötü derecelenmiş çakıl, çakıl - kum karışımı), % 15' i GW (iyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı), % 5' i GM (siltli çakıllar, fena derecelenmiş çakıl – kum - silt karışımı) ve % 5' i SP (kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllar) sınıfı zeminlerden oluşmaktadır.

Deneylerin sonuçları Çizelge 4.1' de, Birleşik Zemin Sınıfları (USCS) haritası ise Harita 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma sahası zemin türleri.

Araştırma		ELEK	ANALIZI	ETRE	ATTERB	ERG LİM	<i>I</i> İTLERİ	N IRMASI	ÖZGÜL	EVASI
Çukuru No	(m.)	4 Nolu Elekte Kalan (%)	200 Nolu Elekten geçen (%)	ніркомі	LL (%)	PL (%)	PI (%)	ZEMİ	AĞIRLIK (G <sub>s)</sub> ( t/m³)	SU MUHTI (wn) %
1	2,00	2,14	74,32	+	43,8	21,0	22,8	CL	2,68	17,92
2	2,00	5,67	50,63	+	25,4	15,3	10,1	CL	2,73	14,27
3	2,00	3,53	60,97	+	29,4	18,0	11,4	CL	2,70	20,30
4	1,60	69,01	3,29	+		NP		GW	2,68	6,20
5	1,60	59,07	7,63	+		NP		GP	2,67	6,80
6	1,60	93,77	2,10	-		NP		GP	2,67	6,30
7	1,50	37,20	16,07	+		NP		SP	2,66	8,90
8	1,60	51,27	5,99	+		NP		GP	2,67	5,05
9	1,60	98,80	0,65	-		NP		GP	2,67	6,40
10	1,70	50,82	4,82	+		NP		GP	2,67	11,70
11	1,70	65,61	5,66	+		NP		GW	2,64	6,60
12	1,70	55,47	5,14	+		NP		GW	2,67	11,30
13	1,60	6,80	48,80	+		NP		SM	2.65	19,50
14	2,00	0,00	67,75	+	34,1	20,0	14,1	CL	2,60	25,04
15	2,00	0,06	75,52	+	36,0	21,0	15,0	CL	2,61	24,84
16	2,00	3,67	58,56	+	34,8	18,0	16,8	CL	2,73	20,70
17	2,00	3,40	51,96	+	35,6	18,5	17,1	CL	2,74	19,22
18	2,00	0,24	89,95	+	66,0	28,5	37,5	СН	2,74	36,06
19	2,00	0,00	98,78	+	57,0	28,6	28,4	СН	2,74	29,93
20	2,00	0,06	98,66	+	67,0	28,7	38,3	СН	2,74	30,42

Çizelge 4.1. Zeminlerin deney sonuçları.



Harita 4.1. 1,5 - 2m arası derinlikten alınan zemin örneklerinin Birleşik Zemin Sınıfları (USCS) haritası.

### 4.1.1. İnce daneli zeminlerin indis özellikleri

CH ve CL sınıfı zeminlerin likit limit, plastik limit ve doğal su muhtevası değerleri kullanılarak plastisite indisi ve likidite indisi özellikleri belirlenerek Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3' de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. CH sınıfı zeminlerin indis özellikleri.

AÇ NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	SU İÇERİĞİ (%)
AÇ18	2	66	28,5	37,5	0,2	36
AÇ19	2	57	28,6	28,4	0,05	29,9
AÇ20	2	67	28,7	38,3	0,04	30,4

Çizelge 4.3. CL sınıfı zeminlerin indis özellikleri.

AÇ NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	LI	SU İÇERİĞİ (%)
AÇ1	2	43,8	21	22,8	-0,13	17,9
AÇ2	2	25,4	15,3	10,1	-0,10	14,2
AÇ3	2	29,4	18	11,4	0,20	20,30
AÇ14	2	34,1	20	14,1	0,35	25
AÇ15	2	36	21	15,0	0,26	24,8
AÇ16	2	34,8	18	16,8	0,16	20,7
AÇ17	2	35,6	18,5	17,1	0,04	19,2

CH sınıfı zeminlerin indis özellikleri değerlendirildiğinde plastik oldukları anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4)

Çizelge 4.4. CH sınıfı zeminlerin LI ve PI sınıflaması.

AÇ NO	DERİNLİK (m)	LI	PI
AÇ18	2		
AÇ19	2	PLASTİK	PLASTİK
AÇ20	2		

CL sınıfı zeminlerin indis özellikleri değerlendirildiğinde az plastik yapıdan katıya kadar özellik gösterdiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4.5)

AÇ NO	DERİNLİK (m)	LI	PI
AÇ1	2	KATI	PLASTİK
AÇ2	2	KATI	AZ PLASTİK
AÇ3	2	PLASTİK	AZ PLASTİK
AÇ14	2	PLASTİK	AZ PLASTİK
AÇ15	2	PLASTİK	PLASTİK
AÇ16	2	PLASTİK	PLASTİK
AÇ17	2	PLASTİK	PLASTİK

Çizelge 4.5. CL sınıfı zeminlerin LI ve PI sınıflaması.

İnce daneli zeminlerin literatüre dayalı plastisite indis özellikleri Çizelge 4.6' da, likidite indisi özellikleri ise Çizelge 4.7' de sunulmuştur.

Çizelge 4.6. İnce daneli zeminlerin plastisite indisine göre plastiklik derecesi [Leonards, 1962].

Plastisite	Plastisite
İndisi, PI (%)	Derecesi
0-5	Plastik değil
5-14	Az plastik
15-40	Plastik
>40	Çok plastik

Çizelge 4.7. Likidite indisine göre zeminlerin kıvamı [Holtz ve Kovacs 1981].

Likidite indisi, LI	Zeminin kıvamı
LI > 1	Viskoz sıvı
0 < LI < 1	Plastik
LI < 0	Katı

Plastisite İndisi : PI (%) : LL – PL (LL: Likit Limit; PL:Plastik Limit) Likidite (Likitlik) indisi : LI = (Wn - PL) / PI (Wn: Doğal nem/su muhtevası)

# 4.2. Konsolidasyonsuz Drenajsız (UU) Üç Eksenli Basınç Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Zeminlerin kayma mukavemeti parametrelerinin tayini için konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır (Resim 4.1, Ek-4). Bu deneylerde bazı numunelerdeki deformasyon şekilleri Resim 4.2 ve Resim 4.3' de verilmiştir. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneylerinin sonucunda en düşük kohezyon değeri 71 kPa, en düşük içsel sürtünme açısı değeri de 5,1° çıkmıştır.



Resim 4.1. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyine ait görüntüler.



Resim 4.2. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonunda numunelerdeki deformasyon şekilleri.



Resim 4.3. Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonunda numunelerdeki deformasyon şekilleri.

Her bir hücre basıncı değeri için sekant deformasyon modülleri ( $E_{50}$ ) belirlenmiş, 50 kPa hücre basıncına karşılık gelen  $E_{50}$  değerleri 4501 kPa ile 11433 kPa arasında, 100 kPa hücre basıncına karşılık gelen  $E_{50}$  değerleri 2658 kPa ile 13368 kPa arasında ve 200 kPa hücre basıncına karşılık gelen  $E_{50}$  değerleri ise 5580 kPa ile 9800 kPa arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.8).
ARAŞTIRMA CUKURU	TABİİ BİRİM	ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ SONUÇLARI				
NO	HACIM AĞIRLIK	C kPa	$oldsymbol{ ilde{O}}^0$	E <sub>50</sub> (σ <sub>3</sub> =50kPa)	E <sub>50</sub> (σ <sub>3</sub> =100kPa)	E <sub>50</sub> (σ <sub>3</sub> =200kPa)
AÇ2	1,99	122	13,8 <sup>0</sup>	8820	8820	8643
AÇ3	1,99	103	15,8 <sup>0</sup>	5226	6801	8467
AÇ14	1,88	72	6,2 <sup>0</sup>	4501	5512	6664
AÇ15	1,88	71	6,4 <sup>0</sup>	5985	4655	5580
AÇ16	1,89	76	8,7 <sup>0</sup>	8820	2658	6100
AÇ17	1,89	79	9,5 <sup>0</sup>	10671	4704	8754
AÇ18	1,88	120	6,1 <sup>0</sup>	11433	6681	6533
AÇ19	1,84	84	5,1 <sup>0</sup>	9310	9800	8463
AÇ20	1,88	118	6,8 <sup>0</sup>	10553	13368	9800

Çizelge 4.8. Konsolidasyonsuz drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyi sonuçları.

#### 4.3. Deformasyon Parametreleri Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler

Deformasyon parametrelerinin belirlenmesi için konsolidasyon ve şişme deneyleri yapılmıştır. (Resim 4.4, Resim 4.5, Ek-5). Deneylerin sonucunda en düşük aşırı konsolidasyon oranı (OCR) 2,90, en yüksek şişme basıncı değeri 203,7 kPa çıkmaktadır (Çizelge 4.9). OCR sonuçları Holtz ve Kovacs (1981) (Bkz. Çizelge 4.10) ile karşılaştırılarak değerlendirildiğinde, çalışma sahası killerinin aşırı konsolide olduğu anlaşılmaktadır.

ARAŞTIRMA	KONSOLİDASYON SONUÇLARI						
						Şişme	
ÇUKURU	Pc	Po	OCR	Cc	$C_s$	Basinci	
NO	(kPa)	(kPa)				(kPa)	
AÇ1	150	37,6	3,90	0,067	0,013	74,4	
AÇ2	130	39,8	3,20	0,083	0,014	19,8	
AÇ14	170	37,6	4,50	0,168	0,016	18,2	
AÇ15	110	37,6	2,90	0,116	0,023	10,3	
AÇ16	150	37,8	3,90	0,075	0,016	89,1	
AÇ17	130	37,8	3,40	0,148	0,025	50,9	
AÇ18	180	38,2	4,70	0,261	0,056	152,8	
AÇ19	140	36,8	3,80	0,093	0,020	203,7	
AÇ20	140	37,6	3,70	0,093	0,017	189,1	

Çizelge 4.9. Konsolidasyon deneyi sonuçları.



Resim 4.4. Konsolidasyon deneyinde okuma alınırken.



Resim 4.5. Numunenin ödometre cihazına yerleştirilip deneye hazırlanması.

OCR	TANIM
1	Normal Konsolide
1-2	Orta Derecede Konsolide
2-8	Aşırı Konsolide
>8	Çok Aşırı Konsolide

Çizelge 4.10. Zeminlerin konsolidasyon dereceleri [Holtz ve Kovacs, 1981].

Serbest şişme deney sonuçlarına göre şişme yüzdesi grafiği çizilmiş (Şekil 4.2) ve en yüksek şişme yüzdesi % 6,2 olduğu görülmüştür. Serbest şişme deneyi sonuçları Holtz ve Gibbs (1956) (Bkz. Çizelge 4.11) ile karşılaştırıldığında çalışma sahasındaki killerin çoğunluğunun serbest şişme yüzdesinin yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11. Şişme potansiyeli tanımı [Holtz ve Gibbs, 1956].

Serbest Şişme (%)	Tanım
0-1,5	Düşük
1,5 – 5	Orta
5-25	Yüksek
>25	Çok Yüksek

Cizelge 4.12.	Serbest	sisme	denevi	sonucları.
7		3-3		

Araștırma	Serbest Şişme	Tanım
Çukuru No	Yüzdesi (%)	
AÇ1	2,147	Orta
AÇ2	2,06	Orta
AÇ14	1,207	Düşük
AÇ15	0,62	Düşük
AÇ16	6,2	Yüksek
AÇ17	5,547	Yüksek
AÇ19	5,225	Yüksek
AÇ20	5,313	Yüksek



Şekil 4.2. Serbest şişme yüzdesi grafiği.

Yeniçağa yerleşim alanlarında genellikle tek katlı konutlarda gelişen çatlak hasarları şişmeden kaynaklanmaktadır (Resim 4.6) [Uran 2005]. Çalışma sahasında killerin yoğun olduğu yeniçağa Gölü ile Zonguldak yolu arasında şişme problemleri ile karşılaşılabileceği deney sonuçlarından anlaşılmıştır. Bu nedenle eş şişme basıncı (Harita 4.2) ve eş serbest şişme yüzdesi haritaları (Harita 4.3) oluşturulmuştur. Bu haritalarda koyu renkli yerler şişme problemleri ile karşılaşılabilecek alanlardır. Hava fotoğraflarından çizilen eski göl alanları (G1 ve G2) ile güncel gölün (G3) çizili olduğu haritanın üzerine şişme basıncı haritası düşürülerek yeni bir harita oluşturulmuştur (Harita 4.4). Eş şişme basıncı haritası (Harita 4.2) ile Birleşik zemin sınıfları (USCS) haritası (Harita 4.1) karşılaştırıldığında uyumlu olduğu görülmektedir.

Killerin aşırı konsolide olmaları Yeniçağa havzasının jeolojik evrimi ve gölün geçirmiş olduğu evre ile ilgilidir. Eski gölün (G1) kıyı kotu ile güncel gölün (G3) kıyı kotu arasında 22 metrelik fark vardır. Eski göl alanlarındaki (G1, G2) kuruma aşırı konsolidasyon değerlerinin yüksek çıkmasını açıklamaktadır (Harita 4.4).



Resim 4.6. Yeniçağa (Bolu) yerleşim alanı zemininde meydana gelen şişme sonucu, tek katlı konut duvarında diyagonal yönde gelişen çatlak yapısı (Uran 2005).



Harita 4.2. Eş şişme basıncı haritası.



Harita 4.3. Eş serbest şişme yüzdesi haritası.



Harita 4.4. Şişme probleminin yoğun olduğu alanların eski göl alanlarındaki durumu.

Çalışma sahasında araştırma çukurlarından alınmış ve şişme özelliği gösteren zemin numuneleri, aynı lokasyonlarda ve seviyelerdeki İller Bankası zemin sondajlarından alınan numunelerin plastisite indisi (PI), kil yüzdesi (C) ve aktivite kullanılarak yapılan şişme potansiyeli değerlendirmesi ile de karşılaştırıldığında sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir. İller Bankası Sondajlarından (SK) alınan numunelerin şişme potansiyelleri aşağıda çizelgede (Çizelge 4.13) verilmiştir.

Çizelge 4.13. İller Bankası sondaj kuyularından alınan numunelerin şişme potansiyeli değerlendirmeleri.

Kuyu /Derinlik/ZeminSınıfı	%PI	%C	Aktivite	Şişme Potansiyeli
SK1 / 1.50-1.95 / CL	22	18	1,69	Orta şişme (Klorit baskın)
SK14 / 3.00-3.45 / ML	16	29	0,67	Orta şişme
SK15 / 3.00-3.45 / CL	20	29	0,83	Orta şişme
SK15 / 3.60-4.20 / CH	27	44	0,69	Yüksek şişme (Smektit çok baskın)
SK16 / 3.00-3.45 / ML	3	27	0,14	Düşük şişme
SK16 / 3.60-4.20 / CH	27	54	0,55	Orta şişme (Klorit+ İllit baskın)
SK19 / 2.10-2.70 / MH-OH	40	60	0,72	Yüksek şişme (Smektit çok baskın)
SK19 / 3.00-4.95 / CL	23	47	0,55	Orta șișme
SK20 / 3.60-4.20 / CH	29	31	1,12	Yüksek şişme (Smektit baskın)

## 4.4. Sismik Kırılma Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirmeler

Çalışma alanında alınan ölçülerden  $V_p$  ve  $V_s$  hızları ile  $V_{s30}$  (m/sn) değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.14).  $V_{s30}$  değerleri genellikle 304 m/sn ile 392 m/sn arasında bulunmaktadır. Sadece JF-7'de  $V_{s30}$  değeri 714 m/sn bulunmuştur.

Çalışma alanında zemin hakim titreşim periyotları 0,17 – 0,40 sn, göreceli zemin büyütmelerinin ise genellikle 2' nin üzerinde değerler aldığı görülmektedir (Çizelge 4.15). Göreceli zemin büyütme değerlerinin 2 ve üzerinde olması nedeni ile yapı tasarımlarında dikkate alınmalıdır (Harita 4.5).

Serim	Tabaka	V <sub>p</sub>	Vs	h (Kalınlık)	V <sub>s 30</sub>
No	Sırası	m/sn	m/sn	m	m/sn
	1	183	126	1,3	
	2	637	207	13	
JF-1	3	2130	730		317
	1	194	161	1	
	2	911	261	8	
JF-2	3	1832	516		387
	1	339	189	0,5	
	2	438	244	12	
JF-3	3	1659	394		312
	1	206	127	1	
	2	1348	184	7	
JF-4	3	1954	416		304
	1	364	193	0,8	
	2	1289	274	9,5	
JF-5	3	3011	502		384
	1	531	230	1,5	
	2	645	319	5	
JF-6	3	1853	390		364
	1	489	340	1	
	2	703	563	10	
JF-7	3	1409	891		714
	1	287	173	0,5	
	2	497	249	10	
JF-8	3	1891	374		310
	1	199	103	1,5	
	2	726	309	10	
JF-9	3	1354	776		392

Çizelge 4.14. Sismik kırılma ölçüm sonuçları.

Çizelge 4.15. Zemin büyütmesi (Ak) ve zemin hakim titreşim periyotları ( $T_o$ ).

ÖLÇÜ NO	T <sub>o</sub> (sn)	Ak (boyutsuz)
JF-1	0,38	2,6
JF-2	0,31	2,4
JF-3	0,38	2,4
JF-4	0,4	2,8
JF-5	0,31	2,3
JF-6	0,33	2,2
JF-7	0,17	1,6
JF-8	0,38	2,5
JF-9	0,31	2,6



Harita 4.5. Çalışma sahası eş zemin büyütme (Ak) haritası.

