T.C.
GEBZE TEKNİKÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİSMİK SIVILAŞMA MEKANİZMASI VE BUNA BAĞLI OLUŞAN DEFORMASYONLARIN İNCELENMESİ : ADAPAZARI BÖLGESİ

HÜSEYİN METİN DOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2015

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİSMİK SIVILAŞMA MEKANİZMASI VE BUNA BAĞLI OLUŞAN DEFORMASYONLARIN İNCELENMESİ: ADAPAZARI BÖLGESİ

HÜSEYİN METİN DOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
PROF. DR. BİLGE SİYAHİ

GEBZE
2015

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

THE MECHANISM OF THE SEISMIC LIQUEFACTION AND THE INVESTIGATION OF THE RELATED DEFORMATIONS: ADAPAZARI REGION

HÜSEYİN METİN DOĞAN

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF EARTHQUAKE AND STRUCTURAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

PROF. DR. BİLGE SİYAHİ

GEBZE

2015

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 21/01/2015 tarih ve 2015/05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28/01/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Hüseyin Metin DOĞAN'ın tez çalışması Deprem ve YapıAnabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: Prof. Dr. Bilge SİYAHİ	
ÜYE	: Prof. Dr. Bülent AKBAŞ	
ÜYE	: Doç. Dr. Eren UÇKAN	

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada; dinamik etkiler altındaki zemin deformasyonu konusuna geniş bir bakış açısıyla yaklaşılmış, özellikle depremler sonucu gözlenen deformasyonlarda sıkça karşılaşılan sıvılaşma deformasyonları hakkında daha geniş bilgi ve örnek çalışmalar sunulmuştur. Sıvılaşmanın oluşum biçimi ve mekanizması, oluşumuna neden olan faktörler, sonrasında gözlenen deformasyon türleri ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Azalım ilişkileri yardımıyla bölgesel pik ivme değerleri tahmin edilmiştir. Sıvılaşma analizleri Seed ve Idriss yaklaşımı ile yapılmış [Seed and Idriss, 1971], buna bağlı meydana gelen yanal akmalar ve oturmalar ise sırasıyla, Tokimatsu ve Seed, Shamoto vd. ve Hamada vd. yaklaşımlarıyla hesaplanmıştır [Tokimatsu and Seed, 1987], [Shamoto et al., 1998], [Hamada et al., 1986]. Çalışmaların yapıldığı bölgeler; Adapazarı, Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi sınırları içerisinde kalan bölgelerdir.

Sonuç olarak; yapılan analizler, bölgede sıvılaşma riski olan tabakaları ve o tabakalarda meydana gelecek deformasyon miktarlarını sayısal bir dille daha somut bir şekilde ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıvılaşma, Oturma, Yanal Yayılma, Zemin Deformasyonları, Azalım İlişkileri.

SUMMARY

In this thesis, a general aspect of soil deformations, which are under dynamic effects, is investigated. Comprehensive information and representative studies about liquefaction which is mostly observed during deformations while earthquake occurs, have been presented. Evolution and mechanism of liquefaction, factors that trigger its evolution and types of deformations have been investigated in detail. With attenuation relationships, local peak ground acceleration (PGA) values have been estimated. Liquefaction analyses have been done by an approach which is developed by Seed and Idriss [Seed and Idriss, 1971], lateral spreading and settlements which occurs by the result of liquefaction, has been calculated by the analyses which is developed by Tokimatsu and Seed, Shamoto et al., and Hamada et al. [Tokimatsu and Seed, 1987], [Shamoto et al., 1998], [Hamada et al., 1986]. Region; where the studies have been done is located in the boundaries of İzmit Bay, Lake Sapanca and Adapazarı.

In conclusion, analyses show the liquefiable layers and level of deformations which may occur in these layers quantitatively and in a more concrete way.

Key Words: Liquefaction, Settlement, Lateral Spreading, Soil Deformations, Attenuation Relationships.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan, henüz ikinci dönemimde olmama ve almış olduğum çokça derse rağmen teze başlama isteğimi kabul eden, bana güvenen ve tezimi tamamlayacağıma olan inancını hep koruyan değerli danışmanım Prof. Dr. Bilge SİYAHİ'ye,

Yapısal deprem dersleri ile deprem üstyapı ilişkisini kavramamda bana çok emeği geçen ve yaptığı gitar resitalleri ile müzisyen kimliğini hiç unutmayacağım sayın hocam Prof. Dr. Bülent AKBAŞ'a,

Tezin formata uygun olması için gerekli düzeltmeleri yapmamda yardımlarını esirgemeyen sevgili dostum Uzak Yol Kaptanı Ahmet Emre SIRMACI'ya,

Lisans hayatımdan bu yana hep yanımda olan; desteğini ve ilgisini hep hissettiğim sevgili Klinik Psikolog Eda ÖÇKOYMAZ'a,

Ve benden maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgememiş sevgili anneme ve babama en içten teşekkürlerimi ve selamlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xvii
1.GİRİŞ	1
1.1. Konu üzerine daha önceden yapılan çalışmalar	2
2. SIVILAŞMA VE OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ	4
2.1. Sıvılaşma	4
2.1.1. Statik sıvılaşma	5
2.1.2. Dinamik sıvılaşma	5
2.1.2.1. Depremden önce gerilme durumu	7
2.1.2.2. Depremden Sonra Gerilme Durumu	8
2.1.3. Sıvılaşma ile ilgili genel ifadeler	10
2.1.4. Sıvılaşmayı etkileyen faktörler	11
2.1.4.1. Zemin Özellikleri	11
2.1.4.1.1. Zeminin sıkılık derecesi	12
2.1.4.1.2. Dane özellikleri kavramı	12
2.1.4.1.3. Kil muhtevası	13
2.1.4.1.4. Zemin yapısı ve sismik geçmiş	16
2.1.4.2. Arazideki drenaj şartları	16
2.1.4.3. Sıvılaşmaya yol açan etkenin özellikleri (deprem özellikleri)	17
2.1.4.3.1. Deprem büyüklüğü	17
2.1.4.3.2. Yükleme süresi	16
2.1.4.4. Yer altı su seviyesi	17
2.1.5. Sıvılaşmanın yol açtığı zemin problemleri	18
2.1.5.1. Yanal yayılma	19

2.1.5.2. Akma göçmesi 20
2.1.5.3. İstinat yapısı göçmesi 21
2.1.5.4. Taşıma gücü kaybı 22
2.1.5.5. Kum kaynaması 24
2.1.5.6. Gömülü yapı yüzeylenmesi 26
3. AZALIM İLİŞKİLERİ YARDIMIYLA LOKAL PİK İVME DEĞERLERİNİN (PGA) HESAPLANMASI 28
3.1. Azalım İlişkileri 28
3.1.1. NGA (New Generation Attenuetion) Azalım İlişkileri 28
3.2. Lokal Pik İvme Değerlerinin Hesaplanması 29
3.2.1. Değirmendere Burnu 32
3.2.2. Polis Karakolu 34
3.2.3. Yalova Limanı 37
3.2.4. Futbol Sahası 39
3.2.5. Sapanca Oteli 41
3.2.6. Yakın Caddesi 43
4. SIVILAŞMA ANALİZLERİ 46
4.1. Seed ve Idriss'e Göre Sıvılaşma Analizi Yöntemi 46
4.1.1. Yalova Limanı SPT-YH3 Sondaj Logu İçin Örnek Analiz 46
4.2. Seçilen Bölgeler İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 55
4.2.1. Değirmendere Burnu İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 55
4.2.2. Sapanca Oteli İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 58
4.2.3. Yalova Limanı İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 62
4.2.4. Yakın Caddesi İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 64
4.2.5. Polis Karakolu İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 68
4.2.6. Futbol Sahası İçin Yapılmış Sıvılaşma Analizleri 69
5. OTURMA ANALİZLERİ 72
5.1. Tokimatsu ve Seed Yöntemi ile Oturma Analizi 72
5.2. Shamoto vd. Yöntemi ile Oturma Analizi 73
5.3. Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. Yaklaşımlarına Göre Yapılmış Oturma Analizleri 74
5.3.1. Değrimendere Burnu İçin Yapılmış Oturma Analizleri 74
5.3.2. Sapanca Oteli İçin Yapılmış Oturma Analizleri 74
5.3.3. Yalova Limanı İçin Yapılmış Oturma Analizleri 80

5.3.4. Yakın Caddesi İçin Yapılmış Oturma Analizleri 82
5.3.5. Polis Karakolu İçin Yapılmış Oturma Analizleri 84
5.3.6. Futbol Sahası İçin Yapılmış Oturma Analizleri 86
5.4. Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. Yaklaşımı Sonucu Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması 87
6. YANAL YAYILMA ANALİZLERİ 90
6.1. Yanal Yayılma Analizi için Seçilen Ampirik Yöntemler 90
6.1.1. Hamada vd. Yöntemi ile Yanal Yayılma Analizi 90
6.1.2. Shamoto vd. Yöntemi ile Yanal Yayılma Analizi 90
6.2. Sapanca Oteli Bölgesi İçin Yapılmış Yanal Yayılma Analizleri 91
7. SONUÇLAR 99

KAYNAKLAR 100
ÖZGEÇMİŞ 104
EKLER 105

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		Açıklamalar
$\emptyset$	:	İçsel sürtünme açısı
γ	:	Zeminin birim hacim ağırlığı – Shamoto vd. için yanal yayılma analizi denklem parametresi
σv	:	Düşey jeolojik gerilme
σv^1	:	Düşey efektif gerilme
τ_D	:	Çalışma alanında sıvılaşmanın başlayabilmesi için periyodik sınır kayma gerilmesi
u	:	Boşluk suyu basıncı
g	:	Yerçekimi ivmesi
α	:	FC oranına bağlı düzeltme faktörü
β	:	FC oranına bağlı düzeltme faktörü
θ	:	Hamada vd. için arazi eğim açısı
r_d	:	Zeminin derinliğe bağlı gerilme azaltma faktörü
ε	:	Shamoto vd. için oturma analizi denklem parametresi
AFAD	:	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
C_B	:	Sondaj kuyusu çapına bağlı düzeltme faktörü
C_E	:	Tokmak enerjisi oranına bağlı düzeltme faktörü
C_N	:	Düşey jeolojik gerilemeye bağlı düzeltme faktörü
C_S	:	Numune alıcısına bağlı düzeltme faktörü
C_R	:	Tij boyuna bağlı düzeltme faktörü
CSR	:	Çevrimsel gerilme oranı
CSR_{EQ}	:	Normalize edilmiş çevrimsel gerilme oranı
CRR	:	Çevrimsel kayma mukavemeti
Dr	:	Rölatif sıkılık
FC	:	İnce dane oranı
SPT-N	:	Standart penetrasyon deneyi darbe sayısı
H	:	Hamada vd. için derinlik değeri

I_p	:	Plastisite indisi
LL	:	Likit limit
M_w	:	Moment magnitüdü
MTA	:	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MSF	:	Magnitüd düzeltme faktörü
NGA	:	New Generation Attenuetion- Yeni Nesil Azalım İlişkileri
$N_{1,60}$	:	C parametreleri ile düzeltilmiş SPT-N sayısı
$N_{1,60cs}$	:	α ve β katsayılarına ile tekrar düzeltilmis SPT-N sayısı
PGA	:	Pik yer ivmesi (a_{max})
W_N	:	Su muhtevası
YASS	:	Yer altı su seviyesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
2.1:	Sıvılaşmanın fiziksel süreci.	4
2.2:	a) Danelerin sıvılaşma öncesi durumu, b) sıvılaşma öncesi gerilme dağılımı ve c) deprem sırasında su basıncının yükselmesi sonucu değişen gerilmeler.	6
2.3:	Deprem öncesinde zemin partikülüne etkiyen gerilmelerin şeması.	7
2.4:	Deprem esnasında çevrimli gerilmeler etkisinde, partikül üzerindeki gerilmelerin şeması.	8
2.5:	Deprem sonrası statik kayma mukavemetinin rezidüel drenajsız kayma mukavmetinden büyük olması durumunu gösteren grafik.	9
2.6:	Deprem sonrası rezidüel drenajsız kayma mukavemetinin statik kayma mukavemetinden büyük olması durumu gösteren grafik.	10
2.7:	Kumlu zeminlerde potansiyel sıvılaşma aralığını ifade eden, dane boyu-elekten geçen dane yüzdesi ilişkisine göre hazırlanmış grafik.	13
2.8:	a) Marcuson ve arkadaşları ile b) Seed ve Idriss'in likit limit, su muhtevası ve dane çapına göre killi zeminler için hazırladığı sıvılaşma abakaları.	14
2.9:	Adapazarı bölgesi için a) su muhtevası ve b) kil yüzdesine bağlı sıvılaşma abakları.	15
2.10:	Andrew ve Martin kriterleri tablosu.	15
2.11:	Andrew ve Martin 2000 yılında oluşturduğu likit limit ve kil oranına bağlı sıvılaşma abağı.	16
2.12:	Deprem öncesi zemin- yer altı su seviyesi durumu.	18
2.13:	Deprem sonrasında yer altı su seviyesine bağlı olarak gelişen bir tür sıvılaşma deformasyonu olan kum kaynaması durumu.	18
2.14:	a) Yanal yayılma olayı oluşum şeması, c) Nisqually A.B.D. 2001 depremi sonucu meydana gelen yanal yayılma örneği, ve b) ile d) Loma Prieta A.B.D - 1989 depremi sonucu meydana gelen yanal yayılma örnekleri.	19
2.15	Lower Van Norman barajında San- Fernando A.B.D. - 1971 depremi sırasında meydana gelen yanal yayılma deformasyonu.	20

2.16: a) Akma göçmesinin oluşum biçimi ve b) San- Fransisco'daki Merced Gölü kıyısında 1957'de meydana gelen bir akma göçmesi örneği. 20
2.17: a) Kıyı şeridinde meydana gelmiş ve b) şevli bir arazide meydana gelmiş akma göçmesi örnekleri. 21
2.18: a) İstinat yapısı göçme şeması ve b) Kobe Japonya - 1995 depreminde göçmüş bir istinat yapısı. 21
2.19: Kobe Japonya- 1995 depremi sonrası gözlenen farklı noktalardan a) ve b) istinat yapısı göçme örnekleri. 22
2.20: Taşıma gücü kaybı oluşum şeması. 22
2.21: Niigata Japonya -1964 depremi sonucu taşıma gücü kaybına uğramış zemin sonucu devrilen binalar. 23
2.22: Taşıma gücü kaybı ile devrilen silo yapısı Adapazarı Türkiye – 1999. 23
2.23: Taşıma gücü kaybı sonucu devrilen binalar Adapazarı Türkiye -1999. 23
2.24: Taşıma gücü kaybı sonucu deformasyona uğramış silolar Kocaeli Türkiye – 1999. 24
2.25: Taşıma gücü kaybı sonucu yan yatan bir bina Gölcük Türkiye -1999. 24
2.26: Tottori Japonya - 2000 ve Chi- Chi Tayvan - 1999 depremleri sonucu oluşan kum kaynaması deformasyonları. 25
2.27: Kum kaynaması Loma Prieta A.B.D. – 1989. 25
2.28: Kum kaynaması Loma Prieta A.B.D. – 1989. 25
2.29: Kum kaynaması New Madrid A.B.D. – 1811. 26
2.30: a) Gömülü yapı yüzeylenmesi şeması ve b) Tottori Japonya - 2000 depreminde meydana gelen bir gömülü yapı yüzeylenmesi. 26
2.31: Meydana gelmiş farklı lokasyonlarda; a) anayol üzerinde, b) tali yol üzerinde bulunan gömülü yapı yüzeylenmeleri. 27
3.1: Analizlerin yapıldığı noktaların genel krokisi. 30
3.2: Bursa paftası diri fay haritası. 30
3.3: Adapazarı paftası diri fay haritası. 31
3.4: "Sizin Renginiz Hangisi? " çalışması sonucu ilgili bölgelerin zemin sınıflarının belirlenmesi. Krokide Değirmendere Burnu, Futbol Sahası ve Polis Karakolu görülmektedir. 31
3.5: Zemin sınıfları ve özellikleri. 32
3.6: Değirmendere Burnu genel krokisi. 32

3.7: Değirmendere Burnu'nun faya olan uzaklığının krokisi. 33
3.8: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini. 34
3.9: Polis Karakolu genel krokisi. 35
3.10: Polis Karakolu'nun faya olan uzaklığının genel krokisi. 35
3.11: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini. 36
3.12: Yalova Limanı genel krokisi. 37
3.13: Yalova Limanı'nın faya olan uzaklığının krokisi. 37
3.14: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini. 38
3.15: Futbol Sahası genel krokisi. 39
3.16: Futbol Sahası'nın faya olan uzaklığının krokisi. 39
3.17: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini. 40
3.18: Sapanca Oteli'nin genel krokisi. 41
3.19: Sapanca Oteli'nin faya olan uzaklığının genel krokisi. 41
3.20: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini. 42
3.21: Yakın Caddesi genel krokisi. 43
3.22: Yakın Caddesi'nin faya olan uzaklığının genel krokisi. 43
3.23: Azalım ilişkileri yardımıyla PGA tahmini 44
4.1: Sıvılaşma ve oturma analizlerinin yapıldığı bölgelerin krokisi. 46
4.2: Yalova Limanı SPT-YH3 noktasına ait SPT sondajı logu. 47
4.3: r_d düzeltme faktörünün derinlikle değişimini veren grafik. 49
4.4: CSR'nin elde edilmesi. 49
4.5: N1,60 ve CRR arasındaki ilişkiyi belirten grafik. 52
4.6: Youd'a göre Mw ve MSF ilişkisini ifade eden grafik. 53
4.7: FL (Fs) güvenlik sayısının bulunmasını ifade eden şema. 54
4.8: Değirmendere Burnu krokisi. 56
4.9: Değirmendere Burnu'ndan 1999 depremi sonrası bir görüntü. 56
4.10: Değirmendere Burnu'ndan 1999 depremi sonrası bir görüntü. 57
4.11: Sapanca Oteli'nin krokisi 58
4.12: Sapanca Oteli'nden 1999 depremi sonrası bir görüntü. 59
4.13: Sapanca Oteli'nde 1999 depremi sonrası gözlenen, a) otel girişindeki ve b) uzaktan çekilmiş deformasyonlar. 59
4.14: Yalova Limanı krokisi. 62

4.15: Yalova Limanı'ndan 1999 depremi sonrası, a)araç park yerindeki ve b) usturmaçaların bulunduğu yerde gözlenen deformasyonlar. 63
4.16: Yakın Caddesi krokisi. 65
4.17: Yakın Caddesi'nden 1999 depremi sonrası görüntüler 65
4.18: Yakın Caddesi'nden 1999 depremi sonrası gözlenen a) derin çatlaklı ve b) yüzeysel çatlaklı deformasyonlar. 66
4.19: Polis Karakolu krokisi. 68
4.20: Polis Karakolu'ndan a) deniz kenarından ve b) iç kısımlardan görüntüler. 68
4.21: Futbol Sahası krokisi. 70
4.22: Futbol Sahası'ndan a) kale kısmından ve b) iç kısımdan görüntüler. 70
5.1: CSR ile $(N_1)_{60}$ değerine göre ε değerini veren grafik. 72
5.2: İnce dane oranına bağlı olarak a) %10 için ve b) %20 için , CSR ile Na değerlerine bağlı olarak ε değerini veren grafikler. 73
6.1: Shamoto vd. yaklaşımı için "γ" parametresinin tayininde kullanılan, ince dane oranı a) %10 için ve b) %20 için hazırlanmış abaklar. 91
6.2: Sapanca Oteli bölgesinde yanal yayılma analizlerinin gerçekleştirildiği akslar. 92
6.3: SPT sondaj loglarının yapıldığı noktalar ile kendilerine en yakın eş yükselti eğrilerinin kroki üzerinde işaretlenmiş durumu. 92
6.4: II-II aksının AutoCAD programı ile çizilmiş boykesiti. 94
6.5: A1 açısının bulunması. 94
6.6: A2 açısının bulunması. 94
6.7: A3 açısının bulunması. 94
6.8: A4 açısının bulunması. 94

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
3.1:	Hesaplanan maksimum PGA değerlerinin karşılaştırmalı tablosu.	45
4.1:	SPT-N düzeltme faktörleri.	51
4.2:	Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj logunun diğer derinliklerine göre hazırlanmış sıvılaşma analizlerini içeren çalışma tablosu.	55
4.3:	Değirmendere Burnu SPT-DN1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	57
4.4:	Değirmendere Burnu SPT-DN2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	58
4.5:	Sapanca Oteli SPT-SH2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	60
4.6:	Sapanca Oteli SPT-SH4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	60
4.7:	Sapanca Oteli SPT-SH7 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	61
4.8:	Sapanca Oteli SPT-SH9 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	61
4.9:	Sapanca Oteli SPT-SH11 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	62
4.10:	Yalova Limanı SPT-YH1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	63
4.11:	Yalova Limanı SPT-YH2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	64
4.12:	Yalova Limanı SPT-YH3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	64
4.13:	Yakın Caddesi SPT-A1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	66
4.14	Yakın Caddesi SPT-A2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	67
4.15:	Yakın Caddesi SPT-A3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.	67

4.16: Yakın Caddesi SPT-A4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 67
4.17: Polis Karakolu SPT-PS2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 69
4.18: Polis Karakolu SPT-PS3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 69
4.19: Polis Karakolu SPT-PS4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 69
4.20: Futbol Sahası SPT-SF5 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 71
4.21: Futbol Sahası SPT-SF6 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri. 71
5.1: Değirmendere Burnu SPT-DN1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 74
5.2: Değirmendere Burnu SPT-DN2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 75
5.3: Değirmendere Burnu SPT-DN1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 75
5.4: Değirmendere Burnu SPT-DN2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 75
5.5: Sapanca Oteli SPT-SH2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 76
5.6: Sapanca Oteli SPT-SH4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 76
5.7: Sapanca Oteli SPT-SH7 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 77
5.8: Sapanca Oteli SPT-SH9 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 77
5.9: Sapanca Oteli SPT-SH11 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 78
5.10: Sapanca Oteli SPT-SH2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 78
5.11: Sapanca Oteli SPT-SH4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 78

5.12: Sapanca Oteli SPT-SH7 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 79
5.13: Sapanca Oteli SPT-SH9 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 79
5.14: Sapanca Oteli SPT-SH11 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 79
5.15: Yalova Limanı SPT-YH1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 80
5.16: Yalova Limanı SPT-YH2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 80
5.17: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 81
5.18: Yalova Limanı SPT-YH1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 81
5.19: Yalova Limanı SPT-YH2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd.yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 81
5.20: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 82
5.21: Yakın Caddesi SPT-A1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 82
5.22: Yakın Caddesi SPT-A2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 82
5.23: Yakın Caddesi SPT-A3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 83
5.24: Yakın Caddesi SPT-A4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 83
5.25: Yakın Caddesi SPT-A1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 83
5.26: Yakın Caddesi SPT-A2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 84
5.27: Yakın Caddesi SPT-A3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 84
5.28: Yakın Caddesi SPT-A4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 84

5.29: Polis Karakolu SPT-PS2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 85
5.30: Polis Karakolu SPT-PS3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 85
5.31: Polis Karakolu SPT-PS4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 85
5.32: Polis Karakolu SPT-PS2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 85
5.33: Polis Karakolu SPT-PS3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 86
5.34: Polis Karakolu SPT-PS4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 86
5.35: Futbol Sahası SPT-SF5 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 86
5.36: Futbol Sahası SPT-SF6 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 86
5.37: Futbol Sahası SPT-SF5 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 87
5.38: Futbol Sahası SPT-SF6 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu. 87
5.39: Değirmendere Burnu SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 87
5.40: Sapanca Oteli SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 88
5.41: Yalova Limanı SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 88
5.42: Yakın Caddesi SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 88
5.43: Polis Karakolu SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 88
5.44: Futbol Sahası SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması. 89
6.1: Hamada vd.yaklaşımı kullanılarak Sapanca Oteli bölgesinde gerçekleştirilen yanal yayılma analizi tablosu. 96

6.2: Sapanca Oteli SPT-SH4 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu. 96
6.3: Sapanca Oteli SPT-SH7 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu. 97
6.4: Sapanca Oteli SPT-SH9 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu. 97
6.5: Sapanca Oteli SPT-SH11 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu. 97
6.6: Analiz sonuçlarının gözlenen değerler ile karşılaştırılması. 98

1.GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı; aktif fayların bulunduğu ve önemli bir deprem bölgesi olan ülkemizde, son zamanlarda üzerine ağırlık verilen geoteknik deprem mühendisliğinin temel konusu olan deprem yükleri altında zemin deformasyonu konusuna genel bir bakış sağlamaktır. Özellikle deprem sonucu meydana gelen önemli bir deformasyon çeşidi olan sıvılaşmanın oluşum mekanizmasını açıklayarak, sıvılaşma olayı hakkında kapsamlı bilgi ve örnek çalışmalar sunmaktır. Ayrıca çeşitli ampirik yaklaşımlarla oluşabilecek deformasyon miktarlarını hesaplayarak, sıvılaşma deformasyonlarını çağdaş mühendislik yaklaşımlarıyla açıklamak da bu çalışmanın başlıca amaçlarından biridir.

Zemin dinamiği; zeminlere etkiyen veya etkimesi muhtemel dinamik yüklerin belirlenerek, etkilerine karşı dayanım göstermek amacıyla projelerin tasarımıyla ilgilenen bir geoteknik mühendisliği konusudur.

Zeminlerde deformasyonların meydana gelmesine sebep olan dinamik etkiler sırasıyla; deprem, kazık çakımı, karayollarındaki araç titreşimleri ve patlamalar olarak nitelendirilebilir. Bu çalışmada yalnızca depremin yol açtığı sıvılaşma ve bu sıvılaşmaya bağlı olarak gelişen oturma ve yanal yayılma deformasyonları incelenmiştir.

Bu çalışmada yapılan analizleri genel olarak; sıvılaşma, oturma ve yanal yayılma başlıkları altında sınıflandırabiliriz. Sıvılaşma analizlerinde SPT sondaj loglarındaki verilerle beraber, Seed ve Idriss ampirik yaklaşımı kullanılmıştır. Oturma analizlerinde, sıvılaşma analizlerinde hesaplanan verilerle beraber Tokimatsu and Seed ve Shamoto vd. ampirik yaklaşımları kullanılmıştır. Yanal yayılma analizlerinde ise, yine sıvılaşma analizlerinde bulunan verilerle beraber Hamada vd. ve Shamoto vd. ampirik yaklaşımları kullanılmıştır. Ayrıca, arazide gözlenen yanal yayılma değerleri yaklaşımlarla bulunan değerlerle karşılaştırılmış, bulunan sonuçlar tablo halinde gösterilmiştir [Seed and Idriss, 1971], [Tokimatsu and Seed, 1987], [Shamoto et al., 1998], [Hamada et al., 1986].

Ayrıca analizlerin yapıldığı bölgelerde azalım ilişkileri kullanılarak lokal pik ivme değerleri hesaplanmış ve bu değerler analizlerde kullanılmıştır.

1.1. Konu Üzerine Daha Önceden Yapılan Çalışmalar

Yıkıcı ve büyük birçok depremde sıvılaşma etkisi görülmüştür. Sıvılaşma konusunun ilk gündeme gelmesi ise 27 Mart 1964 yılında Alaska depremiyle (Mw= 8.6) olmuştur. Seward, Whittier ve Valdez bölgelerinde kıyı şeridinde meydana gelen kaymalar birçok rıhtım ve su yapısına zarar vermiştir. Ayrıca Anchorage bölgesindeki Turnagain Heights lokasyonunda meydana gelen yanal deplasman ve sıvılaşma sonucu karayolları ve demiryolları sıkışmış ve 250'den fazla köprüde burkulma problemi yaşanmıştır. Yanal deplasman yapan kütlenin ise 7.6 m kalınlığında 606 m sürüklendiği belirtilmiştir (ngdc.noaa.gov).

Yine aynı yılın 16 Haziran günü Japonya- Niigata'da meydana gelen depremde (Mw= 7.3) sıvılaşma fenomeni araştırmacıların gündemindeydi. Bu depremlerden önce insanlar yerleşim birimlerini kurarken küçük bölgeler halinde kararlı dengeli popülasyonlarla dağıldıklarından, zemin tipi olarak kayalık bölgeleri tercih ettiklerinden ve kıyı doldurma yöntemi yaygın olmadığından dolayı sıvılaşma etkisi gündeme gelmemiştir [Tezcan ve Özdemir, 2004].

Araştırmalar bu alanda yoğunlaştıkça bu fenomenin sebebi olan bazı faktörler de tespit edilmeye başlandı. Dane özellikleri, arazinin sismik geçmişi, yanal toprak itkileri, su muhtevası ve arazinin jeolojik yaşı gibi faktörlerin sıvılaşma ile ilgisi olduğu belirlendi [Seed et al., 1979].

Sıvılaşma ile ilgili ilk deneysel çalışmalar Seed ve Idriss, Finn, Ishihara ve Li ve Mulilis tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu araştırmalarda laboratuarda temiz kum numuneler üzerinde tekrarlı yükler altında yapılan drenajsız deneylerde sıkılığa bağlı olarak iki tür davranış gözlenmiştir. Gevşek kumlarda tekrarlı yükler altında boşluk suyu basıncı ani artış göstererek efektif çevre basıncına eşit olmuş ve zemin sıvılaştığı için büyük şekil değiştirme göstermiştir. Bunun sonucunda kayma mukavemetini kaybetmiştir. Suya doygun sıkı kumlarda ise, yükleme çevriminin bir anında boşluk suyu basıncı azalarak numune tekrarlı yüke karşı bir dayanım kazanmış olur. Bu olay ön sıvılaşma olarak tanımlanmıştır [Ansal ve Öğünç, 1981], [Castro,1975].

Laboratuar çalışmalarında numune alma yönteminin, deney sistemlerinin ve örselenmenin de önemli etkileri vardır [Ansal, 1998]. Bu faktörler çeşitli araştırmacılar tarafından temiz kumlar ve ince dane içeren siltli kumlar için

incelenmiştir. Ayrıca arazideki örselenmemiş numunenin sıvılaşma direncinin laboratuar ortamındaki numunelerden oldukça yüksek olduğu da belirtilmiştir [Hatanaka et al., 1988]. Laboratuarda yapılan üç eksenli deneyde ince dane oranının etkisi Ishihara ve Koseki tarafından incelenmiştir. Dinamik mukavemet üzerinde plastisitenin etkisi ise Kuerbis ve arkadaşları ile Erken ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde plastik ince danelerin mukavemeti arttırdığı, aksinin ise azalttığı tespit edilmiştir.

Ansal ve Erken tarafından 1998 yılında verilen seminerde gösterilen çalışmada ise Erzincan bölgesinden piston numune alıcılarla alınan örselenmemiş numunelerle İ.T.Ü. laboratuarında üç eksenli deney yapılmıştır. Deneyde ortalama dane çapı 0.25 mm olan temiz kum numuneler üzerinde değişik gerilmeler ve farklı rölatif sıkılıklar altında deneyler tekrarlanmış, sonrasında aynı bölgeden alınan numunelerde gerilme kontrollü dinamik üç eksenli deney yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında dinamik mukavemeti, gerilmelerin ve zemin yapısının büyük ölçüde etkilediği ortaya konulmuştur. Plastik ince dane oranının da dinamik mukavemeti olumlu yönde etkilediği belirtilmiş olup, plastisitesi yüksek numunelerin sıkı kumlardan daha yüksek dinamik mukavemete sahip olduğu vurgulanmıştır.

2. SIVILAŞMA VE OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ

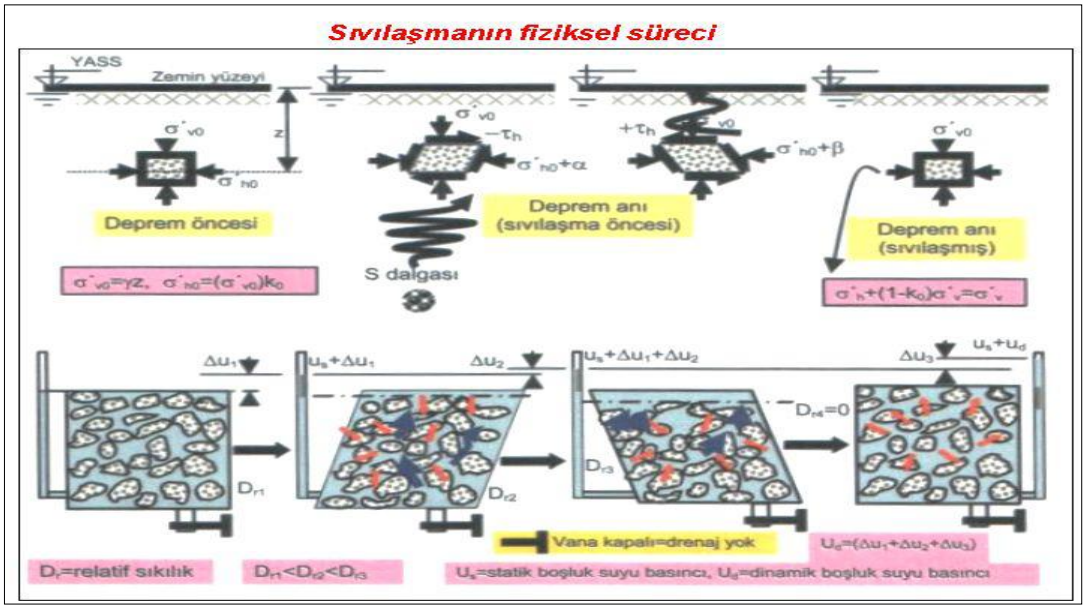
2.1. Sıvılaşma

Bir geoteknik deprem mühendisliği konusu olan zemin sıvılaşması; derinlik boyunca veya belirli bir derinlikte dinamik etkilerden dolayı daneler arası efektif basınç gerilmelerinin, boşluk suyu basıncının artmasından dolayı azalması durumudur [Youd, 1984].

$$\sigma' = \sigma - u \qquad (2.1)$$

Burada ;

- σ: zemindeki düşey gerilmeyi,
- σ': efektif gerilmeyi,
- u: boşluk suyu basıncını ifade eder.



Şekil 2.1: Sıvılaşmanın fiziksel süreci.

Şekil 2.1 incelenerek yukarıda ifade edilen açıklamaya ek olarak sıvılaşma konusu daha yalın bir dille ifade edilmek istenirse sıvılaşma; zeminin mukavemet ve rijitliğinin sıfıra düştüğü noktada partiküllerin birbirine göre hareket etmesi olayıdır. Yani temel faktör boşluk suyu basıncının artmasıdır. Sıvılaşma süreci; statik sıvılaşma ve dinamik sıvılaşma olmak üzere iki şekilde meydana gelebilir.

2.1.1. Statik Sıvılaşma

Kritik hidrolik eğimin aşıldığı durumda meydana gelen sızma sonucu oluşan sıvılaşma tipidir. Özellikle nehir yatağında veya su birikintilerine yakın kazılarda göz önüne alınması gereken bir durumdur. Kazı alanındaki zemin kütlesine etkiyen sızıntı kuvveti yerçekimi kuvvetine ters ve eşit yönde olduğu vakit, daneler üzerine etkiyen gerilmeler birbirini eşitleyeceğinden kum viskoz sıvı gibi davranış gösterir ve meydana gelecek deformasyona da kum kaynaması adı verilir.

2.1.2. Dinamik Sıvılaşma

Suya doygun gevşek granüller zeminlerde dinamik etkiler sonucu boşluk suyu basıncının büyük bir hızla artması sonucu oluşan sıvılaşma tipidir.

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

Burada ;

- σ: zemindeki düşey gerilmeyi,
- σ': efektif gerilmeyi,
- u: boşluk suyu basıncını ifade eder.

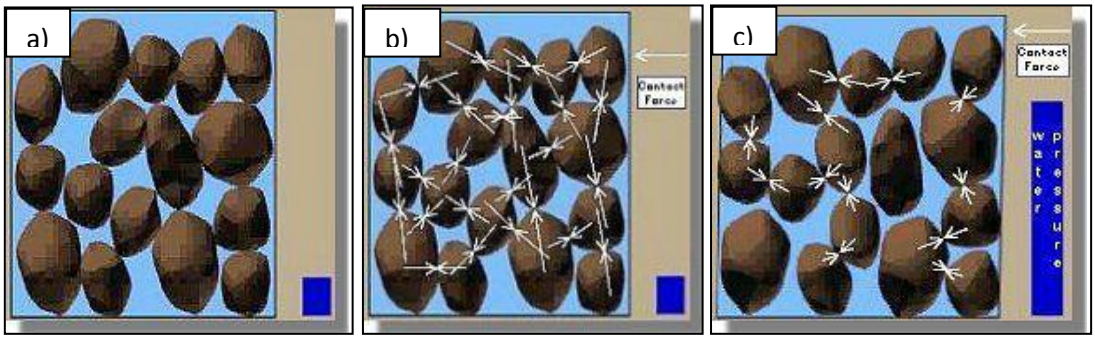
Bu mekanizmayı biraz daha irdelemek için önce “Sıvılaşma neden oluşur?” sorusuna yanıt bulmak gerekir. Bu bağlamda aşağıdaki maddeler incelenebilir:

- Sıvılaşma mekanizmasını tam olarak anlamak için, öncelikle deprem meydana gelmeden önce, arazide zeminin sahip olduğu koşulları iyi belirlemek gerekir.
- Suya doygun granüler zeminler birbirleriyle temas halinde olan çok sayıda daneden oluşmaktadır (Şekil 2.2.a).
- Üstte bulunan danelerin ağırlığı, her bir daneyi bulunduğu konumda tutan ve zemine mukavemetini veren daneler arasındaki temas kuvvetini oluştururlar (Şekil 2.2.b).
- Zeminin mukavemeti Mohr-Coulomb (Denklem 2.2) yasası ile tanımlanmaktadır.

$$\tau = \sigma' \tan\phi' = (\sigma - u) \tan\phi \qquad (2.2)$$

Burada;

- τ : zeminin kayma mukavemetini, ϕ: kumlu zeminin içsel sürtünme açısını,
- σ: zeminin düşey gerilmesini, σ': efektif gerilmeyi, u: boşluk suyu basıncını ifade eder.
- Boşluk suyu basıncı düşük olursa kontak kuvvetleri büyük olacaktır.



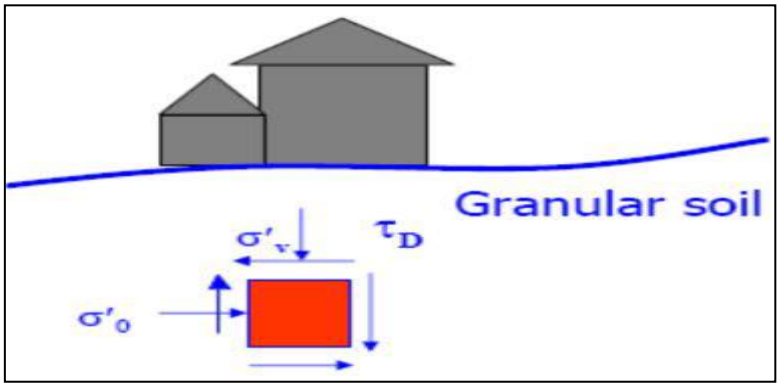
Şekil 2.2: a) Danelerin sıvılaşma öncesi durumu, b) sıvılaşma öncesi gerilme dağılımı ve c) deprem sırasında su basıncının yükselmesi sonucu değişen gerilmeler.

Şekil 2.2.a'da normal partiküllerin vaziyeti, Şekil 2.2.b dinamik kuvvetin etkisi daha ortaya çıkmadan önceki daneler arası çekim kuvvetlerini, Şekil 2.2.c' de dinamik etki sonrası yükselen boşluk suyu basıncından dolayı daneler arası çekimin büyük oranda azalıp, sıvılaşmanın meydana gelmesi açık bir şekilde görülmektedir.

- Sıvılaşma, suya doygun kum zeminlerin ani etkiyen dinamik bir yük uygulamasına maruz kalması sonucu meydana gelmektedir.
- Zemin daneleri bir yük uygulaması etkisi altında daha sıkı bir yerleşime sahip olma eğilimindedir.
- Buna karşılık, suyun drene olmak için yeterli zamanı bulamaması nedeniyle boşluklara hapsolması danelerin bu eğilimine engel olur.
- Bu durum ise, boşluklardaki suda basınç artışına ve doğal olarak daneler arası temas kuvvetlerinin azalmasına, dolayısıyla da zeminin mukavemetini kaybetmesine yol açar.
- Boşluk suyu basıncı artışının, zemin daneleri arasındaki teması ortadan kaldıracak kadar sürmesi durumunda zemin katı bir malzeme gibi değil, bir sıvı gibi davranacaktır.

2.1.2.1. Depremden Önce Gerilme Durumu

Deprem öncesinde zemin partikülü üzerine etkiyen efektif basınç gerilmesi ve kayma gerilmesi, zeminin statik denge durumunu ifade eder (Şekil 2.3).

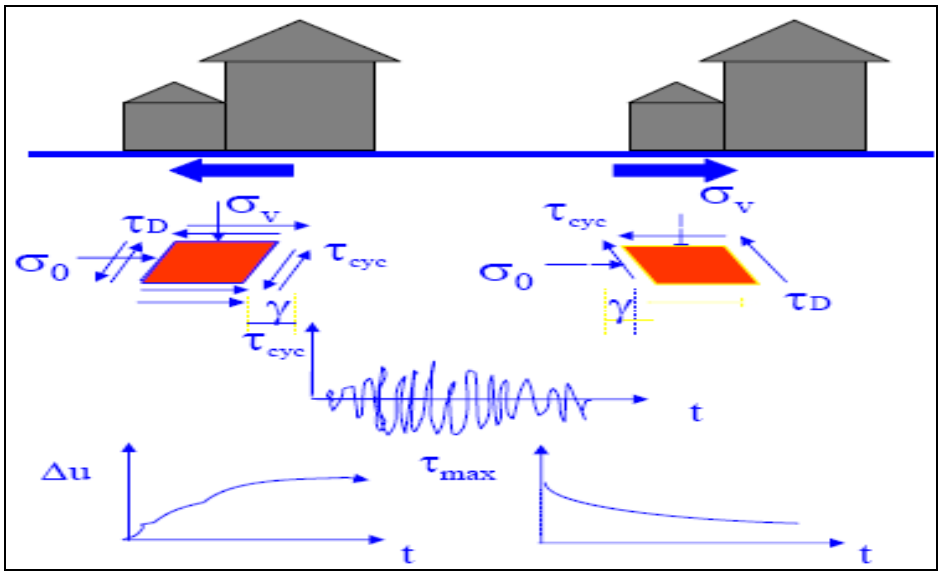


Şekil 2.3: Deprem öncesinde zemin partikülüne etkiyen gerilmelerin şeması.

- Düz bir arazide yer alan bir yapının altında, birim hacimdeki bir zemin elemanına etkiyen gerilmeler; efektif gerilmeler ve kayma gerilmesidir.
- Zeminin kayma mukavemeti; Şekil 2.3'te görüldüğü üzere efektif gerilmeler ve kısmen dengelenmiş kayma gerilmelerinden kaynaklanmaktadır (statik denge).
- Deprem sırasında, zeminde başlangıçta var olan statik kayma gerilmelerine ek olarak zemine etkiyen, deprem nedeniyle oluşan çevrimli kayma gerilmeleri, kayma deformasyonlarının oluşmasına sebep olur.

2.1.2.2. Depremden Sonra Gerilme Durumu

Deprem anında zemin partikülüne etkiyen statik denge durumundan kaynaklı basınç gerilmesi ve kayma gerilmesine ek olarak çevrimsel kayma gerilmesi etki eder. Bu etki de mevcut statik dengeyi bozmakta, sıvılaşmaya neden olmaktadır (Şekil 2.4).

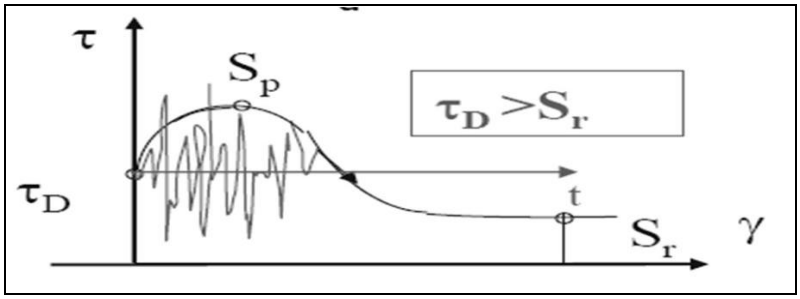


Şekil 2.4: Deprem esnasında çevrimli gerilmeler etkisinde, partikül üzerindeki gerilmelerin şeması.

- Kayma deformasyonlarının hacimsel kayma deformasyonu olarak adlandırılan bir eşik değere kadar ulaşması durumunda, boşluk suyu basıncı artmaya ve bununla paralel olarak kayma mukavemeti azalmaya başlar (Şekil 2.4).

- Sarsıntı sürerken, zemin çok daha büyük deformasyonlara maruz kalarak, adeta viskoz bir sıvı gibi davranarak sıvılaşma durumuna gelir.
- Sarsıntının sonunda 2 farklı senaryo meydana gelebilir. Bu senaryolar zeminin rezidüel drenajsız kayma mukavemetinin, statik kayma gerilmesinden büyük veya küçük olması durumlarıdır.

Akma sıvılaşması (flow liquefaction) olarak tanımlanan statik kayma gerilmesinin rezidüel kayma mukavemetinden büyük olması durumunda (Şekil 2.5); drenajsız şartlar mevcudiyetini korurken, statik kayma gerilmeleri artık dengede değildir.

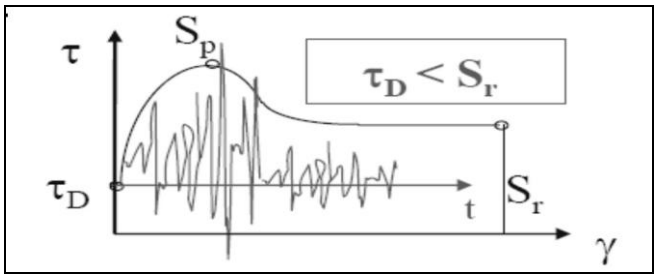


Şekil 2.5: Deprem sonrası statik kayma mukavemetinin rezidüel drenajsız kayma mukavmetinden büyük olması durumunu gösteren grafik.

Burada;

- Sr= depremden sonra rezidüel drenajsız kayma mukavemeti.
- τ_D= Statik kayma mukavemetini ifade eder.

Çevrimsel hareketlilik (cyclic mobility) olarak adlandırılan, Şekil 2.6' da görüldüğü üzere statik kayma gerilmesinin rezidüel kayma mukavemetinden küçük olması durumunda; zeminde drenajlı şartlara doğru hızlı bir gidiş olur. Çevrimsel hareketliliğin etkileri temellerde aşırı olmayan oturmalara, şevlerde sınırlı stabilite kayıplarına neden olması ve depremden sonra hareket meydana gelmemesi olarak özetlenebilir.



Şekil 2.6: Deprem sonrası rezidüel drenajsız kayma mukavemetinin statik kayma mukavemetinden büyük olması durumu gösteren grafik.

2.1.3. Sıvılaşma ile İlgili Genel İfadeler

- Sıvılaşmanın arazide bütün zemin tabakalarında oluşmadığı bilinmektedir.
- Bu nedenle sıvılaşma tehlikesi analizlerinde öncelikli olarak sıvılaşmanın meydana gelmesi için gerekli koşulların mevcut olup olmadığının bilinmesi gerekir.
- Bu koşullar arasında en önemlilerinin deprem büyüklüğü ve merkeze uzaklık, zemin tabakasının kompozisyonu ve jeolojik tarihçesi ile zeminin arazi gerilme ve sıkılık durumu olduğu ifade edilebilir.
- Geçmişte arazide gözlenmiş bütün sıvılaşma olayları incelendiğinde, sıvılaşmanın sığ depremlerde meydana geldiği, sıvılaşma tehlikesinin deprem büyüklüğü ve merkezine olan uzaklık arasındaki bir eğri ile sınırlandığı gözlenmektedir.
- Bu gözlemler bölgesel sıvılaşabilirlik değerlendirilmelerinde göz önünde bulundurulmalıdır.
- Bir zemin tabakasının jeolojik yaşı ile çökelme ve hidrolojik koşulları sıvılaşabilirliği üzerinde önemli ipuçları vermektedir.
- Çökelme sürecinde üniform dane dağılımına ve gevşek yerleşime yol açan jeolojik ortamlar ve genç çökellerin sıvılaşma riskinin çok daha yüksek olduğu, ayrıca yer altı su tabakası derinliğinin de önemli etkisi olduğu bilinmektedir.
- Sıvılaşma çevrimli yüklemeler altında oluşan artık boşluk suyu basınçları sonucu meydana geldiği için, zeminin hacim değişim potansiyeli ve su geçirgenliği üzerinde etkili olduğu bilinen dane boyutu ve dağılımı özellikleri sıvılaşabilirlik değerlendirmelerinde önemli bir yer tutmaktadır.

- Uzun yıllar sıvılaşmanın sadece kohezyonsuz kumlu zeminlerde oluştuğu düşünülmesine karşın, son yılarda yapılan çalışmalar ve gözlemler düşük kohezyonlu siltlerde de sıvılaşmanın ortaya çıkabileceğini göstermiştir.
- Sıvılaşma arazide bütün zemin tabakalarında oluşmaz.
- Sıvılaşmanın meydana gelmesi için gerekli koşulların mevcut olup olmadığı incelenmelidir. Bu koşullar aşağıdaki gibi maddeler halinde sıralanabilir;
  - Deprem büyüklüğü ve merkezine uzaklık,
  - Zemin tabakasının kompozisyonu ve jeolojik tarihçesi,
- Zeminin arazi gerilme ve sıkılık durumu.

2.1.4. Sıvılaşmayı Etkileyen Faktörler

Sıvılaşmanın oluşumunu doğrudan etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir :

- Zemin özellikleri: Sıvılaşmanın meydana geldiği ortam olan zemin; sıkılık derecesi, dane özellikleri ve kil muhtevası ile sıvılaşma potansiyelini etkilemektedir.
- Arazideki drenaj şartları: Arazinin drenaj özellikleri boşluk suyu basıncını doğrudan etkilediği için sıvılaşmayı etkileyen bir faktördür.
- Sıvılaşmaya yol açan etkenin özellikleri (deprem özellikleri): Sıvılaşmaya yol açan dinamik etkenin özellikleri aşağıdaki gibi maddelendirilebilir;
  - Depremin şiddeti
  - Yükleme süresi
- Yer altı su seviyesi: Yer altı su seviyesinin yüzeye yakınlığı sıvılaşma riskini arttıran ve buna bağlı oturmaların miktarını arttıran bir faktördür.

2.1.4.1. Zemin Özellikleri

Üniform bir yapıya sahip olmayan zemin incelenirken birçok açıdan ele almak gerekir. Zemin, kompleks bir yapıya sahip olduğundan birçok özelliği bünyesinde barındırır. Zemin özellikleri olarak nitelendirilen bu özellikler, aşağıdaki maddeler

halinde özetlenebilir. Yapılan gözlemler ve deneyler neticesinde kohezyonsuz zeminlerde sıvılaşmanın sıralanan maddelere bağlı olduğu gözlemlenmiştir;

- Zeminin sıkılık derecesi
- Dane özellikleri
- Kil muhtevası
- Zemin özellikleri ve sismik geçmiş

2.1.4.1.1. Zeminin Sıkılık Derecesi

Sıkılık derecesi %35'ten küçük olan zeminler gevşek zeminler olarak nitelendirilir ve suya doygun olmaları halinde sıvılaşmaya karşı son derece hassastırlar.

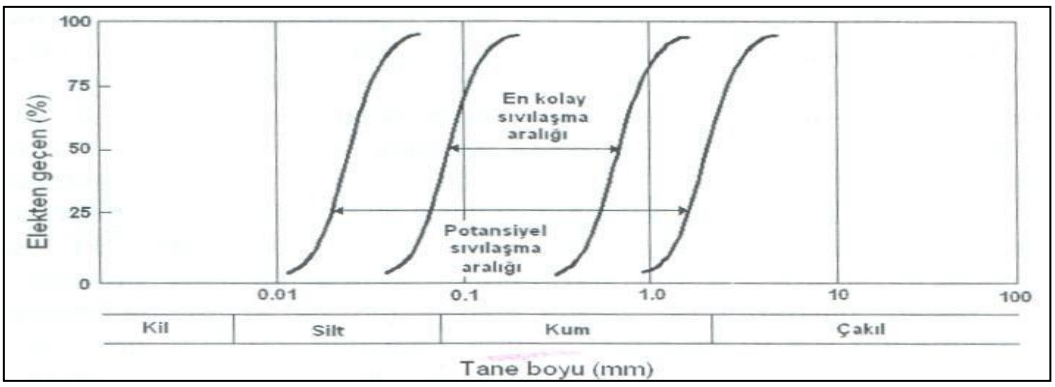
2.1.4.1.2. Dane Özellikleri Kavramı

Dane özellikleri kavramını aşağıdaki maddelerle özetlenebilir:

- Dane boyutu
- Dane şekli
- Dane çapı dağılımı
- Kil içeriği

Dane boyutunun küçülmesi granüler zeminlerde sıvılaşma riskini arttırmaktadır. Buna göre ince kumlar kaba kumlara göre sıvılaşmaya daha hassastır. Dane şekli incelenirse yuvarlak daneler köşeli danelere göre daha fazla sıvılaşma riski taşırlar. Dane çapı dağılımı sıvılaşma üzerinde belirleyici bir özelliktir. (Şekil 2.7) Örneğin; bütün çap aralığında belirli bir miktar dane bulunduran iyi derecelenmiş bir zeminde farklı dane çapları içeren yapı nedeniyle, deprem etkisiyle birlikte daha küçük çaplı daneler, büyük çaplı daneler arasındaki boşluklara girmeye çalışacak ve böylece sıkışma eğiliminin azalmasıyla, oluşması muhtemel boşluk suyu

basıncı artışları daha sınırlı kalacaktır. Buna göre üniform kumlar sıvılaşmaya karşı daha hassas bir yapıya sahiptir.



Şekil 2.7: Kumlu zeminlerde potansiyel sıvılaşma aralığını ifade eden, dane boyu-elekten geçen dane yüzdesi ilişkisine göre hazırlanmış grafik.

2.1.4.1.3. Kil Muhtevası

Zemin tek bir malzemeden meydana gelmeyen, üniform olmayan bir yapıya sahiptir. Temel olarak kumlu zeminler sıvılaşma potansiyeline sahip zeminler olarak tanımlanır. Fakat bu kumlu zeminlerde belli oranlarda silt, kil vb. malzemeler de tabakalanmış olabilir.

Kil, yapısı itibariyle su ile şişen, hamur kıvamına geçebilen bir malzemedir. Sıvılaşma olması için boşluk suyu basıncının artıp, daneler arası çekim kuvvetlerinin azalması gerekir. Bu durumda kil muhtevasının sıvılaşmayı negatif yönde etkileyeceği sonucuna varılabilir. Ayrıca kil muhtevası zeminin kayma modülü, sekant modülü ve sönüm oranını da etkileyeceğinden; kil oranı belli bir değerin üzerinde ise sıvılaşma olmadığı kabul edilip, belirli değerler aralığında ise çeşitli laboratuar deneyleri ile farklı analizler yapılmalıdır.

Son yıllarda deprem etkisiyle meydana gelen sıvılaşma olayları incelendiği zaman bazı kil içeriğine sahip zeminlerde sıvılaşmaya bağlı taşıma gücü kaybının meydana geldiği görülmektedir. Fakat Ikuo Towhata "Geotechnical Earthquake Engineering" adlı kitabında killi zeminlerde sıvılaşma tehlikesinin 1990'larda tartışılmaya başlandığını, buna rağmen killi zeminlerde gerçekleşen olayın bir sıvılaşma olarak kabul edilmemesi gerektiğini vurgulamıştır. Bunun nedenini kilin

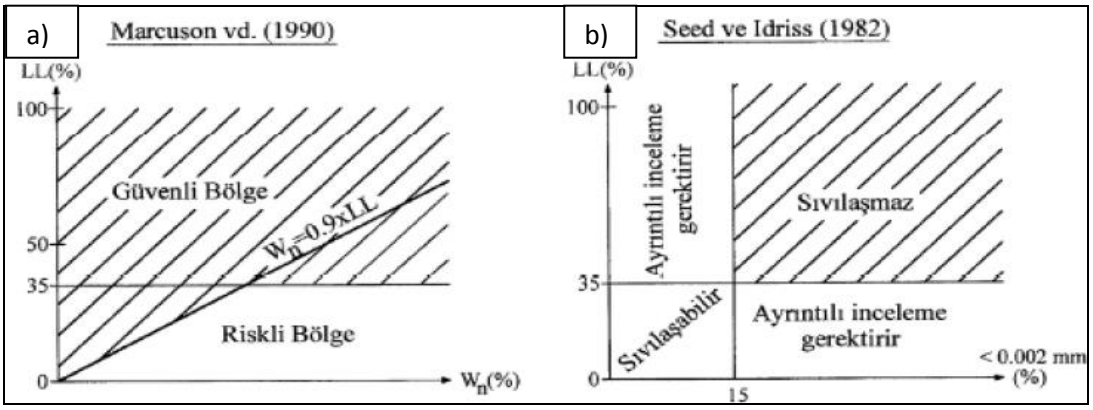
kumdan farklı davranış sergilediğine ve hiçbir zaman efektif gerilmelerin kumlu zeminlerde olduğu gibi killi tabakada sıfıra düşmeyeceğine bağlamıştır. Ayrıca deprem esnasında killi şevlerde meydana gelen göçmelerin sıvılaşma etkisiyle değil, kesme kuvvetlerine karşı yenilmeyle olduğunu belirtmiştir [Towhata, 2008].

Literatürde ise kil içerikli zeminlerin belli kriterleri sağlaması durumunda sıvılaşma potansiyeli taşıdığı, bu durumun modifiye çin kriterleri adı altında belirtildiği geçmektedir [Ishihara, 1984], [Wang, 1979].

Modifiye çin kriterlerine göre sıvılaşma potansiyeline sahip zeminlerde aşağıdaki şartların sağlanması gerekir:

- 0.005 mm'den küçük ince malzeme oranı ≤ %15,
- Likit limit (LL) ≤ %35,
- Doğal su muhtevası (Wn) ≥ 0.9 x LL

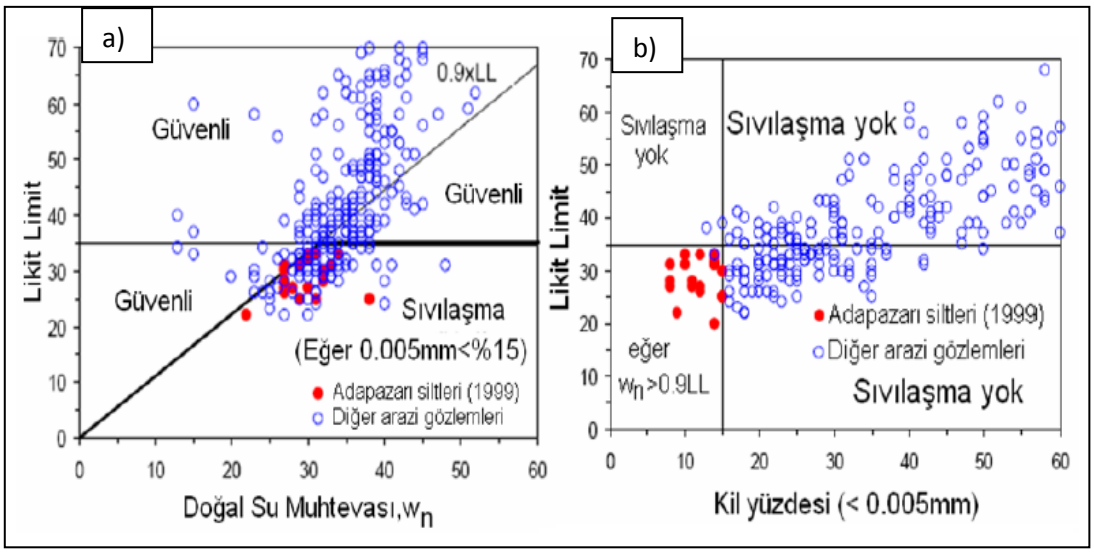
Ayrıca Marcuson ve arkadaşları ile Seed ve Idriss'in bu konuyla ilgili hazırladığı abaklar Şekil 2.8'de incelenebilir [Marcuson et al. 1990], [Seed and Idriss, 1982].



Şekil 2.8: a) Marcuson ve arkadaşları ile b) Seed ve Idriss'in likit limit, su muhtevası ve dane çapına göre killi zeminler için hazırladığı sıvılaşma abakaları.

Kocaeli 1999 depreminden sonra Adapazarı siltlerinin sıvılaşabilirliğinin incelendiği çalışmalarda [Önalp vd., 2001], çin kriterlerinin W_L < %33, kil oranı < %10, I_L< 0.9 ve D_{50} < 0.02 olarak uygulanmasının daha doğru olacağı öne sürülmüştür.

$$I_L = (W_N - W_P) / I_P \quad (2.3)$$



Şekil 2.9: Adapazarı bölgesi için a) su muhtevası ve b) kil yüzdesine bağlı sıvılaşma abakları.

Andrew ve Martin bu kriterleri 0.002 mm'lik kil çapı için yeniden düzenlemiştir [Andrew and Martin, 2000]. Buna göre ;

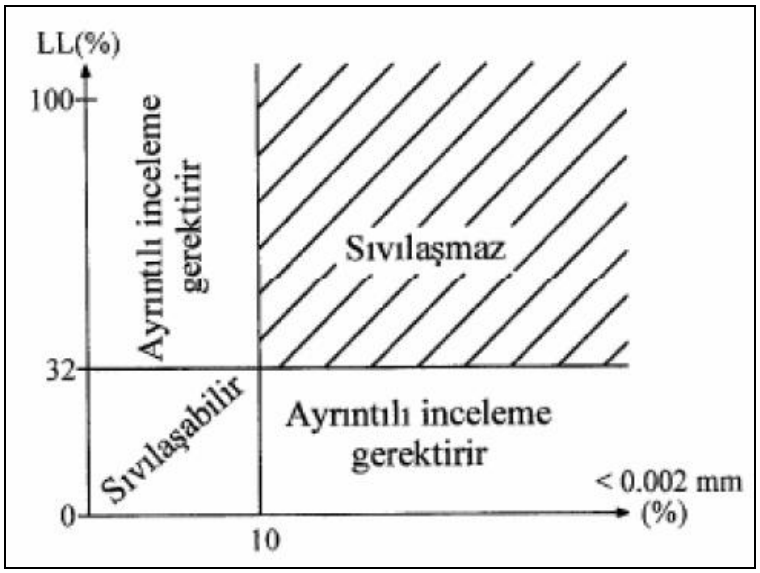
- İçerisindeki kil oranı (0.002 mm'den küçük dane oranı) yaklaşık olarak %10' dan az olan,
- Likit limit değeri % 32' den küçük olan zeminler,

potansiyel olarak sıvılaşabilir zeminler kabul edilmektedir (Şekil 2.10 ve Şekil 2.11).