## 4.5. X- Işınları Difraksiyonu Analiz Sonuçları ve Değerlendirmeler

X-ışınları difraksiyonu analizine tabi tutulan numunelerdeki mineral oranları ile kil türlerinin oranları aşağıda çizelgelerle verilmiştir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de etilen glikollü ve 550°C' de kurutulan numunelerin çekimlerinin difraktogramları verilmiştir. Diğer numunelerin difraktogramları ise Ek-7'de verilmiştir.

60



Şekil 4.3. SK11/UD1 nolu kil numunesinin etilen glikollü X ışınları difraksiyon çekimi.



Şekil 4.4. 550°C de kurutulan SK11/UD1 nolu kil numunesinin X ışınları difraksiyon çekimi.

SK1/UD1/SM	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	155	54	37
Kalsit	0.74	9	7	5
Feldispat	1.62	8	13	9
Kil minerali	14.62	5	73	49
-		Toplam (t):	147	

Çizelge 4.16. XRD analizine tabi tutulan SK1/UD1 numunesindeki mineral oranları.

Çizelge 4.17. SK1/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)				
Smektit	20			
Klorit	35			
İllit	25			
I-C	5			
Kaolinit	5			
Korensit	10			

Çizelge 4.18. XRD analizine tabi tutulan SK3/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK3/UD1/CL	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	152	53.2	25
Kalsit	0.74	eser	eser	eser
Feldispat	1.62	7	11.34	5
Kil+mika	14.62	11	160.82	70
		Toplam (t):	225.36	

Çizelge 4.19. SK3/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	30	
Klorit	30	
İllit	20	
I-C	10	
I-S	5	
Kaolinit	5	

Çizelge 4.20. XRD analizine tabi tutulan SK8/SPT4 numunesindeki mineral oranları.

SK8/SPT4/CL	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	155	54.25	25
Kalsit	0.74	20	14.8	6
Feldispat	1.62	21	34.02	14
Kil+mika	14.62	90	131.58	55
		Toplam (t):	234.65	

Çizelge 4.21. SK8/SPT4 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	30	
Klorit	20	
İllit	5	
I-C	5	
I-S	5	
Kaolinit	5	
Korensit	10	

Çizelge 4.22. XRD analizine tabi tutulan SK9/SPT4 numunesindeki mineral oranları.

SK9/SPT4/CH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	145	50.75	5
Kalsit	0.74	63	46.62	5
Cristobalit	2	80	160	16
Dolomit	1	28	28	3
Feldispat	1.62	130	210.6	20
Klinoptilolit	1.5	40	60	6
Kil+mika	14.62	30	438.6	45
		Toplam (t):	994.57	

Çizelge 4.23. SK9/SPT4 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	60	
Klorit	15	
İllit	10	
I-C	5	
I-S	5	
Kaolinit	5	

Çizelge 4.24. XRD analizine tabi tutulan SK11/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK11/UD1/CH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	144	50	9
Kalsit	0.74	10	7.4	1
Dolomit	1	10	10	2
Feldispat	1.62	49	79	15
Kil minerali	14.62	27	383	73
		Toplam (t):	529	

Çizelge 4.25. SK11/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	60	
Klorit	15	
İllit	10	
I-C	5	
I-S	5	
Kaolinit	5	

Çizelge 4.26. XRD analizine tabi tutulan SK15/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK15/UD1/CH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	145	50.75	13
Kalsit	0.74	25	18.5	5
Kristobalit	2	15	30	8
Feldispat	1.62	45	72.9	19
Klinoptilolit	4	10	40	10
Kil+mika	14.62	12	175.44	45
		Toplam (t):	387.59	

Çizelge 4.27. SK15/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	45	
Klorit	25	
İllit	10	
I-C	5	
I-S	5	
Kaolinit	5	
Korensit	5	

Çizelge 4.28. XRD analizine tabi tutulan SK16/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK16/UD1/CH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	150	52.5	12
Kalsit	0.74	40	29.6	7
Dolomit	1			eser
Kristobalit	2			eser
Feldispat	1.62	22	35.6	8
Klinoptilolit	4	10	40	8
Kil+mika	14.62	20	292.6	65
		Toplam (t):	450.3	

Çizelge 4.29. SK16/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)		
Smektit	25	
Klorit	20	
İllit	20	
I-C	5	
Kaolinit	10	
Korensit	20	

Çizelge 4.30. XRD analizine tabi tutulan SK18/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK18/UD1/CL	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	146	51	21
Kalsit	0.74	29	21	8
Dolomit	1	8	8	3
Feldispat	1.62	30	49	20
Kil minerali	14.62	8	117	48
		Toplam (t):	541.4	

Çizelge 4.31. SK18/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)					
Smektit 30					
Klorit	30				
İllit	20				
I-C	10				
Kaolinit	5				
Korensit	5				

Çizelge 4.32. XRD analizine tabi tutulan SK19/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK19/UD1/MH-OH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	145	51	12
Kalsit	0.74	50	37	8
Dolomit	1	17	17	4
Feldispat	1.62	39	63	15
Kil minerali	14.62	18	263	61
		Toplam (t):	431	

Çizelge 4.33. SK19/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)					
Smektit 45					
Klorit	25				
İllit	10				
I-C	10				
I-S	5				
Kaolinit	5				

Çizelge 4.34. XRD analizine tabi tutulan SK20/UD1 numunesindeki mineral oranları.

SK20/UD1/CH	katsayı (k)	h (mm)	k×h	mineral (%): (k×h×100) / t
Kuvars	0.35	145	50.75	17
Kalsit	0.74	50	37	12
Feldispat	1.62	60	97.2	32
Kil+mika	14.62	8	117	39
		Toplam (t):	302	

Çizelge 4.35. SK20/UD1 numunesindeki kil türlerinin oranları.

Kil mineralleri (% hacim)					
Smektit 35					
Klorit	20				
İllit	15				
I-C	10				
Kaolinit	5				
Korensit 15					

X-ışınları difraksiyonu deneyine tabii tutulan numunelerin tamamında % 55 kil minerallerinin (Çizelge 4.36) bulunmasından dolayı zemin davranışının tamamen kilin etkisinde olacağını söyleyebiliriz. Yapılan hesaplar neticesinde alınan örneklerdeki kil minerallerinin % 38' i Smektit, % 23,5 Klorit, % 12,6 İllit, % 7 I-C (İllit - Klorit karışık tabakalı), % 6,5 Korensit (C - V: Klorit - Vermikülit, C-S: Klorit - Simektit karışık tabakalı), % 5,5 Kaolinit ve % 3 I - S (İllit - Smektit karışık tabakalı) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.37).

Mineral adı	katsayı (k)	% Mineral		
Kuvars	0.35	17.6		
Kalsit	0.74	6.2		
Feldispat	1.62	15.7		
Kil minerali	14.62	55.0		
Dolomit	1	1.2		
Klinoptilolit	1.5	2.4		
Kristobalit	2	1.7		
Diğer		0.3		

Çizelge 4.36. XRD analizine tabi tutulan numunelerdeki ortalama mineral oranları.

Çizelge 4.37. Kil türlerinin ortalama oranları.

Kil mineralleri (% hacim)					
Smektit	38.0				
Klorit	23.5				
İllit	12.6				
I-C	7				
Korensit	6.5				
Kaolinit	5.5				
I-S	3				
Diğer	3.9				

Çalışma alanındaki kil türlerine bakıldığında en fazla Smektit grubu kil minerallerinin bulunması çok dikkat çekicidir. Bunun yanı sıra şişme deneylerinde de yüksek şişme potansiyeli bulunmasından dolayı çalışma alanındaki killerde yüzeye yakın seviyelerde şişme problemleri ile karşılaşılması muhtemeldir.

### 4.6. Deprem Tehlike Analizi Bulguları ve Değerlendirmeler

Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 – 2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 ( $M \ge 4.5$ ) ve üzeri olan depremler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Ulusal Deprem İzleme Merkezinden (UDİM) temin edilmiştir (Ek-8). Çalışma sahası için alınan sismik kaynaklar Çizelge 4.38' de gösterilmiştir.

Çalışma alanı için noktasal kaynak baz alınarak hesaplanan maksimum yatay yer ivmeleri (PGA) incelendiğinde (Bkz. Çizelge 4.39), 7,3 büyüklüğündeki bir depremde oluşabileceği düşünülen maksimum yatay yer ivmesinin (PGA) ortalama

0.31g olduğu görülmektedir. Çizgisel kaynak baz alınarak yapılan hesaplamalarda ise hesaplanan maksimum yatay yer ivme (PGA) değeri ortalama 0,57g'dir. Çalışma sahası için tasarım deprem büyüklüğü (M) en az 7,3 ve maksimum yatay yer ivmesi de 0,57g alınmalıdır.

Çizelge 4.38. Çalışma sahası ve çevresinde belirlenen sismik kaynaklar.

Çizgisel, Alansal ve/veya Noktasal Sismik Kaynaklar	
Kaynak – 1	01.02.1944, Koordinat : $41.41 \text{ N} - 32.69 \text{ E}$ , M = 7,3
(Noktasal kaynak)	Derinlik: 10 km. Episantırdan olan uzaklık: 14,5 km
Kaynak – 2	Kuzey Anadolu Fayı
(Çizgisel kaynak)	

Çizelge 4.39. İvme azalım ilişkileri kullanılarak noktasal ve çizgisel sismik kaynaklar ile hesaplanan maksimum yatay yer ivmesi değerleri (PGA).

Sismik kaynak	Kaynak 1	Kaynak 2				
H, Odak derinliği (km)	10	10				
Hiposantr uzaklığı (km)	17,6	10				
$\Delta$ , Episantr uzaklık (km)	14,5	0,5				
M (magnitüd)	7,3	7,3				
Abrahamson & Silva 1997	0,29	0,81				
Boore ve ark. 1997 *	0,24	0,55				
Campbell ve Bozorgnia 2003	0,40	0,40				
Ulusay ve ark. 2004	0,38	0,52				
Kalkan & Gülkan 2004 *	0,26	0,56				
Ortalama PGA (g)	0,31	0,57				
* Hesaplarda hiposantr uzaklığı kullanılmıştır.						

Buradan hareketle; Çalışma alanında yapılacak yapılar, bölgeye ait yukarıdaki deprem büyüklükleri ve sismik risk analiz değerleri göz önüne alınarak projelendirilmelidir.

## 4.7. Taşıma Gücü Sonuçları ve Değerlendirmeler

Taşıma gücü hesapları Meyerhof (1963) ve Hansen (1970) yöntemlerine göre yapılmıştır. Temel derinliği 2 m alınmıştır. Hesaplar da 5 farklı temel boyutu

seçilmiştir. İzin verilebilir taşıma gücü değerleri 224,07 kPa ile 310,75 kPa arasında değişmektedir (Çizelge 4.40). Çalışma sahasında bina kat sayısı genellikle 3' dür. Binanın zemine ileteceği gerilme (~ 45 kPa), killerin hakim olduğu bu bölgede şişme basıncından daha düşük olduğundan yüzeye yakın kısımlarda şişme problemleri beklenmelidir.

Temel						
Boyutları (m)	1*1	2*2	3*3	1*20	20*20	
Metod	Meyerhof (1963, 1981)					
q <sub>u</sub> (kPa)	928.41	788.78	742.59	756.19	672.2	
q <sub>all</sub> (kPa)	309.47	262.93	247.53	252.06	224.07	
Metod		Ha	insen (19	70)		
q <sub>u</sub> (kPa)	932.26	905.42	821.24	755.66	682.96	
q <sub>all</sub> (kPa)	310.75	301.81	273.75	251.89	227.65	

Çizelge 4.40. Taşıma gücü analiz sonuçları.

#### 4.8. Kumlarda Ani Oturma Sonuçları ve Değerlendirmeler

Çalışma sahasında çok katlı bina olarak genellikle 3 katlı binalar vardır. Bu nedenle net temel gerilmesi 45 kPa alınmıştır. Ani oturma hesaplamaları çalışma sahasının Zonguldak yolu doğusundaki kumlu seviyeler için yapılmıştır. Hesaplamalarda bu alan için düzenlenmiş olan kuyu logundan alınan SPT N değerleri kullanılmıştır. Temel derinliği 2m olmak üzere, farklı temel boyutlarına göre kumlarda ani oturmalar hesaplanmıştır.

Zonguldak yolu doğusundaki kumlu seviyeler orta sıkı yapı göstermekle beraber yer yer gevşek seviyeler de gözlenmiştir. Bundan dolayı hesaplarda sıkı kumların yanı sıra gevşek kumlar için de geliştirilmiş bağıntılar kullanılmıştır. Bulunan ani oturma değerlerinin düzeltmeleri yapıldıktan sonra 25mm'nin altında olduğu görülmektedir (Çizelge 4.41). Buna göre, Zonguldak yolunun doğusunda kalan bloklu siltli kum çakılın hakim olduğu alanda, kumlu seviyelerde oturma problemi beklenmemektedir.

Temel	Sıkı k	umlarda	Gevşek kumlarda		
boyutları (m)	$S_{ani(mm)}$	Sanidüz (mm)	$S_{ani(mm)}$	Sanidüz (mm)	
1*1	1.42	1.42	2.34	2.34	
2*2	0.36	0.36	3.38	3.38	
3*3	1.02	1.02	5.04	5.04	
20*20	2.14	2.09	19.05	18.6	
Yöntem	Burland ve Burbidge (1987)				

Cizelge 4.41. Kumlarda ani oturma hesaplarının sonuçları.

#### 4.9. Sıvılaşma değerlendirmesi

Çalışma sahasında Zonguldak yolu doğusunda 12-15 metre derinliklere (İller Bankası sondaj kuyusu loglarından) kadar bloklu çakıl, bloklu siltli kum-çakıl seviyeler hakimdir. Bloklar genellikle serbest haldedir. Zeminlerin bu alanda gradasyonları incelendiğinde (Ek-9) çakıl içeriğinden dolayı potansiyel sıvılaşma aralığına girmediği görülmüştür (Şekil 4.5). Bununla birlikte son çalışmalarda çakıllarında sıvılaşabileceği gösterilmiştir (Kramer, 1996). Bu nedenle NCEER (1998) ve Youd ve ark. (2001) yöntemi kullanılarak SPT' den sıvılaşma analizi yapılmıştır. Analiz Zonguldak yolu doğusu için genelleştirilmiş kuyu logundaki killi seviye (9 m) ile yer altı suyu statik seviyesinin (7,5 m) arasındaki kumlu çakıl birimi için yapılmıştır (Ek-10). Analiz neticesinde bu seviyenin sıvılaştığı görülmüştür (Şekil 4.6). Buna göre, 7.3 büyüklüğünde bir depremde Zonguldak yolu doğusunda sıvılaşan kum – çakıl seviyelerinin olabileceği beklenmelidir.

Çalışma alanının Zonguldak yolu batısındaki zeminlerin büyük oranda CL-CH sınıfında olması, ayrıca deney sonuçlarından 0,005 mm'den geçen ince tane yüzdesinin % 15 'den az olması ile likit limit değerlerinin % 35'den, kil içeriklerinin ise % 10'dan büyük olması yani kohezyonlu bir zeminin sıvılaşması için gerekli olan üç kriterin tamamını karşılamamasından dolayı bu alanda ise sıvılaşma beklenmemektedir.



Şekil 4.5. Zeminlerde potansiyel sıvılaşma granülometri aralığı (Handbook on liquefaction Remediation on Reclaimed Land 1997, Mollamahmutoğlu ve Babuçcu 2006).



Şekil 4.6. Çalışma sahasının Zonguldak yolu doğusu için genelleştirilmiş sondaj logundan, SPT değerlerine dayalı sıvılaşma analizi sonucu.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanının tamamını göl ve göle dökülen akarsuların birlikte oluşturduğu alüvyon oluşturmaktadır. Araştırma çukuru logları ve İller Bankası zemin sondajları değerlendirildiğinde tez sahasının Yeniçağa Gölü ile Zonguldak yolu arasında CL ve CH sınıfı zeminler hakim, Zonguldak yolunun doğusundaki alanlarda ise bloklu kumlu siltli çakıl seviyelerinin hakim olduğu görülür. Bloklu kumlu siltli çakıl seviyelerinin hakim olduğu görülür. Bloklu kumlu siltli çakıl seviyeleri 8 - 15 metre derinlikte olup, bu derinliklerden sonra killi seviyeler başlamaktadır. Alüvyonlarda ki araştırma çukurları ve İller Bankası sondaj kuyularında gözlenen yer altı suyu statik seviyeleri, killerin hakim olduğu göl tarafında 1,70 m, bloklu siltli kum çakılların hakim olduğu Zonguldak yolu doğusunda ise genellikle 7.5 m' de olduğu gözlenmiştir.

Çalışma sahası zeminlerin % 50' si ince taneli; % 50' si de iri tanelidir. Zeminlerin % 35' i CL (düşük ile orta plastisitede çakıllı, kumlu, siltli kil), % 15' i CH (yüksek plastisiteli inorganik kil), % 25' i GP (kötü derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı), % 15' i GW (iyi derecelenmiş çakıl, çakıl - kum karışımı), % 5' i GM (siltli çakıllar, fena derecelenmiş çakıl – kum - silt karışımı) ve % 5'i SP (kötü derecelenmiş kumlar ve çakıllar) sınıfı zeminlerden oluşmaktadır.

CH sınıfı zeminlerin plastiklik derecesi ve likidite indisine göre kıvamı plastiktir. CL sınıfı zeminlerin plastiklik derecesi, plastik - az plastik, likidite indisine göre CL sınıfı zeminlerin kıvamı ise AÇ1 ve AÇ2 de katı, AÇ14, AÇ15, AÇ16 ve AÇ17 de plastiktir.

Konsolidasyonsuz drenajsız üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre; kohezyon (c) değerleri, 71 - 122 kPa arasında, içsel sürtünme açısı ( $\emptyset$ ) değerleri ise 5,1° - 15,8° arasındadır.