Andrew ve Martin (2000) Kriterleri

	Likit limit< %32	Likit limit≥ %32
Kil içeriği < %10	Sıvılaşma olur	Daha fazla araştırma gerekli
Kil içeriği ≥ %10	Daha fazla araştırma gerekli	Sıvılaşma olmaz

Şekil 2.10: Andrew ve Martin kriterleri tablosu.



Şekil 2.11: Andrew ve Martin 2000 yılında oluşturduğu likit limit ve kil oranına bağlı sıvılaşma abağı.

2.1.4.1.4. Zemin Yapısı ve Sismik Geçmiş

Geçmişte sıvılaşmaya maruz kalmış zeminlerin yeni depremler ile birlikte tekrar sıvılaşma gösterme ihtimalinin büyük olduğu hem laboratuar çalışmalarından hem de arazi gözlemlerinden bilinmektedir [Ansal ve Öğünç, 1981].

Herhangi bir mühendislik yapısının inşasından evvel arazinin sismik geçmişine bakarak sıvılaşma tehlikesi açısından bir ön bilgi elde edilebilir. Mikrobölgeleme yöntemi ile üretilen haritalar bu konuda oldukça yol gösterici bir rehberdir.

2.1.4.2. Arazideki Drenaj Şartları

Arazide sıvılaşma oluşumu drenaj şartlarıyla yakından ilişkilidir. Sıvılaşmaya neden olan etken, suyun drene olamaması nedeniyle boşluk suyu basıncında oluşan artışların efektif gerilmeyi azaltmasıdır. Bu nedenle eğer sıvılaşma riski olan tabakanın üzerinde daha az geçirimli bir tabaka varsa bu durum sıvılaşma riski taşıyan tabakada oluşacak boşluk suyu basıncı artışının sönümlenmesi için gerekli olan drenaj süresini uzatacağından tabaka için deprem sırası ve sonrasında sıvılaşma tehlikesi daha fazla olacaktır.

2.1.4.3. Sıvılaşmaya Yol Açan Etkenin Özellikleri (Deprem Özellikleri)

2.1.4.3.1. Deprem Büyüklüğü

Deprem büyüklüğünün yüksek olması, bir başka deyişle maksimum ivmesinin büyük olması sıvılaşma tehlikesini arttıran bir unsurdur. Bununla birlikte magnitüdü büyük olmayan bir deprem hareketinin yüzeye doğru ilerlerken zemin tarafından büyütülebildiği bilinmektedir. Bu nedenle bu durumun sıvılaşmaya yol açabileceği de unutulmamalıdır.

2.1.4.3.2. Yükleme Süresi

Depremin süresinin uzaması tekrarlı gerilmelerin zemine uygulanma süresini uzatacağından sıvılaşma tehlikesini önemli ölçüde arttıran bir etkendir.

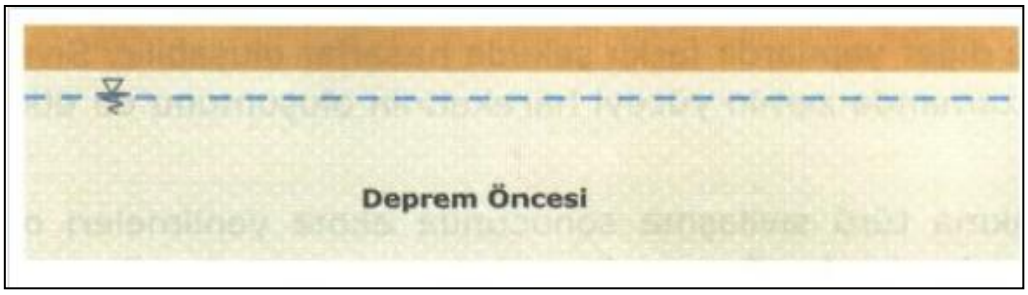
2.1.4.4. Yer Altı Su Seviyesi

Sıvılaşma için en elverişli koşullar, yer altı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu zaman ortaya çıkmaktadır. Yer altı su seviyesi üzerinde yer alan ve suya doygun olmayan zeminlerin sıvılaşması söz konusu değildir. Yer altı su seviyesi üzerinde bulunan zeminler, hidrolojik rejim dikkate alındığında gelecekte büyük olasılıkla doygunluk oluşmayacağını gösteriyorsa, genellikle sıvılaşma potansiyeli için değerlendirmeye alınmaz.

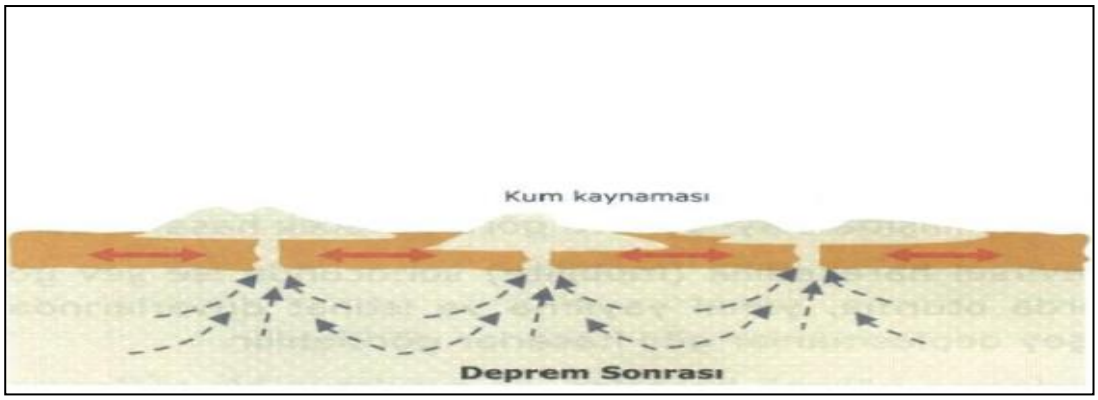
Yer altı su seviyesinin zaman içinde alçalıp yükseldiği yerlerde, sıvılaşma potansiyeli de paralel şekilde artar ve düşer. Diğer bilgi kaynakları su seviyesinde daha yüksek veya daha düşük bir seviyeyi işaret etmediği sürece, sıvılaşma analizinde geçmişte kaydedilmiş en yüksek yer altı su seviyesi kullanılmalıdır (Şekil 2.12).

Poulos ve arkadaşları, sıvılaşmanın boşluklardan havanın kaçışını sınırlayacak kadar hızlı yüklenmiş kuru ve gevşek, çok büyük kum veya silt kütlelerinde de

oluşabileceğini belirtmektedir. Kuru ve gevşek kumların böyle hareketinden akıcı kum veya akıcı zemin olarak söz edilir. Bu tip zeminler sıvılaşmış zemin gibi akabilmelerine rağmen, bunlara ait zemin deformasyonları, burada sıvılaşma olarak tanımlanmayacaktır. Doğru olanı, sıvılaşmanın yer altı su seviyesi altında bulunan zeminler için oluşacağını göz önünde bulundurmaktır. İleride yapılacak olan hesaplarda bu husus dikkate alınarak çözümler yapılmış tüm sıvılaşma analizlerinde başlangıç yer altı su seviyesi tutulmuştur [Poulos et al. 1985], (Şekil 2.13).



Şekil 2.12: Deprem öncesi zemin- yer altı su seviyesi durumu.



Şekil 2.13: Deprem sonrasında yer altı su seviyesine bağlı olarak gelişen bir tür sıvılaşma deformasyonu olan kum kaynaması durumu.

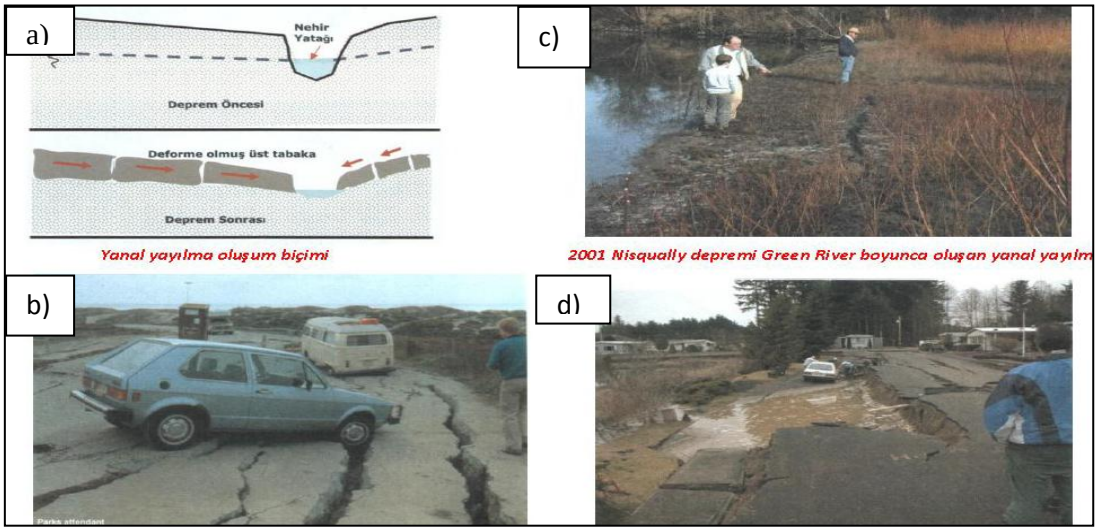
2.1.5. Sıvılaşmanın Yol Açtığı Zemin Problemleri

Sıvılaşma nedeniyle arazide karşılaşılan başlıca zemin problemleri aşağıdaki gibidir:

- Yanal yayılma
- Akma göçmesi
- Zemin yüzeyinde çökme-ayrılma
- İstinat yapılarında stabilite sorunları
- Şev kaymaları, taşıma gücü kaybı
- Kum kaynaması

2.1.5.1. Yanal Yayılma

Genellikle çok az eğimli (0.3,3 derece arası), yamaçlarda veya su kütlelerine komşu gelişmektedir. Yayılmalar altta bulunan zeminin sıvılaşmasını ve yüzeysel sediment blokların yanal deplasmanını temsil eder [Youd, 1984]. Bu yayılmalar çoğunlukla birkaç metre ile sınırlıdır. Bu gibi hareketler, tipik olarak dolgulara, boru hatlarına, köprülere ve yüzeysel temellere sahip diğer yapılara zarar verirler. Şekil 2.14 ve Şekil 2.15'te yanal yayılmanın oluşum şeması ve örnekleri gösterilmiştir.

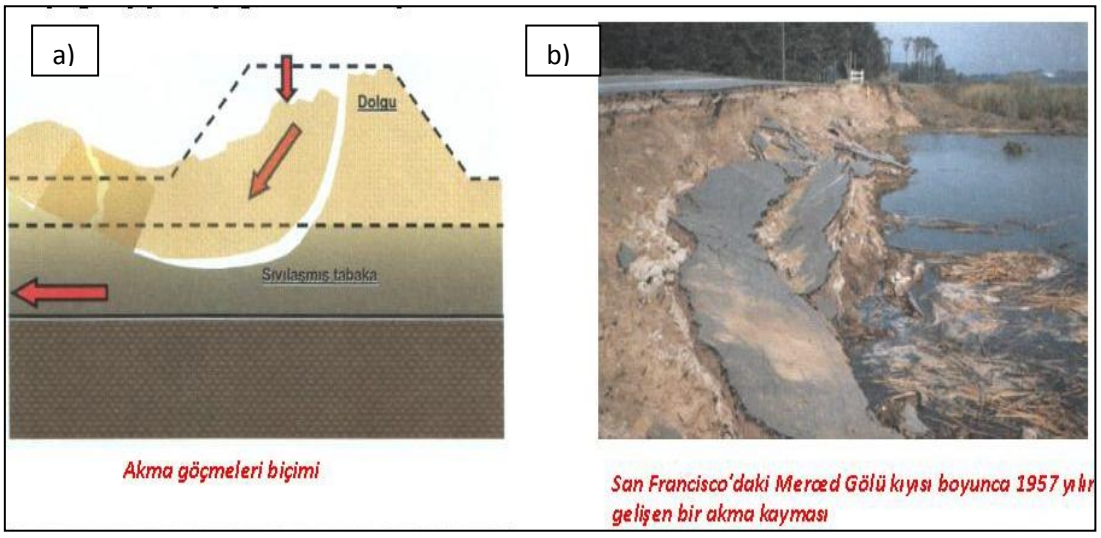


Şekil 2.14: a) Yanal yayılma olayı oluşum şeması, c) Nisqually A.B.D. - 2001 depremi sonucu meydana gelen yanal yayılma örneği , ve b) ile d) Loma Prieta A.B.D - 1989 depremi sonucu meydana gelen yanal yayılma örnekleri.

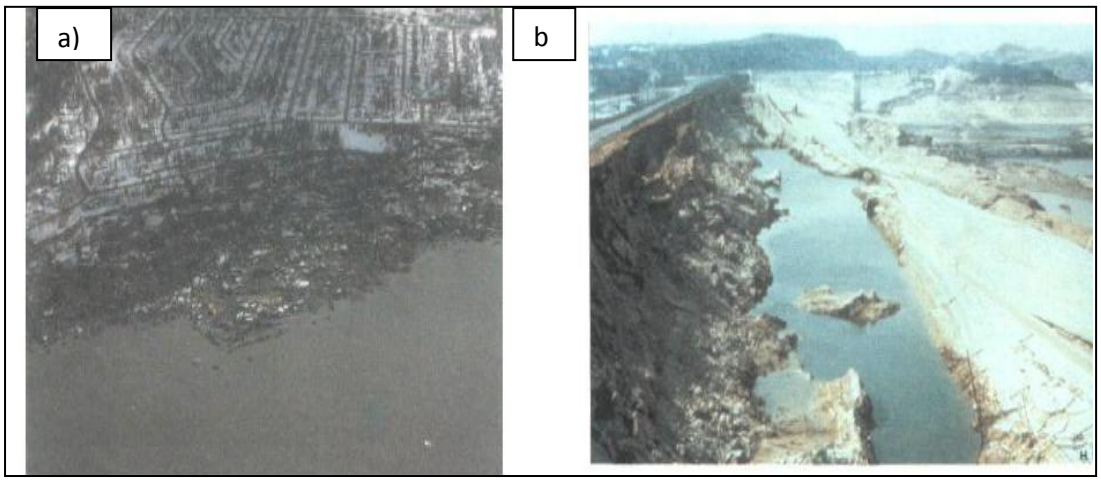
Şekil 2.15 Lower Van Norman barajında San- Fernando A.B.D. - 1971 depremi sırasında meydana gelen yanal yayılma deformasyonu.

2.1.5.2 Akma Göçmesi

Akma göçmeleri genellikle 3 dereceden fazla eğimlerde meydana gelirler [Youd, 1984]. Sıvılaşmanın meydana getirdiği en büyük deplasmanlı göçmelerdir. Çabuk gelişirler ve geniş kütleler halinde harekete geçerler. Şekil 2.16 ve 2.17'de oluşum şeması ve örnekleri görülmektedir.



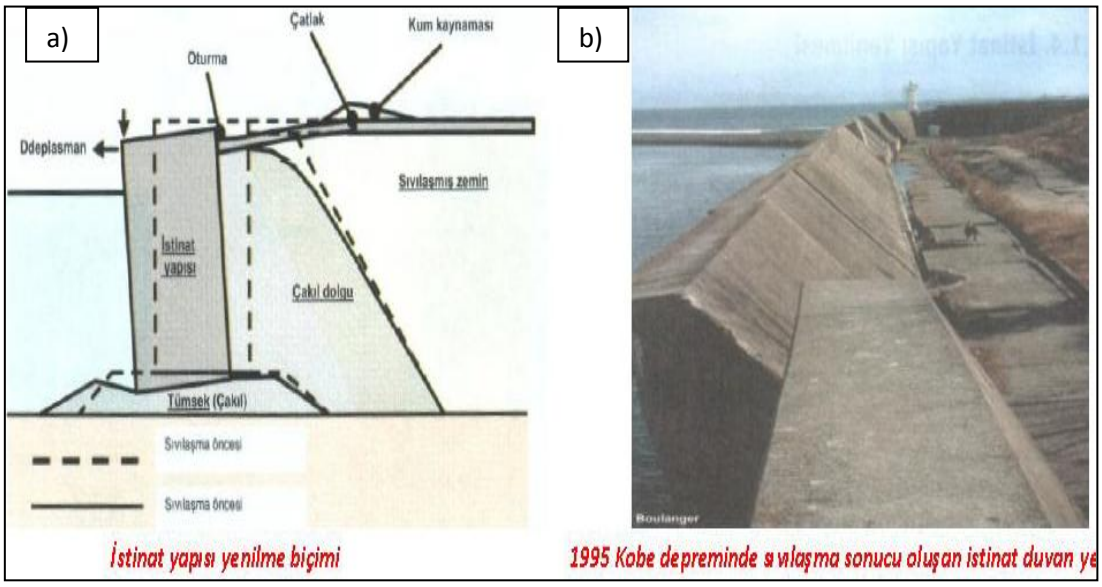
Şekil 2.16: a) Akma göçmesinin oluşum biçimi ve b) San- Fransisco'daki Merced Gölü kıyısında 1957'de meydana gelen bir akma göçmesi örneği.



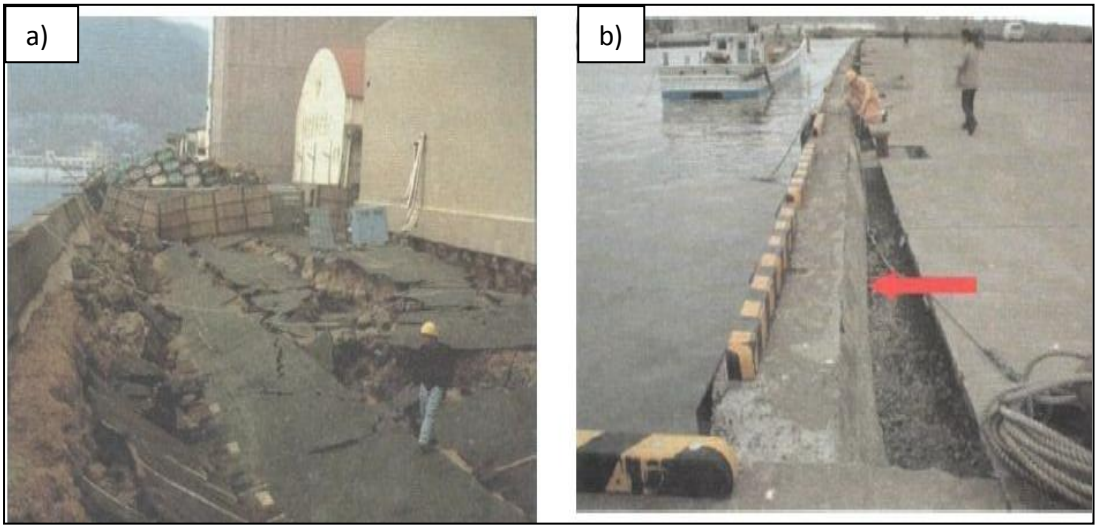
Şekil 2.17: a) Kıyı şeridinde meydana gelmiş ve b) şevli bir arazide meydana gelmiş akma göçmesi örnekleri.

2.1.5.3. İstinat Yapısı Göçmesi

Sıvılaşmış temel zeminin destek kaybından veya istinat yapısı arkasındaki sıvılaşmış zeminden dolayı artan yanal yüklerden kaynaklanır. Bu etkiler sonucu istinat yapısı düşey, yatay veya ikisinin toplamı bir deplasmana maruz kalır. Şekil 2.17 ve 2.18'de istinat yapısı göçmesi şeması ile meydana gelmiş istinat yapısı göçme örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.18: a) İstinat yapısı göçme şeması ve b) Kobe Japonya - 1995 depreminde göçmüş bir istinat yapısı.



Şekil 2.19: Kobe Japonya- 1995 depremi sonrası gözlenen farklı noktalardan a) ve b) istinat yapısı göçme örnekleri.

2.1.5.4. Taşıma Gücü Kaybı

Temel zemini sıvılaşma sonucu dayanımını kaybeder. Bir başka deyişle taşıma gücünü yitirir. Bunun sonucunda üzerinde bulunan yapılar batar, döner, yan yatar veya devrilir (Şekil 2.20).

Şekil 2.20: Taşıma gücü kaybı oluşum şeması.

Şekil 2.21: Niigata Japonya -1964 depremi sonucu taşıma gücü kaybına uğramış zemin sonucu devrilen binalar.

Şekil 2.22: Taşıma gücü kaybı ile devrilen silo yapısı Adapazarı Türkiye – 1999.

Şekil 2.23: Taşıma gücü kaybı sonucu devrilen binalar Adapazarı Türkiye -1999.

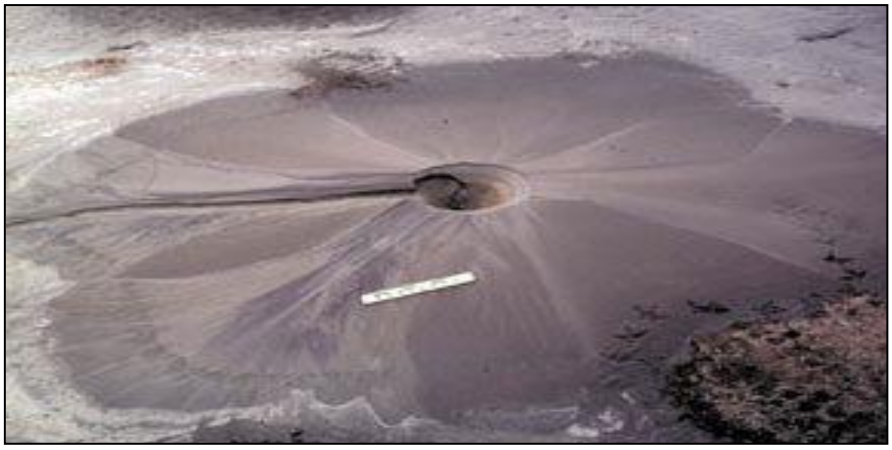
Şekil 2.24: Taşıma gücü kaybı sonucu deformasyona uğramış silolar Kocaeli Türkiye – 1999.

Şekil 2.25: Taşıma gücü kaybı sonucu yan yatan bir bina Gölcük Türkiye -1999.

2.1.5.5. Kum Kaynaması

Kum kaynaması genellikle bir hat üzerinde gözlenir (Şekil 2.13). Zemindeki çatlak veya yarıkları takip eder, çoğunlukla çökme ve küçük hasarlara yol açarlar. Şekil 2.26'da Tottori Japonya - 2000 ve Chi-Chi Tayvan - 1999 depreminde oluşan kum kaynaması örnekleri verilmiştir.

Şekil 2.26: Tottori Japonya - 2000 ve Chi- Chi Tayvan - 1999 depremleri sonucu oluşan kum kaynaması deformasyonları.



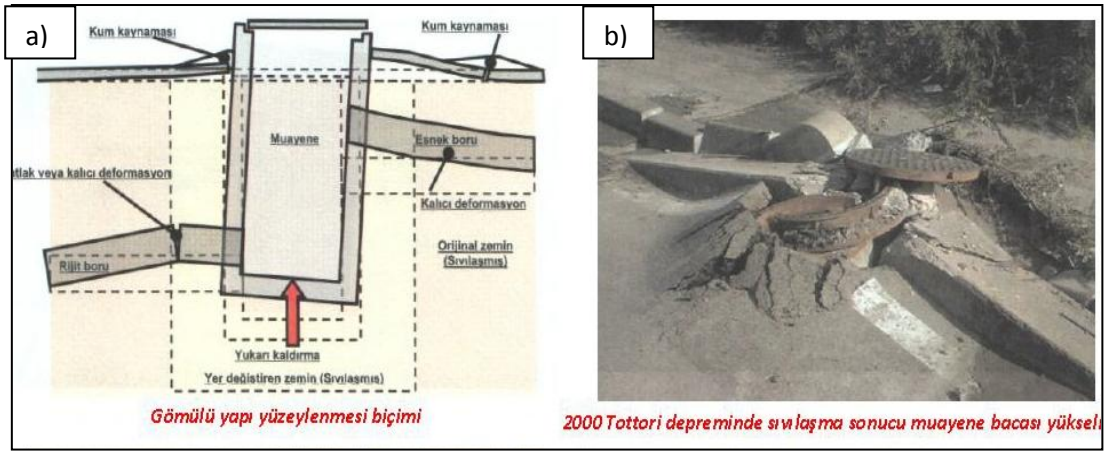
Şekil 2.27: Kum kaynaması Loma Prieta A.B.D. – 1989.

Şekil 2.28: Kum kaynaması Loma Prieta A.B.D. – 1989.

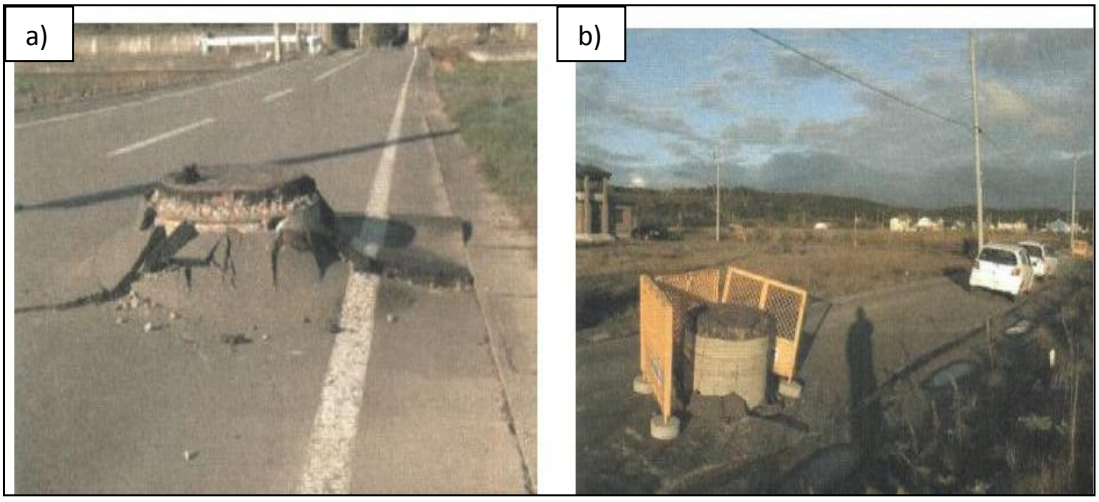
Şekil 2.29: Kum kaynaması New Madrid A.B.D. – 1811.

2.1.5.6. Gömülü Yapı Yüzeylenmesi

Sıvılaşma esnasında kaldırma kuvvetinin etkisiyle, muayene bacası, tank, boru hatları ve benzeri hafif yapılar zemin yüzeyine yükselir.



Şekil 2.30: a) Gömülü yapı yüzeylenmesi şeması ve b) Tottori Japonya - 2000 depreminde meydana gelen bir gömülü yapı yüzeylenmesi.



Şekil 2.31: Meydana gelmiş farklı lokasyonlarda; a) anayol üzerinde, b) tali yol üzerinde bulunan gömülü yapı yüzeylenmeleri.

3. AZALIM İLİŞKİLERİNDEN LOKAL PİK İVME DEĞERLERİNİN (PGA) HESAPLANMASI

3.1. Azalım İlişkileri

Bu çalışma kapsamında Sakarya ve Yalova bölgelerinde bulunan Değirmendere Burnu, Yalova Limanı, Polis İstasyonu, Futbol Sahası, Sapanca Oteli ve Yakın Caddesi noktalarının ilgili parametreleri kullanılarak Kocaeli depremi sonucu oluşan lokal pik yer ivmeleri azalım ilişkileri yardımıyla tahmin edilmiştir. Kullanılan azalım ilişkileri Campbell ve Bozorgnia, Sadigh vd., Boore ve Joyner ile NGA - yeni nesil grubu azalım ilişkileri olan yeni nesil azalım ilişkilerinden Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chiou ve Youngs'ın ortalaması alınarak pik yer ivmeleri tahmin edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada AFAD'ın resmi sitesinin kuvvetli yer hareketi grubundaki pik yer ivmesi hesaplayan programdan elde edilen veriler de gösterilmiş ve diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Bu programda sırası ile Ulusay vd., Çeken vd., Kalkan ve Gülkan, Boore vd. ve Akkar ve Boomer azalım ilişkilerine yer verilmiştir [Gülkan ve Kalkan, 2002], [Abrahamson and Silva, 1997], [Boore et al. 1997], [Sadigh et al. 1997].

3.1.1. NGA - Yeni Nesil (New Generation Attenuation) Azalım İlişkileri

Yaklaşık 175 deprem ve 3548 kayıttan derlenerek oluşturulmaya başlanan NGA - yeni nesil azalım ilişkileri, hem analitik hem de nümerik modeller kullanılarak geliştirilmiştir. Bu çalışmayı yapan kişiler; Abrahamson ve Silva, Campbell ve Bozorgnia, Boore ve Atkinson ve Chiou ve Youngs' dır.

NGA - Yeni nesil azalım ilişkilerinde öncekilerden farklı olarak yakın fay etkileri adı altında incelenmiş farklı parametreler göze çarpmaktadır. Bu etkiler yönlenme ve fırlatma etkileridir.

Yönlenme etkisinde, standart azalım ilişkilerinin aksine ortalama yatay bileşen değerlerinde bir değişim söz konusudur. Eğer kırılan fayın doğrultusunda bir bölge

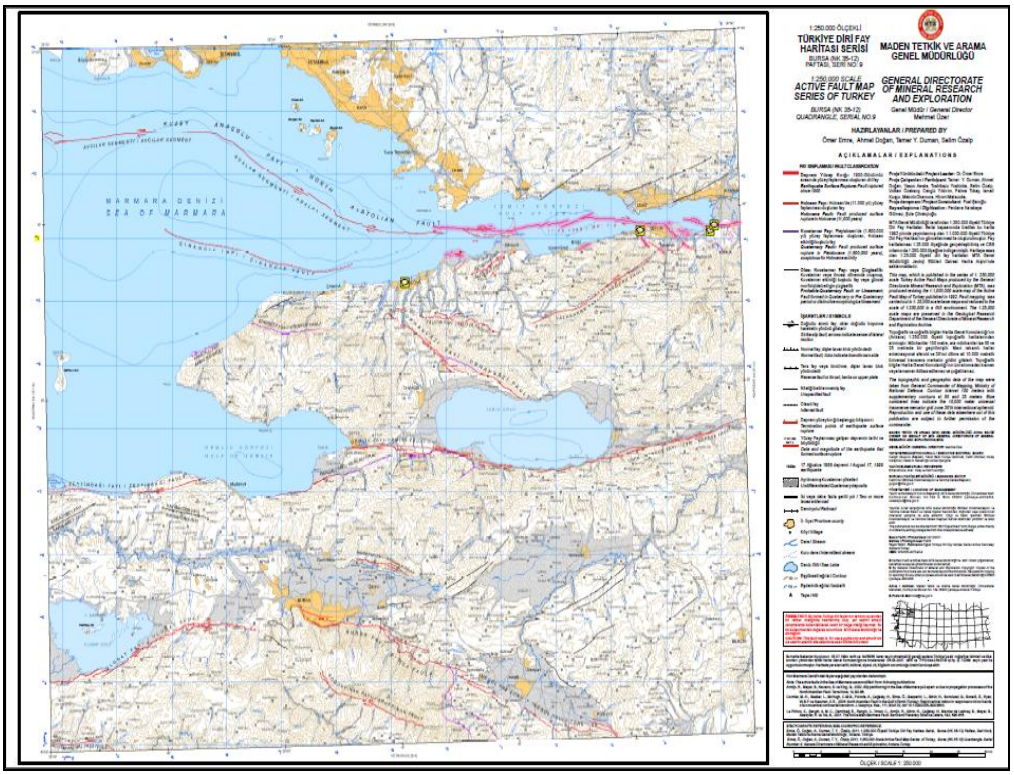
incelenecekse uzun periyodlu kuvvetli yer hareketinin genliğinde bir artış meydana gelir. Bölge faydan uzaklaştıkça genlikte bir azalım söz konusudur. Uzun periyodlu hareketlerde normal bileşenler, yatay bileşenlerden daha büyüktür. Ayrıca fayın kırılma açısı olarak adlandırılan dip açısı ivme değerini etkileyen bir diğer parametredir. Dip açısı bu çalışmada 90 olarak alınmıştır. Kırılmanın derinliği de 0 kabul edilmiştir.