Konsolidasyon deneyi sonuçlarına göre; Ön konsolidasyon basıncı değerleri 110 - 180 kPa, OCR değerleri 2,90 - 4,70, C<sub>c</sub> değerleri 0,067 - 0,261, C<sub>s</sub> değerleri 0,013 - 0,156 ve şişme basıncı değerleri 10,3 kPa ile 203,7 kPa arasında değişmektedir.

Serbest şişme deneyine göre ise serbest şişme yüzdesi % 0,62 ile % 6,20 arasında değişmektedir.

X-ışınları difraksiyonu deneyine tabii tutulan numunelerin tamamında % 55 kil minerallerinin bulunmasından dolayı çalışma sahası batısında (göl tarafında) zemin davranışının tamamen kilin etkisinde olacağını söyleyebiliriz. Killerde en fazla Smektit grubu kil mineralleri bulunmaktadır. Bu da şişme deneylerinde gözlenen yüksek şişme potansiyelini açıklamaktadır. Bununla beraber killerin aşırı konsolide olmaları, çalışma sahasını da kapsayan eski göl alanlarındaki kuruma ile açıklanabilir.

Çalışma alanında sismik kırılma ölçümleri yapılmıştır. Hesaplanan  $V_{s30}$  değerleri genellikle 304 m/sn ile 392 m/sn arasında bulunmaktadır. Sadece JF-7 ' de  $V_{s30}$  değeri 714 m/sn bulunmuştur. Sığ temellerde sismik kırılma ölçümlerinin birinci tabakası dikkate alınmalıdır.

Çalışma alanı çevresindeki en büyük deprem büyüklüğü 7,3 dir. En çok gerçekleşen deprem büyüklüğü ise 4,5 ile 6,0 arasında gerçekleşmiştir (Harita 3.6). Çalışma alanında herhangi bir yapılaşma ve planlama sırasında, yapı projeleri 7,3 ve daha büyük magnitüdlü tasarım depremine göre projelendirilmelidir. Deprem Bölgeleri Haritası'na (1996) (Harita 3.7) göre 1. derece deprem bölgesinde olup beklenen efektif ivme değeri 0,4g'den büyüktür. Alüvyon zeminleri dikkate alan bağıntılar kullanılarak hesaplanan yatay yer ivmeleri ile Deprem Bölgeleri Haritası'nda (1996) önerilen efektif ivme değerleri göz önüne alınırsa yapı tasarımlarının 0,57g ve daha büyük yatay pik ivme değerlerine göre yapılması uygun olacaktır. Yapılaşmalar depreme dayanıklı olmalıdır.

Bir zeminde zarar verici anlamda bir şişmenin meydana gelmesi için gerekli olan; Zeminde montmorillonitin (Smektit grubu) varlığı, zeminin doğal su içeriğinin PL civarında olması ve bir su kaynağının bulunması [Gromko, 1974] şartlarını, çalışma sahasının göl tarafında (killerin hakim olduğu Zonguldak yolu batısında) karşıladığı görülmektedir. Yüksek şişme potansiyeline sahip zeminlerde inşa edilen yapılarda, özellikle de hafif yapılarda, zemin kabarmaları sonucunda birçok deformasyonlar meydana gelebilmekte, hatta yapıların bir kısmı kullanılmaz hale gelebilmektedir.

Çalışma sahasında killi zeminlerin yoğun olduğu Zonguldak yolu batısındaki alanda yüzeye yakın seviyelerde zemin parametrelerinden kaynaklanan şişme problemleri ile karşılaşılabileceği düşünülmektedir. Bu gibi problemli zeminlerde yapılaşmalardan önce parsel bazında zemin etütleri yapılmalı, bu etüt raporlarında zeminden kaynaklanacak problemler ve iyileştirme yöntemleri belirtilmelidir. Zemin iyileştirmeleri de yapının özelliklerine ve zemindeki problemlerin durumuna göre ayrı bir proje şeklinde yapılmalıdır.

Zonguldak yolunun doğusundaki alanlarda ise sıvılaşan seviyeler tespit edilmiş ve bu seviyelerin yüzeyde hasar meydana getirebileceği düşünülmektedir. Bu alanda yapılaşmalardan önce yapılacak olan parsel bazında zemin etütlerinde sıvılaşma analizleri de yapılarak sıvılaşan seviyeler belirlenmeli, alınacak iyileştirme yöntemleri belirtilmelidir. Yapılaşmalardan önce sıvılaşan seviyelerin zemin iyileştirme çalışmaları için ayrı bir iyileştirme projesi yapılmalıdır.

#### KAYNAKLAR

Abrahamson, N. A. and Silva, W.J., Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes. *Seism. Research Letters*, 68 (1): 94-127 (1997).

Allen, C.R., Active faulting in northern Turkey. Contrib. *Div. Geol. Sci., Calif. Inst. Technol.* No: 1577: 32 (1969).

Arca, M.S., Yeniçağa havzasının neotektoniği ve oluşumu, Bolu-Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü*, Ankara, 105 (2004).

ASTM, 1972, Inorganic index to the powder diffraction file. *Joint committee on powder diffraction standarts,* Pennsylvania (1943).

ASTM Designation:D 4546-96. Standart Test Methods for One-Dimensional Swell or Settlement Pottential of Cohesive Soils.

Avsar U., Boes X., Hubert-Ferrari A., Fagel N. Ve Schmidt S. Kuzey Anadolu Fayı Üzerinde Yer Alan Sığ Göllerde Tarihsel Depremlerin Sedimantolojik İzlerinin Araştırılması. Belçika Kraliyet Rasathanesi, Sismoloji Böl., Brüksel, Belçika. *Liege Ünv., Jeoloji Böl.*, Paleoiklim ve Kil Araştırmaları Birimi, Liege, Belçika. *Bordeaux Ünv.*, Fransa (2008).

Başokur, A.T., REF 2 Sismik Kırılma Değerlendirme Yazılımı, *Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm*, Ankara (2001).

BİB (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı), Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, *Deprem Araştırma Dairesi*, Ankara (1996).

Brindley, G.W., Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification. *G.W. Brindley and G.Brown* (eds.), London Mineralogical Society, 125-195 (1980).

Bolu Meteoroloji İl Müdürlüğü, *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, Rasat kayıtları, *Bolu Meteoroloji İl Müdürlüğü*, Bolu (2007).

Boore, D.M., Joyner, W.B. and Fumal, T.E., Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American earthquakes. A summary of recent work. *Seismological Reserch Letters*, 68 (1): 128-153 (1997).

Burak, Ö., Burak, N., İskefiyeli, D., Şimşek, M., Öztaşkın, U.O., Solakel, K., Bacak, H. ve Gülmez, A., Yeniçağa (Bolu) Revize İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu. *Eralp Zemin Etüdü – Jeolojik – Jeoteknik Araştırma*, Bolu (2001).

Burland, J. B. and Burbidge, M.C., Settlement of foundations on sand and Gravel. Papers Invited Lectures Centenary Celebrations, *Glasgow and West Scotland Assoc*. Of ICE, 5-46 (1987).

Campbell, K.W., The dependence of peak horizontal acceleration on magnitude, distance and site effects for small-magnitude earthquakes in Colifornia and eastern North America, BSSA, 79 (5): 1311-1346 (1989).

Campbell, K.W. and Bozorgnia, Y., Updated Near-Source Ground-Motion (Attenuation) Relations for the Horizontal and Vertical Components of Peak Ground. *Acceleration Response Spectra.* BSSA, 93 (1): 314-331 (2003).

Das, B.M., "Fundamentals of Soil Dynamics", *Elsevier Science Publishing Co.Inc.*, New York, 353-374 (1983).

Das.B.M., "Principles of Foundation Engineering", *Calfornia State University*, Sacramento (1999).

Demirtaş, R., Erkmen, C. ve Yaman M., 22 Ağustos 2000 Uruş-Güdül (Ankara) Deremi (MI=1.8). *Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Aktif Tektonik Grubu,* Ankara (2000).

Erdik, M., Durukal, E., Siyahi, B., Fahjan, Y., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M. Ve Akman, H., Depreme dayanıklı yapı tasarımında deprem yer hareketinin belirlenmesi. *5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı.* Mayıs, İstanbul 26-30 20-30, 30-40,45-55 (2003).

Fukushima, Y. And Tanaka, T., "A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong eartquake ground motion in Japan". *BSSA*: 80: 757-783 (1990).

Göğüş, M.H., "Ankara-Etimesgut İlçe Merkezi Güney-Doğu Bölümünün Zemin Parametrelerinin Tespit Edimesi", Yüksek Lisans Tezi, , *Gazi Üniversitesi, Yapı Eğitimi Bölümü*, Ankara, 1-60 (2004).

Gromko, G.J., "Reiew of Expansive Soils", *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 100 (GTG):1-10,10-20,25-35, 35-40 (1974).

Gülkan, P., Kalkan, E., "Attenuation modeling of recent earthquakes in Turkey,". *Journal of seismology*, 6: 397-409 (2002).

Gündoğdu, M. N., Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Basenin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 386 (1982).

Handbook on liquefaction Remediation on Reclaimed Land, *Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan, Rotterdam, P:241 (1997).* 

Hanna, A.M. ve Meyerhof, G.G. Experimental Evaluation of Bearing Capacity of Footings Subjected to Inclined Loads, *Canadian Geotechnical Journal*, 18(4): 599-603 (1981).

Hansen, J.B., A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity, *Danish Geotechnical Institute*, Copenhagen, Bulletin, 28 (1970).

Holtz, R.D., and Kovacs, W.D. Geoteknik Mühendisliğine Giriş. Çeviren: K. Kayabalı, *Gazi Kitabevi*, 2002 :723 . (1981).

Holtz, W.G. and Gibbs, H.J. "Propeties of Expansive Clays" *Transactions ASCE*, 121: 641-677 (1956).

İnan, E., Çolakoğlu, Z., Koç, N., Bayülke, N. ve Çoruh, E. "1976-1996 yılları arası ivme kayıtları olan katoloğu", *TC. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Daire Başkanlığı,* . Ankara 97 (1996).

Internet: Geologismiki Soil liquefaction assessment software, <u>Support@geologismiki.gr</u>, (2006).

Jackson, J. ve McKenzie, D. "Active tectonics of the Alpine – Himalayan belt between western Turkey and Pakistan", *Geoph. J. Roy. Astro.Soc.*;77: 185-104 (1984).

Joyner, W.B. and Boore, D.M., "Peak horizantal acceleration and velocity from strong motion recards, including records from the 1979 imperial valley", *Colifornia Earthquake:* BSSA, 71 (6): 2011-2038 (1981).

Kalkan, E. And Gülkan, P., Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey. *Earthquake Spectra*, 20(4):1-11, 15-25 (2004).

Kanai, K., "Engineering Seismology", *University of Tokyo Press*, Tokyo, 2-12,15-25,25-35, 35-45 (1983).

Kanıt, R., Temel inşaat. *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi*, Ankara, 98-99, (2003).

Kavak, K.Ş., Özden, S., Dündar, S. ve Över, S., Yeniçağa (Bolu) yöresinde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) ERS-2 SAR ve Landsat TM görüntüleriyle incelenmesi,. Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, *İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü 10-20, 20-30, 45-55* (2005).

Ketin, İ., "Tectonic Units of Anatolia", *Bull. Min. Rej. Expl. Inst,*. Turkey, 66: 23-34 (1966).

Ketin, İ. "Uber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen Anatolischen Erdbe-ben des letzten Dezenniums", *Geol.Rudsch,* 36: 77-83 (1948).

Kramer, S. L., "Geotechnical Earthquake Engineering", *Prentice Hall*, New Jersey, 348-423 (1996).

Kondo, H., Awata, Y., Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F., Yıldırım, C., Yoshioka, T. and Okumura, K., Slip distribution, fault geometry and fault segmentation of the 1944 Bolu-Gerede Earthquake rupture, North Anatolian Fault, Turkey. *Bulletin of Seismological Society of America*, 95 (4):1234-1249,(2005).

Leonards, G.A. "Foundation Engineering. Editor", *Mc Graw Hill Book Comp.*, 1136 (1962).

McKenzie, D., "Active tectonics of the Mediterranean region: geophys" *J.Roy.Astro.Soc.*, 30: 109-195 (1972).

Meyerhof, G.G., "Some Recent Research on The Bearing Capacity of Foundations", *Can. Geotech. J.*, 1 (1):16-26 (1963).

Midorikawa, S. "Tasarım Depremine göre İzosismik Haritanın Tahmini", *Journal of Structural Engineering*, 33B: 43-48 (1987).

Mollamahmutoğlu, M. ve Babuçcu, F. Zeminlerde Sıvılaşma Analiz ve İyileştirme Yöntemleri, Ankara, 1-10, 12-22, 27-37 (2006).

NCEER: "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report From The 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", *Journal of Geotechnical and Geoenviromental Engineering*, *ASCE*, 817-832 (1998)

Okay, A. I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., "Active Faults and Evolving Strike-slip Basins in the Marmara Sea, Northwest Turkey": *A multichannel seismic reflection study, Tectonophysics,* 321: 189-218 (2000).

Önalp, A. "Geoteknik Bilgisi I Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekaniği". Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 1-30, 15-25, 25-80 (1991).

Sadigh, K., Chang, S.Y., Egan, J.A., Makdıs, F. and Youngs, R.R., Attenuation relation ships for shallow crustal earthquakes based on Calfornia strong motion data. *Seismological Research letters*, 68 (1):180-189 (1997).

Seed, H.B., and Idriss, I.M., "Evaluation of Liquefaction Potential Sand Deposits Based on Observation of Performance in Previous Earthquakes", *ASCE National Convention*, St. Louis, missouri, 81-544 (1981). Seed, H.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., and Chung, R.M., "Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations", *Journal of Geotechnical Engineering*, 12: 1425-1445 (1985).

Serdar, H. S., Demir, O., Bolu, "Mengen, Devrek dolayının jeolojisi ve petrol olanakları". *TPAO*, Ankara, Rap. No: 1322 (1983).

Sevin M., A. Aksay, "Türkiye Jeoloji Haritaları No:35 BOLU-G28 paftası", *MTA, Jeoloji Etütler Dairesi*, Ankara (2002).

Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. ve Rangin, C., "The North Anatolian Fault", *A New Look. Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33: 1-75 (2004)

Tchalenko, J.S., "Similarites between shaer zones of different magnitudes", *Geol.Soc.Am.Bull.* 81: 16-25-40 (1970).

Tokmakkaya, P. ve Dayan, S., "Yeniçağa (Bolu) İmar Planına Esas Jeolojik Etüt Raporu", *İller Bankası Genel Müdürlüğü*, Ankara (2005).

TS 1900-1. "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini", 1-35(2006).

TS 1900-2. "İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini" 1-60 (2006).

Tunç, A., "Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları", Ankara, 1-75 (2002).

UDİM (Ulusal Deprem İzleme Merkezi), "2008 kayıtları". *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi*, İstanbul (2008)

Ulamış, K., "Bolu İli D100 Karayolu İle Büyüksü Deresi Arasındaki Normal Konsolide Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri Arasındaki İlişkiler", Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara 1-75 (2002).

Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H. and Gökçeoğlu, C., "An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and İso-Acceleration Map of Turkey", *Engineering Geology*, 74: 265-291 (2004).

Uran, Ş.B., "Yeniçağa (Bolu) Killerinin Şişme Potansiyellerinin İrdelenerek Çevresel Etkilerinin Araştırılması". Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Bölüm*, 1-80 Ankara (2005).

Ulutaş, E., Güven, İ.T., Irmak, S.T., Sertçelik, F., Tunç, B., Çetinol, T., Çaka, D Özer, M.F. ve Kenar, Ö., "Doğu Marmara Bölgesi için Deneysel En Büyük Yatay İvme Uzaklık Azalım İlişkisi ve Kocaeli'nin Probalistik Deprem Tehlikesi". *Kocaeli* 2003 Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 14-26 (2003). Vesic, A.S., "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations, Journal of the soil Mechanics and Foundations Division", *American Society of Civil Engineering*, 99 (SM1): 45-73 (1973).

Yıldırım, S., "Zemin incelemesi ve Temel Tasarımı", *Yıldız Teknik Üniversitesi,* İstanbul, 1-70 (2002).

Yılmaz, I. ve Karacan, E., "Zeminlerin Şişme Özelliği", *Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği,* Sivas, 52: 17-26 (1998).

Youd, T.L. and Gilstrap, S.D., "Liquefaction and Deformation of Silty and Fine-Granied Soils", *Earthquake Geotechnical Engineering*, Balkema, Rotterdam, 1013-1020 (1999).

Zaimoğlu, Ş., Erzurum Şehir Merkezinde Zemin-Yapı Etkileşimi ve Deprem Hasarları. *Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-60 (1993).

EKLER

# EK-1. Araştırma çukuru logları.

				ARAŞT	IRMA (	ÇUKI	JRU L	ogu				
Projenin A Koordinat	dı ve ` lar	Yeri	Yeniçağ	a (Bolu)		Çukur Tarih	No	:	AÇ1	008		
	X		4518376	4518376 Mühendis		÷	İsmail B	ULUT				
	Y		419886	·		Kazı )	'öntemi		Makina	Makina ile		
	Z					Kazıc	Tipi	-	Hidrome	k kazıcı	I	
Çukur Der	rinliği		2,00 m									
Yeraltı suy	/u		Yok									
	210.000.002011											
D : Orse	lenmiş	numune	t)									
UD : Orse	lenmer	nış num	une			TTA da	TADICINE	OINTE				
Derinlik (m)	Nu	mune	Numune			ZEMIN	IARIFI VE	SINIFL	ANDIRILMA	SI		
Dennik (III)	No D	Derinlik (m)		Litoloji	Çukur Ağ Genislið	jiz ji	Ze	min Yapı	SI		Zeminin Tanımı	
0,50					0,80	m	Or	ta katı		0,10 _	Nebati Toprak Az çakıllı kil	
1,00							c	Orta katı				
1,50	1	2.00								2.00	Kahverenkli kil	
2,00		2,00	OD ve D							2,00		
2,50												
									2.0	0 m		
Açıklama:	Yan yü Yeraltı edildiğ	izeyler ker suyuna ras inde şekil	ıdini tutabilm stlanılmamış aldığı gözler	ne özelliğine sahiptir. .tır. Elle muayene nmiştir.			m ooo		3,0	0 m		
					Haz	zırlayan:			İsmail BU Jeoloji Müh	LUT endisi		



EK-1. (	Devam	) Arastırma	cukuru	logları.
(		,	3	

				ARAŞT	IRMA (	ÇUKI	JRU L	OGU	J	
Projenin A Koordinat	dı ve lar	Yeri	Yeniçağ	a (Bolu)		Çukur No : AÇ2 Tarih : 03,05 Mühendis : İsmail			AÇ2 03,05,20	008
	Y		420613	,		Kazı Y	röntemi	÷	Makina	ile
Çukur Der Yeraltı suy	z inliği ′u		2,00 m Yok			Kazio	ГПрі	•	Hidrom	ek kazıcı
D : Örsel	lenmiş	ş numune	L.							
UD : Orse	lenme	mış numi	une			ZEMİ	TARIFI VE	SINIFI	ANDIRIL MA	SI
Derinlik (m)	No	Derinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağ	IZ	Ze	min Yap	ISI	Zeminin Tanımı
0,50			0,90 n			m Yumuşak			Nebati Toprak	
1,00							o	rta katı		Çakıllı siltli kahverenkli kil
2,00	2	2,00	UD ve D							2,00
2,50										
Aciklama									2.5	50 m
Açıklama:	Yan y Yeralt edildi	üzeyler ken tısuyuna ras ğinde şekil i	ıdıni tutabilm ttanılmamış aldığı gözler	re özelliğine sahiptir. tır. Elle muayene ımiştir.			m 06,0		£15	
					Haz	zırlayan:			İsmail BU Jeoloji Müh	LUT nendisi

Şekil 1.2. AÇ-2 logu.

Projenin A	dı ve Yeri	Yeniçağ	a (Bolu)		Çukur No	)	:	AÇ3		
Koordinat	lar		-		Tarih		:	03,05,2	800	
	× v	451816	ő		Munenais	; 	•	Makina	ULUI	
	7	4215/1			Kazici Tin	ni		Hidrom	IIE ok koz	
Cukur Der	inliăi	2.00 m			rtuzioi in		•	Hiuron	ICK Kaz	
Yeraltı suy	<i>r</i> u	Yok								
D : Örsel UD : Örsel	lenmiş num lenmemiş n	une umune								
	Numune				ZEMIN TA	RIFI VE S	INIFLA	ANDIRILMA	SI	
Derinlik (m)	No Derinlik	k (m) Numune	Litoloji	Çukur Ağı Genişliği	z	Zemir	n Yapı	51		Zeminin Tanımı
0,50	50			Yumuşak				0,10	Az siltli çakıllı kil	
1,50						Orta	katı		1,50	Az cakıllı kahvarankii ki
2,00	3 2,00	) UD ve D							2,00	
2,50										
Açıklama:	Yan yüzeyle	r kendini tutabiln	ne özelliğine sahiptir.	2				3,	00 m	
	Yeraltisuyun edildiğinde ş	a rastanıimamış iekil aldığı gözler	tır. Elle muayene imiştir.		0,90 m					
				Haz	ırlayan:			İsmail BL	JLUT	

# EK-1. (Devam) Araştırma çukuru logları.

Şekil 1.3. AÇ-3 logu.

Projenin A	dı ve `	Yeri	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur No	o :		AÇ4	00	
Roordinat	X		x			Mühendis		0	İsmail Bl		
	Ŷ		Ŷ			Kazı Yör	temi ·	E	Makina i	6	
	Z					Kazıcı Ti	pi :		Hidrome	k kazı	CI
Çukur Der	inliği		1,60 m								
Yeraltı suy	'u		Yok								
D : Örse	lenmiş lenmer	numune	ine			G					
00.0130	Nu	mune	ine			ZEMIN TA	RIFI VE SI	NIFLA	NDIRILMAS	1	
Derinlik (m)		Desiglik (m)	Numune		Cukur Ağ	17					
	No L	Dennlik (m)		Litoloji	Genişliğ	i	Zemin	Yapıs	1		Zeminin Tanımı
				0,80					0,20	Nebati Toprak	
0,50				-244-24			Gevşe	ek		0,50	Killi çakıl
1,00							80.040				Kil silt bantlı bloklu
1,50	4	1,60	D				Siki			1,60	kum-çakıl
2,00											
2,50											
Acıklama:	Yan vi	izevler ken	dini tutabili	ne özelliğine sahintir	2				2,50	) m	
	Yeraltı kazılal	suyuna ras bilir.	tanimami	ştır. Kepçe ile kolay		0,80 m					
					Haz	urlayan:			İsmail BUL	UT	

EK-1. (Devam) Araştırma çukuru logları.

Şekil 1.4. AÇ-4 logu.

Projenin A	dı ve Y	'eri	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur No	D	:	AÇ5		
Koordinat	lar					Tarih		:	03,05,	2008	
	X		451766	4		Mühendi	S	:	Ismail	BULUT	
	Y 7		421205			Kazı Yör	ntemi	:	Makina	a ile	
Cukur Dor	2 inliăi					Kazici II	рі		Hidror	nek kazıc	1
Yeraltı suv	ningi ///		1,60 m								
rorate ouy	u		TUK								
D : Örse UD : Örse	lenmiş lenmen	numune nis numu	ine			5					
	Nun	nune				ZEMIN TA	RIFI VE S	INIFLA	NDIRILM	ASI	
Derinlik (m)	No D	erinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağı Genişliği	ğız Zemin Yapısı ği			51		Zeminin Tanımı
0,50					Gevş	ek		0,10	Nebati Toprak Killi çakıl		
1,00							Orta	sıkı			Kil bantlı kum-çakıl
1,50	5	1,60	D							1,60	
2,00											
2,50											
Açıklama:	Yan vü:	zevler ken	dini tutabili	ne özelliðine sahiptir.					2	,50 m	
	Yeraltıs	suyuna ras	tlanılmamı	ştır.Kepçe ile kolay ka	azılabilir.	0,80 m					
					Haz	urlayan:			İsmail B Jeoloji M	ULUT	

EK-1. (Devam) Araştırma çukuru logları.

Şekil 1.5. AÇ-5 logu.

Projenin A	Adı ve Yeri	i.	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur No	<b>b</b> :		AÇ6			
Koordinat	llar					Tarih : 03,05,2008						
	X		451750	0		Mühendis : İsn				ILUT		
	Y 7		420908			Kazı Yör	nterni :		Makina il	e	28	
Cukur Dei	∠ rinliăi		1.00 -			Nazici II	pi.		Hidrome	K Kazio	CI	
Yeraltı suv	/u		Yok									
	-		TOR									
D : Örse UD : Örse	lenmiş nur lenmemiş	mune numu	ne			5						
	Numun	e				ZEMIN TA	RIFI VE SIN	IIFLAN	NDIRILMAS			
Derinlik (m)	No Derin	ılik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağ Genişliğ	iz i	Zemin	Yapısı			Zeminin Tanımı	
				0,80				(	0,10	Nebati Toprak		
0,50						Gevşek			0,50	Killi çakıl		
1,00							Gevşe <del>l</del>	c			Bloklu kum-çakıl	
1,50	6 1,	60	D							1,60		
2,00												
2,50												
Açıklama:	Yan vüzev	ler kend	dini tutabili	ne özelliðine sahiptir.					2,50	) m		
	Yeraltısuyu	una rast	lanılmamı	ştır.Kepçe ile kolay ka	ızılabilir.	0,80 m						
					Haz	urlayan:			İsmail BUL	UT		

EK-1. (Devam) Araştırma çukuru logları.

Şekil 1.6. AÇ-6 logu.
Projenin 4	di ve Ve	ri	Venicač	a (Bolu)		Cukur No ·	AC7	
Koordinat	lar		roniyay			Tarih :	03.05.2	2008
	х		451714	8	ļ	Mühendis :	İsmail B	BULUT
	Y		421117			Kazı Yöntemi :	Makina	ile
Cultur Dor	Z					Kazıcı Tipi :	Hidron	nek kazıcı
Yeraltı suv	iniigi //		1,5 m					
roran ouy	u		TOK					
D : Örse UD : Örse	lenmiş n lenmemi	umune ş numu	ine					
	Num	une				ZEMİN TARİFİ VE SIN	IFLANDIRILMA	ASI
Derinlik (m)	No De	rinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağ Genişliğ	Z Zemin Y	Yapısı	Zeminin Tanımı
0,50					0,80	Gevşel	ĸ	0,10 Nebati Toprak Kumlu çakıl
1,00						Gevşe	k	Bloklu siitli kum-çakıl
1,50	7 1	,5	D					1,50
2,00								
2,50								
12 100							9	00 m
Açıklama:	Yan yüzı Yeraltısu	eyler ken iyuna ras	dini tutabilı tlanılmamı	ne özelliğine sahiptir. ştır.Kepçe ile kolay ka	zılabilir.	0'90 m	3,	
					Haz	ırlayan:	İsmail B	ULUT

Şekil 1.7. AÇ-7 logu.

Projenin A	di ve	Yeri	Yeniçağ	a (Bolu)		Çukur N	o :	AÇ8	000
Roordinat	X		451721	0		Mühendi	ie ·	lsmail B	
	Ŷ		401721	0		Kazı Vö	ntomi :	Makina	ile
	z		420035	6		Kazici T	ipi :	Hidrom	nek kazıcı
Çukur Der	inliği		1.60 m					Tharonn	
Yeraltı suy	<i>u</i>		Yok						
D : Örse	lenmi	ş numune emis numı	ine						
	N	lumune				ZEMIN T	ARİFİ VE SINIFL	ANDIRILMA	SI
Derinlik (m)	No	Derinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağı Genişliği	iz i	Zemin Yap	ISI	Zeminin Tanımı
0.50					0,80		Gevşek		0,10 Nebati Toprak Çakıllı kumlu kil
1,00							Gevşek		Bloklu siltli kum-çakıl
1,50	8	1,60	D						1,60
2,00									
2,50									
Açıklama:	Yan	vüzevler ken	dini tutabili	me özelliğine sahiptir.				2,5	50 m
	Yera	Itisuyuna ras	tlanılmamı	ştır.		0,80 m	$\sum$		
					Haz	irlayan:		İsmail BU	ILUT

Şekil 1.8. AÇ-8 logu.

Projenin A	di ve	Yeri	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur No	:	AÇ9	
Roordinat	iar V		454740	7		Iarih		03,05,2	8008
	x v		451713	7		Munendis	; 	Ismail E	
	7		422151			Kazı Yont	emi:	Makina	IIE Nek keziel
Cukur Der	inliăi		1.60 m			Razioi np		HIGION	IEK KAZICI
Yeraltı suy	'u		Yok						
D : Örse	lenmi	ş numune							
UD : Orse	lenme	emiş numu	ine			ZEMÍNI TAD			01
Derinlik (m)	N	umune	Numune		Outrue A X		UFI VE OINIFI		
	No	Derinlik (m)		Litoloji	Genişliği	z	Zemin Yap	ISI	Zeminin Tanımı
0,50					0,80		Gevşek		0,10 <u>Nebati Toprak</u> Bloklu kum-çakıl
1,00							Gevşek		Bloklu kum-çakıl
1,50	9	1,60	D			_			1,60
2,00									
2,50									
Açıklama:	Yan	rüzevler ken	dini tutabili	me özelliğine sahintir			×	3,	00 m
	Yeral	tisuyuna ras	tlanılmamı	ştır.		0,80 m	$\Big\rangle$		

Şekil 1.9. AÇ-9 logu.

Projenin A	dı ve	Yeri	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur N	lo	:	AÇ10	
Koordinat	lar			1217		Tarih		:	03,05,2	008
	X		451741	2		Mühend	is	:	Ismail B	BULUT
	Υ 7		451875			Kazı Ya	ntemi	÷	Makina	ile
Cukur Der	inliăi		1 70			Razici	npi	•	Hidrom	IEK KAZICI
Yeraltı suv	/u		Yok							
			TOIL							
D : Örse UD : Örse	lenmiş lenme	ş numune miş numu	une							
	Nu	umune				ZEMIN	ARIFI VE	SINIFL	ANDIRILMA	SI
Derinlik (m)	No	Derinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağı	z	Zen	nin Yapı	SI	Zeminin Tanımı
			-		Genişligi 0.80	-	20035			0.10 Nebati Topral
0,50					0,000		Ger	vşek		Çakıllı kumlu kil
1,00							G	evşek		Bloklu kum-çakıl
1,50	10	1,70	D							1,70
2,00										
2,50										
Açıklama:	Yan y	üzeyler ken	dini tutabili	ne özelliğine sahiptir.					3,0	00 m
	Yeralt	iisuyuna ras	uaniimami	ştır.		0.80 m				
					Haz	urlayan:	2	/	İsmail BU Jeoloji Müł	JLUT hendisi

Şekil 1.10. AÇ-10 logu.

Projenin A	di ve	Yeri	Yeniçağ	ja (Bolu)		Çukur No	o :	AÇ1	1	
Roorumat	X		451695	E		Mühendi	e .	03,03		
	Ŷ		401000	5		Kazı Vör	otemi ·	Maki	ina ile	
	z		421/44			Kazici Ti	ipi :	Hidr	romek kazici	
Çukur Der	inliği		1.70 m					. Indi	STICK RELEAS	
Yeraltı suy	'u		Yok							_
D : Örse UD : Örse	enmiş lenme	i numune miş numu	ine							
	N	umune				ZEMIN TA	<b>RIFI VE SINI</b>	FLANDIRIL	MASI	
Derinlik (m)	No	Derinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağı Genişliğ	iz	Zemin Y	apısı	Zeminin Tanı	mi
0,50					0,80		Gevşek		0,10 <u>Nebati 1</u> Killi kumlu	roprak
1,00	11	1,70	D				Gevşel	k	1,00 Bloklu siltli ku 1,70	ım-çakıl
2,00										
2,50										
Açıklama:	Yan y Yeral	rüzeyler ken tisuyuna ras	dini tutabili tlanılmamı	me özelliğine sahiptir. ıştır.	8				3,00 m	
						0,80 m		]		
					Haz	urlayan:		İsmail Jeoloji	l BULUT Mühandisi	

EK-1. (Devam) Araştırma çukuru logları.

Şekil 1.11. AÇ-11 logu.

Projenin A	di ve	Yeri	Yeniçaç	ja (Bolu)		Çukur N	o :	AÇ12	2009
Roordinat	X		451640	13		Mühendi	is ·	lsmail F	
	Ŷ		421013			Kazı Vö	ntemi ·	Makins	aile
	ż		421015			Kazici T	ipi :	Hidron	nek kazıcı
Çukur Der	inliği		1.70 m					Tharon	ION NOLIOI
Yeraltı suy	u		Yok						
D : Örsel	lenmi	ş numune	ine						
00.0100	N	umune		1		ZEMIN T	ARIFI VE SINIF	LANDIRILM/	ASI
Derinlik (m)	No	Derinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağ	IZ	Zomin Ve		Zominin Tanımı
	INO	Dennik (m)		Litoloji	Genişliği	i	Zemin ta	ipisi	
0,50					0,80		Gevşek		Bloklu siitli killi kum-çakıl
1,00									
	12	1,70	D						1,70
2,00									
2,50									
Açıklama:	Yan	yüzeyler ken	idini tutabil	me özelliğine sahiptir.				2,	50 m
	Yeral kazıla	tısuyuna ras abilir.	tlanılmamı	ştır. Kepçe ile kolay		0,80 m			
					Haz	urlayan:		İsmail Bi	ULUT

Şekil 1.12. AÇ-12 logu.

Projenin A	di ve Ye	əri	Yenicaă	a (Bolu)		Cukur No	D	:	AC13	
Koordinat	lar		y g			Tarih	-	:	03,05,2	2008
	Х		4516603	3		Mühendi	s	:	İsmail E	BULUT
	Y		420602			Kazı Yör	ntemi	:	Makina	lie
	Z					Kazıcı Ti	ipi	:	Hidron	nek kazıcı
Çukur Der	inligi		1,60 m							
reraiti suy	u		Yok							
D : Örse UD : Örse	lenmiş n lenmemi	iumune is numu	ine							
	Num	une				ZEMIN TA	RIFI VE S	INIFL	ANDIRILMA	ASI
Derinlik (m)	No De	rinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağ Genişliğ	iz	Zemi	n Yapı	SI	Zeminin Tanımı
0,50					0,90 r	n	Ort	a katı		0,10 <u>Nebati Topral</u> Killi siltli kum
1,00							Orta	a katı		
1,50	13	1,60	UD ve D							1,60
2,00										
2,50										
									3	00 m
Açıklama:	Yan yüzı Yeraltısı kazılabil	eyler ken uyuna ras lir.	dini tutabilm tlanılmamış	e özelliğine sahiptir. tır. Kepçe ile kolay		0,90 m				
					Haz	ırlayan:			İsmail Bl	ULUT

Şekil 1.13. AÇ-13 logu.