Fırlatma etkisi ise bölgedeki kalıcı tektonik deformasyonlarla ilgili bir özelliktir. Bu etkinin hesaplanmasında genlik, periyod ve varış süreleri kullanılmaktadır. Tüm bu etkiler NGA - yeni nesil azalım ilişkilerinde göz önüne alınmaktadır.

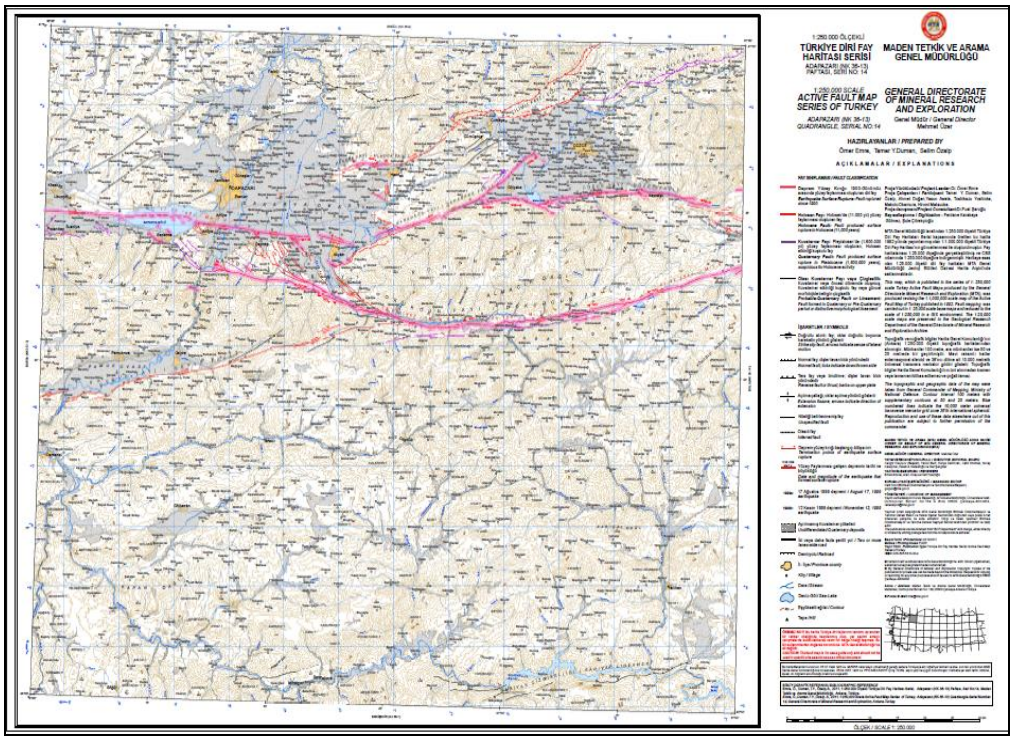
3.2. Lokal Pik İvme Değerlerinin Hesaplanması

Bu kısımda ilgili bölgelerin koordinatları Google Earth programına girilmiş ve lokasyonu tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattına olan en yakın uzaklıkları (dik uzaklık) MTA'nın (Maden Tetkik ve Arama Genel Müd.) sitesinden indirilen diri fay haritaları yardımıyla kilometre bazında hesaplanmıştır. İlgili noktaların faya dik uzaklıkları için Bursa ve Adapazarı paftaları kullanılmıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Zemin sınıflarının tespit edilmesinde ise Kocaeli Belediyesi'nin yapmış olduğu " Sizin Renginiz Hangisi?" çalışmasından faydalanılmıştır (Şekil 3.4). Zayıf zeminden çok iyi zemine doğru zemin sınıfları D,C,B ve A olarak temsil edilmiştir (Şekil 3.5). Tez kapsamında bu çalışmadan yararlanılmıştır. Fakat analizi yapılan bölgelerden Yalova Limanı, Sapanca Oteli ve Yakın Caddesi bu çalışmanın sınırlarının çok az dışında kaldığından, bu noktaların zemin sınıfı kendisine en yakın noktaların zemin sınıfına göre tahmin edilerek en elverişsiz değer alınmıştır. İstendiği takdirde ilgili noktalar için yapılmış sondaj logları incelenip, aynı veriler bu yoldan da elde edilebilir. NGA - yeni nesil azalım ilişkileri için gereken dip açısı 90 alınmış ve fayın genişliği de 25 km kabul edilmiştir. V_s kayma dalgası hızı, sıvılaşabilir kumlar için 180 m/s alınmıştır. Zemin sınıfları A,B,C ve D olmak üzere 4 tiptir (Şekil 3.5). Zemin sınıfları AFAD'ın sitesindeki ivme değerlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

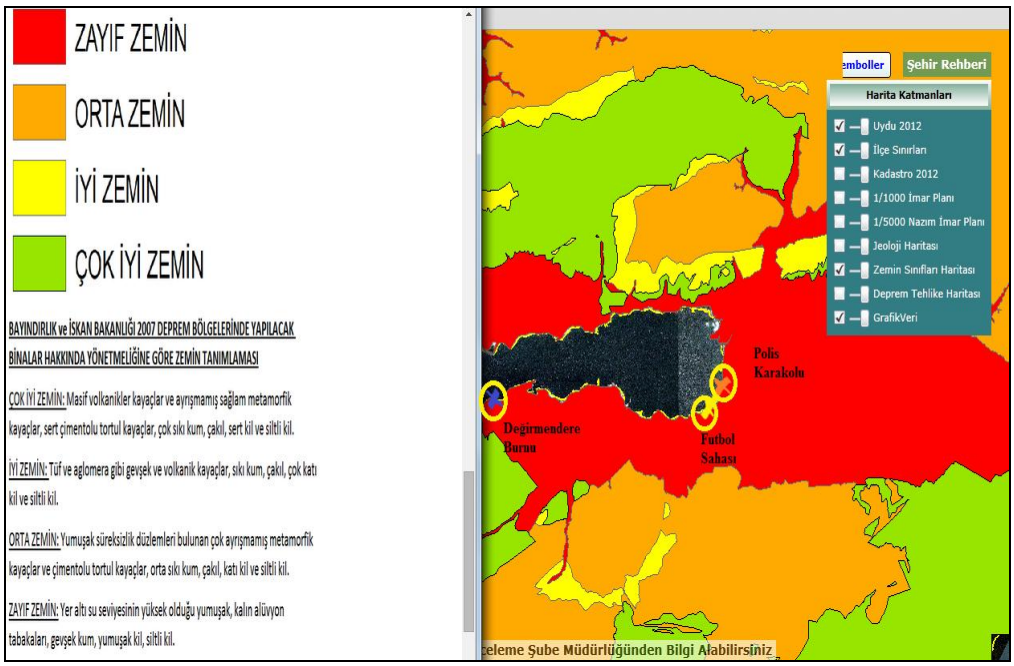
Şekil 3.1: Analizlerin yapıldığı noktaların genel krokisi.



Şekil 3.2: Bursa paftası diri fay haritası.



Şekil 3.3: Adapazarı paftası diri fay haritası.



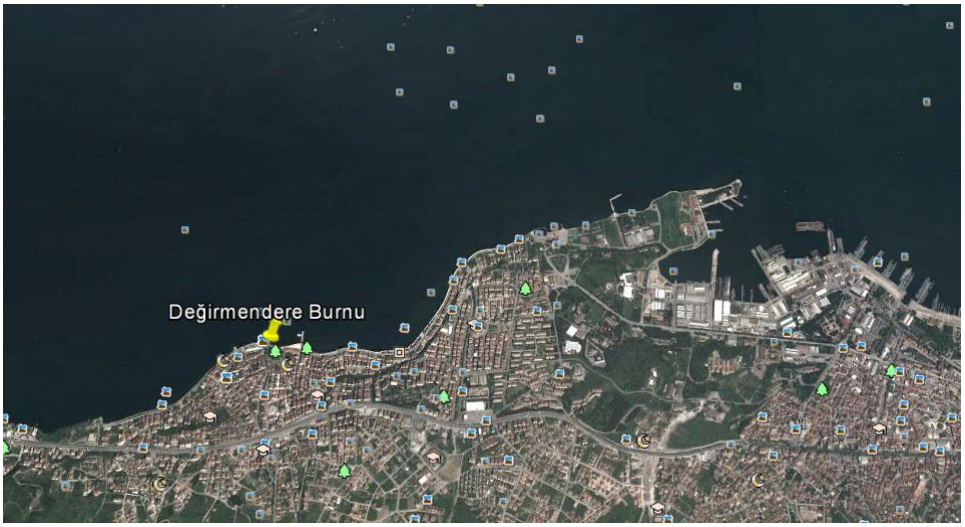
Şekil 3.4: "Sizin Renginiz Hangisi? " çalışması sonucu ilgili bölgelerin zemin sınıflarının belirlenmesi. Krokide Değirmendere Burnu, Futbol Sahası ve Polis Karakolu görülmektedir.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N/30)	Relatif Sıkılık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayaçlar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayaçlar, sert çimentolu tortul kayaçlar....	—	—	> 1000	> 1000
	2. Çok sıkı kum, çakıl.....	> 50	85–100	—	> 700
	3. Sert kil ve siltli kil.....	> 32	—	> 400	> 700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayaçlar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayaçlar....	—	—	500–1000	700–1000
	2. Sıkı kum, çakıl.....	30–50	65–85	—	400–700
	3. Çok katı kil ve siltli kil...	16–32	—	200–400	300–700
(C)	1.Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayaçlar ve çimentolu tortul kayaçlar.....	—	—	< 500	400–700
	2. Orta sıkı kum, çakıl.....	10–30	35–65	—	200–400
	3. Katı kil ve siltli kil.....	8–16	—	100–200	200–300
(D)	1.Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları.....	—	—	—	< 200
	2. Gevşek kum.....	< 10	< 35	—	< 200
	3. Yumuşak kil, siltli kil.....	< 8	—	< 100	< 200

Şekil 3.5: Zemin sınıfları ve özellikleri.

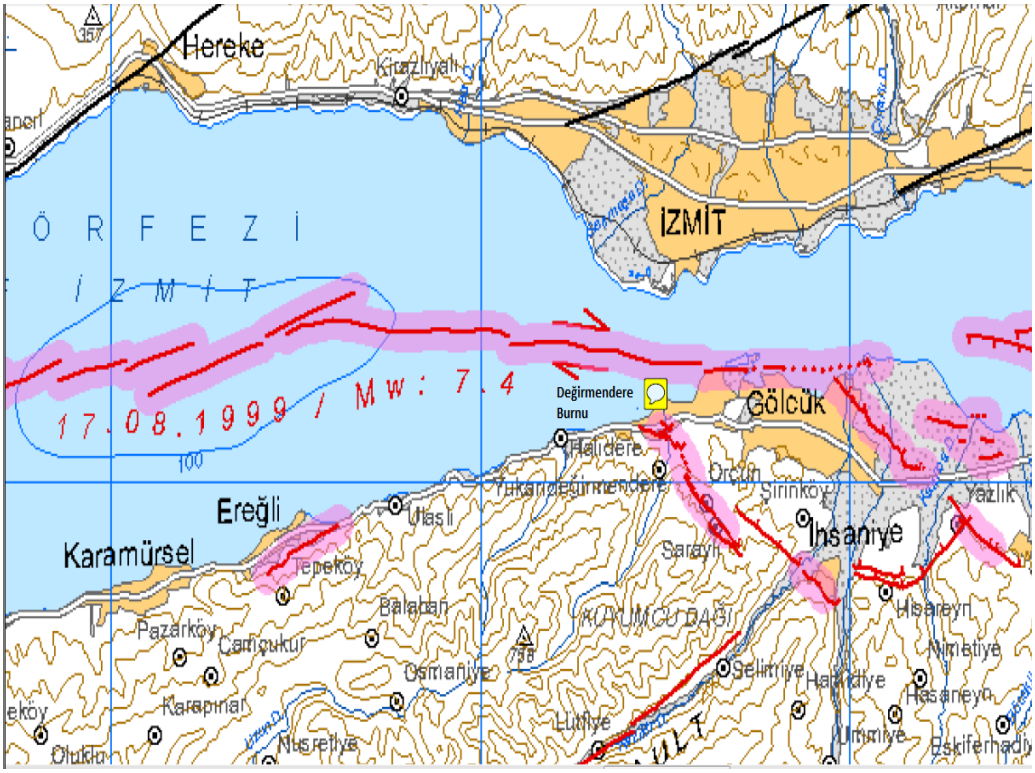
3.2.1. Değirmendere Burnu

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 3.4'ten D olarak tespit edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6: Değirmendere Burnu genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Değirmendere Burnu'nun faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 1.5 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğrultu atımlıdır. AFAD'ın sitesindeki pik yer ivmesi hesaplama programında bu dört parametre kullanılmıştır. Diğer bölgeler için bu parametrelerden faydalanılacaktır.

Değirmendere Burnu için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.8'de görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. İlgili kod Ek-B kısmında görülebilir. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.695 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.502 g ve 0.836 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.376 g bulunmuştur.

Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 1.5 (Ör.: 45)

ZEMIN SINIFI :
- A Sınıfı
- B Sınıfı
- C Sınıfı
- D Sınıfı

FAYIN CİNSİ :
- Normal Fay
- Ters Fay
- Doğrultu Atımlı Fay

Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

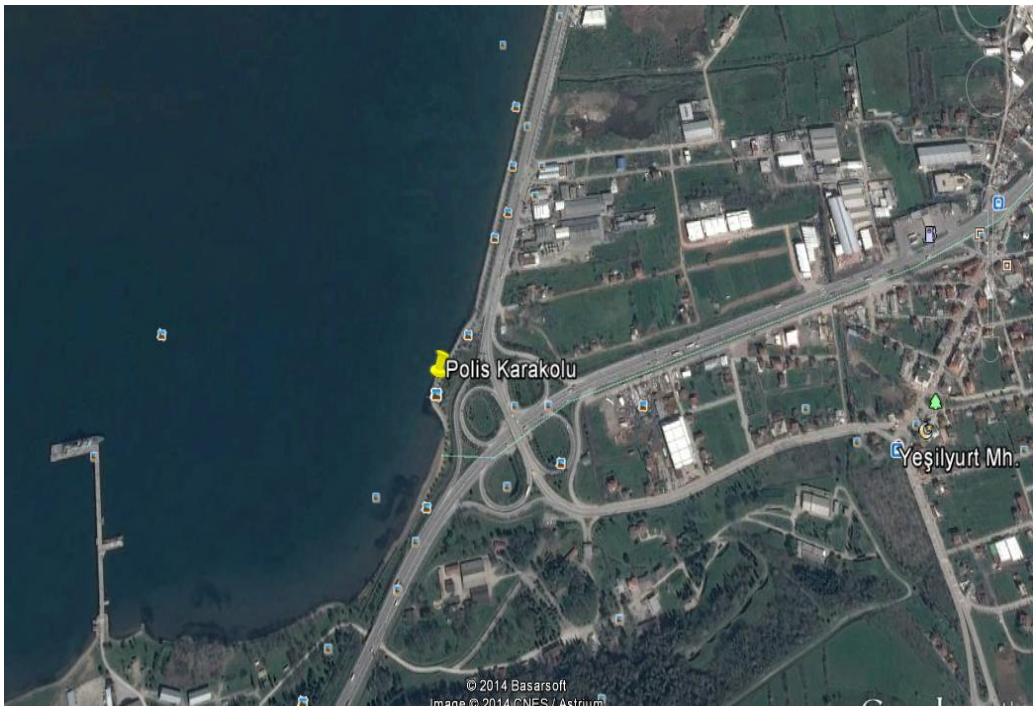
Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 1.5
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	686,23cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	635,60cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	640,94cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	726,39cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	462,97cm/s2

Şekil 3.8: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

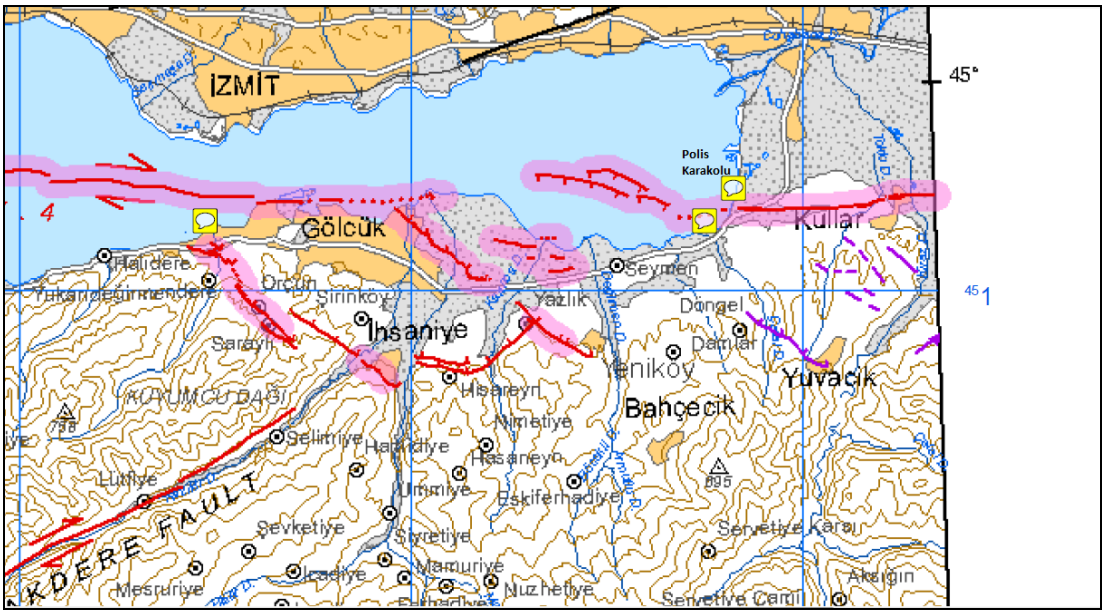
3.2.2. Polis Karakolu

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 4.4'ten D olarak tespit edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9: Polis Karakolu genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.10).



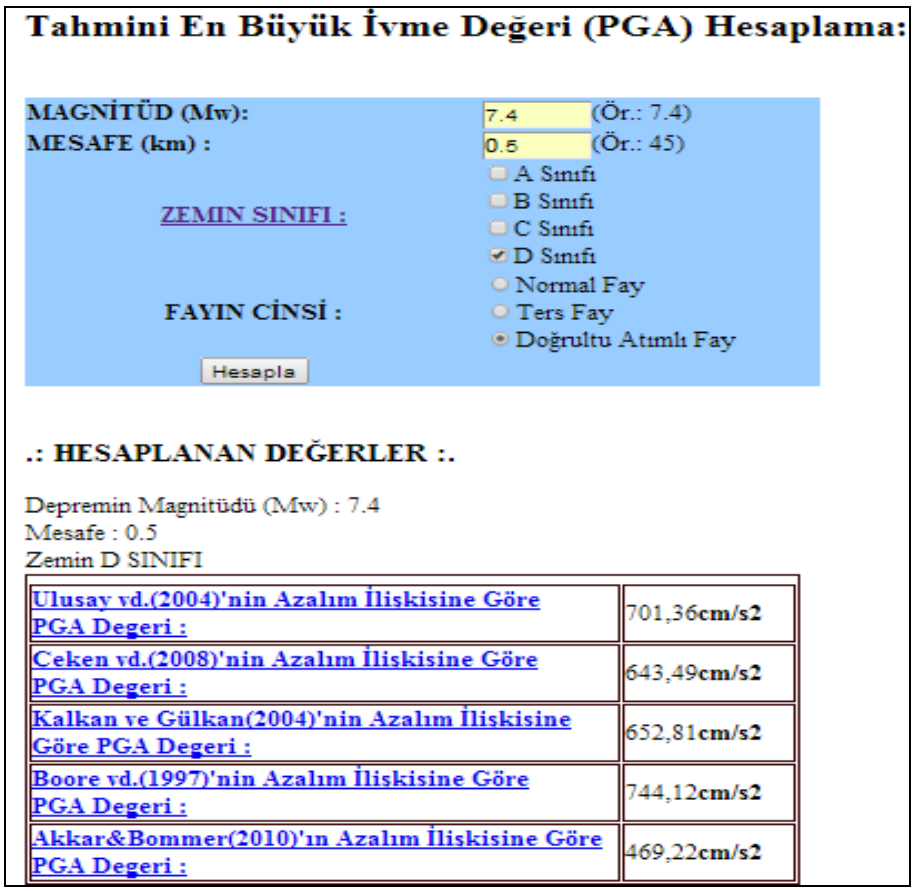
Şekil 3.10: Polis Karakolu'nun faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 0.5 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğultu atımlıdır. Polis Karakolu için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.11'de görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.745 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.504 ve 0.857 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.376 g bulunmuştur.



Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 0.5 (Ör.: 45)
ZEMIN SINIFI : A Sınıfı / B Sınıfı / C Sınıfı / D Sınıfı
FAYIN CİNSİ : Normal Fay / Ters Fay / Doğrultu Atımlı Fay
Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 0.5
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	701,36cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	643,49cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	652,81cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	744,12cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	469,22cm/s2

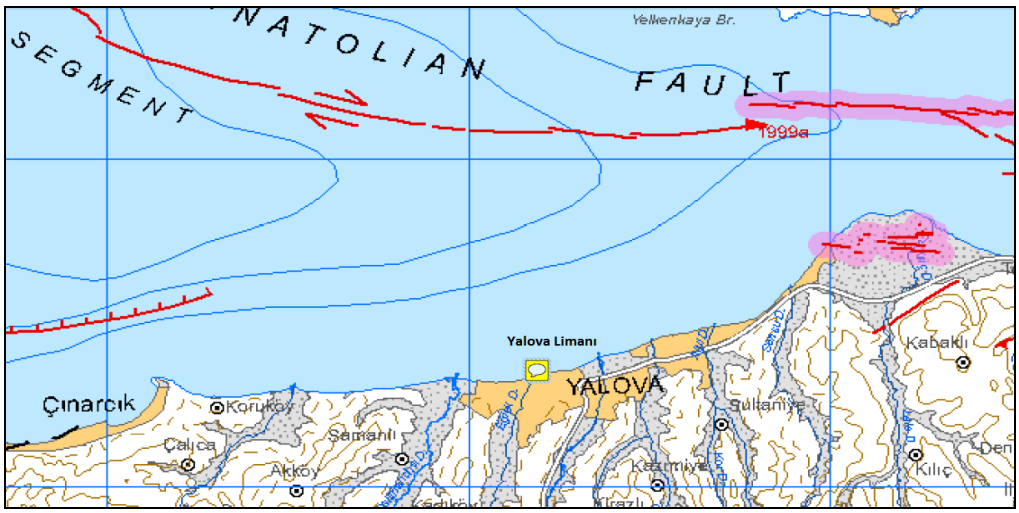
Şekil 3.11: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

3.2.3. Yalova Limanı

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 3.4'teki değerlere paralel olarak D tahmin edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.12'de görülmektedir.

Şekil 3.12: Yalova Limanı genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.13).



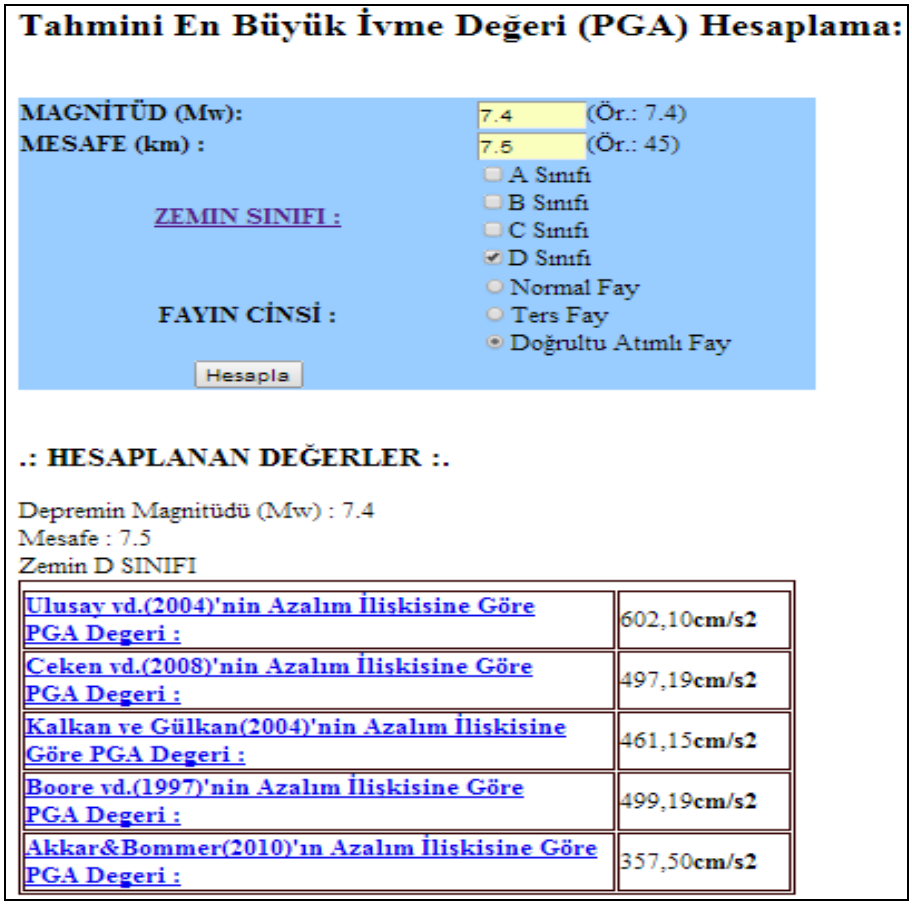
Şekil 3.13: Yalova Limanı'nın faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 7.5 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğultu atımlıdır. Yalova Limanı için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.14'te görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.481 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.453 g ve 0.575 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.376 g bulunmuştur.



Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 7.5 (Ör.: 45)
ZEMIN SINIFI :
A Sınıfı
B Sınıfı
C Sınıfı
D Sınıfı
FAYIN CİNSİ :
Normal Fay
Ters Fay
Doğrultu Atımlı Fay
Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

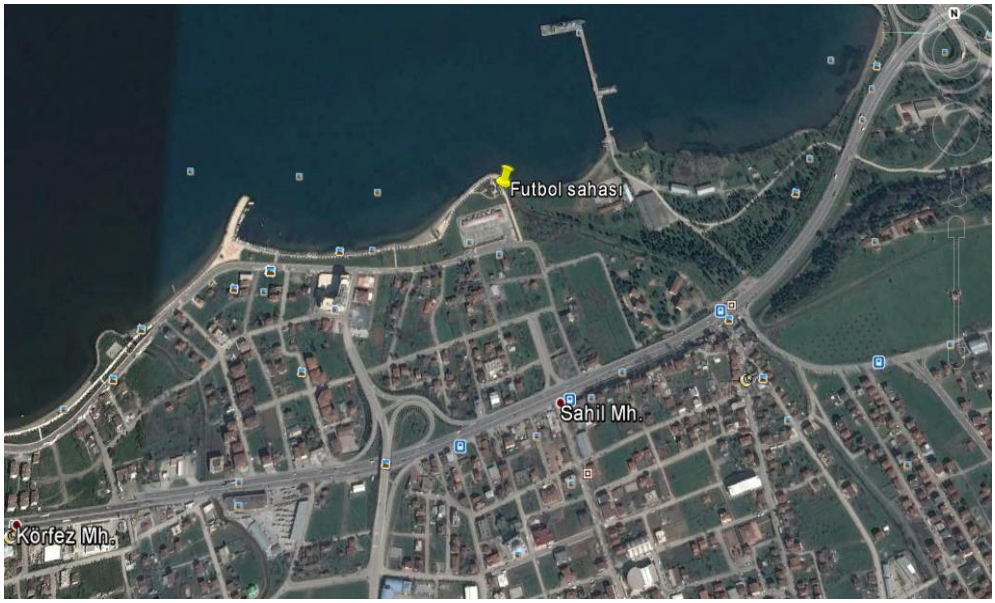
Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 7.5
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İliskisine Göre PGA Degeri :	602,10cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İliskisine Göre PGA Degeri :	497,19cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İliskisine Göre PGA Degeri :	461,15cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İliskisine Göre PGA Degeri :	499,19cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İliskisine Göre PGA Degeri :	357,50cm/s2

Şekil 3.14: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

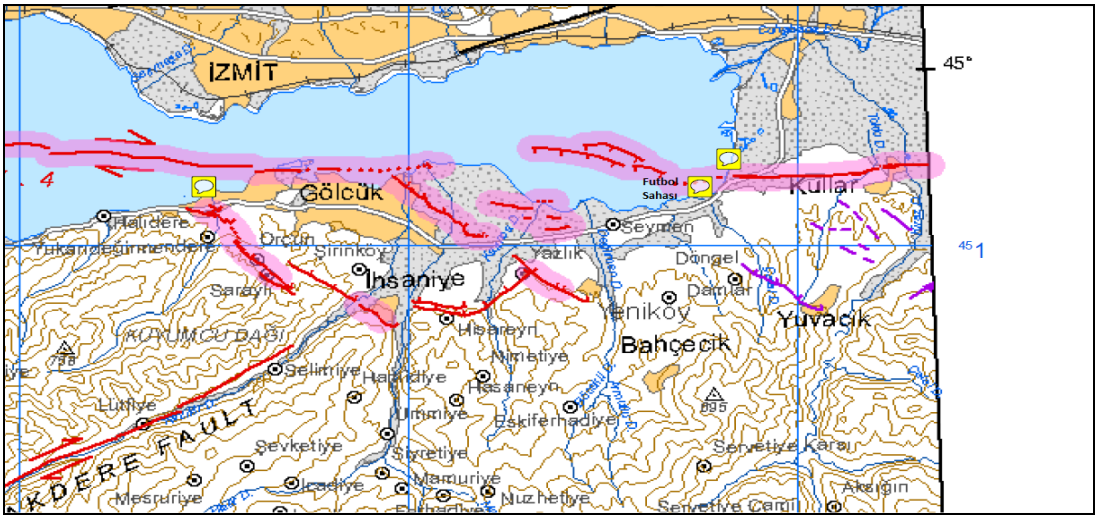
3.2.4. Futbol Sahası

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 3.4'ten D olarak tespit edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.15'te görülmektedir.



Şekil 3.15: Futbol Sahası genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Futbol Sahası'nın faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 0.5 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğultu atımlıdır. Futbol Sahası için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.17'de görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.745 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.504 ve 0.857 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.376 g bulunmuştur.

Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 0.5 (Ör.: 45)
ZEMIN SINIFI : A Sınıfı / B Sınıfı / C Sınıfı / D Sınıfı
FAYIN CİNSİ : Normal Fay / Ters Fay / Doğrultu Atımlı Fay
Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

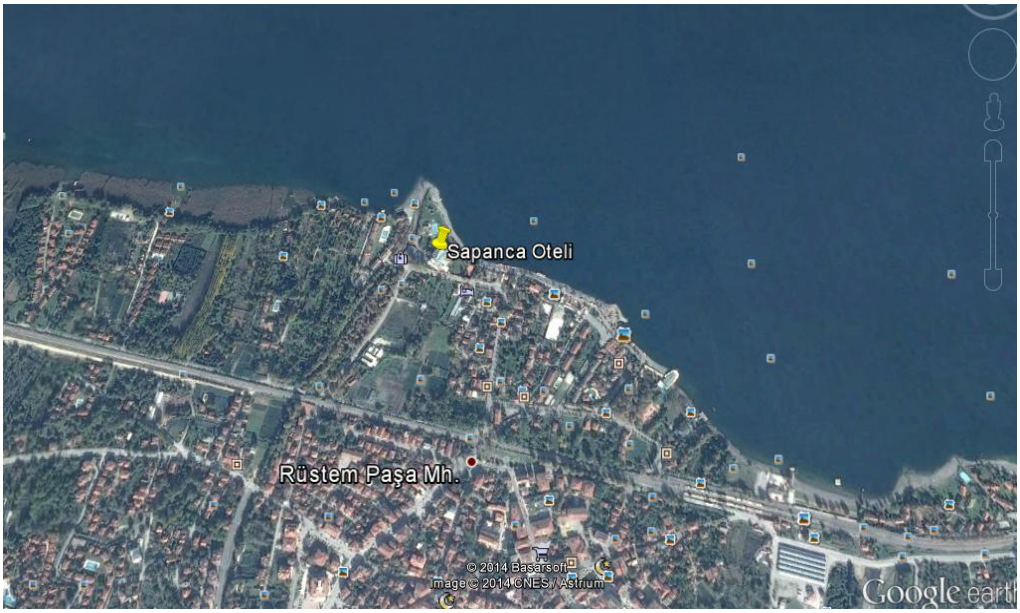
Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 0.5
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	701,36cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	643,49cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	652,81cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	744,12cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	469,22cm/s2

Şekil 3.17: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

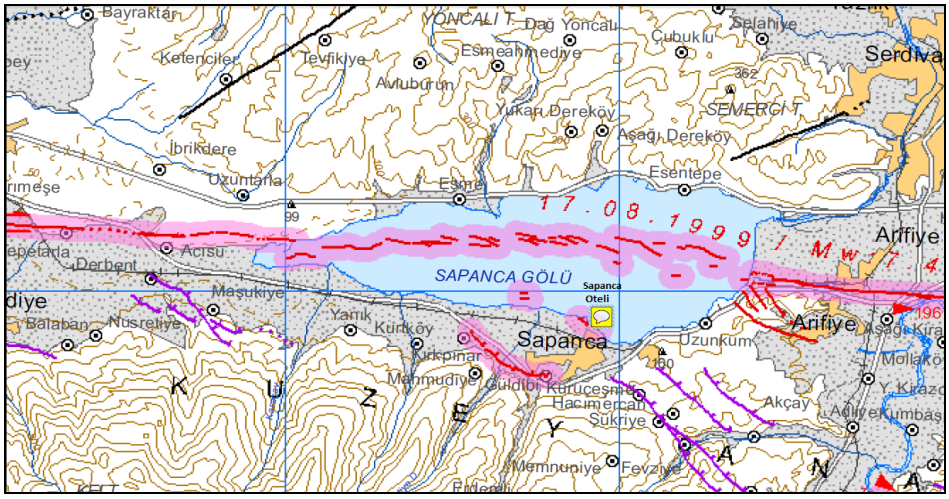
3.2.5. Sapanca Oteli

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 3.4'teki değerlere paralel olarak D tahmin edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.18'de görülmektedir.



Şekil 3.18: Sapanca Oteli genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.19).



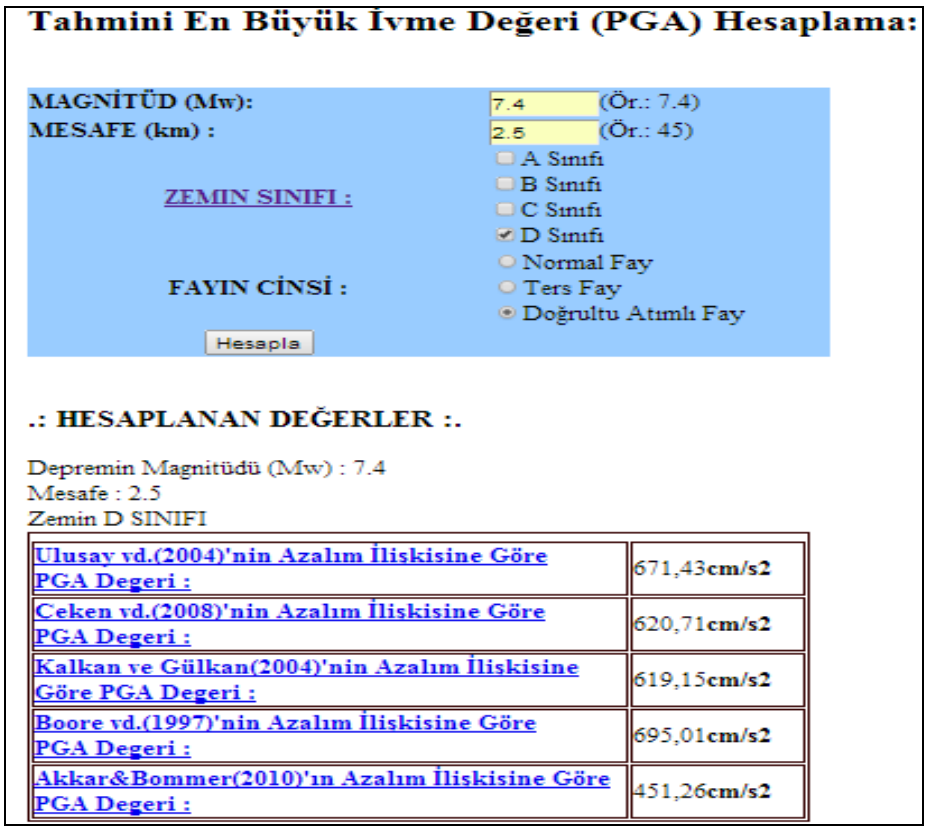
Şekil 3.19: Sapanca Otelinin faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 2.5 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğultu atımlıdır. Yalova Limanı için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.20'de görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.651 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.498 g ve 0.800 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.376 g bulunmuştur.



Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 2.5 (Ör.: 45)
ZEMIN SINIFI : A Sınıfı / B Sınıfı / C Sınıfı / D Sınıfı
FAYIN CİNSİ : Normal Fay / Ters Fay / Doğrultu Atımlı Fay
Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

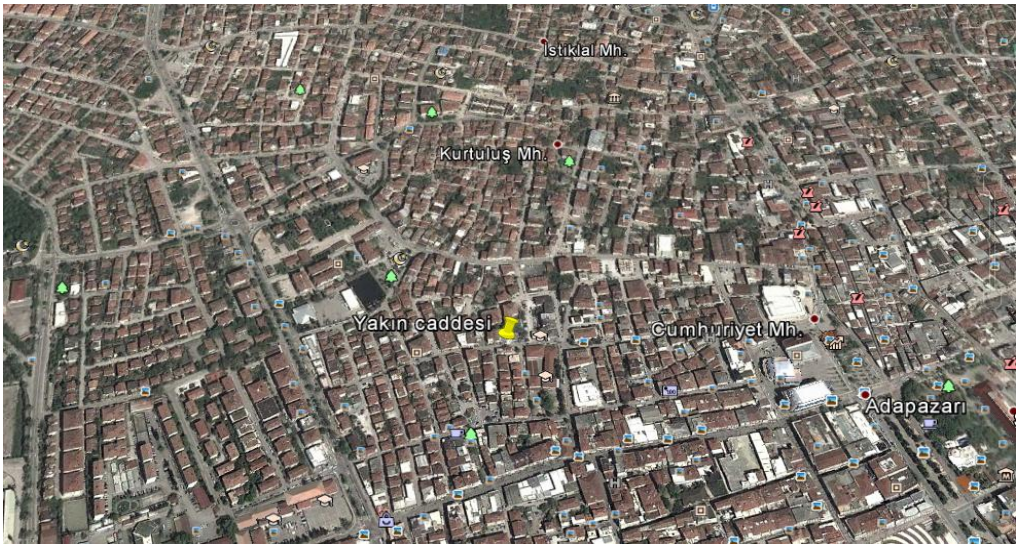
Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 2.5
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	671,43cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	620,71cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	619,15cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	695,01cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	451,26cm/s2

Şekil 3.20: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

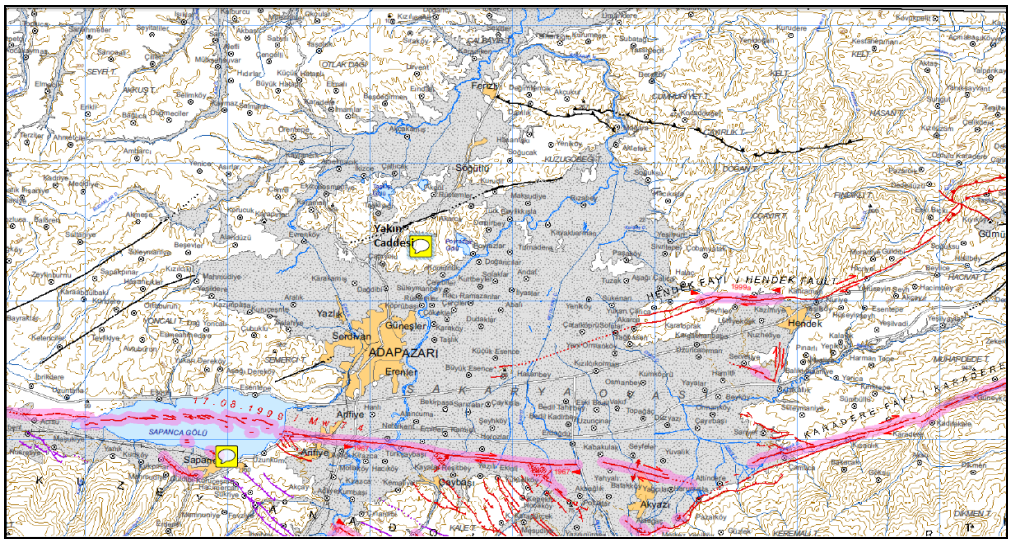
3.2.6. Yakın Caddesi

Bu bölgenin zemin sınıfı Şekil 3.4'teki değerlere paralel olarak D tahmin edilmiştir. Bulunduğu noktanın krokisi Şekil 3.21'de görülmektedir.



Şekil 3.21: Yakın Caddesi genel krokisi.

Lokasyonun bulunduğu noktanın MTA'dan elde edilen diri fay haritası yardımıyla, faya olan dik uzaklığı belirlenmiştir (Şekil 3.22).



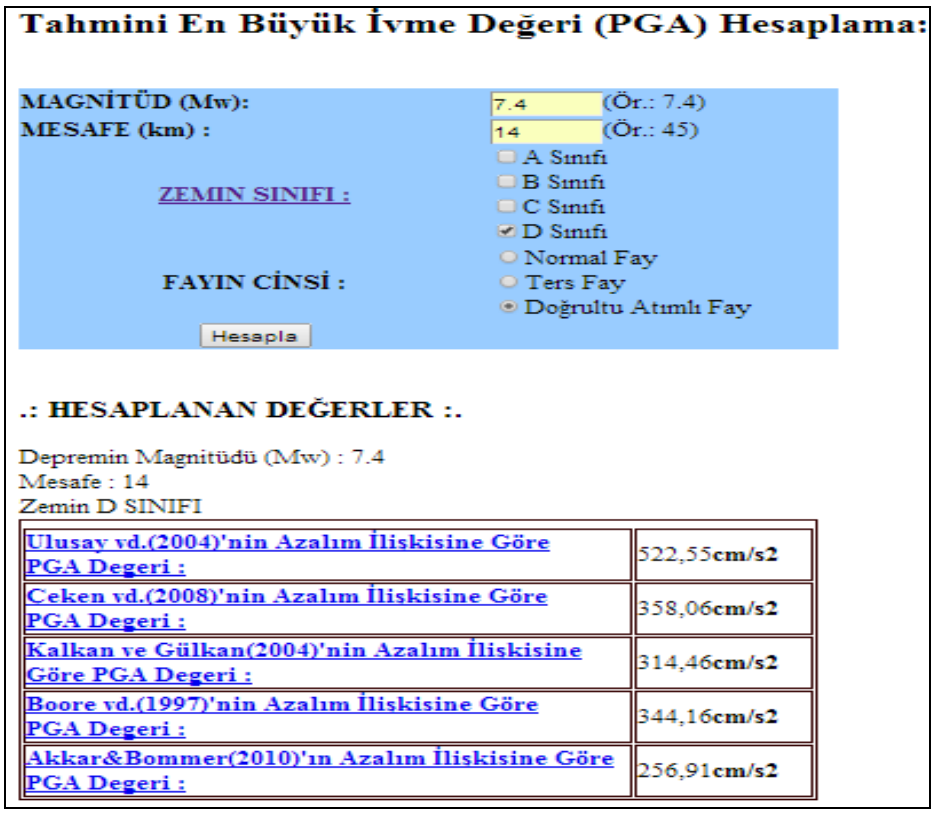
Şekil 3.22: Yakın Caddesinin faya olan uzaklığının krokisi.

Haritadaki ölçek yardımı ile lokasyonun faya olan dik uzaklığı 14 km olarak ölçülmüştür. Zemin sınıfı D'dir. Deprem magnitüdü 7.4 ve fayın cinsi doğultu atımlıdır. Yalova Limanı için AFAD'ın sitesindeki program yardımı ile elde edilen pik ivme değerleri Şekil 3.23'te görülmektedir.

Sadigh vd. azalım ilişkisi MATLAB programıyla yazılan kod yardımıyla hesaplanmıştır. Yapılan MATLAB analizi sonucu PGA değeri 0.343 g bulunmuştur.

Campbell ve Bozorgnia ve Boore ve Joyner azalım ilişkileri EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım sayesinde hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonuçlarında sırası ile PGA değerleri; 0.367 g ve 0.396 g bulunmuştur.

NGA - yeni nesil; Abrahamson ve Silva, Boore ve Atkinson, Campbell ve Bozorgnia ve Chio ve Youngs azalım ilişkilerinin dördünün ortalaması Atik A.L. tarafından 2009 yılında EXCEL ortamında oluşturulmuş yazılım ile yapılan analiz sonucu PGA değeri 0.242 g bulunmuştur.



Tahmini En Büyük İvme Değeri (PGA) Hesaplama:

MAGNİTÜD (Mw): 7.4 (Ör.: 7.4)
MESAFE (km) : 14 (Ör.: 45)
ZEMIN SINIFI :
A Sınıfı
B Sınıfı
C Sınıfı
D Sınıfı
FAYIN CİNSİ :
Normal Fay
Ters Fay
Doğrultu Atımlı Fay
Hesapla

.: HESAPLANAN DEĞERLER :.

Depremin Magnitüdü (Mw) : 7.4
Mesafe : 14
Zemin D SINIFI

Ulusay vd.(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	522,55cm/s2
Ceken vd.(2008)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	358,06cm/s2
Kalkan ve Gülkan(2004)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	314,46cm/s2
Boore vd.(1997)'nin Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	344,16cm/s2
Akkar&Bommer(2010)'ın Azalım İlişkisine Göre PGA Degeri :	256,91cm/s2

Şekil 3.23: Azalım ilişkileri yardımı ile PGA tahmini.

AFAD'ın programındaki Boore vd. ile EXCEL prgoramında oluşturulan Boore ve Joyner aynı azalım ilişkisi olmasına rağmen; AFAD'ın kullandığı parametreler ile

tarafımdan kullanılan parametreler birbirinin aynısı olamayacağı için sonuçlar arasında farklılıklar oluşmaktadır. Fakat birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Tüm bölgeler için elde edilen PGA değerleri Şekil 3.24'te tablo halinde gösterilmiştir. Bu bölgeler için yapılacak olan sıvılaşma, oturma ve yanal yayılma analizleri için elde edilen maksimum PGA değerleri kullanılacaktır.

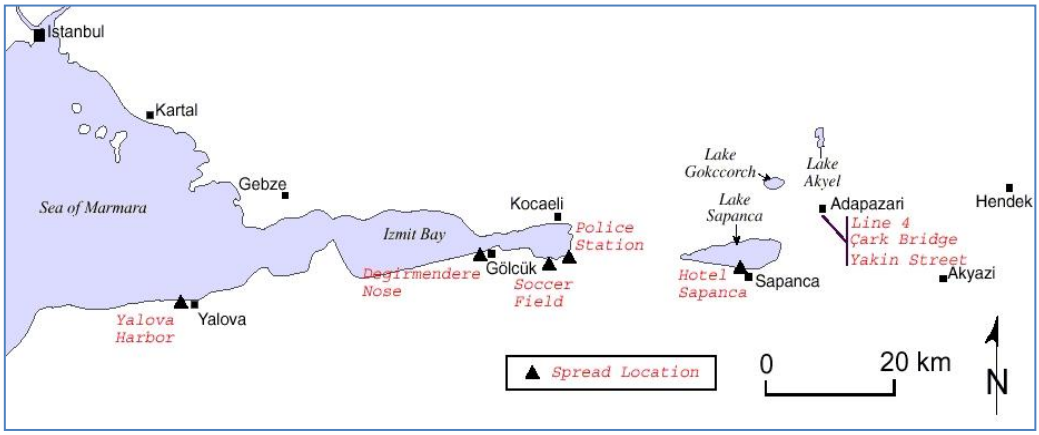
Tablo 3.1: Hesaplanan maksimum PGA değerlerinin karşılaştırmalı tablosu.

	Değirmendere Burnu	Polis Karakolu	Yalova Limanı	Futbol Sahası	Sapanca Oteli	Yakın Caddesi
Ulusay vd. (2004)	0.686 g	0.701 g	0.602 g	0.701 g	0.671 g	0.522 g
Çeken vd. (2008)	0.635 g	0.643 g	0.497 g	0.643 g	0.621 g	0.358 g
Kalkan ve Gülkan (2004)	0.641 g	0.653 g	0.461 g	0.653 g	0.619 g	0.314 g
Boore vd. (1997)	0.726 g	0.744 g	0.499 g	0.744 g	0.695 g	0.344 g
Akkar ve Boomer (2010)	0.463 g	0.469 g	0.357 g	0.469 g	0.451 g	0.257 g
Campbell ve Bozorgnia (2003)	0.502 g	0.504 g	0.453 g	0.504 g	0.498 g	0.367 g
Boore ve Joyner (1997)	0.836 g	0.857 g	0.575 g	0.857 g	0.800 g	0.396 g
Sadigh vd. (1997)	0.695 g	0.745 g	0.481 g	0.745 g	0.651 g	0.343 g
NGA (2008)	0.376 g	0.388 g	0.299 g	0.388 g	0.363 g	0.242 g
MAX PGA DEĞERİ	**0.836 g**	**0.857 g**	**0.602 g**	**0.857 g**	**0.800 g**	**0.522 g**

4. SIVILAŞMA ANALİZLERİ

4.1. Seed ve Idriss'e Göre Sıvılaşma Analizi Yöntemi

Sıvılaşma analizlerinde Seed ve Idriss'in 1971' de önerdiği ampirik yaklaşım kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Sıvılaşma analizlerinin yapıldığı bölgeler genel hatlarıyla; Adapazarı, Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi'ni kapsayan alanda yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Sıvılaşma ve oturma analizlerinin yapıldığı bölgelerin krokisi.

Bu yaklaşım kullanılarak sırasıyla Değirmendere Burnu, Sapanca Oteli, Yalova Limanı, Yakın Caddesi, Polis İstasyonu ve Futbol Sahası bölgeleri için Seed ve Idriss yöntemiyle sıvılaşma analizleri yapılmış tablolar halinde ilerleyen bölümlerde gösterilmiştir.

Yapılan işlemlerin anlaşılması açısından, Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj loguna göre yapılan sıvılaşma analizinin adımları aşağıda gösterilmiştir.

4.1.1. Yalova Limanı SPT-YH3 Sondaj Logu için Örnek Analiz

Örnek: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj logu için sıvılaşma analizi:

Şekil 4.2'de gösterilen sondaj logu M_w=7.4 olan 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde sıvılaşmanın meydana geldiği gözlenilen Yalova vapur iskelesinin bulunduğu sahaya aittir. Bu depremde Yalova limanı bölgesinde ortalama yüzey ivmesi 0.602g olarak tahmin edilmiştir. Sahada yapılan SPT deney sonuçları dikkate alınarak bu saha için basitleştirilmiş yönteme [Seed and Idriss, 1971] göre sıvılaşma analizi yapılacaktır. (Sıvılaşabilir kum tabakaları için doğal birim hacim ağırlık ;Υ=18 kN/m^3 alınmıştır.)

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Yalova Harbor, Yalova
Date: August 3, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.8 m
Notes:

Test ID: SPT-YH3
GPS Coordinates: 40.65971°N 30.26879°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	qu Pocket Pen (kPa)	su Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray silty sand.											
1																				
2																				
3		SM	S-YH3-1	34/45	2-3-5	2.43	5.20	55'					NP	NP	16	-	-	0.20	<0.07	
4		SM SP-SM	S-YH3-2	30/45	5-6-6	3.20	6.72	60'					NP NP	NP NP	13 9	- -	- -	0.22 0.30	<0.07 0.079	
4		SP-SM	S-YH3-3	31/45	3-4-4	4.20	8.24	65'					NP	NP	10	-	-	0.25	0.074	
5		SM	S-YH3-4	35/45	3-5-6	5.20	9.77	65'					NP	NP	11	-	-	0.23	0.070	
6		SM	S-YH3-5	38/45	5-6-7	6.20	9.77	65'					NP	NP	17	-	-	0.18	<0.07	
7		SM	S-YH3-6	38/45	3-5-6	7.20	11.29	65'					NP	NP	33	-	-	0.10	<0.07	
8		CL	S-YH3-7	43/45	3-2-3	8.20	12.82	65'	CL: Gray silty clay.				31	19	56	18	16	0.074	<1µm	
9		CL	SH-YH3-8	40/50		9.10						31	35	17	90	25	18	0.026	<1µm	
10		CL	SH-YH3-8	40/50		10.40						32	36	18	80	24	17	0.028	<1µm	
11																				

Şekil 4.2: Yalova Limanı SPT-YH3 noktasına ait SPT sondajı logu.

Sondaj logunda görüldüğü gibi zemin tabakaları kötü derecelenmiş kum (SP) ve siltli kum (SM) tabakalarından oluşmakta ve YASS zemin yüzeyinden 0.8m aşağıda bulunmaktadır. Seed ve Idriss'in 1971 tarihli amprik yaklaşımı ile bu sahadaki kum tabakalarının sıvılaşma potansiyeli incelenecektir. Yapılan tüm analizlerde YASS tabakasının altından itibaren sıvılaşma potansiyelleri incelenmiştir.

Örnek olarak ilk SPT-N saıyısının ölçüldüğü z= 2,8 m derinlik için için düşey jeolojik ve efektif gerilmelerin bulunması gerekmektedir. Denklem 4.1'den faydalanılır.

$$\sigma_v = \Upsilon \times h \qquad (4.1)$$

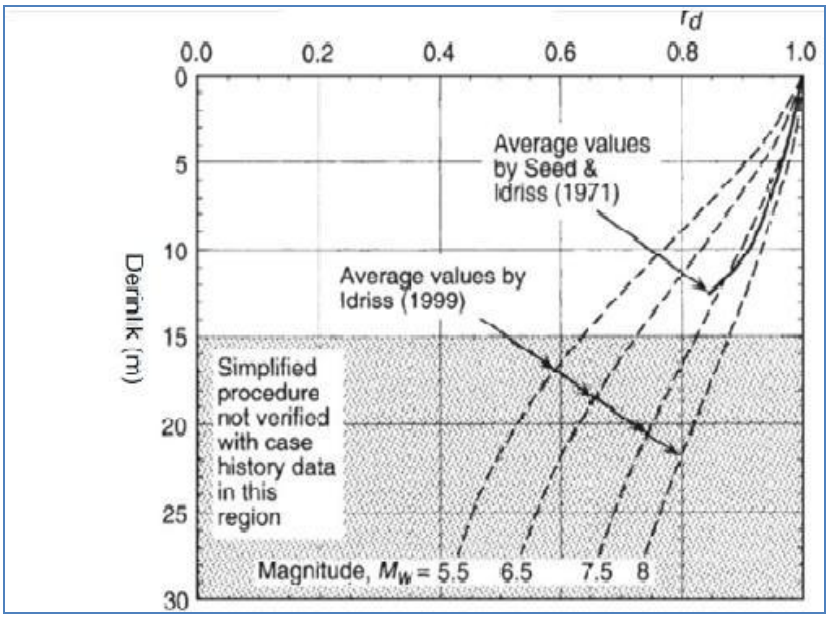
σ_v değeri Denklem 4.1'den 50,4 kN/m^2, σ'_v değeri ise 34,38 kN/m^2 olarak bulunur. (YASS seviyesi zemin yüzünden 0.8m aşağıdadır.)

Derinliğe bağlı gerilme azaltma katsayısı Denklem 4.2 ve 4.3'e göre bulunabilir:

$$r_d = 1 - 0.00765\,(z)\ ,\ (z \leq 9{,}15 \text{ m için}) \qquad (4.2)$$

$$r_d = 1{,}174 - 0{,}267 \times z\ ,\ (9{,}15 < z < 23 \text{ m için}) \qquad (4.3)$$

Z yüzeyden itibaren derinlik (metre cinsinden) olarak ifade edilmektedir. İstenilen derinlik için Denklem 4.2 kullanılarak gerilme azaltma katsayısı 0.977 olarak bulunur.

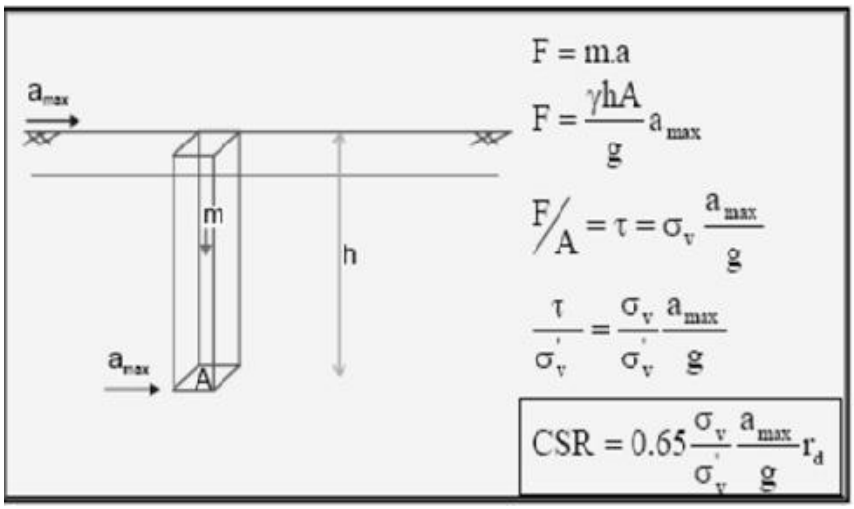


Şekil 4.3: r_d düzeltme faktörünün derinlikle değişimini veren grafik.

Sıvılaşma hesabında kullanılan eşdeğer çevrimsel kayma oranı CSR_{EQ} (Cyclic Shear Ratio) Denklem 4.4'e göre bulunur.

$$CSR_{EQ} = (0.65\ a_{max}/g) \times r_d \times (\sigma_v/\sigma'_v) \qquad (4.4)$$

Denklem 4.4'e gore veriler yerine konulursa eşdeğer çevrimsel kayma oranı 0.56 olarak bulunur.



Şekil 4.4: CSR' nin elde edilmesi.

Sırası ile her derinlik için düzeltilmiş SPT-N sayısı (N1,60) bulunmalıdır. 2,8 m'de $N_{1,60}$ değeri Denklem 4.5'e göre hesaplanır:

$$N_{1,60} = N \times Cs \times C_R \times C_E \times C_N \times C_B \tag{4.5}$$

C_N : Düşey jeolojik gerilmeye göre düzeltme faktörü olup Denklem 4.6'ya göre hesaplanır.

Diğer tüm düzetlme faktörleri Tablo 4.1'de açıklanmıştır.

$$C_N = 2,2 / (1,2+(\sigma'v / P_a)) \leq 1,7 \tag{4.6}$$

- Pa= σ'_v birimleri cinsinden atmosfer basıncı = 100kPa
- C_N değerinin 1.7'den büyük olduğu durumlarda sınır koşul olan 1.7 alınarak sıvılaşma hesabına devam edilmelidir.
- 2.8 m derinlik için düşey jeolojik gerilmeye göre düzeltme sayısı Denklem 4.6'ya göre 1.42 olarak bulunur.

Tablo 4.1: SPT-N düzeltme faktörleri.

Faktör	Değişken	Düzeltme
Tokmak enerjisi oranı (C_E)	Donut tipi tokmak Safety tipi tokmak Otomatik tokmak	0.5-1.0 0.7-1.2 0.8-1.3
Sondaj kuyusu çapı (C_B)	65mm-115mm 150mm 200mm	1.0 1.05 1.15
Tij boyu (C_R)	<3m 3-4m 4-6m 6-10m 10-30m >30m	0.75 0.80 0.85 0.95 1.0 >1.0
Numune alma yöntemi (C_S)	Standart numune alıcısı Standart olmayan numune alıcı	1.0 1.1-1.3

- Sondaj kuyusu çapı 76 mm için Tablo 4.1'den C_B =1.00,
- Z=2,8m derinlik için verilen 5.2 m'lik tij boyu için C_R =0.85,
- Standart numune alıcı için C_S = 1.00 olarak okunur.
- Enerji düzeltmesi oranı ise Denklem 4.7'ye göre hesaplanmalıdır:

$$C_E = ER/60 \tag{4.7}$$

Denklem 4.7'ye göre enerji düzeltmesi oranı 0.92 olarak hesaplanmıştır.

FC (fine contents), 200 nolu elekten geçen 75 µm'den küçük dane oranını ifade eden bir yüzde değeridir. Bu değere bağlı olarak gerekli α ve β katsayıları aşağıdaki Denklem (4.8), (4.9), (4.10)'a göre hesaplanır.

$$FC \leq \%5 \text{ için;} \quad \alpha = 0 \text{ ve } \beta = 1{,}0 \tag{4.8}$$

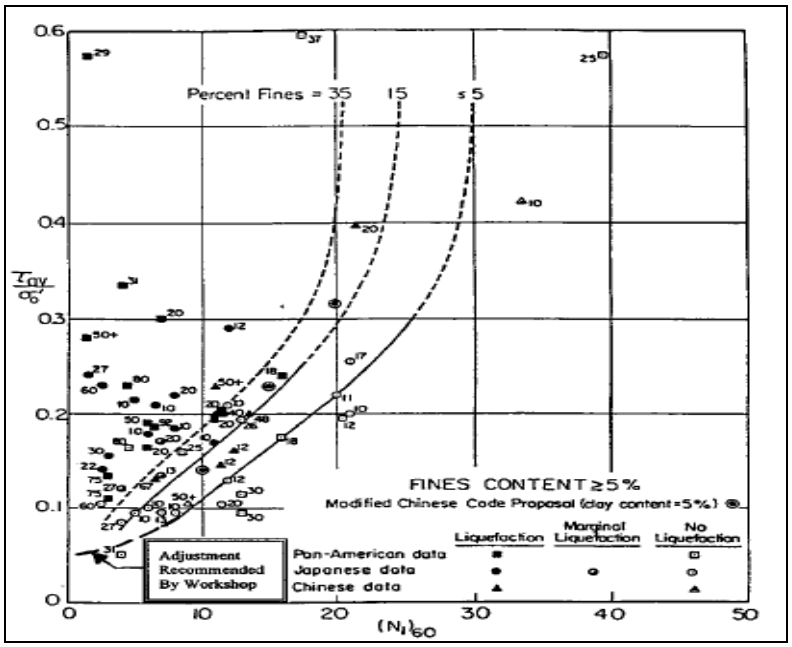
$$\% 5 < FC < \%35 \text{ için; } \alpha = \exp(1{,}76 - 190/(FC)^2) \text{ ve } \beta = (0{,}99 + (FC)^{1,5}/1000) \quad (4.9)$$

$$FC \geq \%35 \text{ için; } \alpha = 5 \text{ ve } \beta = 1{,}2 \quad (4.10)$$

Buna göre Denklem 4.9'a göre veriler yerine konulursa, α = 2,77, β = 1,054 olarak bulunur.