Projenin A	di ve Y	'eri	Yeniçağ	a (Bolu)		Çukur N	lo :		AÇ14	- 0	
Koorainau	lar		151014			Tarin	:		03,05,20	08	
	<u>~</u>		4516412	2		Munena	IS :		Ismail BL	JLUT	
-	7		420139			Kazi Yo	ntemi :		Makina I	e	
Cukur Der	inliăi		2.00 m			Raziori	ipi .		Hidrome	K Kazı	CI
Yeraltı suy	/u		Var								
D : Örsel JD : Örsel	lenmiş r lenmen	numune niş numı	une				1000.01				
	Nun	nune	1000			ZEMIN T	ARIFI VE SIN	VIFLAN	DIRILMAS	1	
Derinlik (m)	No De	erinlik (m)	Numune	Litoloji	Çukur Ağı Genişliği	z	Zemin	Yapısı			Zeminin Tanımı
					0,90					0,10	Nebati Toprak
										0,40	Çakıllı kil
0,50											
1,00							Çok yu	ımuşak			Kum ara tabakalı plastik yeşil renkli kil-silt
1,50											
2,00	14 2	2,00	UD ve D							2,00	
2,50											
564 or 10											
Açıklama:	Yan yüz Yeraltıs kum ba	zeyler ken uyuna ras intlarından	dini tutabilm :tlanılmıştır.l ı çukura su	ıe özelliğine sahiptir. Plastik yapıda olup akışı gözlenmiştir.		0,90 m			3,00	) m	
							/				
					Haz	urlayan:		J	İsmail BUL leoloji Mühe	.UT endisi	

Şekil 1.14. AÇ-14 logu.

45 419 2,0 Var numune niş numune mune nune Nur erinlik (m)	16461 9586 0 m 		ZEM	i ndis : Yöntemi : a Tipi :	03,05,2008 İsmail BULUT Makina ile Hidromek kaz	ICI
45 419 2,0 Var numune niş numune nune erinlik (m)	16461 9586 0 m		ZEM	Yöntemi : n Tipi :	Makina ile Hidromek kaz	ICI
4 15 2,0 Var numune niş numune nune erinlik (m)	0 m		ZEM	Yontemi : Di Tipi :	Makina ile Hidromek kaz	ICI
2,0 Var numune niş numune nune verinlik (m)	0 m		ZEM		HIGTOTHER RAZ	
Numune niş numune nune verinlik (m)			ZEM			
numune niş numune nune verinlik (m)	nune		ZEM			
nune Nur verinlik (m)	Lit		ZEM			
verinlik (m) Nur	Lit			N TARIFI VE SINIFLA	NDIRILMASI	
		oloji	Çukur Ağız	Zemin Yapıs	1	Zeminin Tanımı
			0,90	Gevşek	0,10	Nebati Toprak
					1,00 1,20	Kum
				Çok yumuşa	k	Yeşil renkli plastik kil-si
2,00 UD	ve D				2,00	
zeyler kendini t	utabilme özelliği	ine sahiptir.			3,00 m	
suyuna rastianii antlarından çuki	mıştır. Plastik ya ıra su akışı gözl	pida olup lenmiştir.		m 06;0		
	2,00 UD	2,00 UD ve D	2,00 UD ve D	2,00 UD ve D	2,00 UD ve D	2,00 UD ve D

Şekil 1.15. AÇ-15 logu.

Koordino	Adi ve Yeri	Yeniçağ	a (Bolu)	0	Cukur No	:	AÇ16	•
Koordina	Jar	454000	0		larih Aübondis	-	03,05,200	8
	Ŷ	451688	3		Annenuis Annenuis		Makina ila	_01
	z	419501			Kazici Tipi	:	Hidromek	kazici
Çukur De	rinliği	2.00 m					Tharonner	Ruzioi
Yeraltı suy	/u	Var						
D : Örse	lenmiş nur	nune						
001010	Numun	e	1		ZEMIN TARIFI V	E SINIFL	ANDIRILMASI	
Derinlik (m)	No Derin	lik (m) Numune	Litoloji	Çukur Ağız Genişliği	Ze	min Yapı	sı	Zeminin Tanımı
0,50				0,90		Gevşek	(	),20 Nebati Toprak
1,00								1,00 1,20Kum
1,50					į	Yumuşak	8	Kahverenkli plastik kil-sil
2,00	16 2,0	0 UD ve D					2	2,00
2,50								
Açıklama:	Yan yüzeyl Yeraltısuyu	ler kendini tutabilr	ne özelliğine sahip Kil-silt seviveleri ol	tir. lastik			3,00	m
	yapıda olu	p kumlu seviyelei	rden çukurá su akı;	şı gözlenmiştir.	0,90 m			

Şekil 1.16. AÇ-16 logu.

Projenin A	Adı ve Yeri	Yeniçağa	a (Bolu)	(	Çukur No	: A	Ç17	
Koordinat	lar				Tarih	: 0:	3,05,2008	
	<u>x</u>	4517112		N	Aühendis	: Is	mail BULUT	
	Y 7	419873			Kazı Yöntemi	: M	lakina ile	
Cukur Der	<u>c</u>	0.00			Nazici Tipi	; F	lidromek kazıcı	
Yeralti suv	ningi /u	2,00 m Var						
	10.	Vai						
D : Örse UD : Örse	lenmiş numun lenmemiş nun	.e nune						
	Numune				ZEMIN TARIFI VE	SINIFLAND	IRILMASI	
Derinlik (m)	No Derinlik (n	n) Numune	Litoloji	Çukur Ağız	Ze	min Yapısı	Z	eminin Tanımı
0,50				0,80		Gevşek	0,20	Nebati Toprak Silt-kum
1,00							1,00	Kum
1,50					N	⁄umuşak		Kil-silt
2,00	17 2,00	UD ve D					2,00	
2,50								
Açıklama:							3,00 m	
	Yan yüzeyler ke Yeraltısuyuna rı yapıda olup ell Kumlu seviyele	indini tutabilmi astlanılmıştır.K e muayene ed rden çukura sı	e özelliğine sanıpı ill-silt seviyeleri pla ildiğinde şekil aldı u akış olmuştur.	ir. astik ğı gözlenmiştir.	0,80 m			

Şekil 1.17. AÇ-17 logu.

Projenin A	dı ve Yeri	Yeniçağa	(Bolu)		Çukur No	:	AÇ18	
Koordinat	lar	101000-			Tarih	:	03,05,20	800
	X	4516925			Munendis		Ismail B	ULU1
	7	419146			Kazı Yontemi Kazıcı Tipi	÷	Makina	lle ok kozioi
Cukur Der	inliăi	2 00 m			ruzior ripi		HIGIOIII	er razici
Yeraltı suy	/u	Var						
D : Orse UD : Örse	lenmiş numun lenmemiş num	e une						
	Numune				ZEMİN TARİFİ VE	SINIFL	ANDIRILMAS	SI
Derinlik (m)	No Derinlik (m	) Numune	Litoloji	Çukur Ağ Genişliğ	iz Zer	nin Yapı	SI	Zeminin Tanımı
0,50				0,90	Y	umuşak		0,20
1,00								1,00
1,50					Y	umuşak		Kahverenkli kil
2,00	18 2,00	UD ve D						2,00
2,50								
Aciklama							3,0	0 m
, synrallid,	Yan yüzeyler ke Yeraltısuyuna ra yapıda olup elle Zemin suyuna n	ndini tutabilmı stlanılmıştır.K r muayene ed astlanılmıştır.	e özelliğine sahiptir. il seviyeleri plastik ildiğinde şekil aldığı	gözlenmişti	0,90 m			
				Haz	urlayan:		İsmail BU	

Şekil 1.18. AÇ-18 logu.

	Adi ve teri	renicada	(BOIU)		Cukur No		AC19	
Koordina	tlar	. en yeg	. ()		Tarih		03,05,20	008
	х	4516371		1	Mühendis	:	Ismail B	ULUT
	Y	418883			Kazı Yöni	temi :	Makina	le
	Z				Kazıcı Tip	pi :	Hidrom	ek kazıcı
Çukur Dei	rinliği	2,00 m						
reraiti suj	/u	Var						
D : Örse UD : Örse	lenmiş numu lenmemiş nu	ne mune						
	Numune				ZEMIN TAK	RIFI VE SINIFL	ANDIRILMAS	61
Derinlik (m)	No Derinlik (	(m) Numune	Litoloji	Çukur Ağız Genisliği	z	Zemin Yap	ISI	Zeminin Tanımı
0,50				0,90		Yumuşal	k	Nebati Toprak
1,00						Yumuşak	t.	Kahverenkli kil
2,00	19 2,00	UD ve D						2,00
2,50								
Açıklama:	Yan yüzeyler k	kendini tutabilm	ie özelliğine sahiptir Kil seviveleri plastik	:		_	3,0	0 m
	yapıda olup e Zemin suyuna	ile muayene ec rastlanılmıştır.	lildiğinde şekil aldığ	ı gözlenmiştir.	0,90 m	$\Big)$		

Şekil 1.19. AÇ-19 logu.

100



Şekil 1.20. AÇ-20 logu.



#### EK-2. Genelleştirilmiş sondaj kuyusu logları.

Şekil 2.1. Çalışma sahası batısının (Göl tarafı) genelleştirilmiş kuyu logu.

(	ÇALIŞMA SAHASI DOĞUSUNUN (ZONGULDAK YOLU DOĞUSU) GENELLEŞTİRİLMİŞ KUYU LOGU						
	(İLLER BANKASI GENEL MÜDÜRLÜĞÜNÜN ÇALIŞMA SAHASINDAKİ SONDAJLARINDAN FAYDALANILMIŞTIR)						
Projenin A	dı ve Ye	ri Yeniçağa (Bolu)	Tarih	20/07/	2008-10/08/2008		
Kuyu Der	nliği	15,00 m	Sondaj M	akinasi Boma	g,rotary sistem		
reraiti su	yu	7,50 m					
Hazırlaya	n	İsmail BULUT					
Derinlik (r	n)SPT		ZEMIN TA	RİFİ VE SINIFLANDIRILM	IASI		
	,	Litoloji		Zemin Yapısı	Zeminin Tanımı		
2,00	11 13			Orta sıkı	0,20 <u>Nebati Toprak</u> Azkilli siltli bloklu çakıl		
6,00	14			Sıkı			
8,00					Bloklu kum çakıl 9,00		
10,00	15			Katı	Kahverenkli kil		
12,00	19			Cok katı	Siltli kahverenkli kil		
14,00	19			Y ON THAT	15,00		

EK-2. (Devam) Genelleştirilmiş sondaj kuyusu logları.

Şekil 2.2. Çalışma sahası Zonguldak yolu doğusunun genelleştirilmiş kuyu logu.

#### EK-3. Çalışma sahası lokasyon haritası.



Şekil 3.1. Çalışma sahası lokasyon haritası.

Proje Adı	: Yenicağa (Bolu)					
Numune No	: AC-2					
Derinlik (m)	: 2					
Tarih	: 28.07.20	008				
	Numunenii	n Boyu (cm)		7,60		
	Numunenii	n Çapı(cm)		3,80		
	Yükleme h	1				
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	1,22				
	Φ°	13,85				
	ρ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,99				
	Toplam Gerilmeye Göre					
	σ3	0,50	1,00	2,00		
	σ1-σ3	3,57	3,67	4,41		
	σ1	4,07	4,67	6,41		
	ε (%)	14,21	12,5	9,21		



Şekil 4.1. AÇ-2 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)						
Numune No	: AÇ-3	: AC-3					
Derinlik (m)	: 2	: 2					
Tarih	: 28.07.2	008					
	Numuneni	n Boyu (cm)		7,60			
	Numuneni	n Çapı(cm)		3,80			
	Yükleme h	1					
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	1,03					
	Φ°	15,8					
	ρ <sub>n</sub> (g/cm³)	1,99					
	Toplam Gerilmeye Göre						
	σ3	0,50	1,00	2,00			
	σ1-σ3	3,19	3,47	4,32			
	σ1	3,69	4,47	6,32			
	ε (%)	9,74	13,42	8,55			
[							



Şekil 4.2. AÇ-3 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı Numune No Derinlik (m) Tarih	<ul> <li>Yeniçağa (Bolu)</li> <li>AÇ-14</li> <li>2</li> <li>11.07.2009</li> </ul>				
1 41 111	Numunenin B	7,60			
	Numunenin Ç	apı(cm)		3,80	
	Yükleme hızı	1			
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	0,72			
	Φ°	6,2			
	ρ <sub>n</sub> (g/cm³)	1,88			
	Toplam Gerilmeye Göre				
	σ <sub>3</sub>	0,50	1,00	2,00	
	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub>	1,47	1,80	2,04	
	σ1	1,97	2,80	4,04	
	ε (%)	4,87	8,82	9,74	



Şekil 4.3. AÇ-14 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)					
Numune No	: AÇ-15					
Derinlik (m)	: 2					
Tarih	: 11.07.20	008				
	Numunenir	n Boyu (cm)		7,60		
	Numunenir	Numunenin Çapı(cm)				
	Yükleme h	Yükleme hızı (mm/dakika)				
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	c (kg/cm <sup>2)</sup>				
	Φ°	6,4				
	ρ <sub>n</sub> (g/cm³)	1,88				
	Toplam Gerilmeye Göre					
	σ3	0,50	1,00	2,00		
	σ1-σ3	1,71	1,71	2,05		
	σ1	2,21	2,71	4,05		
	ε (%)	6,84	6,18	8,95		



Şekil 4.4. AÇ-15 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)					
Numune No	: AÇ-16					
Derinlik (m)	: 2					
Tarih	: 16.07.2	008				
	Numunen	in Boyu (cm)		7,60		
	Numunen	in Çapı(cm)		3,80		
	Yükleme h	1				
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	0,76				
	Φ°	8,74				
	ρ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,89				
	Toplam Gerilmeye Göre					
	σ3	0,50	1,00	2,00		
	σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub>	1,98	2,17	2,49		
	σ1	2,48	3,17	4,49		
	ε (%)	11,45	11,05	9,3		



Şekil 4.5. AÇ-2 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)					
Numune No	: AÇ-17	: AC-17				
Derinlik (m)	: 2					
Tarih	: 16.07.20	008				
	Numunenir	n Boyu (cm)		7,60		
	Numunenir	n Çapı(cm)		3,80		
	Yükleme h	Yükleme hızı (mm/dakika)				
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	c (kg/cm <sup>2)</sup>				
	Φ°	9,5				
	ρ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,89				
	Toplam Gerilmeye Göre					
	σ3	0,50	1,00	2,00		
	σ1-σ3	1,97	2,39	2,69		
	σ1	2,47	3,39	4,69		
	ε (%)	12,11	8,03	8,55		
	-					



Şekil 4.6. AÇ-17 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)					
Numune No	: AÇ-18	: AC-18				
Derinlik (m)	: 2					
Tarih	: 11.06.20	008				
	Numunenir	n Boyu (cm)		7,60		
	Numunenir	n Çapı(cm)		3,80		
	Yükleme h	1				
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	1,2				
	Φ°	6,1				
	ρ <sub>n</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	1,88				
	Toplam Gerilmeye Göre					
	σ3	0,50	1,00	2,00		
	<b>σ</b> 1 <b>-σ</b> 3	2,83	2,94	3,18		
	σ1	3,33	3,94	5,18		
	ε (%)	4,80	6,18	4,6		



Şekil 4.7. AÇ-18 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	: Yeniçağa (Bolu)				
Numune No	: AC-19				
Derinlik (m)	: 2				
Tarih	: 04.07.2008	8			
	Numunenin B	oyu (cm)		7,60	
	Numunenin Ç	apı(cm)		3,80	
	Yükleme hızı	1			
	c (kg/cm <sup>2)</sup>	0,84			
	Φ°	5,13			
	ρ <sub>n</sub> (g/cm³)	1,84			
	Toplam Gerilmeye Göre				
	σ <sub>3</sub>	0,50	1,00	2,00	
	σ1-σ3	1,92	2,05	1,90	
	σ1	2,42	3,05	3,90	
	ε (%)	9,61	9,47	6,84	



Şekil 4.8. AÇ-19 üç eksenli basınç deneyi.

Proje Adı	:	Yeniçağa (Bolu)
Numune No	:	AÇ-20
Derinlik (m)	:	2
Tarih	:	15.07.2008

15.07.2008					
Numunenin B	Numunenin Boyu (cm)				
Numunenin Ç	apı(cm)		3,80		
Yükleme hızı	(mm/dakika)		1		
c (kg/cm <sup>2)</sup>	1,18				
Φ°	6,83				
ρ <sub>n</sub> (g/cm³)	1,88				
Toplam Gerilr	neye Göre				
σ <sub>3</sub>	0,50	1,00	2,00		
σ <sub>1</sub> -σ <sub>3</sub>	2,86	2,98	3,43		
σ1	3,36	3,98	5,43		
ε (%)	4,34	4,21	4,87		



Şekil 4.9. AÇ-20 üç eksenli basınç deneyi.