SPT-N sayısının; yukarıda sözü edilen düzeltme katsayıları ile çarpılması sonucu düzeltilmiş SPT-N sayısı olan $N_{1,60}$ değeri elde edilir. $N_{1,60}$ değeri bulunurken Denklem 4.5' ten yararlanılır.

$N_{1,60}$ değeri için Şekil 4.5' teki duruma göre; $N_{1,60}$ değerinin 30'dan büyük olduğu durumda sıvılaşma meydana gelmemekte ileride sıvılaşma hesaplarında $N_{1,60}$ değerleri kırmızı puntolu olarak belirtilmiş, tablolara sıvılaşma olmaz denilerek ek bilgi verilmiştir [Seed et al., 1975] .



Şekil 4.5: $N_{1,60}$ ve CRR arasındaki ilişkiyi belirten grafik.

Düzeltilmiş SPT-N sayısı ince dane yüzdesine ait α ve β değerleri ile Denklem 4.11'e göre tekrar düzeltilerek $N_{1.60cs}$ değeri bulunur.

$$N_{1.60cs} = \alpha + \beta N_{1.60} \quad (4.11)$$

Denklem 4.11'e gore $N_{1.60cs}$ değeri 11,72 olarak bulunur. Sıvılaşma direncini ifade eden tekrarlı kayma mukavemeti CRR (Cyclic Resistance Ratio) Denklem 4.12'e göre hesaplanır.

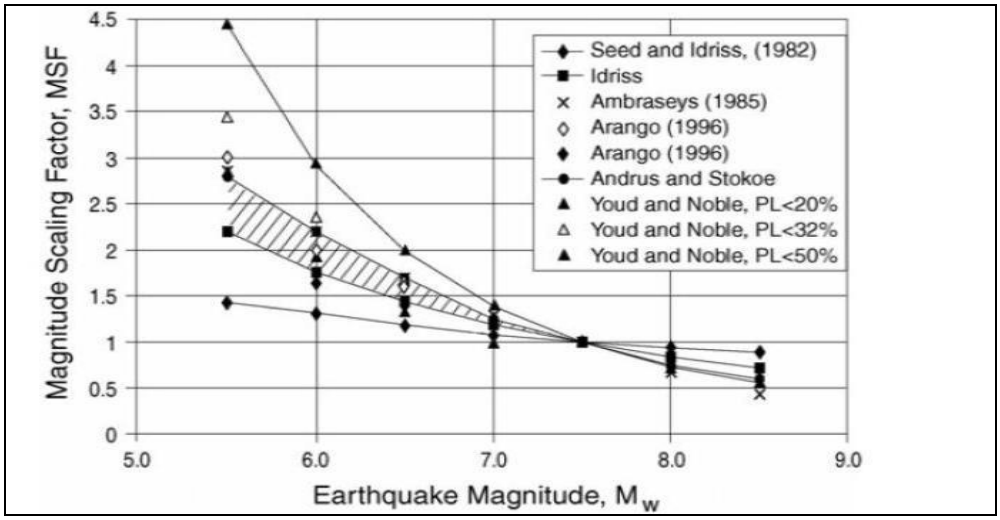
$$CRR= 1/(34-N_{1.60CS}) + (N_{1.60CS}/135)+(50/((10N_{1.60CS}+45)^2)-1/200 \qquad (4.12)$$

Denklem 4.12'ye göre CRR değeri 0.128 olarak hesaplanır.

MSF (Magnitude Scale Factor) deprem magnitüdüne göre hesaplanan bir düzeltme katsayısıdır. Youd tarafından oluşturulan Denklem 4.13'e göre hesaplanabilir [Youd and Idriss, 2001].

$$MSF = (M_w / 7,5)^n \quad n = -3,3x\ M_w < 7,5; \quad n = -2,56x\ M_w > 7,5 \qquad (4.13)$$

Adapazarı depremi için magnitüd değeri M_w = 7.4 olduğu için en yakın değer olan 7.5 alınır. MSF $(7,5/7,5)^n$ olduğundan dolayı değeri 1'dir. Sondaj loglarına göre sıvılaşma hesapları yapılırken MSF değeri excel çalışma tablolarında belirtilmediği için burada değinmek daha açıklayıcı olacaktır.



Şekil 4.6: Youd'a göre M_w ve MSF ilişkisini ifade eden grafik.

FS ($F_{L)}$ = Güvenlik sayısıdır. 1' den küçük olduğu durumda sıvılaşma tehlikesini ifade eder.

Şekil 4.7: F_L (Fs) güvenlik sayısının bulunmasını ifade eden şema.

FS nin bulunmasında Şekil 4.7' de görülen denklemden faydalanılır. (Denklem 4.14)

$$FS = (CRR/CSR)xMSF \tag{4.14}$$

Denklem 4.14'e gore FS değeri 0,22 olarak hesaplanır.Diğer derinlikler için hazırlanmış değerler, Tablo 4.2'de hazırlanan EXCEL çalışma tablosunda verilmiştir. Bütün bölgeler için analiz yapılırken sondaj loglarındaki kumlu ve kumlu-siltli tabakalar dikkate alınmış, killi zeminler için analiz yapılmamıştır. Derinlikler bu kıstasa göre tabloya yansıtılmıştır.

Tablo 4.2: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj logunun diğer derinliklerine göre hazırlanmış sıvılaşma analizlerini içeren çalışma tablosu.

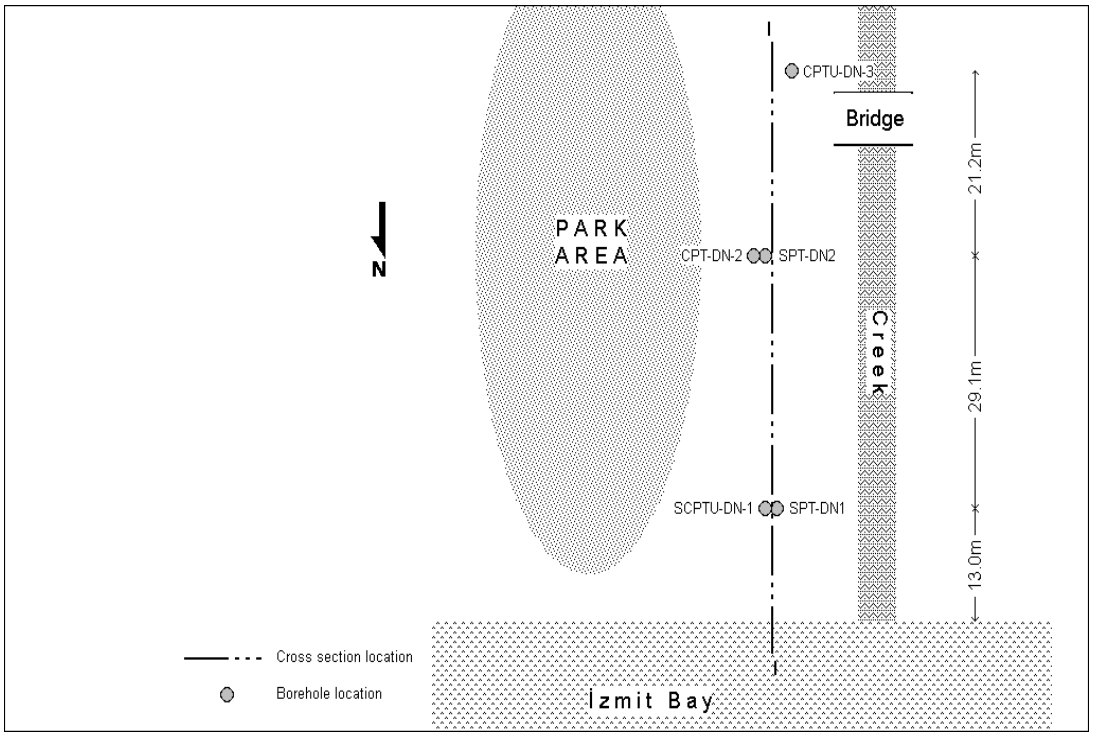
SPT-YH3										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.8	2.80	8	18	16	50.4	30.78	1.46	0.92	1
60	0.8	3.7	12	18	13	66.6	38.15	1.39	1.00	1
65	0.8	4.8	8	18	10	86.4	47.16	1.32	1.08	1
65	0.8	5.7	11	18	11	102.6	54.53	1.26	1.08	1
65	0.8	6.7	13	18	17	120.6	62.72	1.20	1.08	1
65	0.8	7.7	11	18	33	138.6	70.91	1.15	1.08	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	9.09	2.77	1.05	12.35	0.6	0.98	0.13	0.62	0.22
1	0.95	15.86	1.89	1.04	18.33	0.6	0.97	0.20	0.66	0.30
1	0.95	10.84	0.87	1.02	11.94	0.6	0.96	0.13	0.69	0.19
1	0.95	14.27	1.21	1.03	15.86	0.6	0.96	0.17	0.70	0.24
1	0.95	16.11	3.01	1.06	20.09	0.6	0.95	0.22	0.71	0.30
1	0.8	10.99	4.88	1.18	17.84	0.6	0.94	0.19	0.72	0.26

Yukarıda gösterilen hesaplamalar; son kısımda gösterilmiş olan ve diğer derinlikleri hesaplamada yararlanılmış, EXCEL programı kullanılarak sırası ile diğer bölgelerde tekrarlanmış, sıvılaşma analizleri bu bölgelerden arazi ölçümleri sonucu elde edilmiş tüm SPT sondaj logları için uygulanmıştır.

4.2. Seçilen Bölgeler için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

4.2.1. Değirmendere Burnu için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Değirmendere Burnu bölgesinde Çetin ve Yılmaz'ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi'nin (PEER) sayfasında yayınlanan araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.8: Değirmendere Burnu krokisi.

Şekil 4.9: Değirmendere Burnu'ndan 1999 depremi sonrası bir görüntü.

Şekil 4.10: Değirmendere Burnu'ndan 1999 depremi sonrası bir görüntü.

Değirmendere Burnu'nda yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla SPT-DN1, SPT-DN2 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından iki adet SPT sondaj logu oluşturulmuş ve bu iki sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır (Tablo 4.3 ve Tablo 4.4). İlgili analizlerin yapıldığı tüm bölgelere ait lokasyonların sondaj logları EK-B kısmında verilmiştir.

Tablo 4.3: Değirmendere Burnu SPT-DN1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-DN1										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	1.7	1.90	8	18.5	20	35.15	33.19	1.44	0.92	1
60	1.7	2.9	16	18.5	7	53.65	41.88	1.36	1.00	1
65	1.7	4.4	14	18.5	40	81.4	54.91	1.26	1.08	1
65	1.7	5.9	22	18.5	14	109.15	67.95	1.17	1.08	1
65	1.7	7.3	21	18.5	10	135.05	80.11	1.10	1.08	1
65	1.7	8.5	15	18.5	9	157.25	90.54	1.04	1.08	1
65	1.7	9.5	16	18.5	8	175.75	99.23	1.00	1.08	1
65	1.7	10.4	15	18.5	17	192.4	107.05	0.97	1.08	1

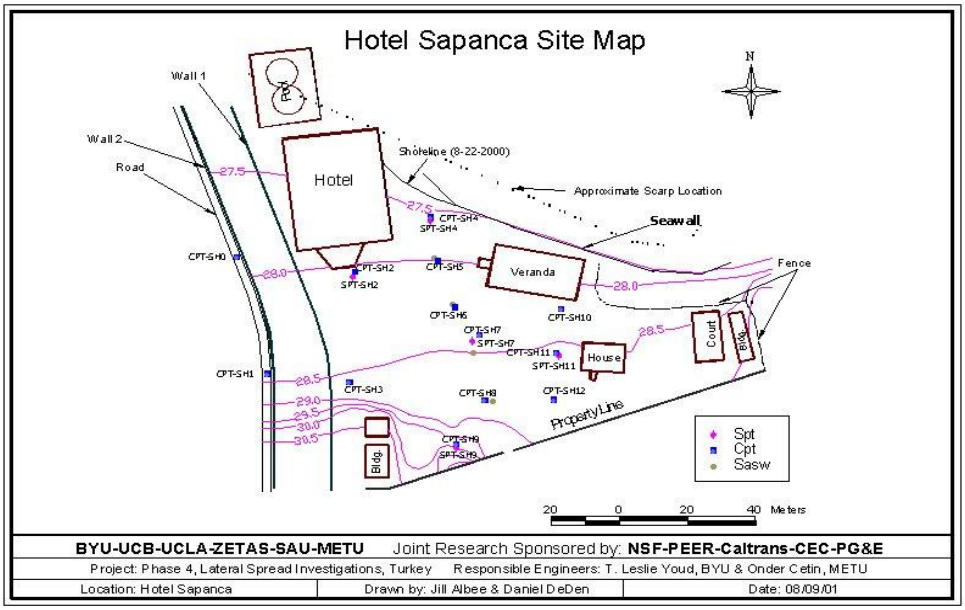
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	8.95	3.61	1.08	13.28	0.84	0.99	0.14	0.57	0.25
1	0.95	20.66	0.12	1.01	20.95	0.84	0.98	0.23	0.68	0.33
1	0.95	18.12	5.00	1.20	26.75	0.84	0.97	0.33	0.78	0.43
1	0.95	26.50	2.20	1.04	29.83	0.84	0.95	0.46	0.83	0.55
1	1	25.01	0.87	1.02	26.42	0.84	0.94	0.32	0.86	0.37
1	1	16.98	0.56	1.02	17.83	0.84	0.93	0.19	0.88	0.22
1	1	17.39	0.30	1.01	17.91	0.84	0.93	0.19	0.89	0.21
1	1	15.75	3.01	1.06	19.70	0.84	0.92	0.21	0.90	0.24

Tablo 4.4: Değirmendere Burnu SPT-DN2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-DN2											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
55	2.5	2.5	13	18.5	14	46.25	46.25	1.32	0.92	1	1
55	2.5	3.7	15	18.5	11	68.45	56.68	1.25	0.92	1	1
60	2.5	4.4	16	18.5	13	81.4	62.76	1.20	1.00	1	1
65	2.5	6.2	27	18.5	10	114.7	78.40	1.11	1.08	1	1
65	2.5	7.4	24	18.5	6	136.9	88.83	1.05	1.08	1	1
65	2.5	8.5	31	18.5	17	157.25	98.39	1.01	1.08	1	1
65	2.5	9.8	29	18.5	10	181.3	109.69	0.96	1.08	1	1
Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.95	14.98	2.20	1.04	17.82	0.84	0.98	0.19	0.53	0.36		
0.95	16.27	1.21	1.03	17.91	0.84	0.97	0.19	0.64	0.30		
0.95	18.30	1.89	1.04	20.86	0.84	0.97	0.23	0.68	0.33		
0.95	30.81	0.87	1.02	32.35	0.84	0.95	0.84	0.76	1.11	****	Bu tabakalarda
1	27.39	0.03	1.00	27.55	0.84	0.94	0.35	0.79	0.45		N1,60>30
1	33.83	3.01	1.06	38.88	0.84	0.93	0.08	0.81	0.10	****	olduğu için
1	30.09	0.87	1.02	31.61	0.84	0.93	0.65	0.83	0.78	****	sıvılaşma olmaz

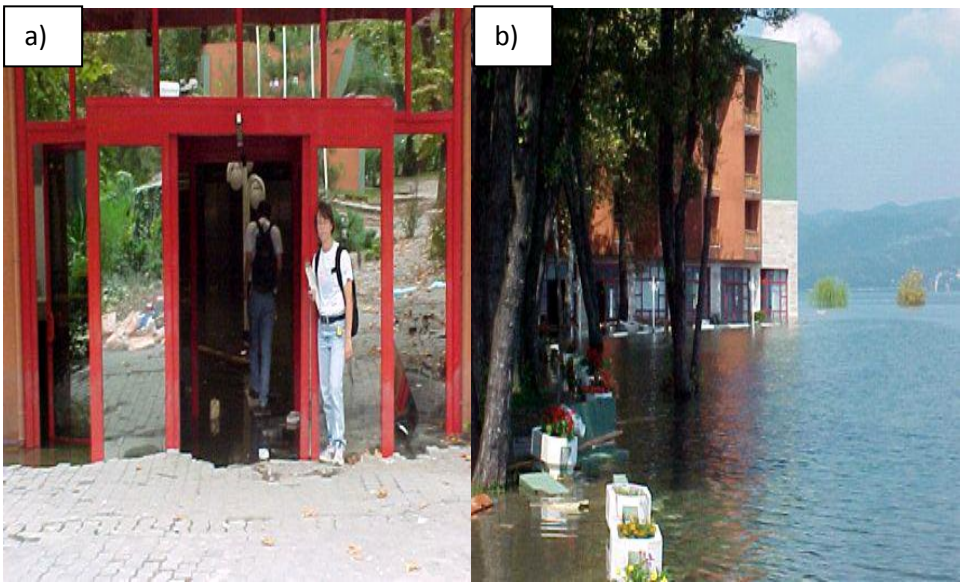
4.2.2. Sapanca Oteli için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Sapanca Oteli bölgesinde Çetin ve Yılmaz'ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi'nin (PEER) sayfasında yayınlanan araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.11: Sapanca Oteli'nin krokisi.

Şekil 4.12: Sapanca Oteli'nden 1999 depremi sonrası bir görüntü.



Şekil 4.13: Sapanca Oteli'nde 1999 depremi sonrası gözlenen, a) otel girişindeki ve b) uzaktan çekilmiş deformasyonlar.

Sapanca Oteli'nde yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla; SPT-SH2, SPT-SH4, SPT-SH7, SPT-SH9, SPT-SH11 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından beş adet SPT sondaj logu oluşturulmuş ve bu beş sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır (Tablo 5.5, Tablo 5.6, Tablo 5.7, Tablo 5.8 ve Tablo 5.9).

Tablo 4.5: Sapanca Oteli SPT-SH2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SH2										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
50	1.1	3.10	15	18	9	55.8	36.18	1.41	0.83	1

Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.95	16.73	0.56	1.02	17.57	0.80	0.98	0.19	0.78	0.24

Tablo 4.6: Sapanca Oteli SPT-SH4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SH4										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.5	1.1	3	18	5	19.8	13.91	1.64	0.92	1
56	0.5	2.3	5	18	5	41.4	23.74	1.53	0.93	1
59	0.5	2.9	10	18	5	52.2	28.66	1.48	0.98	1
55	0.5	3.90	14	18	73	70.2	36.85	1.40	0.92	1
56	0.5	4.6	10	18	7	82.8	42.58	1.35	0.93	1
64	0.5	5.6	7	18	4	100.8	50.77	1.29	1.07	1
64	0.5	6.4	9	18	4	115.2	57.32	1.24	1.07	1
64	0.5	7.9	11	18	11	142.2	69.61	1.16	1.07	1
64	0.5	9.5	11	18	7	171	82.71	1.09	1.07	1
66	0.5	11.5	20	18	7	207	99.09	1.00	1.10	1

Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	3.84	0.00	1.00	3.85	0.80	0.99	0.06	0.73	0.09
1	0.85	6.07	0.00	1.00	6.08	0.80	0.98	0.08	0.89	0.09
1	0.85	12.37	0.00	1.00	12.39	0.80	0.98	0.13	0.93	0.15
1	0.95	17.10	5.00	1.20	25.52	0.80	0.97	0.30	0.96	0.31
1	0.95	12.00	0.12	1.01	12.22	0.80	0.96	0.13	0.98	0.14
1	0.95	9.14	0.00	1.00	9.12	0.80	0.96	0.11	0.99	0.11
1	1	11.91	0.00	1.00	11.89	0.80	0.95	0.13	0.99	0.13
1	1	13.61	1.21	1.03	15.18	0.80	0.94	0.16	1.00	0.16
1	1	12.73	0.12	1.01	12.96	0.80	0.93	0.14	1.00	0.14
1	1	22.09	0.12	1.01	22.40	0.80	0.91	0.25	0.99	0.25

Tablo 4.7: Sapanca Oteli SPT-SH7 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SH7										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
60	1.25	1.9	3	18	1	34.2	27.82	1.49	1.00	1
60	1.25	2.80	5	18	5	50.4	35.19	1.42	1.00	1
63	1.25	3.6	8	18	4	64.8	41.75	1.36	1.05	1
66	1.25	4.5	9	18	6	81	49.12	1.30	1.10	1
65	1.25	5.3	9	18	6	95.4	55.67	1.25	1.08	1
60	1.25	6.1	16	18	13	109.8	62.22	1.21	1.00	1
68	1.25	7.1	17	18	11	127.8	70.41	1.16	1.13	1
65	1.25	8.1	13	18	12	145.8	78.60	1.11	1.08	1
63	1.25	9.1	12	18	6	163.8	86.79	1.06	1.05	1
63	1.25	10.3	10	18	9	185.4	96.62	1.02	1.05	1
61	1.25	11.7	11	18	5	210.6	108.09	0.96	1.02	1
65	1.25	13.2	13	18	14	237.6	120.37	0.92	1.08	1

Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	3.80	0.00	0.99	3.76	0.80	0.99	0.06	0.63	0.10
1	0.85	6.02	0.00	1.00	6.03	0.80	0.98	0.08	0.73	0.11
1	0.95	10.85	0.00	1.00	10.83	0.80	0.97	0.12	0.78	0.15
1	0.95	12.23	0.03	1.00	12.32	0.80	0.97	0.13	0.83	0.16
1	0.95	11.60	0.03	1.00	11.68	0.80	0.96	0.13	0.85	0.15
1	1	19.32	1.89	1.04	21.92	0.80	0.95	0.24	0.87	0.28
1	1	22.26	1.21	1.03	24.06	0.80	0.95	0.27	0.89	0.31
1	1	15.60	1.55	1.03	17.65	0.80	0.94	0.19	0.90	0.21
1	1	13.40	0.03	1.00	13.50	0.80	0.93	0.15	0.91	0.16
1	1	10.66	0.56	1.02	11.40	0.80	0.92	0.13	0.92	0.14
1	1	10.79	0.00	1.00	10.80	0.80	0.91	0.12	0.92	0.13
1	1	12.89	2.20	1.04	15.64	0.80	0.90	0.17	0.92	0.18

Tablo 4.8: Sapanca Oteli SPT-SH9 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SH9										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
62	2.57	3.7	9	18	16	66.6	55.51	1.25	1.03	1
62	2.57	4.7	14	18	15	84.6	63.70	1.20	1.03	1
64	2.57	6.2	8	18	14	111.6	75.99	1.12	1.07	1
63	2.57	8.7	4	18	86	156.6	96.46	1.02	1.05	1
63	2.57	9.8	6	18	98	176.4	105.47	0.98	1.05	1

Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.95	11.07	2.77	1.05	14.44	0.80	0.97	0.15	0.61	0.25
1	0.95	16.46	2.50	1.05	19.75	0.80	0.96	0.21	0.67	0.32
1	1	9.58	2.20	1.04	12.19	0.80	0.95	0.13	0.73	0.18
1	1	4.27	5.00	1.20	10.12	0.80	0.93	0.11	0.79	0.14
1	1	6.15	5.00	1.20	12.38	0.80	0.93	0.13	0.80	0.17

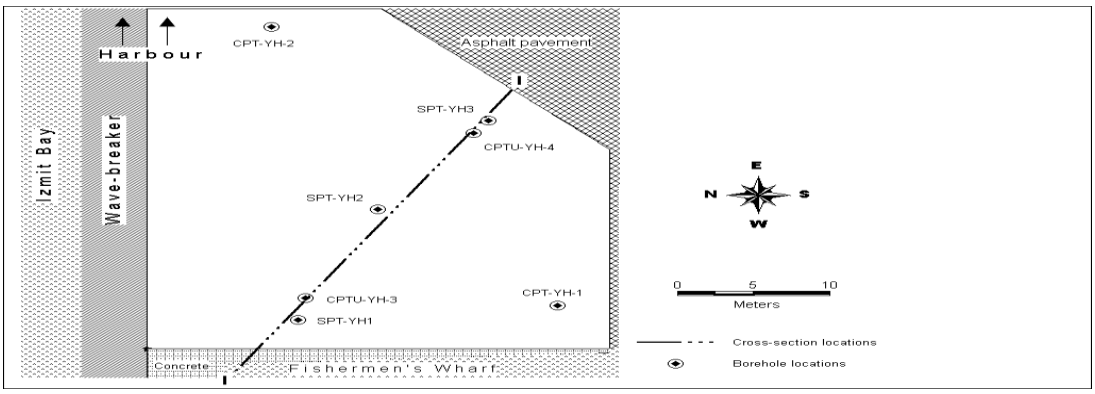
Tablo 4.9: Sapanca Oteli SPT-SH11 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SH11										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
60	1.2	1.70	9	18	14	30.6	25.70	1.51	1.00	1
64	1.2	2.9	11	18	9	52.2	35.52	1.41	1.07	1
65	1.2	3.7	7	18	66	66.6	42.08	1.36	1.08	1
53	1.2	4.5	2	18	10	81	48.63	1.30	0.88	1
56	1.2	5.6	13	18	11	100.8	57.64	1.24	0.93	1
56	1.2	6.6	13	18	8	118.8	65.83	1.18	0.93	1
57	1.2	7.5	13	18	12	135	73.20	1.14	0.95	1
62	1.2	8.5	6	18	7	153	81.39	1.09	1.03	1
63	1.2	9.5	11	18	21	171	89.58	1.05	1.05	1
60	1.2	10.9	19	18	21	196.2	101.04	1.00	1.00	1

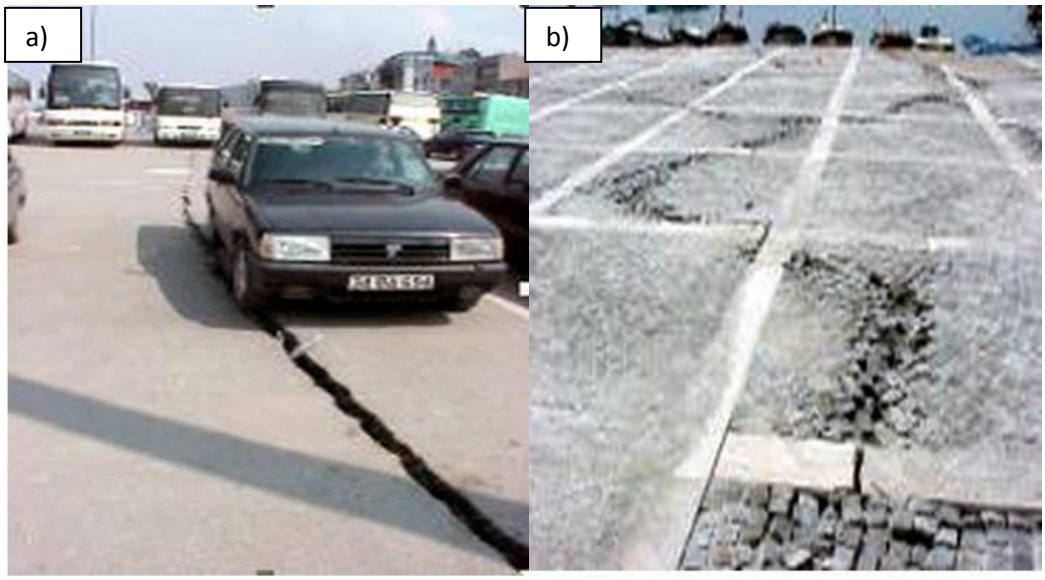
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	11.55	2.20	1.04	14.25	0.80	0.99	0.15	0.61	0.25
1	0.85	14.11	0.56	1.02	14.90	0.80	0.98	0.16	0.75	0.21
1	0.95	9.78	5.00	1.20	16.73	0.80	0.97	0.18	0.80	0.22
1	0.95	2.19	0.87	1.02	3.11	0.80	0.97	0.06	0.84	0.07
1	0.95	14.28	1.21	1.03	15.86	0.80	0.96	0.17	0.87	0.19
1	1	14.36	0.30	1.01	14.84	0.80	0.95	0.16	0.89	0.18
1	1	14.06	1.55	1.03	16.06	0.80	0.94	0.17	0.90	0.19
1	1	6.77	0.12	1.01	6.95	0.80	0.93	0.09	0.91	0.10
1	1	12.12	3.78	1.09	16.95	0.80	0.93	0.18	0.92	0.20
1	1	18.91	3.78	1.09	24.32	0.80	0.92	0.28	0.93	0.30

4.2.3. Yalova Limanı için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Yalova Limanı bölgesinde Çetin ve Yılmaz'ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi'nin (PEER) sayfasında yayınlanan araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.14: Yalova Limanı krokisi.



Şekil 4.15: Yalova Limanı'ndan 1999 depremi sonrası, a) araç park yerindeki ve b) usturmaçaların bulunduğu yerde gözlenen deformasyonlar.

Yalova Limanı'nda yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla; SPT-YH1, SPT-YH2, SPT-YH3 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından 3 adet SPT sondaj logu oluşturulmuş ve bu üç adet sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır (Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12).