## EK-5. Konsolidasyon deneyleri.

	KONSOLİDASYON DENEYİ							
Bölae	esi	: Yenicaŭa / I	BOLU					
Numu	ine adı	: AC - 1						
Derin	lik	: 2 m						
			-	12 .				
Numu	ne çapı (	mm)	50	Ornegin		girligi (G <sub>s</sub> )		2,68
Numu	ne yukse	kligi (mm)	20	Su içeri	gi (%)	(0)		17,92
Numu	nenin ya	ş agirliği (g)	81,72	lik boşit	uk orani (	(e <sub>o</sub> )		0,519
Gori	lmo P	Booluk	m	•	•	c (%50)	c (%90)	L. ( <b>*40-</b> 11)
(ka	$/cm^2$ )	orani, e	$(cm^2/ka)$	(dak)	رdak)	$(m^2/v_{\rm el})$	$(m^2/ul)$	K (‴10) (m/s)
(N9	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	0.510		(duk)	(uuk)	(111 / y11)	(1117911)	(11//3)
0,	500	0,519	- 0.007167	-	-	-	-	87 0327
1	019	0,513	0.006503	6.00	17.00	9, <del>4</del> 20	2 607	53 6018
2.	.037	0,498	0,006723	5,50	120,00	1,852	0,366	7,7702
4,	,074	0,478	0,006570	10,00	80,00	0,998	0,537	11,1615
2,	,037	0,480						
1,	,019	0,486						
0,	,000	0,000						
	<sup>0,525</sup> T							
	0,515 -							
					L			
(e)	0,505 -							
anı								
v N	-							
nlş	0 495 -							
q	0,100							
						$+ \cdot -$		
	0.495				L			
	0,400 -				$\overline{\ }$			
							<b>)</b>	
	0,475 +	00		4.00	20			
	0,1	00		1,00	JU 2			10,000
log P (kg/cm <sup>2</sup> )								
					2	<b>.</b> .		
On ko	nsolidas	yon basıncı (P	c) =	1,5 kg/	cm <sup>-</sup>	şışme bas	inci =	0,744 kg/cm
Mevcu	ut örtü yü	iku (P <sub>o</sub> )	=	0.376 k	.g/cm⁻	Sikişma in	disi (Cc) =	0,067
AŞI <b>r</b> i k	Aşırı konsolidasyon oranı (OCR) = 3,9 Şişme indisi (Cs) = 0,013							

Şekil 5.1. AÇ-1 konsolidasyon deneyi.

	EK-5. (	Devam	Konsolidasyon	deneyleri.
--	---------	-------	---------------	------------

KONSOLIDASYON DENEYI							
Bölgesi Numune adı Derinlik	: Yeniçağa / E : AÇ - 2 : 2 m	BOLU					
	·		<u>ن</u> ة .				
Numune çapı	(mm)	50	Ornegin		jiriigi (G <sub>s</sub> )		2,73
Numune yuks	ekiigi (mm)	20	Su içeri	gi (%) uk oranu (	<u> </u>		14,27
						0,372	
Gerilme, P (kg/cm <sup>2</sup> )	Boşluk oranı, e	m <sub>v</sub> (cm²/kg)	t <sub>₅0</sub> (dak)	t <sub>90</sub> (dak)	c <sub>v</sub> (%50) (m²/yıl)	c <sub>v</sub> (%90) (m²/yıl)	k (*10 <sup>-11</sup> ) (m/s)
0.000	0.572				-	-	
0.509	0.550	0 027489	2 40	100.00	4 273	0 442	38 3856
1 019	0.539	0.013940	3 50	130,00	2 868	0,333	14 6583
2 037	0.520	0.012034	4 00	60.00	2 461	0 707	26,8896
4,074	0.495	0.008097	8.00	140.00	1,196	0.294	7.5327
2.037	0.498	2,20000	3,30		.,	-,_01	.,
1.019	0.504	1	1				
0,000	0,000						
0,580 0,570 0,560 0,550 (a) (a) (b) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c) (c	100		1,00	00 g/cm <sup>2</sup> )			10,000
Iog P (kg/cm²)Ön konsolidasyon basıncı ( $P_c$ ) =1,3 kg/cm²Şişme basıncı = 0,198 kg/cmMevcut örtü yükü ( $P_o$ ) =0.398 kg/cm²Sıkışma indisi (Cc) = 0,083Asırı konsolidasyon oranı (QCR) =3.2Sisme indisi (Cs) = 0.014							

Şekil 5.2. AÇ-2 konsolidasyon deneyi.

KONSOLIDASYON DENEYI								
Böld	lesi	: Yenicağa / I	BOLU					
Num	, nune adı	: AÇ - 14						
Deri	nlik	: 2 m						
			1 -	1 <b>2</b>				
Num	une çapı (	mm)	50	Ornegin		girligi (G <sub>s</sub> )		2,60
Num	une yukse	ekiigi (mm)	20	Su içeri	gi (%) uk oronu (	(0.)		25,04
						11		
Ge	rilme, P	Boşluk	m <sub>v</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	C <sub>v</sub> (%50)	с <sub>v</sub> (%90)	k (*10 <sup>-</sup> '')
(k	g/cm²)	oranı, e	(cm²/kg)	(dak)	(dak)	(m²/yıl)	(m²/yıl)	(m/s)
	0,000	0,660	-	-	-	-	-	
	0,509	0,639	0,024544	1,50	35,00	6,847	1,264	98,0705
	1,019	0,627	0,015012	6,00	150,00	1,677	0,289	13,7154
	2,037	0,605	0,012924	6,00	33,00	1,643	1,287	52,5601
	4,074	0,555	0,015507	8,00	60,00	1,178	0,676	33,1560
	2,037	0,557						
	1,019	0,564						
	0,000	0,000						
	<sup>0,680</sup> T							
	0.660							++-
	0,000 -							
	0,640 -							++-
e)	0.620							
ran	0,020				-			++-
× 0								
nlş	0,600 -							++-
þ						+ + + -		
	0.580 -							
	-,					$+$ $\wedge$		++-
	0,560 -							
								++-
	0,540 -							
0,100 1,000 10.000								
$\log P \left( k_0 / cm^2 \right)$								
IOG P (Kg/cm <sup>-</sup> )								
					2	<b>.</b> .		a (aa : ·
On k	onsolidas	yon basıncı (P	°c) =	1,7 kg/0	cm <sup>-</sup>	Şişme bas	inci =	0,182 kg/cm
Meve	cut örtü yi	ikü (P <sub>o</sub> )	=	0.376 k	g/cm <sup>2</sup>	Sıkışma in	disi (Cc) =	0,168
Aşırı	konsolida	asyon oranı (O	CR) =	4,5		Şişme indi	si (Cs) =	0,016

Şekil 5.3. AÇ-14 konsolidasyon deneyi.

KONSOLİDASYON DENEYİ								
Bölg	qesi	: Yeniçağa /	BOLU					
Num	, nune adı	: AÇ - 15						
Deri	nlik	: 2 m						
Num	une cani (	mm)	50	lÖrneğir	özgül að	jurlığı (G.)		2.61
Num	une yükse	kliği (mm)	20	Su iceri	ăi (%)	J		24.84
Num	unenin ya	ş ağırlığı (g)	76,9	İlk boşlı	uk oranı (	(e <sub>o</sub> )		0,664
	-							
Ge	rilme, P	Bosluk	m <sub>v</sub>	t50	too	с <sub>v</sub> (%50)	c <sub>v</sub> (%90)	k (*10 <sup>-11</sup> )
(k	g/cm <sup>2</sup> )	oranı, e	(cm <sup>2</sup> /kg)	(dak)	(dak)	(m²/yıl)	(m²/yıl)	(m/s)
	0,000	0,664	-	-	-	-	-	
	0,509	0,640	0,027980	2,70	140,00	3,797	0,315	27,9009
	1,019	0,622	0,021512	5,50	70,00	1,817	0,615	41,8276
	2,037	0,594	0,017068	2,40	45,00	4,048	0,930	50,1728
	4,074	0,559	0,010760	1,20	100,00	7,781	0,402	13,6803
	2,037	0,503						
<u> </u>	0.000	0,070						
	0,000	0,000						
				•			-	
	,							
	0.070							
	0,670 -							
	0,650 -							
	0.620							
(e	0,030							
orar								
rk (	0,610 -				$\rightarrow$			
lşo								
	0.500							
	0,000 -							
	0,570 -					$+$ $\wedge$		
	0 550							
0.100 1.000 10.000								
log P (kg/cm <sup>2</sup> )								
On k	onsolidas	yon basıncı (F	'c) =	1,1 Kg/	cin va/cm <sup>2</sup>	şışme bas		0,103 kg/cm
Aer	konsolida	iku (P <sub>o</sub> ) asvon orani (C	= (CR) =	0.370 P	g/cm	Sismo indi	uisi (Cc) =	0,110
	NUISUIU			2,3		çışıne mu	isi (03) =	0,023

Şekil 5.4. AÇ-15 konsolidasyon deneyi.

KONSOLİDASYON DENEYİ Bölgesi : Yeniçağa / BOLU Numune adı : AC - 16								
Derin	lik	: 2 m						
Numu	ne çapı (	mm)	50	Örneğin	özgül ağ	ģırlığı (G₅)		2,73
Numu	ne yükse	kliği (mm)	20	Su içeri	ği (%)			20,70
Numunenin yaş ağırlığı (g) 79,3 Ilk boşluk oranı (e <sub>o</sub> ) 0,632						0,632		
Geri	lme, P	Boşluk	m <sub>v</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	c <sub>v</sub> (%50)	c <sub>v</sub> (%90)	k (*10 <sup>-11</sup> )
(kg	/cm <sup>2</sup> )	oranı, e	(cm²/ka)	(dak)	(dak)	(m <sup>2</sup> /vil)	(m²/vıl)	(m/s)
0	,	0.632	(° <b>5</b> /	. ,	. ,	· · · ·	· · ·	· ,
0,	500	0,032	-	- 8.00	- 80.00	-	-	10 5699
0,	010	0,027	0,003909	5,00	150,00	2.050	0,000	7 2627
1,	019	0,020	0,007878	5,00 6 10	160,00	2,009	0,290	7 3561
, ∕	074	0,500	0.006007	3.80	70.00	2 615	0,214	13 3/01
	037	0,588	0,000307	5,00	70,00	2,010	0,011	10,0401
1	019	0,593						
0	000	0,000						
		0,000						
boşluk oranı (e)	0,640 0,630 - 0,620 - 0,610 - 0,600 - 0,590 -							
	0,100 1,000 10,000							
log P (ka/cm²)								
Iog P (kg/cm²)         Ön konsolidasyon basıncı (Pc) =       1,5 kg/cm²       Şişme basıncı = 0,891 kg/cm         Mevcut örtü yükü (Po) =       0.378 kg/cm²       Sıkışma indisi (Cc) = 0,075         Asırı konsolidasyon oranı (OCR) =       3.9       Sisme indisi (Cs) = 0.016								

Şekil 5.5. AÇ-16 konsolidasyon deneyi.

KONSOLIDASYON DENEYI								
Bölge Num	esi une adı	: Yeniçağa / I : AÇ - 17	BOLU					
Derin	lik	: 2 m						
Numu	ıne çapı (	mm)	50	Örneğin	özgül ağ	jırlığı (G <sub>s</sub> )		2,74
Numu	ine yükse	kliği (mm)	20	Su içeri	ği (%)			19,22
Numu	unenin ya	ş ağırlığı (g)	73,2	İlk boşlı	uk oranı (	e <sub>o</sub> )		0,752
Gerilme, P Boşluk		m <sub>v</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	с <sub>v</sub> (%50)	c <sub>v</sub> (%90)	k (*10 <sup>-11</sup> )	
(kg	g/cm²)	oranı, e	(cm²/kg)	(dak)	(dak)	(m²/yıl)	(m²/yıl)	(m/s)
0	,000	0,752	-	-	-	-	-	
0	,509	0,741	0,012763	10,00	160,00	1,033	0,278	11,2230
1	,019	0,727	0,015811	7,00	160,00	1,455	0,274	13,7017
2	,037	0,699	0,016188	5,30	90,00	1,874	0,476	24,3326
4	,074	0,654	0,012914	5,00	90,00	1,903	0,455	18,5915
2	010	0,000						
	,019	0,009						
0	,000	0,000						
	_							
	0,760 -							
	0,740 -							
					<b>۱</b>			
I (e)	0,720 -							
ran					-			
k o	0,700 -				1			
sslı	·					$\mathbb{N}$		
ă						$+ \cdot +$		
	0,680 -							
						$+$ $\wedge$		
	0,660 -							
	,						$\rightarrow$	
	0,640 -		0.500					
0,100 0,509 1,000 10,000								
				log P (k	(g/cm²)			
					2			
On ko	onsolidas	yon basıncı (P	c) =	1,3 kg/	cm <sup>2</sup>	Şişme bas	inci =	0,509 kg/cm
Mevc	ut örtü yü	ikü (P₀)	=	0.378 k	kg/cm²	Sıkışma in	disi (Cc) =	0,148
Aşırı	konsolida	asyon oranı (O	CR) =	3,40		şışme indi	si (Cs) =	0,025

Şekil 5.6. AÇ-17 konsolidasyon deneyi.

KONSOLIDASYON DENEYI								
Bölgesi : Yenicaŭa / BOLU								
Numi	Numune adı : AC - 18							
Derin	Derinlik 2 m							
_								
Numu	ıne çapı (	mm)	50	Örneğin	özgül ağ	jırlığı (G₅)		2,74
Numu	ıne yükse	kliği (mm)	20	Su içeri	ği (%)			36,06
Numunenin yaş ağırlığı (g) 69,8 IIk boşluk oranı (e <sub>o</sub> ) 1,097					1,097			
			1					
Ger	ilme, P	Boşluk	m <sub>v</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>90</sub>	c <sub>v</sub> (%50)	c <sub>v</sub> (%90)	k (*10 <sup>-11</sup> )
(kg	J/cm²)	oranı, e	(cm <sup>2</sup> /kg)	(dak)	(dak)	(m²/yıl)	(m²/yıl)	(m/s)
0	.000	1,097		-	-	-		
0	,509	1,094	0.002945	5.00	35.00	2.077	1,278	11,8991
1	.019	1,087	0.006883	22.00	200.00	0.470	0.223	4.8418
2	.037	1.064	0.010853	16.00	170.00	0.636	0.258	8.8525
4	,074	0,985	0,018707	35,00	180,00	0,277	0,232	13,7128
2	,037	0,997						
1	,019	1,013						
	1 100 -							
	1,100							
	1,080 -							
	1,060 -							
(e)								
anı	1.040 -							
c or	.,							
lu ļ	4 000							
őq	1,020 -							
					$\overline{}$			
	1,000 -							
	0,980 -							
	0.060							
log P (kg/cm <sup>2</sup> )								
Ön ko	onsolidas	yon basıncı (P	c) =	1,8 kg/	cm <sup>2</sup>	Şişme bas	<b>INCI =</b> 1.5	528 kg/cm <sup>2</sup>
Mevc	ut örtü yü	ikü (P₀)	=	0.382 k	cg/cm <sup>2</sup>	Sıkışma in	disi (Cc) =	0,261
Aşırı konsolidasyon oranı (OCR) = $4,7$ Şişme indisi (Cs) = $0,056$								

Şekil 5.7. AÇ-18 konsolidasyon deneyi.

KONSOLIDASYON DENEYI								
Bölge Numı Derin	esi une adı Ilik	: Yeniçağa / I : AÇ - 19 : 2 m	BOLU					
Numu	ne capi (	mm)	50	Örneğin	özgül ač	arlığı (G₅)		2.74
Numu	ne yükse	, kliği (mm)	20	Su içeri	ği (%)			29,93
Numunenin yaş ağırlığı (g) 75.1 İlk boşluk oranı (e <sub>o</sub> ) 0.8					0,862			
Geri (kg	ilme, P ı/cm²)	Boşluk oranı, e	m <sub>v</sub> (cm²/kg)	t <sub>50</sub> (dak)	t <sub>90</sub> (dak)	c <sub>v</sub> (%50) (m²/yıl)	c <sub>v</sub> (%90) (m²/yıl)	k (*10 <sup>-11</sup> ) (m/s)
0	.000	0.862	-	-	-	-	-	
0	509	0.855	0.007363	7 00	140 00	1 480	0.319	7 4202
1	,000	0.846	0.009362	6.00	120.00	1,100	0,369	10,9131
2	037	0.826	0.010397	20.00	150.00	0.506	0 291	9 5475
4	074	0 798	0.007506	17 00	100.00	0.580	0.425	10 0734
2	037	0.804	0,007000	11,00	100,00	0,000	0,120	10,0704
1	.019	0.810						
0	000	0,000						
	,000	0,000						
	0,880 -							
	0,870 -							
	0,860 -							
(e)	0,850 -				<b>L</b>			
oranı	0,840 -				$\overline{}$			
oşluk	0,830 -							
	0,820 -							
	0,810 -			•				
	0,800 -							
	0,790 -							
0,100 1,000 10,000								
				log P (k	g/cm²)			
Ön konsolidasyon basıncı (P <sub>c</sub> ) = 1,4 kg/cm <sup>2</sup> Şişme basıncı = 2.037 kg/cm Mevcut örtü yükü (P <sub>o</sub> ) = 0.368 kg/cm <sup>2</sup> Sıkışma indisi (Cc) = 0,093 Aşırı konsolidasyon oranı (OCR) = 3,8 Şişme indisi (Cs) = 0,020								

Şekil 5.8. AÇ-19 konsolidasyon deneyi.

	EK-5. (	Devam	Konsolidasyon	deneyleri.
--	---------	-------	---------------	------------

KONSOLİDASYON DENEYİ         Bölgesi       : Yeniçağa / BOLU         Numune adı       : AÇ - 20         Derinlik       : 2 m								
	-							
Numune çapı (mm)			50 Örneğin özgül ağırlığı (G <sub>s</sub> )					2,74
Numune yüksekliği (mm)			20	Su içeriği (%)				30,42
Numunenin yaş ağırlığı (g)			74,6	lik boşlı	uk oranı (	(e <sub>o</sub> )		0,881
Gerilme, P (kg/cm²)		Boşluk oranı, e	m <sub>v</sub> (cm²/kg)	t <sub>50</sub> (dak)	t <sub>90</sub> (dak)	c <sub>v</sub> (%50) (m²/yıl)	c <sub>v</sub> (%90) (m²/yıl)	k (*10 <sup>-11</sup> ) (m/s)
0,000		0,881	-	-	-	-		
0,509		0,876	0,005203	7,00	80,00	1,482	0,559	9,1864
1,019		0,869	0,007087	3,50	60,00	2,945	0,740	16,5795
2,037		0,854	0,008200	17,00	130,00	0,599	0.337	8,7476
4.074		0,826	0,007447	11.00	150,00	0,904	0,286	6,7244
2,037		0.830		,			,	Í Í
1,019		0,836	1					
0.000		0.000	1					
0,00		0,000						
0 <b>pošluk oranı (e)</b> 0 0 0	),900 - ),890 - ),880 - ),870 - ),770			1,00	00 ca/cm <sup>2</sup> )			10,000
Ön konsolidasyon basıncı ( $P_c$ ) =1,4 kg/cm²Şişme basıncı= 1,891 kg/cmMevcut örtü yükü ( $P_o$ ) =0.376 kg/cm²Sıkışma indisi (Cc) =0.093Aşırı konsolidasyon oranı (OCR) =3,7Sisme indisi (Cs) =0.017								

Şekil 5.9. AÇ-20 konsolidasyon deneyi.

EK-6. Serbest şişme yüzdesi grafikleri.



Şekil 6.1. AÇ-1 serbest şişme yüzdesi grafiği.



Şekil 6.2. AÇ-2 serbest şişme yüzdesi grafiği.
EK-6. (Devamı) Serbest şişme yüzdesi grafikleri.



Şekil 6.3. AÇ-14 serbest şişme yüzdesi grafiği.



Şekil 6.4. AÇ-15 serbest şişme yüzdesi grafiği.

EK-6. (Devamı)Serbest şişme yüzdesi grafikleri.



Şekil 6.5. AÇ-16 serbest şişme yüzdesi grafiği.



Şekil 6.6. AÇ-19 serbest şişme yüzdesi grafiği.

EK-6. (Devamı)Serbest şişme yüzdesi grafikleri.



Şekil 6.7. AÇ-20 serbest şişme yüzdesi grafiği.



EK-7. X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.1. SK1 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.2. SK1 etilen glikol ve 550<sup>0</sup>C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.3. SK1 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.4. SK3 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.5. SK1 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.6. SK8 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.7. SK9 tüm kaya ve normal difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.8. SK9 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.9. SK1 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.10. SK11 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.11. SK15 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.12. SK15 etilen glikol ve 550<sup>0</sup>C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.13. SK16 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.14. SK16 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.15. SK18 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.16. SK18 etilen glikol ve 550<sup>°</sup>C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.17. SK19 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.18. SK19 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.19. SK20 tüm kaya ve normal çekim difraktogramları.



EK-7. (Devam) X-Işınları analizi difraktogramları ve değerlendirmesi.

Şekil 7.20. SK20 etilen glikol ve  $550^{\circ}$ C de kurutulmuş çekim difraktogramları.

- Ek-8. Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

Tarih	Saat (GMT)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük
10.10.2008	06:36	39.46	33.05	7	4.5
23.09.2008	09:09	39.46	33.05	4	4.6
29.03.2008	03:12	40.65	34.73	5	4.5
15.03.2008	10:15	39.52	32.92	9	4.9
12.03.2008	18:53	40.62	29.01	11	4.8
31.01.2008	00:01	40.27	33.15	5	4.9
27.12.2007	13:47	39.46	33.03	7	4.8
26.12.2007	23:47	39.42	33.09	5	5.5
20.12.2007	09:48	39.40	33.05	5	5.7
24.10.2006	14:00	40.42	28.99	14	5.2
08.02.2006	04:07	40.70	30.35	9	4.5
09.08.2005	01:28	40.55	32.96	5	4.7
06.08.2005	09:09	39.34	33.10	5	4.6
01.08.2005	00:45	39.41	33.06	7	4.6
31.07.2005	23:41	39.45	33.09	5	4.8
30.07.2005	21:45	39.44	33.09	5	5.3
29.04.2005	22:28	40.70	34.86	13	4.7
29.12.2004	22:22	40.40	32.96	32	4.6
13.04.2004	21:47	40.73	31.63	5	4.6
08.02.2004	09:27	39.20	32.59	5	4.5
23.12.2003	12:23	39.88	29.23	9	4.8
21.05.2003	08:21	40.87	30.98	8	4.5
26.08.2001	00:41	40.95	31.57	8	5.4
23.08.2000	13:41	40.68	30.71	15	5.8
09.06.2000	03:14	40.63	32.97	20	5.2
08.06.2000	21:27	40.64	33.01	22	5.0

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

06.06.2000	05:59	40.89	32.90	10	4.5
06.06.2000	02:41	40.72	32.87	10	5.9
02.04.2000	19:57	40.79	30.23	11	4.5
14.02.2000	06:56	40.90	31.75	16	5.0
13.12.1999	19:13	40.70	30.74	7	4.7
19.11.1999	19:59	40.78	30.97	9	5.0
17.11.1999	08:15	40.80	31.46	9	5.0
16.11.1999	17:51	40.79	31.60	1	4.9
13.11.1999	02:52	40.78	30.30	10	4.7
13.11.1999	00:54	40.72	31.00	10	4.7
12.11.1999	22:21	40.75	31.39	10	4.8
12.11.1999	20:54	40.76	31.38	10	4.5
12.11.1999	20:05	40.74	31.00	10	4.5
12.11.1999	19:16	40.74	31.38	10	4.7
12.11.1999	19:07	40.77	31.20	10	4.5
12.11.1999	18:24	40.76	31.11	10	4.7
12.11.1999	18:14	40.75	31.36	10	5.0
12.11.1999	18:05	40.70	31.70	10	4.7
12.11.1999	17:57	40.74	31.40	10	4.8
12.11.1999	17:54	40.77	31.26	10	4.7
12.11.1999	17:52	40.76	31.22	10	4.8
12.11.1999	17:47	40.72	30.95	10	4.8
12.11.1999	17:30	40.75	31.45	10	5.2
12.11.1999	17:27	40.75	31.40	10	5.2
12.11.1999	17:23	40.76	31.16	10	5.1
12.11.1999	17:18	40.74	31.05	10	5.4
12.11.1999	17:17	40.75	31.10	10	5.2

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

12.11.1999	16:57	40.74	31.21	25	7.2
11.11.1999	14:41	40.74	30.27	22	5.7
07.11.1999	16:54	40.71	30.70	10	5.0
29.09.1999	00:13	40.70	29.34	12	4.8
17.09.1999	19:49	40.72	30.10	15	4.5
13.09.1999	11:55	40.77	30.10	19	5.8
09.09.1999	01:32	40.71	29.14	11	4.6
31.08.1999	08:33	40.78	29.96	10	4.6
31.08.1999	08:10	40.75	29.92	17	5.2
29.08.1999	10:14	40.88	31.23	7	4.8
24.08.1999	17:33	39.61	32.62	8	4.7
22.08.1999	14:30	40.74	30.68	5	5.0
20.08.1999	09:34	40.62	29.18	17	4.6
20.08.1999	09:28	40.59	29.12	8	4.6
19.08.1999	15:17	40.59	29.08	11	5.0
19.08.1999	14:24	40.61	29.10	14	4.0
19.08.1999	14:15	40.60	29.06	12	4.5
19.08.1999	13:04	40.79	30.59	7	4.8
19.08.1999	13:04	40.79	30.58	6	4.8
17.08.1999	21:14	40.49	31.02	6	4.5
17.08.1999	11:58	40.57	30.51	16	4.5
17.08.1999	09:02	40.77	31.11	16	5.0
17.08.1999	03:14	40.64	30.65	15	5.5
17.08.1999	00:01	40.76	29.97	18	7.4
11.06.1999	05:25	39.49	36.67	10	4.8
08.03.1997	23:01	40.78	35.44	5	6.0
03.03.1997	16:00	40.53	36.37	0	5.0

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

	1				
28.02.1997	00:03	40.68	35.30	5	4.7
14.08.1996	03:01	40.32	35.14	10	5.2
14.08.1996	02:59	40.79	35.23	16	5.4
14.08.1996	01:55	40.74	35.29	17	5.6
31.07.1995	03:26	39.51	36.48	0	4.5
12.12.1993	17:21	41.51	28.82	28	4.8
12.06.1993	08:58	40.62	35.79	10	4.6
12.05.1992	23:38	40.84	35.93	10	4.5
12.02.1992	15:59	40.55	35.86	11	4.9
12.02.1992	15:55	40.58	35.80	10	4.5
03.03.1991	08:39	40.63	29.00	10	4.6
12.02.1991	09:54	40.80	28.82	10	4.8
05.08.1990	18:31	40.23	33.88	17	4.8
01.01.1988	12:21	40.14	29.23	6	4.5
10.06.1985	11:41	40.60	35.80	10	4.8
07.02.1985	13:18	39.02	29.88	36	4.6
23.01.1985	01:23	39.11	35.94	33	4.6
06.11.1983	05:17	39.33	29.32	14	4.6
02.11.1983	22:53	40.10	29.36	4	4.6
21.10.1983	20:34	40.14	29.35	12	4.9
21.04.1983	16:18	39.31	33.06	36	4.7
01.02.1983	13:54	40.20	28.94	3	4.8
21.01.1983	21:52	39.40	32.30	10	4.5
07.12.1981	21:17	40.66	36.00	10	4.5
04.05.1980	09:22	39.22	28.97	22	4.5
02.03.1980	05:32	39.26	29.39	6	4.6
28.06.1979	21:22	40.78	31.85	0	4.7

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

06.12.1978	13:09	40.50	34.97	17	4.6
04.07.1978	22:39	39.45	33.19	23	4.9
05.10.1977	05:34	41.02	33.57	10	5.3
22.08.1976	13:28	39.35	29.03	23	4.8
14.06.1976	06:52	39.34	29.27	23	4.7
09.06.1976	10:02	39.24	29.15	12	4.7
28.05.1976	23:02	39.26	29.17	8	4.5
25.05.1976	18:43	39.31	29.09	14	4.6
21.05.1976	09:37	39.28	29.16	24	4.5
08.05.1976	23:25	39.33	29.10	33	4.8
26.10.1975	07:05	40.08	35.02	24	4.6
30.07.1975	16:25	39.45	32.13	2	4.5
15.07.1975	21:59	40.93	36.08	18	4.7
21.01.1975	17:50	39.07	30.67	23	4.5
19.02.1973	18:10	40.28	33.86	22	4.7
04.10.1972	06:14	39.14	29.44	34	4.6
14.03.1972	14:05	39.32	29.47	38	5.3
06.11.1971	19:43	39.02	29.78	16	5.0
10.06.1971	09:31	39.02	29.63	33	5.0
25.05.1971	05:43	39.05	29.71	16	5.7
06.05.1971	04:24	39.04	29.75	34	4.7
17.04.1971	16:37	41.24	37.08	33	4.8
13.04.1971	12:52	39.03	29.80	41	5.1
15.02.1971	08:19	39.19	29.36	32	4.9
20.12.1970	11:01	39.36	29.24	26	5.0
17.12.1970	02:17	39.27	29.40	26	4.8
07.08.1970	04:53	39.08	30.01	41	4.6

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

10.07.1970	13:29	40.99	35.91	37	4.5
11.05.1970	09:58	39.36	29.32	0	4.5
30.04.1970	23:59	39.09	29.59	29	4.5
30.04.1970	16:44	39.32	29.22	24	4.7
30.04.1970	14:58	39.31	29.31	25	4.6
27.04.1970	22:24	39.06	29.54	11	4.7
24.04.1970	00:40	39.01	29.85	32	4.8
22.04.1970	18:38	39.08	29.43	48	4.6
22.04.1970	05:24	39.02	29.77	37	5.1
21.04.1970	07:36	39.08	29.90	25	4.5
19.04.1970	14:14	39.50	31.00	0	4.5
19.04.1970	13:50	39.60	30.70	0	5.3
19.04.1970	13:50	39.60	30.70	0	4.9
19.04.1970	13:47	39.03	29.80	24	5.4
19.04.1970	13:33	40.00	30.90	0	5.0
19.04.1970	13:29	39.03	29.76	18	5.5
16.04.1970	10:42	39.02	29.91	31	5.4
15.04.1970	16:29	39.34	29.30	28	4.6
11.04.1970	17:24	39.09	29.76	22	4.6
09.04.1970	10:12	39.11	29.41	34	4.7
07.04.1970	22:58	39.01	30.11	21	4.5
07.04.1970	17:05	39.34	29.32	33	5.1
01.04.1970	17:55	39.01	29.69	41	4.5
01.04.1970	15:56	39.32	29.27	35	4.8
31.03.1970	03:46	39.03	29.79	35	4.7
31.03.1970	00:51	39.33	29.41	18	4.6
30.03.1970	20:59	39.30	29.29	33	4.6

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

30.03.1970	20:38	39.05	29.62	28	4.5
30.03.1970	16:32	39.09	29.59	30	4.7
30.03.1970	08:35	39.29	29.24	36	4.7
30.03.1970	07:59	39.34	29.26	16	5.1
30.03.1970	06:49	39.43	29.40	33	4.6
30.03.1970	06:46	39.09	29.03	23	4.5
29.03.1970	19:11	39.14	29.42	22	4.7
29.03.1970	06:56	39.06	29.74	29	5.1
29.03.1970	02:37	39.01	30.40	33	4.6
29.03.1970	02:05	39.29	29.18	38	4.5
28.03.1970	23:44	39.07	29.76	30	5.0
28.03.1970	23:11	39.15	29.56	31	4.8
28.03.1970	21:59	39.28	29.46	17	4.8
28.03.1970	21:41	39.13	29.53	42	4.5
28.03.1970	21:13	39.30	30.70	0	4.6
28.03.1970	21:12	39.50	30.30	0	5.3
28.03.1970	21:02	39.21	29.51	18	6.0
07.08.1969	01:57	41.60	36.20	33	4.6
10.01.1969	16:33	41.66	32.47	18	4.5
03.09.1968	08:19	41.81	32.39	5	6.5
18.03.1968	05:40	40.83	30.53	39	4.5
14.08.1967	20:09	40.74	30.37	25	4.6
01.08.1967	00:13	40.72	30.52	26	4.6
30.07.1967	18:58	40.75	30.46	27	4.5
30.07.1967	01:31	40.72	30.52	18	5.4
30.07.1967	01:19	40.71	30.58	23	4.6
23.07.1967	04:48	40.63	30.36	33	4.7

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

23.07.1967	04:03	40.61	30.35	21	4.5
22.07.1967	23:41	40.64	30.53	30	4.7
22.07.1967	21:21	41.00	30.45	49	4.6
22.07.1967	20:35	40.79	30.42	4	4.7
22.07.1967	19:47	41.07	30.59	59	4.6
22.07.1967	18:09	40.72	30.51	35	5.0
22.07.1967	17:48	40.66	30.62	26	5.0
22.07.1967	17:30	40.73	30.53	10	4.8
22.07.1967	17:14	40.70	30.80	6	4.6
22.07.1967	16:56	40.67	30.69	33	7.2
10.12.1966	17:08	41.09	33.56	13	5.2
07.12.1966	11:01	40.10	35.40	78	4.7
20.01.1965	07:09	40.50	34.00	33	4.5
19.06.1964	00:50	40.74	32.83	33	4.6
24.09.1963	02:10	40.84	28.90	10	4.8
18.09.1963	16:58	40.77	29.12	40	6.3
01.04.1962	01:39	40.80	36.10	10	4.7
28.03.1961	00:44	39.82	30.19	10	5.0
31.08.1960	22:11	39.09	35.98	70	4.7
26.07.1960	12:36	40.50	37.25	40	4.6
12.03.1960	21:25	39.40	36.40	0	4.5
02.04.1959	04:34	40.50	29.41	20	4.6
21.05.1958	10:13	40.65	33.36	10	4.6
26.12.1957	15:01	40.83	29.72	10	5.2
24.10.1957	02:33	40.06	29.75	10	4.7
21.09.1957	20:16	40.75	34.02	40	5.1
02.06.1957	01:12	40.71	30.78	10	4.8

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

01.06.1957	21:08	40.68	30.84	40	4.8
01.06.1957	05:26	40.75	30.86	50	5.0
29.05.1957	10:17	40.83	30.77	20	4.9
29.05.1957	08:47	40.72	31.04	20	4.7
28.05.1957	05:33	40.57	31.02	40	4.7
28.05.1957	00:09	40.58	30.53	50	4.8
27.05.1957	11:01	40.73	30.95	50	5.8
27.05.1957	08:24	41.13	30.65	70	4.6
27.05.1957	07:05	40.84	31.17	80	4.7
26.05.1957	09:36	40.76	30.81	10	5.9
26.05.1957	09:16	41.42	31.09	10	4.9
26.05.1957	09:13	41.34	30.70	0	5.1
26.05.1957	08:54	40.60	30.74	40	5.4
26.05.1957	06:33	40.67	31.00	10	7.1
28.08.1956	01:29	41.08	29.93	80	4.6
14.07.1956	19:01	40.32	30.90	40	4.6
23.02.1956	06:04	39.76	30.17	60	5.2
20.02.1956	20:31	39.89	30.49	40	6.4
06.01.1956	14:52	41.00	30.20	10	5.0
26.06.1955	21:12	41.11	33.33	10	4.6
19.08.1954	21:03	41.21	36.41	30	5.0
13.12.1953	19:38	41.16	33.81	50	4.8
07.09.1953	03:59	41.09	33.01	40	6.4
14.08.1951	20:23	40.82	33.23	10	4.8
14.08.1951	18:46	41.08	33.18	40	5.1