Tablo 4.10: Yalova Limanı SPT-YH1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-YH1											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
50	0.75	1.50	45	18	11	27	19.64	1.58	0.83	1	1
55	0.75	2.9	4	18	7	52.2	31.11	1.46	0.92	1	1
60	0.75	4.1	10	18	9	73.8	40.94	1.37	1.00	1	1
65	0.75	5.5	7	18	23	99	52.40	1.28	1.08	1	1
65	0.75	6.6	10	18	23	118.8	61.41	1.21	1.08	1	1

Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs	
0.8	47.26	1.21	1.03	49.72	0.6	0.99	0.30	0.53	0.57	* Bu tabakada
0.85	4.54	0.12	1.01	4.70	0.6	0.98	0.07	0.64	0.11	N1,60>30
0.95	12.99	0.56	1.02	13.76	0.6	0.97	0.15	0.68	0.22	olduğu için
0.95	9.19	4.06	1.10	14.17	0.6	0.96	0.15	0.71	0.22	sıvılaşma olmaz
0.95	12.48	4.06	1.10	17.79	0.6	0.95	0.19	0.72	0.26	

Tablo 4.11: Yalova Limanı SPT-YH2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

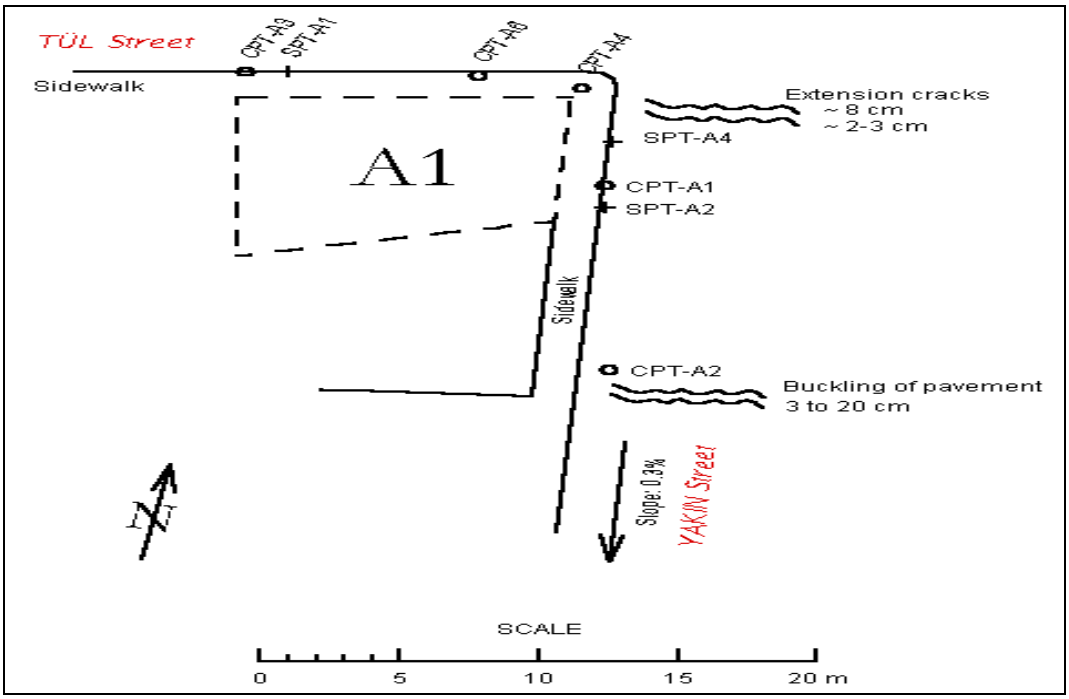
SPT-YH2										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.9	2.80	8	18	7	50.4	31.76	1.45	0.92	1
60	0.9	3.8	9	18	45	68.4	39.95	1.38	1.00	1
65	0.9	4.9	14	18	45	88.2	48.96	1.30	1.08	1
65	0.9	6	12	18	12	108	57.97	1.24	1.08	1
65	0.9	6.8	12	18	26	122.4	64.52	1.19	1.08	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	9.04	0.12	1.01	9.23	0.6	0.98	0.11	0.61	0.18
1	0.95	11.76	5.00	1.20	19.11	0.6	0.97	0.20	0.65	0.32
1	0.95	18.76	5.00	1.20	27.51	0.6	0.96	0.35	0.68	0.52
1	0.95	15.27	1.55	1.03	17.30	0.6	0.95	0.18	0.69	0.27
1	1	15.50	4.39	1.12	21.79	0.6	0.95	0.24	0.70	0.34

Tablo 4.12: Yalova Limanı SPT-YH3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-YH3										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.8	2.80	8	18	16	50.4	30.78	1.46	0.92	1
60	0.8	3.7	12	18	13	66.6	38.15	1.39	1.00	1
65	0.8	4.8	8	18	10	86.4	47.16	1.32	1.08	1
65	0.8	5.7	11	18	11	102.6	54.53	1.26	1.08	1
65	0.8	6.7	13	18	17	120.6	62.72	1.20	1.08	1
65	0.8	7.7	11	18	33	138.6	70.91	1.15	1.08	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	9.09	2.77	1.05	12.35	0.6	0.98	0.13	0.62	0.22
1	0.95	15.86	1.89	1.04	18.33	0.6	0.97	0.20	0.66	0.30
1	0.95	10.84	0.87	1.02	11.94	0.6	0.96	0.13	0.69	0.19
1	0.95	14.27	1.21	1.03	15.86	0.6	0.96	0.17	0.70	0.24
1	0.95	16.11	3.01	1.06	20.09	0.6	0.95	0.22	0.71	0.30
1	0.8	10.99	4.88	1.18	17.84	0.6	0.94	0.19	0.72	0.26

4.2.4. Yakın Caddesi için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Yakın Caddesi bölgesinde Çetin ve Yılmaz'ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi'nin (PEER) sayfasında yayınlanan araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.16: Yakın Caddesi krokisi.

Şekil 4.17: Yakın Caddesi'nden 1999 depremi sonrası görüntüler.

Şekil 4.18: Yakın Caddesi'nden 1999 depremi sonrası gözlenen a) derin çatlaklı ve b) yüzeysel çatlaklı deformasyonlar.

Yakın Caddesi'nde yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla; SPT-A1, SPT-A2, SPT-A3, SPT-A4 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından dört adet SPT sondaj logu oluşturulmuş ve bu dört sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır (Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15 ve Tablo 4.16).

Tablo 4.13: Yakın Caddesi SPT-A1 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-A1											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
53	0.9	4.20	4	18	74	75.6	43.23	1.35	0.88	1	1
65	0.9	7.1	15	18	70	127.8	66.98	1.18	1.08	1	1
75	0.9	8.1	19	18	58	145.8	75.17	1.13	1.25	1	1
64	0.9	9.1	43	18	5	163.8	83.36	1.08	1.07	1	1

Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.95	4.52	5.00	1.20	10.43	0.52	0.97	0.12	0.57	0.20		
1	19.12	5.00	1.20	27.94	0.52	0.95	0.37	0.61	0.60		* Bu tabakada
1	26.77	5.00	1.20	37.13	0.52	0.94	0.05	0.62	0.08		N1,60>30
1	49.62	0.00	1.00	49.68	0.52	0.93	0.30	0.62	0.48	*	olduğu için
											sıvılaşma olmaz

Tablo 4.14: Yakın Caddesi SPT-A2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-A2											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
37	0.7	1.10	3	18	74	19.8	15.88	1.62	0.62	1	1
53	0.7	1.9	4	18	86	34.2	22.43	1.54	0.88	1	1
65	0.7	4.4	7	18	93	79.2	42.90	1.35	1.08	1	1
60	0.7	7.1	10	18	85	127.8	65.02	1.19	1.00	1	1
61	0.7	8.6	36	18	8	154.8	77.30	1.12	1.02	1	1
61	0.7	10.1	25	18	6	181.8	89.59	1.05	1.02	1	1

Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.8	2.40	5.00	1.20	7.88	0.52	0.99	0.09	0.42	0.23		
0.85	4.64	5.00	1.20	10.57	0.52	0.99	0.12	0.51	0.23		** Bu tabakada
0.95	9.73	5.00	1.20	16.68	0.52	0.97	0.18	0.61	0.29		N1,60>30
1	11.89	5.00	1.20	19.27	0.52	0.95	0.21	0.63	0.33		olduğu için
1	40.81	0.30	1.01	41.62	0.52	0.93	0.17	0.63	0.27	**	sıvılaşma olmaz
1	26.68	0.03	1.00	26.83	0.52	0.92	0.33	0.64	0.53		

Tablo 4.15: Yakın Caddesi SPT-A3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-A3											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
56	0.87	3.80	5	18	79	68.4	39.66	1.38	0.93	1	1
62	0.87	5.7	4	18	96	102.6	55.22	1.26	1.03	1	1
61	0.87	6.6	14	18	88	118.8	62.59	1.20	1.02	1	1
65	0.87	8.6	42	18	9	154.8	78.97	1.11	1.08	1	1

Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.95	6.11	5.00	1.20	12.33	0.52	0.97	0.13	0.57	0.24		*** Bu tabakada
0.95	4.93	5.00	1.20	10.92	0.52	0.96	0.12	0.60	0.20		N1,60>30
1	17.15	5.00	1.20	25.58	0.52	0.95	0.30	0.61	0.50		olduğu için
1	50.31	0.56	1.02	51.72	0.52	0.93	0.32	0.62	0.52	***	sıvılaşma olmaz

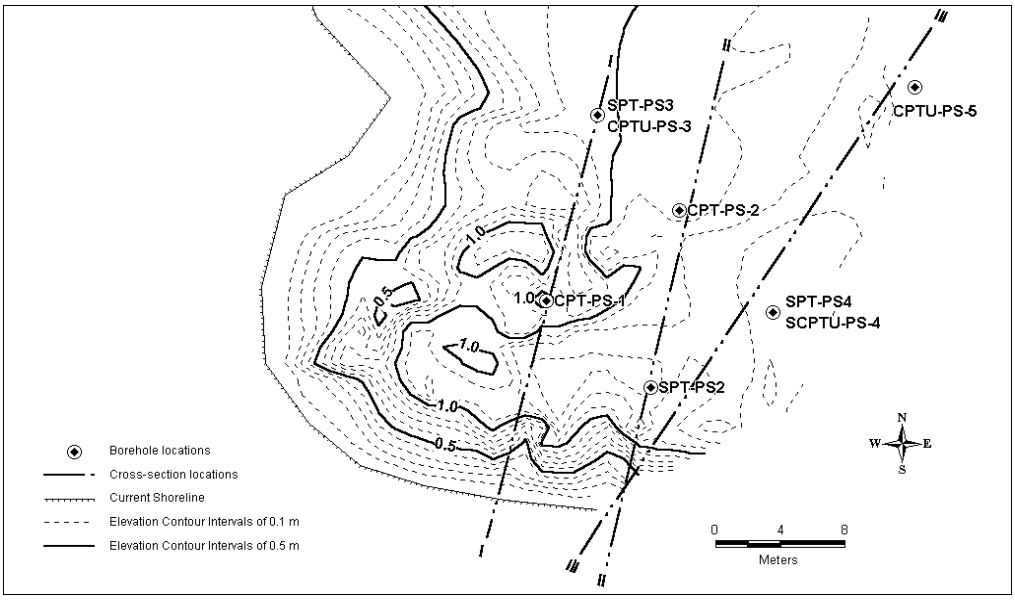
Tablo 4.16: Yakın Caddesi SPT-A4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-A4											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
50	0.82	4.20	6	18	97	75.6	42.44	1.35	0.83	1	1
55	0.82	8.1	29	18	66	145.8	74.38	1.13	0.92	1	1
55	0.82	9.5	74	18	8	171	85.85	1.07	0.92	1	1
60	0.82	11.1	38	18	10	199.8	98.95	1.00	1.00	1	1
65	0.82	12.6	35	18	7	226.8	111.24	0.95	1.08	1	1

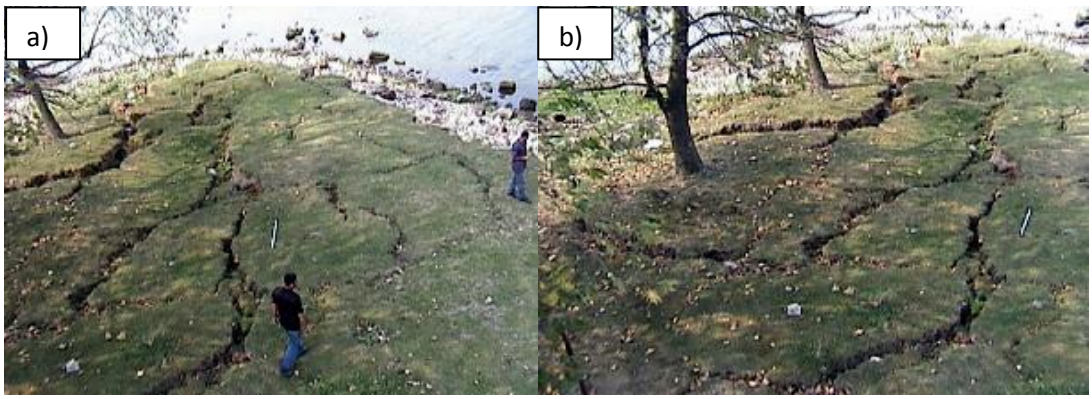
Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.95	6.43	5.00	1.20	12.72	0.52	0.97	0.14	0.58	0.24		
1	30.09	5.00	1.20	41.10	0.52	0.94	0.16	0.62	0.25	****	**** Bu tabakalarda
1	72.50	0.30	1.01	73.71	0.52	0.93	0.52	0.63	0.82	****	N1,60>30
1	38.18	0.87	1.02	39.88	0.52	0.92	0.12	0.63	0.19	****	olduğu için
1	36.07	0.12	1.01	36.50	0.52	0.90	0.13	0.63	0.21	****	sıvılaşma olmaz

4.2.5. Polis Karakolu için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Polis Karakolu bölgesinde Çetin ve Yılmaz'ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi'nin (PEER) sayfasında yayınlanan araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.19: Polis Karakolu krokisi.



Şekil 4.20: Polis Karakolu'ndan a) deniz kenarından ve b) iç kısımlardan görüntüler.

Polis İstasyonu'nunda yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla; SPT-PS2, SPT-PS3,SPT-PS4 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından üç adet SPT sondaj logu

oluşturulmuş ve bu üç sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizi yapılmıştır (Tablo 4.17, Tablo 4.18, Tablo 4.19).

Tablo 4.17: Polis Karakolu SPT-PS2 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-PS2										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
50	1.1	1.90	8	18	12	34.2	26.35	1.50	0.83	1
50	1.1	3.3	4	18	12	59.4	37.82	1.39	0.83	1
65	1.1	8.9	17	18	11	160.2	83.68	1.08	1.08	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	8.52	1.55	1.03	10.34	0.86	0.99	0.12	0.71	0.16
1	0.95	4.41	1.55	1.03	6.11	0.86	0.97	0.08	0.85	0.09
1	1	19.89	1.21	1.03	21.63	0.86	0.93	0.24	0.99	0.24

Tablo 4.18: Polis Karakolu SPT-PS3 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-PS3											
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb	Cs
55	1.4	2.40	3	18	36	43.2	33.39	1.43	0.92	1	1
65	1.4	8.4	6	18	26	151.2	82.53	1.09	1.08	1	1
65	1.4	11.8	38	18	36	212.4	110.38	0.95	1.08	1	1
Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs		
0.85	3.35	5.00	1.20	9.02	0.86	0.98	0.10	0.71	0.15		* Bu tabakada
1	7.06	4.39	1.12	12.31	0.86	0.94	0.13	0.95	0.14		N1,60>30
1	39.31	5.00	1.20	52.18	0.86	0.91	0.33	0.98	0.33	*	olduğu için
											sıvılaşma olmaz

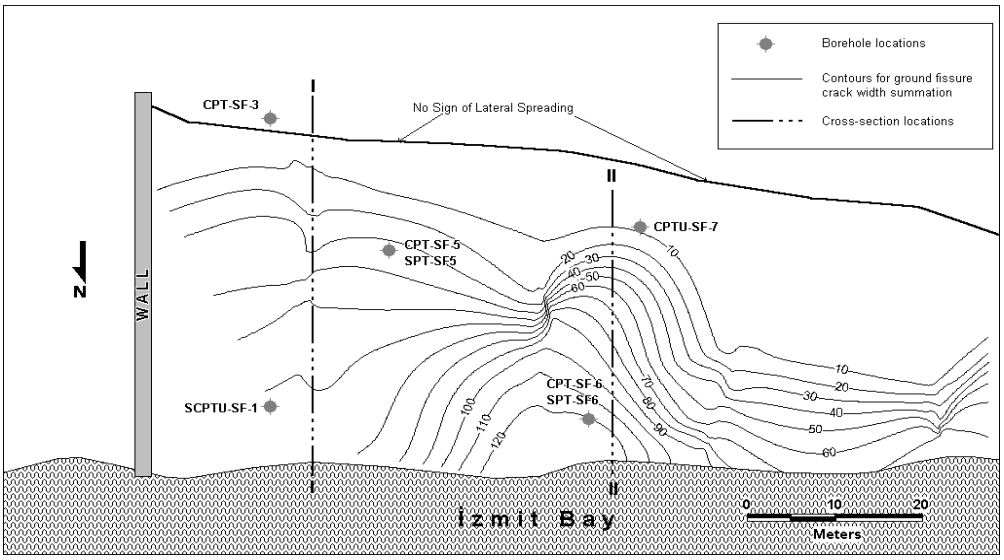
Tablo 4.19: Polis Karakolu SPT-PS4 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-PS4										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
65	1.2	8	11	18	22	144	77.29	1.12	1.08	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	1	13.29	3.93	1.09	18.45	0.86	0.94	0.20	0.97	0.20

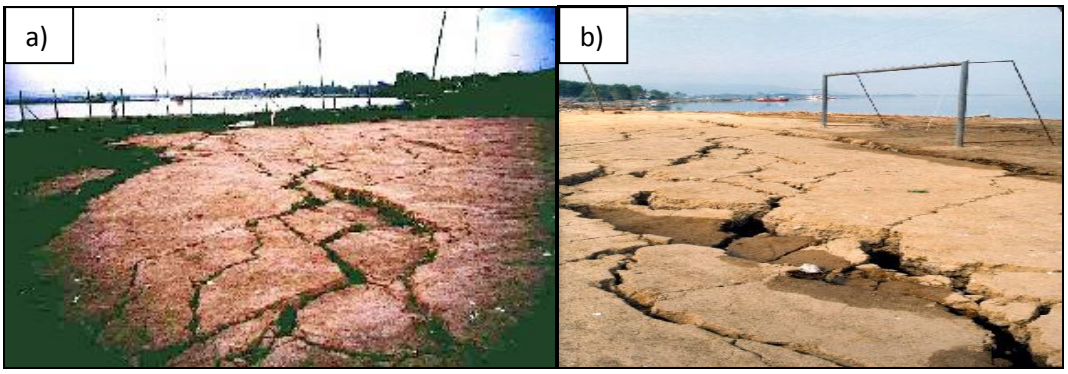
4.2.6. Futbol Sahası için Yapılmış Sıvılaşma Analizleri

Bu bölümde Futbol Sahası bölgesinde Çetin ve Yılmaz ’ın Berkeley Üniversitesi Pasifik Deprem Araştırma Merkezi’nin (PEER) sayfasında yayınlanan

araştırmalarından faydalanılarak SPT sondaj logu verileri yardımıyla sıvılaşma analizleri yapılmıştır.



Şekil 4.21: Futbol Sahası krokisi.



Şekil 4.22: Futbol Sahası'ndan a) kale kısmından ve b) iç kısımdan görüntüler.

Futbol Sahası'nda yapılan arazi çalışmaları neticesinde sırasıyla; SPT-SF5 ve SPT-SF6 olmak üzere Çetin ve Yılmaz tarafından 2 adet sondaj logu oluşturulmuş ve bu iki adet sondaj loguna göre Seed ve Idriss yaklaşımı kullanılarak sıvılaşma analizleri yapılmıştır (Tablo 4.20 ve Tablo 4.21).

Tablo 4.20: Futbol Sahası SPT-SF5 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SF5										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.9	1.80	4	18	16	32.4	23.57	1.53	0.92	1
55	0.9	2.90	3	18	66	52.2	32.58	1.44	0.92	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	4.78	2.77	1.05	7.80	0.86	0.99	0.09	0.76	0.12
1	0.85	3.37	5.00	1.20	9.04	0.86	0.98	0.10	0.88	0.12

Tablo 4.21: Futbol Sahası SPT-SF6 numaralı sondaj loguna göre yapılmış sıvılaşma analizleri.

SPT-SF6										
ER	YASS	Z(m)	SPT-N	γ	FC	σv	σv'	Cn	Ce	Cb
55	0.8	2.00	2	18	52	36	24.23	1.53	0.92	1
Cs	Cr	n1,60	α	β	n1,60cs	PGA	rd	CRR	CSR	Fs
1	0.85	2.38	5.00	1.20	7.85	0.86	0.98	0.09	0.82	0.12

5. OTURMA ANALİZLERİ

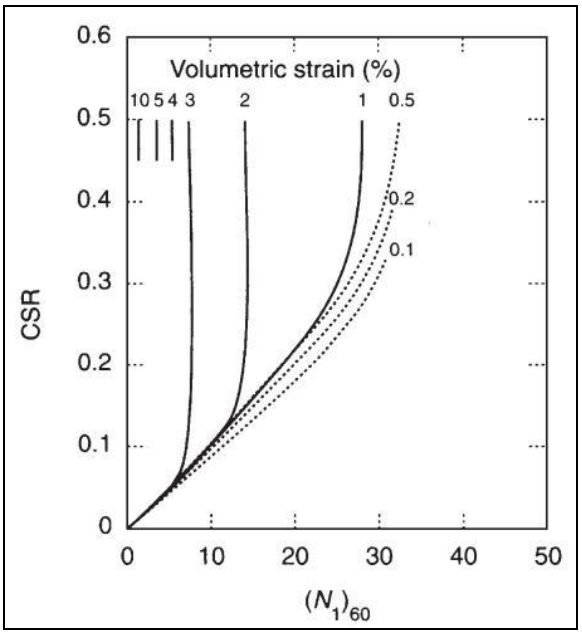
Sıvılaşma analizlerinin yapıldığı bölgelerde sırası ile Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. amprik yaklaşımları kullanılarak oturma analizleri yapılmıştır [Tokimatsu and Seed, 1987], [Shamoto et al., 1998].

5.1. Tokimatsu ve Seed Yöntemi ile Oturma Analizi

Tokimatsu ve Seed tarafından 1987 yılında oluşturulan yöntemle (Denklem 5.1), önceki bölümde sıvılaşma analizi yapılmış olan bölgelerde meydana gelecek oturma miktarları hesaplanmış ve tablolar halinde gösterilmiştir.

$$D_{(m)} = (Z_2 - Z_1) \times \varepsilon \qquad (5.1)$$

- ε = Şekil 5.1' den okunan CSR ile $(N_1)_{60}$ değerine bağlı denklem parametresi.
- $Z_2 - Z_1$ = Ardışık iki tabaka arasındaki derinlik farkı.



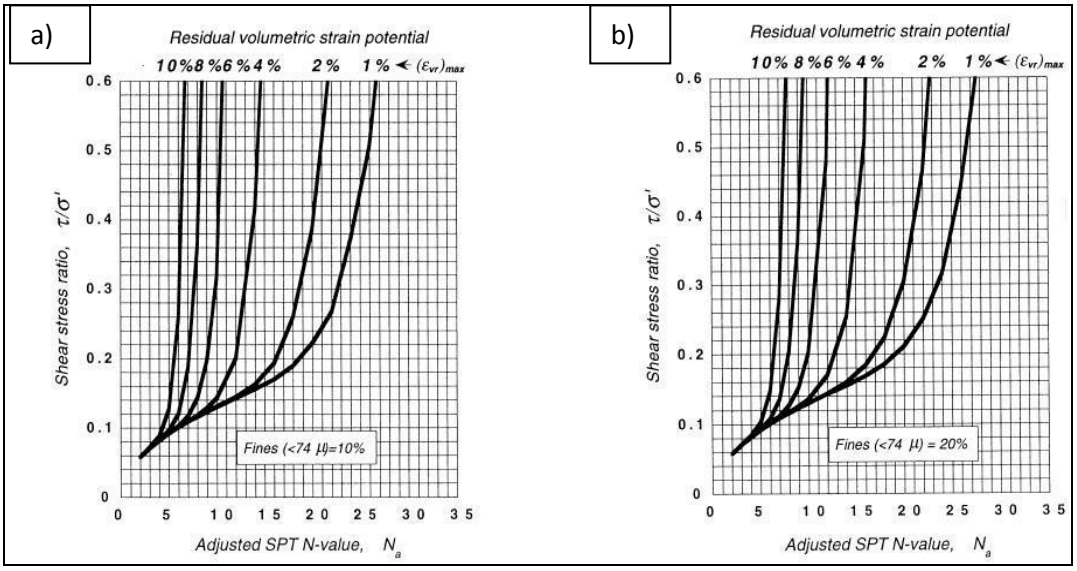
Şekil 5.1: CSR ile $(N_1)_{60}$ değerine göre ε değerini veren grafik.

5.2. Shamoto vd. Yöntemi ile Oturma Analizi

Shamoto vd. tarafından 1998 yılında öngörülen bir diğer yaklaşımla (Denklem 5.2), yine sıvılaşma analizleri yapılmış olan bölgelerde oturma analizi yapılmış, çalışmalar tablolar halinde sunulmuştur.

$$D_{(m)}\ 0{,}84x \int_{Z_1}^{Z_2} \varepsilon dz \qquad (5.2)$$

- $Z_2 - Z_1$ = Ardışık iki tabaka arasındaki derinlik farkı,
- ε = Şekil 5.2' den okunan CSR ile N_a değerine bağlı denklem parametresi,
- $N_a = C_N$ x SPT-N' dir. (düşey jeolojik gerilme dikkate alınarak düzeltilmiş SPT-N sayısı)



Şekil 5.2: İnce dane oranına bağlı olarak a) %10 için ve b) %20 için, CSR ile N_a değerlerine bağlı olarak ε değerini veren grafikler.

Shamoto vd. yaklaşımı ile ilgili önemli bir notu düşmek gerekir. Fc oranı %20 den büyük tabakalarda Shamoto yaklaşımı kullanılamaz. Çünkü ε değerinin okunduğu tablo maksimum %20 ince dane oranına izin vermektedir [Shamoto et al., 1998].

Sırası ile Değirmendere Burnu, Sapanca Oteli, Yalova Limanı, Yakın Caddesi, Polis İstasyonu ve Futbol Sahası bölgelerinde Tokimatsu and Seed ve Shamoto vd.'nin önerdiği ampirik yaklaşımlarla hesaplanmış oturmalar çalışma tablolarıyla aşağıda gösterilmiştir.

5.3. Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. Yaklaşımlarına Göre Yapılmış Oturma Analizleri

5.3.1. Değrimendere Burnu için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Değirmendere Burnu için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.1: Değirmendere Burnu SPT-DN1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-DN1						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.7	1.9	8.95	0.567	3.1	0.62
2	1.9	2.9	20.65	0.68	1.65	1.65
3	2.9	4.4	18.12	0.778	1.7	2.55
4	4.4	5.9	26.5	0.833	1.15	1.725
5	5.9	7.3	25.01	864	1.2	1.68
6	7.3	8.5	16.97	0.882	1.9	2.28
7	8.5	9.5	17.39	0.892	1.75	1.75
8	9.5	10.4	15.74	0.898	1.8	1.62
					toplam =	13.875

Tablo 5.2: Değirmendere Burnu SPT-DN2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-DN2						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	2.5	3.7	16.26	0.533	1.8	2.16
2	3.7	4.4	18.29	0.637	1.6	1.12
3	4.4	6.2	30.81	0.681	0.6	1.08
4	6.2	7.4	27.39	0.757	1.1	1.32
5	7.4	8.5	33.83	0.79	-	-
6	8.5	9.8	30.09	0.812	0.7	0.91
					toplam =	6.59

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.3: Değirmendere Burnu SPT-DN1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-DN1								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.70	1.90	8.00	1.44	0.57	20.00	11.49	6.80	1.14
1.90	2.90	16.00	1.36	0.68	7.00	21.74	2.00	1.68
2.90	4.40	14.00	1.26	0.78	40.00	17.61	-	-
4.40	5.90	22.00	1.17	0.83	14.00	25.75	1.20	1.51
5.90	7.30	21.00	1.10	0.86	10.00	23.09	1.70	2.00
7.30	8.50	15.00	1.04	0.88	9.00	15.67	3.10	3.12
8.50	9.50	16.00	1.00	0.89	8.00	16.06	3.70	3.11
9.50	10.40	15.00	0.97	0.90	17.00	14.53	4.50	3.40
							toplam =	15.97

Tablo 5.4: Değirmendere Burnu SPT-DN2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-DN2								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
2.50	3.70	13.00	1.32	0.64	14.00	17.20	3.10	3.12
3.70	4.40	15.00	1.25	0.68	11.00	18.68	2.30	1.35
4.40	6.20	16.00	1.20	0.76	13.00	19.26	2.32	3.51
6.20	7.40	27.00	1.11	0.79	10.00	29.94	0.86	0.87
7.40	8.50	24.00	1.05	0.81	6.00	25.28	1.10	1.02
8.50	9.80	31.00	1.01	0.83	17.00	31.23	0.55	0.60
							toplam =	10.47

5.3.2. Sapanca Oteli için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Sapanca Oteli için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.5: Sapanca Oteli SPT-SH2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH2						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.1	3.1	16.7275	0.782	1.9	3.8

Tablo 5.6: Sapanca Oteli SPT-SH4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH4						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	0.5	1.1	3.84015	0.733	7	4.2
2	1.1	2.3	6.07106	0.89	4.2	5.04
3	2.3	2.9	12.3697	0.926	2.3	1.38
4	2.9	3.9	17.1006	0.961	1.7	1.7
5	3.9	4.6	11.9983	0.975	2.6	1.82
6	4.6	5.6	9.13827	0.988	2.9	2.9
7	5.6	6.4	11.9106	0.993	2.6	2.08
8	6.4	7.9	13.6142	0.998	2.4	3.6
9	7.9	9.5	12.7341	0.996	2.5	4
10	9.5	11.5	22.0914	0.99	1.4	2.8
					toplam =	29.52

Tablo 5.7: Sapanca Oteli SPT-SH7 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH7						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.25	1.9	3.79507	0.629	7	4.55
2	1.9	2.8	6.0247	0.728	4.3	3.87
3	2.8	3.6	10.854	0.784	2.7	2.16
4	3.6	4.5	12.2347	0.828	2.5	2.25
5	4.5	5.3	11.5999	0.854	2.6	2.08
6	5.3	6.1	19.3171	0.874	1.7	1.36
7	6.1	7.1	22.2606	0.892	1.4	1.4
8	7.1	8.1	15.6008	0.904	1.8	1.8
9	8.1	9.1	13.4048	0.913	2.4	2.4
10	9.1	10.3	10.6639	0.919	2.7	3.24
11	10.3	11.7	10.7869	0.922	2.7	3.78
12	11.7	13.2	12.8898	0.922	2.5	3.75
					toplam =	32.64

Tablo 5.8: Sapanca Oteli SPT-SH9 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH9						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
3	2.57	3.7	11.0743	0.606	2.3	2.599
4	3.7	4.7	16.4587	0.665	1.94	1.94
5	4.7	6.2	9.57873	0.727	2.85	4.275
6	6.2	8.7	4.26859	0.787	5.5	13.75
8	8.7	9.8	6.14706	0.804	4.5	4.95
					toplam =	27.514

Tablo 5.9: Sapanca Oteli SPT-SH11 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH11						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.2	1.7	11.5515	0.611	2.4	1.2
2	1.7	2.9	14.1081	0.747	1.95	2.34
3	2.9	3.7	9.77891	0.799	2.7	2.16
4	3.7	4.5	2.18965	0.836	7	5.6
5	4.5	5.6	14.2756	0.87	1.75	1.925
6	5.6	6.6	14.3647	0.891	1.8	1.8
7	6.6	7.5	14.0634	0.904	2	1.8
8	7.5	8.5	6.77303	0.913	6	6
9	8.5	9.5	12.1244	0.92	2.2	2.2
10	9.5	10.9	18.9103	0.925	1.6	2.24
					toplam =	27.265

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.10: Sapanca Oteli SPT-SH2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH2								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.10	3.10	15.00	1.41	0.78	9.00	21.13	2.10	3.53

Tablo 5.11: Sapanca Oteli SPT-SH4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH4								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
0.50	1.10	3.00	1.64	0.73	5.00	4.93	15.00	7.56
1.10	2.30	5.00	1.53	0.89	5.00	7.65	8.30	8.37
2.30	2.90	10.00	1.48	0.93	5.00	14.80	4.00	2.02
2.90	3.90	14.00	1.40	0.96	73.00	19.64	-	-
3.90	4.60	10.00	1.35	0.98	7.00	13.53	4.90	2.88
4.60	5.60	7.00	1.29	0.99	4.00	9.02	6.60	5.54
5.60	6.40	9.00	1.24	0.99	4.00	11.17	5.90	3.96
6.40	7.90	11.00	1.16	1.00	11.00	12.76	5.80	7.31
7.90	9.50	11.00	1.09	1.00	7.00	11.94	6.00	8.06
9.50	11.50	20.00	1.00	0.99	7.00	20.08	2.30	3.86
							toplam =	49.57

Tablo 5.12: Sapanca Oteli SPT-SH7 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH7								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.25	1.90	3.00	1.49	0.63	1.00	4.46	13.00	7.10
1.90	2.80	5.00	1.42	0.73	5.00	7.09	9.90	7.48
2.80	3.60	8.00	1.36	0.78	4.00	10.88	6.00	4.03
3.60	4.50	9.00	1.30	0.83	6.00	11.71	5.80	4.38
4.50	5.30	9.00	1.25	0.85	6.00	11.27	5.70	3.83
5.30	6.10	16.00	1.21	0.87	13.00	19.32	1.90	1.28
6.10	7.10	17.00	1.16	0.89	11.00	19.64	2.20	1.85
7.10	8.10	13.00	1.11	0.90	12.00	14.40	4.10	3.44
8.10	9.10	12.00	1.06	0.91	6.00	12.77	5.70	4.79
9.10	10.30	10.00	1.02	0.92	9.00	10.16	6.00	6.05
10.30	11.70	11.00	0.96	0.92	5.00	10.61	6.00	7.06
11.70	13.20	13.00	0.92	0.92	14.00	11.90	6.60	8.32
							toplam =	59.61