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

13.08.1951	22:58	41.09	33.27	80	4.8
13.08.1951	18:33	40.88	32.87	10	6.9
12.03.1951	08:56	42.00	31.80	0	4.7
04.09.1950	12:17	41.28	34.25	10	4.9
28.11.1949	18:47	40.60	30.90	0	4.7
13.05.1949	20:14	40.74	32.71	20	5.1
05.02.1949	00:28	39.89	29.35	40	5.1
13.11.1948	04:44	40.23	29.02	60	5.6
19.12.1947	17:31	40.71	32.82	10	5.1
25.08.1946	11:23	41.52	33.75	10	4.8
21.01.1946	11:25	41.05	33.48	60	5.0
26.10.1945	13:56	41.54	33.29	50	6.0
07.06.1945	01:20	41.17	33.25	10	4.9
08.03.1945	10:07	41.85	32.44	10	4.8
02.03.1945	10:39	41.20	33.40	10	5.6
09.02.1945	02:28	40.50	31.20	0	4.9
18.10.1944	12:54	40.89	33.47	10	5.2
30.09.1944	04:13	41.11	34.87	10	5.5
25.06.1944	06:57	38.97	29.55	57	5.5
05.04.1944	04:40	40.84	31.12	10	5.5
10.02.1944	12:05	41.00	32.30	10	5.3
02.02.1944	03:33	40.74	31.44	40	5.1
01.02.1944	21:24	41.79	32.73	10	4.9
01.02.1944	06:08	40.70	31.27	10	5.0
01.02.1944	03:22	41.41	32.69	10	7.2
02.01.1944	10:59	41.00	33.70	0	5.0
07.12.1943	01:19	41.00	35.60	0	5.6

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

27.11.1943	23:29	40.78	33.93	40	4.9
27.11.1943	08:09	40.50	34.00	0	4.8
27.11.1943	06:06	40.50	34.00	0	4.7
26.11.1943	22:20	41.05	33.72	10	7.2
06.09.1943	16:32	40.21	31.35	10	4.9
20.06.1943	16:47	40.84	30.73	10	5.5
20.06.1943	15:32	40.85	30.51	10	6.5
14.04.1943	08:15	39.62	29.64	40	4.9
20.12.1942	14:03	40.70	36.80	16	7.0
11.12.1942	02:39	40.76	34.83	40	6.1
02.12.1942	19:04	41.04	34.88	20	5.4
21.11.1942	14:01	40.82	34.44	80	5.5
08.08.1941	22:08	42.30	33.77	10	4.8
27.04.1941	13:01	39.68	35.31	60	5.7
11.10.1940	01:37	40.81	33.30	10	4.9
19.08.1940	20:43	40.13	30.09	40	4.5
31.07.1940	10:36	39.72	35.53	10	4.9
30.07.1940	00:12	39.64	35.25	50	6.2
13.06.1940	11:02	41.34	30.17	30	4.6
13.04.1940	06:29	40.04	35.20	30	5.5
01.02.1940	05:12	41.00	33.00	0	4.9
28.12.1939	03:25	40.47	37.00	40	5.5
28.12.1939	02:23	41.05	37.01	10	4.5
27.12.1939	22:34	40.83	36.80	10	4.9
27.12.1939	20:00	40.80	36.80	0	4.5
19.10.1939	21:32	39.82	29.50	10	5.3
15.09.1939	23:16	39.76	29.56	20	5.7

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

09.08.1939	23:43	39.91	29.81	60	5.1
03.08.1939	12:32	39.75	29.68	50	5.5
02.08.1939	13:06	39.75	29.48	50	5.3
31.07.1939	13:32	39.80	29.60	10	4.8
25.07.1939	03:40	39.75	29.52	50	5.2
16.12.1938	11:03	39.52	33.91	10	4.8
21.07.1938	21:56	39.56	33.68	10	5.0
31.05.1938	19:34	41.08	33.18	60	4.8
31.05.1938	18:03	41.00	33.50	0	4.7
31.05.1938	17:55	40.90	33.73	10	4.9
28.05.1938	00:05	39.40	33.81	30	4.9
14.05.1938	06:55	39.50	33.70	0	4.7
14.05.1938	04:45	39.74	33.55	10	4.8
27.04.1938	10:40	39.89	34.10	10	4.6
19.04.1938	23:11	39.65	33.87	30	5.0
19.04.1938	10:59	39.44	33.79	10	6.6
18.11.1936	15:50	41.25	33.33	10	5.2
22.09.1936	11:56	40.98	33.26	60	4.8
21.09.1936	13:09	41.28	33.82	10	4.6
21.09.1936	12:27	41.23	33.46	40	4.9
21.09.1936	11:41	41.21	33.53	20	5.1
12.07.1935	02:30	40.60	33.60	0	4.8
05.03.1935	16:10	41.50	34.50	0	4.6
25.02.1934	16:26	40.31	36.56	40	4.5
21.12.1933	18:41	41.21	33.64	60	4.8
12.07.1933	12:34	41.22	34.02	50	4.6
28.06.1933	11:54	39.30	33.20	0	4.7

- Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).
- Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

15.05.1933	03:21	41.26	31.09	60	4.7
15.10.1932	22:19	40.90	30.60	15	4.5
09.04.1930	05:07	39.70	34.00	0	5.0
08.09.1929	22:54	42.32	36.55	10	4.9
27.04.1929	22:18	40.51	31.43	70	4.8
08.04.1929	01:12	41.20	32.20	0	4.6
05.04.1929	23:18	41.50	31.50	33	4.8
04.10.1928	11:14	40.22	33.67	10	5.7
03.10.1928	00:57	40.47	33.42	70	5.0
05.07.1928	03:31	39.26	34.17	40	4.5
06.05.1928	18:00	39.80	30.50	12	5.0
02.05.1928	21:54	39.64	29.14	10	6.1
24.01.1928	07:36	40.99	30.86	10	5.3
16.12.1926	17:54	40.13	30.72	10	5.7
24.06.1925		40.88	30.39	10	4.6
16.08.1923	03:52	41.02	34.41	40	5.2
29.05.1923	11:34	41.00	30.00	25	5.5
29.04.1923	09:34	40.07	36.43	10	5.9
09.06.1919	15:47	40.68	33.89	10	5.0
09.06.1919	07:13	41.16	33.20	10	5.7
27.05.1919	10:35	39.13	31.02	10	5.3
29.08.1918	06:39	40.58	35.16	10	5.3
09.08.1918	00:39	40.89	33.41	10	5.8
10.03.1917	17:39	41.90	36.90	0	5.0
24.01.1916	06:55	40.27	36.83	10	7.1
28.05.1914	11:27	39.84	35.80	10	5.4
25.06.1910	19:26	41.00	34.00	0	6.2
Ek-8. (Devam) Çalışma sahası merkez olmak üzere 100 km'lik yarıçap içinde kalan bölgede 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen, yüzey dalgası büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler (UDİM).

Çizelge 8.1. (Devam) 1900 –2008 tarihleri arasında meydana gelen büyüklüğü 4.5 (Ms ≥ 4.5) ve üzeri olan depremler.

21.06.1908	03:55	40.60	35.90	0	5.2
21.08.1907		40.70	30.10	15	5.5
22.01.1907	02:41	41.00	29.00	12	4.5
22.10.1905	03:42	41.00	31.00	27	5.2
01.05.1905	19:00	39.90	31.10	0	4.9
30.04.1905	16:13	39.80	30.50	22	5.4
15.04.1905	05:36	40.20	29.00	6	5.6
12.05.1901	12:32	39.80	30.50	15	5.0





Şekil 9.1. AÇ-1 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.2. AÇ-2 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.3. AÇ-3 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.4. AÇ-4 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.5. AÇ-5 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.6. AÇ-6 elek analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.7. AÇ-7 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.8. AÇ-8 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.9. AÇ-9 elek analizi.



Şekil 9.10. AÇ-10 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.11. AÇ-11 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.12. AÇ-12 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.13. AÇ-13 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.14. AÇ-14 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.15. AÇ-15 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.16. AÇ-16 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.17. AÇ-17 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.18. AÇ-18 elek ve hidrometre analizi.

Ek-9. (Devam) Elek analizleri.



Şekil 9.19. AÇ-19 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 9.20. AÇ-20 elek ve hidrometre analizi.



Şekil 10.1. Sıvılaşma analizi sonuçları.

Ek-10. (Devam) Sıvılaşma analiz sonuçları.

Çizelge 10.1. Sıvılaşma analizi verileri ve sonuçları.

:: Field inp	ut data ::									
Point ID	Depth (m)	Field N <sub>SPT</sub> (blows/30 cm	Unit ) (k	t weight N/m³)	Fines conte (%)	nt				
1	1.50	100.00	1	7.00	5.00					
2	3.00	100.00	1	7.00	5.00					
3	4.50	100.00	1	7.00	5.00					
4	6.00	100.00	1	7.00	5.00					
5	7.50	17.00	1	7.00	5.00					
6	9.00	100.00	1	7.00	75.00					
7	10.50	100.00	1	7.00	75.00					
8	12.00	100.00	1	7.00	75.00					
9	14.00	100.00	1	7.00	75.00					
Unit weight : Fines œnten	Bulk un t : Percent	it weight of soil at age of fines in soil	test depth (%)	n (M/m <sup>3</sup> )						
:: Cyclic Str	ress Ratio	calculation (C	SR fully	y adjuste	d and norm	a lize d	)::			
:: Cyclic Str Point ID	Depth (m)	calculation (C Sigma (kPa)	u (kPa)	<b>y adjuste</b> Sigma' (kPa)	d and norm	alize d	):: MSF	CSR <sub>eq.M-75</sub>	Kigna	CSR*
r: Cyclic Str Point ID	Depth (m) 1.50	calculation (C Sigma (kPa) 25.50	u (kPa) 0.00	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50	d and norm r <sub>d</sub> 0.99	alized CSR 0.37	):: MSF 1.07	CSR <sub>eq,H=75</sub> 0.34	K <sub>signa</sub>	CSR* 0.34
Paint ID	ress Ratio Depth (m) 1.50 3.00	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00	u (k.Pa) 0.00 0.00	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00	d and norm r <sub>d</sub> 0.99 0.98	alized CSR 0.37 0.36	):: MSF 1.07 1.07	CSR <sub>eq.H-75</sub> 0.34 0.34	K <sub>tigna</sub> 1.00 1.00	CSR* 0.34 0.34
Point ID	Depth (m) 1.50 3.00 4.50	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50	u (k.Pa) 0.00 0.00 0.00	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50	d and norm r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97	0.37 0.36 0.36	MSF 1.07 1.07	CSR <sub>eq.H-75</sub> 0.34 0.34 0.33	K <sub>igna</sub> 1.00 1.00 1.00	CSR* 0.34 0.34 0.33
Point ID 1 2 3 4	Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00	CSR fully (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00	d and norm r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95	0.37 0.36 0.35	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq.H=75</sub> 0.34 0.33 0.33 0.33	K <sub>signa</sub> 1.00 1.00 1.00 1.00	CSR <sup>*</sup> 0.34 0.33 0.33
Point ID 1 2 3 4 5	Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50	CSR fully (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50	r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95 0.94	alize d CSR 0.37 0.36 0.35 0.35	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq,H=75</sub> 0.34 0.33 0.33 0.33	K <sub>tigna</sub> 1.00 1.00 1.00 1.00 0.95	CSR' 0.34 0.33 0.33 0.33
:: Cyclic Str Point ID 1 2 3 4 5 6	Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50 9.00	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 153.00	u (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 14.71	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 138.28	and norm. r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95 0.94 0.93	0.37 0.36 0.36 0.35 0.35 0.35	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq.74-75</sub> 0.34 0.33 0.33 0.33 0.33 0.36	K <sub>signs</sub> 1.00 1.00 1.00 1.00 0.95 0.94	CSR' 0.34 0.33 0.33 0.34 0.34 0.38
:: Cyclic St Point ID 1 2 3 4 5 6 7	Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50 9.00 10.50	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 153.00 178.50	SR fully (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 14.71 29.43	y adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 138.28 149.07	and norm. r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95 0.94 0.93 0.89	0.37 0.36 0.36 0.35 0.35 0.38 0.40	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq.74-75</sub> 0.34 0.33 0.33 0.33 0.36 0.37	K <sub>signs</sub> 1.00 1.00 1.00 1.00 0.95 0.94 0.92	CSR' 0.34 0.33 0.33 0.34 0.38 0.40
2 Cyclic Stu Point ID 2 3 4 5 6 7 8	Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50 9.00 10.50 12.00	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 153.00 178.50 204.00	SR fully (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 14.71 29.43 44.15	v adjuste Sigma' (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 138.28 149.07 159.85	d and norm r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95 0.94 0.93 0.89 0.85	0.37 0.36 0.36 0.35 0.35 0.38 0.40 0.40	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq,H=75</sub> 0.34 0.34 0.33 0.33 0.33 0.36 0.37 0.38	K <sub>tigna</sub> 1.00 1.00 1.00 0.95 0.94 0.92 0.91	CSR' 0.34 0.33 0.33 0.34 0.38 0.40 0.41
:: Cyclic Stu Point ID 1 2 3 4 5 6 7 8 9	ress Ratio Depth (m) 1.50 3.00 4.50 6.00 7.50 9.00 10.50 12.00 14.00	calculation (C Sigma (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 153.00 178.50 204.00 238.00	SR fully (kPa) 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 14.71 29.43 44.15 63.77	v adjuste Sigmal (kPa) 25.50 51.00 76.50 102.00 127.50 138.28 149.07 159.85 174.24	d and norm r <sub>d</sub> 0.99 0.98 0.97 0.95 0.94 0.93 0.89 0.85 0.80	0.37 0.36 0.36 0.35 0.35 0.38 0.40 0.40 0.41	1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07 1.07	CSR <sub>eq,H=75</sub> 0.34 0.33 0.33 0.33 0.36 0.37 0.38 0.38	K <sub>tigna</sub> 1.00 1.00 1.00 0.95 0.94 0.92 0.91 0.89	CSR' 0.34 0.33 0.33 0.34 0.38 0.40 0.41 0.42

Effective overburden stress factor CSR fullyadjusted K. CSR\*

- Conference Relation con

Point ID	Field SPT	Cn	C,	$C_{\rm b}$	C,	C,	$N_{1\left( 50\right) }$	DeltaN	$N_{1(00) \times \pi}$	CRR75
1	100.00	1.70	1.00	1.00	0.75	1.00	127.50	0.00	127.50	2.00
2	100.00	1.40	1.00	1.00	0.85	1.00	119.02	0.00	119.02	2.00
3	100.00	1.14	1.00	1.00	0.95	1.00	108.62	0.00	108.62	2.00
4	100.00	0.99	1.00	1.00	0.95	1.00	94.05	0.00	94.06	2.00
5	17.00	0.89	1.00	1.00	0.95	1.00	14.30	0.00	14.30	0.16
6	100.00	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00	85.04	22.01	107.05	2.00
7	100.00	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	81.90	21.38	103.28	2.00
8	100.00	0.79	1.00	1.00	1.00	1.00	79.09	20.82	99.91	2.00
9	100.00	0.76	1.00	1.00	1.00	1.00	75.76	20.15	95.91	2.00

Overburden corretion fador Energycorrection fador Bordhole damater correction fador Rod length correction fador Liner correction fador Corrected N<sub>BYT</sub> Addition to corrected N<sub>BYT</sub> value due to the presence of fines Corected N<sub>KTO</sub> value for fines Cyclic resistance ratio for M=7.5

 $\begin{array}{l} C_n:\\ C_n:\\ C_n:\\ C_1:\\ C_1:\\ C_1:\\ Delb(N:\\ DR_{7.5}) \end{array} ; \end{array}$ 

Ek-10. (Devam) Sıvılaşma analiz sonuçları.

Çizelge 10.2. Sıvılaşma analizi sonuçları.

Point ID	$N_{1(60)}$	$N_1$	FS,	e, (%)	Settle. (cm)
1	127.50	106.25	5.00	0.00	0.00
2	119.02	99.19	5.00	0.00	0.00
3	108.62	90.51	5.00	0.00	0.00
4	94.06	78.39	5.00	0.00	0.00
5	14.30	11.92	0.46	3.16	5.54
6	107.05	89.20	5.00	0.00	0.00
7	103.28	86.07	4.98	0.00	0.00
8	99.91	83.26	4.83	0.00	0.00
9	95.91	79.93	4.73	0.00	0.00

Total settlement : 5.54

N <sub>1.600</sub> :	Stress normalized and corrected SPT blow count
N1:	Japanese equivalent corrected value
FŚ.:	Calculated factor of safety
0,2	Post-liquefaction volumentric strain (%)
Settle 1	Calculated settlement (cm)

#### :: Liquefaction potential according to Iwa saki ::

Point ID	F	Wg.	$\mathbf{I}_{\mathbb{L}}$
1	0.00	9.25	0.00
2	0.00	8.50	0.00
3	0.00	7.75	0.00
4	0.00	7.00	0.00
5	0.54	6.25	5.10
6	0.00	5.50	0.00
7	0.00	4.75	0.00
8	0.00	4.00	0.00
9	0.00	3.00	0.00

Overall potential IL : 5.10

 $\begin{array}{l} I_L=0.00 \ \text{No} \ \text{liquefadion} \\ I_L \text{ between } 0.00 \ \text{and} \ \text{S-Liquefadion} \ \text{nct probable} \\ I_L \text{ between } \text{S and} \ \text{1S-Liquefadion probable} \\ I_L>1\text{S-Liquefadion certain} \end{array}$ 

# ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: BULUT, İsmail
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 03.01.1966 Merkez / TRABZON
Medeni hali	: Evli
Telefon	: 0 (312) 303 39 96
Gsm	: 0 555 548 57 40
Faks	: 0 (312) 384 22 17
e-mail	: <u>bulutsmail@gmail.com</u> .

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Fırat Üniversitesi/ Jeoloji	
	Mühendisliği Bölümü	1988
Lise	Mustafa Kemal Lisesi /Ankara	1983

## İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2001-2009	İller Bankası Genel Müdürlüğü	Mühendis
1997-2001	SSK	Memur
1995-1997	Belbeton Bet.El.Ür.AŞ.	Kalite kontrol şefi
1994-1995	İstaş Hazır Beton AŞ.	Laboratuvar Şefi
1992-1993	Temelsu Ulus.Müh.Hiz.Aş.	Kontrol grup amiri
1990-1992	Temelsu Müh. Ltd. ŞtiHalcrow	
	Consulting Engineers Joint Ven.	Kontrol mühendisi

#### Yabancı Dil

İngilizce