Tablo 5.13: Sapanca Oteli SPT-SH9 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH9								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
2.57	3.70	9.00	1.25	0.61	16.00	11.28	6.60	6.26
3.70	4.70	14.00	1.20	0.67	15.00	16.77	3.55	2.98
4.70	6.20	8.00	1.12	0.73	14.00	8.98	9.10	11.47
6.20	8.70	4.00	1.02	0.79	86.00	4.07	-	-
8.70	9.80	6.00	0.98	0.80	98.00	5.85	-	-
							toplam =	20.71

Tablo 5.14: Sapanca Oteli SPT-SH11 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SH11								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.20	1.70	9.00	1.51	0.61	14.00	13.59	5.40	2.27
1.70	2.90	11.00	1.41	0.75	9.00	15.56	3.60	3.63
2.90	3.70	7.00	1.36	0.80	66.00	9.50	-	-
3.70	4.50	2.00	1.30	0.84	10.00	2.61	15.00	10.08
4.50	5.60	13.00	1.24	0.87	11.00	16.10	3.80	3.51
5.60	6.60	13.00	1.18	0.89	8.00	15.39	3.90	3.28
6.60	7.50	13.00	1.14	0.90	12.00	14.80	4.00	3.02
7.50	8.50	6.00	1.09	0.91	7.00	6.55	10.20	8.57
8.50	9.50	11.00	1.05	0.92	21.00	11.55	-	-
9.50	10.90	19.00	1.00	0.93	21.00	18.91	-	-
							toplam =	34.36

5.3.3. Yalova Limanı için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Yalova Limanı için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.15: Yalova Limanı SPT-YH1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH1						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	0.75	1.5	47.26	0.531	-	-
2	1.5	2.9	4.53	0.642	5.1	7.14
3	2.9	4.1	12.98	0.683	2.3	2.76
4	4.1	5.5	9.19	0.708	2.8	3.92
5	5.5	6.6	12.48	0.718	2.3	2.53
					toplam =	16.35

Tablo 5.16: Yalova Limanı SPT-YH2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH2						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	0.9	2.8	9.03	0.607	2.7	5.13
2	2.8	3.8	11.75	0.65	2.65	2.65
3	3.8	4.9	18.76	0.678	1.75	1.925
4	4.9	6	15.26	0.695	2	2.2
5	6	6.8	15.49	0.703	2	1.6
					toplam =	13.505

Tablo 5.17: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH3						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	0.8	2.8	9.09	0.627	2.9	5.8
2	2.8	3.7	15.85	0.663	1.95	1.755
3	3.7	4.8	10.83	0.69	2.6	2.86
4	4.8	5.7	14.27	0.704	1.95	1.755
5	5.7	6.7	16.1	0.713	1.92	1.92
6	6.7	7.7	10.98	0.719	2.5	2.5
					toplam =	16.59

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.18: Yalova Limanı SPT-YH1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH1								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
0.75	1.50	45.00	1.58	0.53	11.00	70.90	0.01	0.00
1.50	2.90	4.00	1.46	0.64	7.00	5.82	12.00	3.02
2.90	4.10	10.00	1.37	0.68	9.00	13.67	4.20	0.91
4.10	5.50	7.00	1.28	0.71	23.00	8.93	-	-
5.50	6.60	10.00	1.21	0.72	23.00	12.13	-	-
							toplam =	3.93

Tablo 5.19: Yalova Limanı SPT-YH2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd.yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH2								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
0.90	2.80	8.00	1.45	0.61	7.00	11.60	5.90	2.02
2.80	3.80	9.00	1.38	0.65	45.00	12.38	-	-
3.80	4.90	14.00	1.30	0.68	45.00	18.23	-	-
4.90	6.00	12.00	1.24	0.70	12.00	14.83	3.80	0.75
6.00	6.80	12.00	1.19	0.70	26.00	14.31	-	-
							toplam =	2.77

Tablo 5.20: Yalova Limanı SPT-YH3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-YH3								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
0.80	2.80	8.00	1.46	0.63	16.00	11.67	6.50	2.34
2.80	3.70	12.00	1.39	0.66	13.00	16.69	3.90	0.63
3.70	4.80	8.00	1.32	0.69	10.00	10.53	6.30	1.25
4.80	5.70	11.00	1.26	0.70	11.00	13.87	5.00	0.81
5.70	6.70	13.00	1.20	0.71	17.00	15.65	4.30	0.77
6.70	7.70	11.00	1.15	0.72	33.00	12.68	-	-
							toplam =	5.80

5.3.4. Yakın Caddesi için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Yakın Caddesi için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.21: Yakın Caddesi SPT-A1 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A1						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	4	4.5	4.52	0.574	5	2.5
2	6.3	7.1	19.11	0.612	1.6	1.28
3	7.1	8.1	26.77	0.617	1.2	1.2
4	8.1	9.1	49.62	0.62	-	-
					toplam =	4.98

Tablo 5.22: Yakın Caddesi SPT-A2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A2						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	0.75	1.1	2.39	0.419	9	3.15
2	1.1	1.9	4.63	0.509	4.6	3.68
3	4.2	4.4	9.72	0.605	2.7	0.54
4	6.7	7.1	11.89	0.63	2.4	0.96
5	7.1	8.6	40.81	0.634	-	-
6	8.6	10.1	26.67	0.635	1.2	1.8
					toplam =	10.13

Tablo 5.23: Yakın Caddesi SPT-A3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A3						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	3.8	5.7	4.93	0.602	4.8	9.12
2	5.7	6.6	17.14	0.611	1.8	1.62
3	6.6	8.6	50.3	0.621	-	-
					toplam =	10.74

Tablo 5.24: Yakın Caddesi SPT-A4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A4						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	4.2	4.4	6.43	0.623	4.8	0.96
2	8.1	9.5	72.49	0.626	-	-
3	9.5	11.1	38.18	0.626	-	-
4	11.1	12.6	36.07	0.625	-	-
					toplam =	0.96

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.25: Yakın Caddesi SPT-A1 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A1								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
4.00	4.20	4.00	1.35	0.57	74.00	5.39	-	-
6.00	6.50	15.00	1.18	0.61	70.00	17.65	-	-
7.10	8.10	19.00	1.13	0.62	58.00	21.42	-	-
8.10	9.10	43.00	1.08	0.62	5.00	46.52	0.20	0.17
							toplam =	0.17

Tablo 5.26: Yakın Caddesi SPT-A2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A2								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
0.75	1.10	3.00	1.62	0.42	74.00	4.86	-	-
1.10	1.90	4.00	1.54	0.51	86.00	6.18	-	-
4.20	4.40	7.00	1.35	0.61	93.00	9.45	-	-
6.70	7.10	10.00	1.19	0.63	85.00	11.89	-	-
7.10	8.60	36.00	1.12	0.63	8.00	40.14	0.30	0.38
8.60	10.10	25.00	1.05	0.64	6.00	26.24	0.96	1.21
							toplam =	1.59

Tablo 5.27: Yakın Caddesi SPT-A3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A3								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
3.80	5.70	5.00	1.38	0.57	79.00	6.89	-	-
5.70	6.60	4.00	1.26	0.60	96.00	5.02	-	-
6.60	8.60	14.00	1.20	0.61	88.00	16.87	-	-
							toplam =	0.00

Tablo 5.28: Yakın Caddesi SPT-A4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-A4								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
4.20	4.40	6.00	1.35	0.62	97.00	8.13	-	-
8.10	9.50	29.00	1.13	0.63	66.00	32.82	-	-
9.50	11.10	74.00	1.07	0.63	8.00	79.09	0.01	0.01
11.10	12.60	38.00	1.00	0.63	10.00	38.18	0.29	0.37
							toplam =	0.38

5.3.5. Polis Karakolu için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Polis Karakolu için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.29: Polis Karakolu SPT-PS2 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS2						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.1	1.9	8.51	0.712	2.8	2.24
2	1.9	3.3	4.41	0.852	3.9	5.46
3	8.2	8.9	19.89	0.933	1.5	1.05
					toplam =	8.75

Tablo 5.30: Polis Karakolu SPT-PS3 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS3						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.4	2.4	3.35	0.707	8	8
2	7.8	8.4	7.06	0.954	2.8	1.68
					toplam =	9.68

Tablo 5.31: Polis Karakolu SPT-PS4 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS4						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	7.7	8	13.28	0.974	2.2	0.66

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.32: Polis Karakolu SPT-PS2 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS2								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.10	1.90	8.00	1.50	0.71	12.00	12.03	5.70	3.83
1.90	3.30	4.00	1.39	0.85	12.00	5.58	12.00	14.11
8.20	8.90	17.00	1.08	0.99	11.00	18.36	2.40	1.41
							toplam =	19.35

Tablo 5.33: Polis Karakolu SPT-PS3 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS3								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.60	2.40	3.00	1.43	0.71	36.00	4.30	-	-
7.80	8.40	6.00	1.09	0.95	26.00	6.52	-	-
							toplam =	0.00

Tablo 5.34: Polis Karakolu SPT-PS4 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-PS4								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
7.70	8.00	11.00	1.12	0.97	22.00	12.27	-	-

5.3.6 Futbol Sahası için Yapılmış Oturma Analizleri

Bu kısımda ilgili parametreler kullanılarak Futbol Sahası için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. yaklaşımları yardımıyla zemin oturmaları hesaplanmıştır.

- Tokimatsu ve Seed yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.35: Futbol Sahası SPT-SF5 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SF5						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.2	1.9	4.77	0.755	5	3.5
2	1.9	2.9	3.37	0.872	7	7
					toplam =	10.5

Tablo 5.36: Futbol Sahası SPT-SF6 sondaj loguna göre yapılmış Tokimatsu ve Seed yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SF6						
Katman	Derinlik Aralığı(m)		N1,60	CSR	ε %	ΔH(cm)
1	1.2	2	2.37	0.815	10	8

- Shamoto vd. yöntemine göre yapılan analizler:

Tablo 5.37: Futbol Sahası SPT-SF5 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SF5								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.20	1.90	4.00	1.53	0.05	16.00	6.13	8.40	4.94
1.90	2.90	3.00	1.44	0.06	66.00	4.33	-	-
							toplam =	4.94

Tablo 5.38: Futbol Sahası SPT-SF6 sondaj loguna göre yapılmış Shamoto vd. yaklaşımıyla oluşturulan oturma analizi tablosu.

SPT-SF6								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn Değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	ε Değeri(%)	ΔH(cm)
1.20	2.00	2.00	1.53	0.82	52.00	3.05	-	-

5.4. Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. Yaklaşımı Sonucu Bulunan Sonuçların Karşılaştırılması

Bu kısımda analizlerin yapıldığı bölgeler için Tokimatsu ve Seed ile Shamoto vd. amprik yaklaşımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.39: Değirmendere Burnu SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Değirmendere Burnu	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-DN1	13.88	15.97
SPT-DN2	6.59	10.47

Tablo 5.40: Sapanca Oteli SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Sapanca Oteli	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-SH2	3.80	3.53
SPT-SH4	29.52	49.57
SPT-SH7	32.64	59.61
SPT-SH9	27.51	20.71
SPT-SH11	27.27	34.36

Tablo 5.41: Yalova Limanı SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Yalova Limanı	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-YH1	16.35	3.93
SPT-YH2	13.51	2.77
SPT-YH3	16.59	5.80

Tablo 5.42: Yakın Caddesi SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Yakın Caddesi	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-A1	4.98	0.17
SPT-A2	10.13	1.59
SPT-A3	10.74	0.00
SPT-A4	0.96	0.38

Tablo 5.43: Polis Karakolu SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Polis Karakolu	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-PS2	8.75	19.35
SPT-PS3	9.68	0.00
SPT-PS4	0.66	0.00

Tablo 5.44: Futbol Sahası SPT sondaj loglarına göre yapılan Tokimatsu ve Seed ve Shamoto vd. analizleri sonuçlarının karşılaştırılması.

Bölge- Sondaj Noktaları	Kullanılan Ampirik Yaklaşımlar	
Futbol Sahası	Tokimatsu ve Seed	Shamoto vd.
SPT-SF5	10.50	4.94
SPT-SF6	8.00	0.00

6. YANAL YAYILMA ANALİZLERİ

6.1. Yanal Yayılma Analizi için Seçilen Ampirik Yöntemler

Seçilen bölgelerde yapılan sıvılaşma ve oturma analizlerine ek olarak Sapanca Oteli bölgesinde yanal yayılma analizleri de yapışmıştır. Yapılan analizlerde kullanılan amprik yaklaşımlar sırası ile; Hamada vd. ve Shamoto vd. 'dir.

6.1.1. Hamada vd. Yöntemi ile Yanal Yayılma Analizi

Hamada vd. tarafından oluşturulan bu yaklaşımda, Denklem 6.1' de görülen denklem kullanılmış, yanal yayılma deformasyonları bu bağlamda hesaplanmıştır [Hamada et al., 1986].

$$D_{(m)}=0,75 \text{ x } H^{1/2} \text{ x } \theta^{1/3} \tag{6.1}$$

- H = Kullanılan sondaj logundaki en son SPT-N sayısının ölçüldüğü tabaka derinliği,
- θ = Arazinin eğimi açılarıdır.

6.1.2. Shamoto vd. Yöntemi ile Yanal Yayılma Analizi

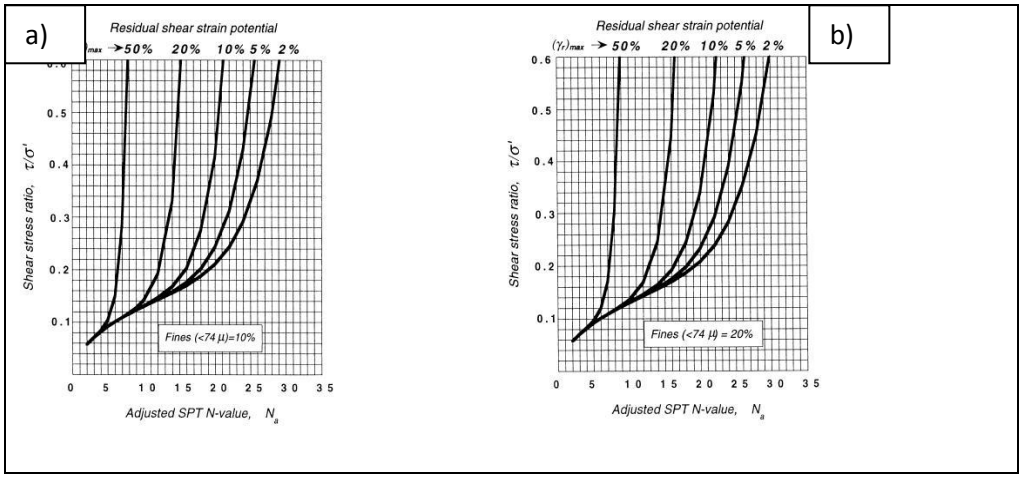
Shamoto vd. tarafından önerilen bu yaklaşımda, Denklem 6.2' de görülen denklem kullanılmış, yanal yayılma deformasyonları bu bağlamda hesaplanmıştır [Shamoto et al., 1998].

$$D_{(m)} = 0,16\text{x} \int_{Z_1}^{Z_2} \gamma dz \tag{6.2}$$

- $Z_2 - Z_1$ = İlgili sondaj logundaki ardışık derinlikler.
- γ = Şekil 6.1' de verilen ince dane yüzdesi (FC = %10 veya %20 için),

- Na ve CSR değerine göre belirlenen denklem parametresidir.

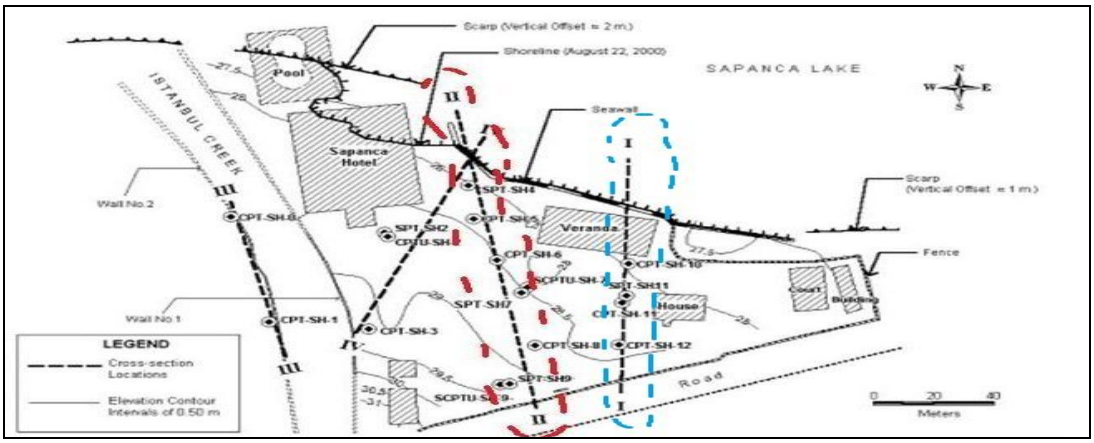
Şekil 6.1' de görüldüğü üzere FC değeri %20 den büyük olan değerdeki tabakalar için Shamoto analizi yapılamaz [Shamoto et al., 1998]. %10 ve %10dan küçük değerler için ilk tablo, %10 ile %20 arasındaki değerler için ilk ve ikinci tablodaki ilgili bulunan değerin ortalaması, %20 ye yakın ve %20 olan değerler için de ikinci tablo kullanılmıştır [Shamoto et al., 1998].



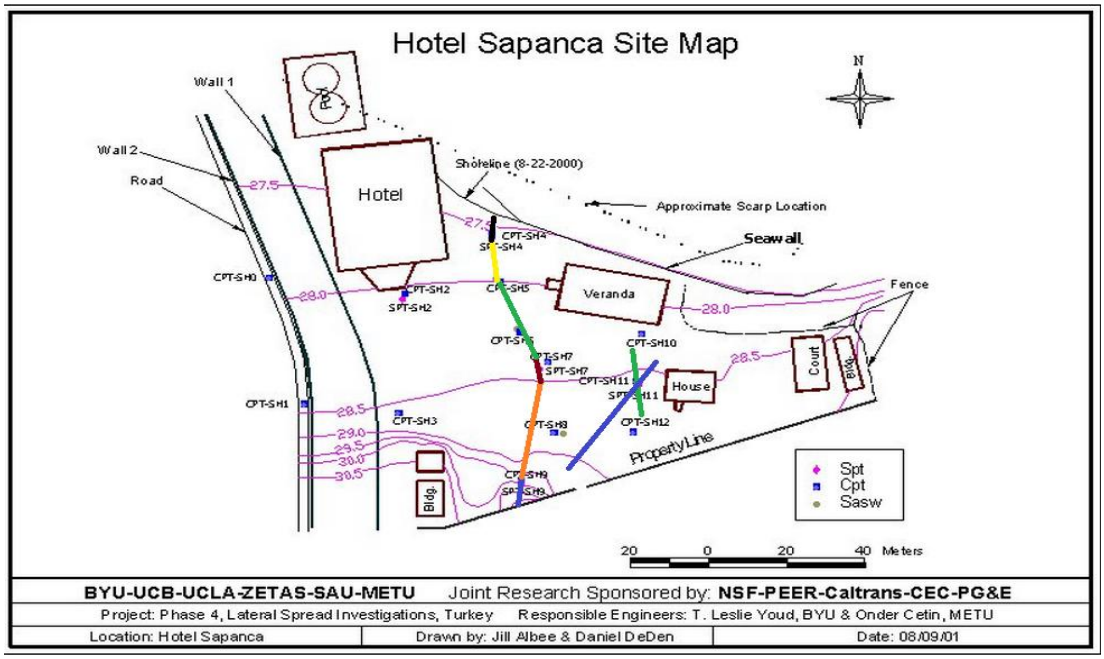
Şekil 6.1: Shamoto vd. yaklaşımı için "γ" parametresinin tayininde kullanılan, ince dane oranı a) %10 için ve b) %20 için hazırlanmış abaklar.

6.2. Sapanca Oteli Bölgesi için Yapılmış Yanal Yayılma Analizleri

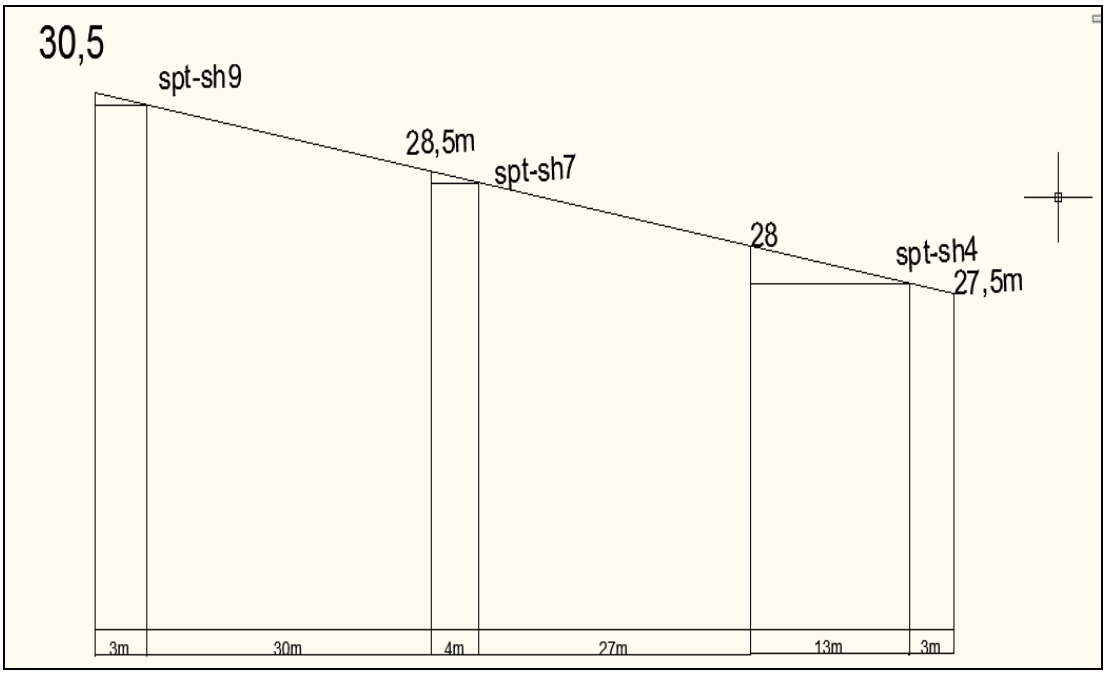
Sıvılaşma ve oturma analizleri yapılan bölgeler içerisinde, Sapanca Oteli bölgesinde gözlenen deformasyonların içerisinde yanal yayılma da bulunmaktadır. Şekil 6.2' deki krokide yanal yayılma analizi yapılan II-II aksı kırmızı çizgi ile belirtilmiştir. Seçilen aks sırası ile SPT-SH4, SPT-SH7 ve SPT-SH9 noktalarını kapsamaktadır. Yukarıdaki noktalara ilave olarak SPT-SH11 noktasında da yanal yayılma analizi gerçekleştirilmiş, mavi çizgi ile I-I aksı içerisinde belirtilmiştir.



Şekil 6.2: Sapanca Oteli bölgesinde yanal yayılma analizlerinin gerçekleştirildiği akslar .



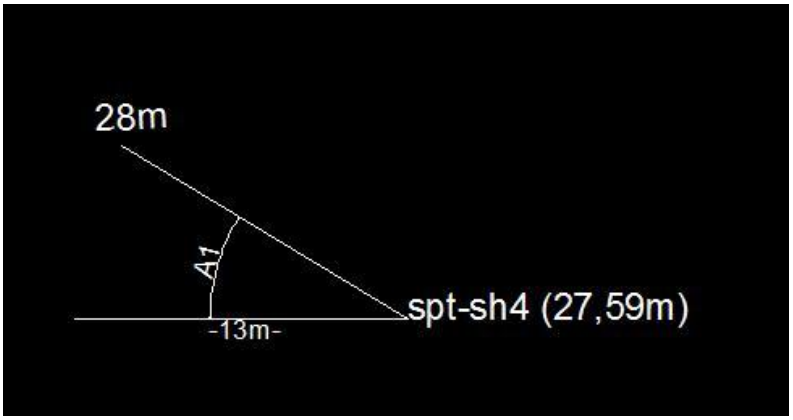
Şekil 6.3: SPT sondaj loglarının yapıldığı noktalar ile kendilerine en yakın eş yükselti eğrilerinin kroki üzerinde işaretlenmiş durumu.



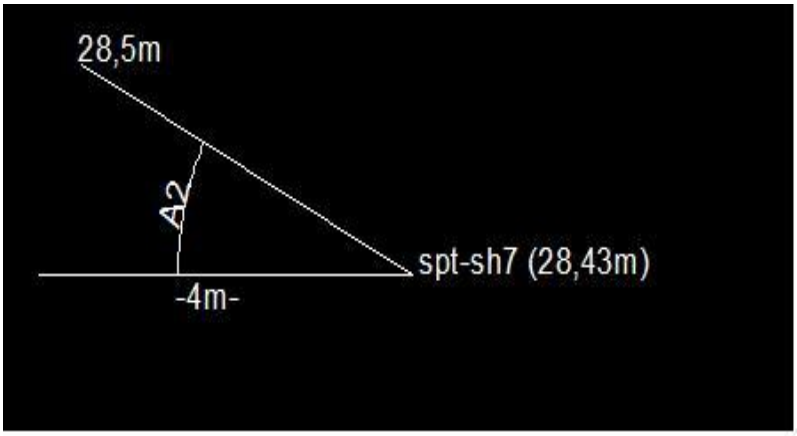
Şekil 6.4: II-II aksının AutoCAD programı ile çizilmiş boykesiti.

II-II aksı ile gösterilen kısım Autocad programı yardımı ile bir boykesit çizimine dönüştürülmüş, ara mesafeler krokinin sağ alt köşesinde verilen ölçek yardımı ile hesaplanmıştır (Şekil 6.3 ve Şekil 6.4). Her bir SPT noktası için arazi eğimi bulurken; o SPT noktası ile kendisine en yakın eş yükselti eğrisi dikkate alınarak hesaplanmıştır (Şekil 6.3) .

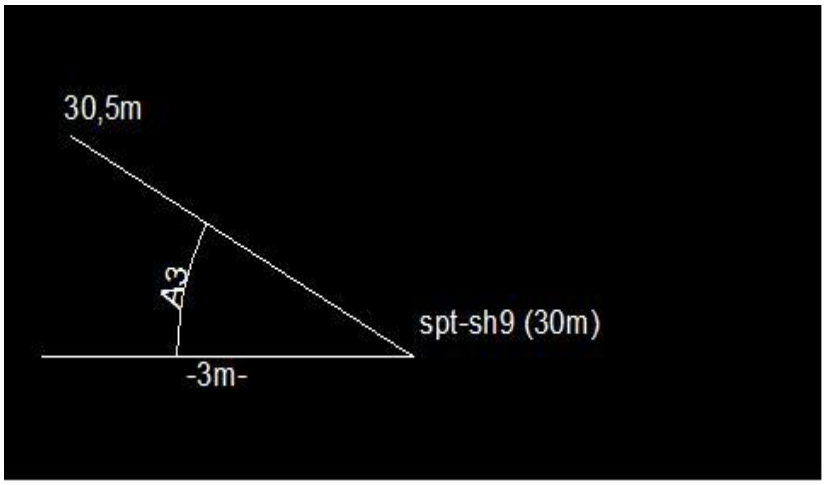
Hamada vd. yaklaşımında kullanılmak üzere arazi eğimi açıları olan θ değerlerini bulmak için, SPT noktaları ile kendilerine en yakın eş yükselti eğrileri AutoCAD yardımıyla çizilmiş ve açılar hesaplanmıştır. Sırası ile SPT-SH4 noktası ile 28 m'lik eş yükselti eğrisi arasında kalan açı A1 (Şekil 6.5), SPT-SH7 noktası ile 28.5 m'lik eş yükselti eğrisi arasında kalan açı A2 (Şekil 6.6), SPT-SH9 noktası ile 30.5 m'lik eş yükselti eğrisi arasında kalan açı A3 (Şekil 6.7) ve son olarak SPT-SH11 noktası ile 29 m'lik eş yükselti eğrisi arasında kalan açı A4 (Şekil 6.8) olarak adlandırılmıştır.



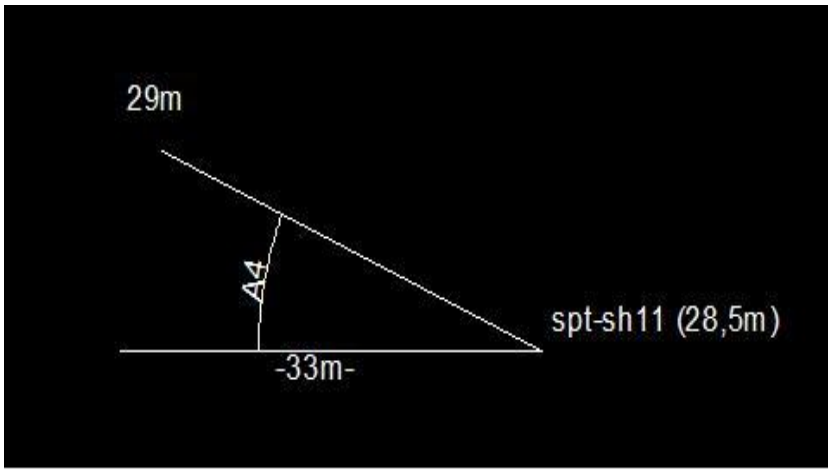
Şekil 6.5: A1 açısının bulunması.



Şekil 6.6: A2 açısının bulunması.



Şekil 6.7: A3 açısının bulunması.



Şekil 6.8: A4 açısının bulunması.

- A1 açısı Şekil 6.5'ten; arctan ((28-27,59)/13)=1,80^{o} olarak hesaplanır.
- A2 açısı Şekil 6.6'dan; arctan ((28,5-28,43)/4)=1° olarak hesaplanır.
- A3 açısı Şekil 6.7'den; arctan ((30,5-30)/3)=9,46^{o} olarak hesaplanmıştır.
- A4 açısı Şekil 6.8'den; arctan ((29-28,5)/33)=0,86^{o} olarak hesaplanmıştır.

Bu ifadelerde görüldüğü üzere sadece SPT-SH9 noktasında, eş yükselti eğrilerinin sıklaşmasından ötürü, diğer bölgelere oranla kısa mesafede büyük bir eğim söz konusudur. Genel olarak arazi eğimi 1 derece kabul edilebilir. SPT-SH9 noktasında eğim %3'ten büyük olduğu için o noktada yanal yayılmadan çok bir akma göçmesi gerçekleştiği düşünülebilir.

Yukarıda hesaplanan verilere ek olarak PEER'den alınan sapanca oteli bölgesi sondaj loglarında okunan derinlik değerleri (en son SPT-N sayısının ölçüldüğü), Hamada vd. yaklaşımında kullanılarak yanal yayılma analizleri gerçekleştirilmiş, çalışmalar Tablo 6.1'de gösterilmiştir.

Tablo 6.1: Hamada vd.yaklaşımı kullanılarak Sapanca Oteli bölgesinde gerçekleştirilen yanal yayılma analizi tablosu.

Bölge adı	Kot 1	Kot 2	Ara Mesafe(m)	Derinlik(m)	θ açısı	Yanal Akma(cm)
28m & Spt-sh4 arası	28	27.5	13	11.5	1.8	309.39
28,5m&Spt-sh7 arası	28.5	28.43	4	13.2	1	272.49
30,5m&Spt-sh9 arası	30.5	30	3	9.8	9.46	496.56
29m &Spt-sh11 arası	29	28.5	33	10.9	0.86	235.47

Sırası ile SPT-SH4, SPT-SH7, SPT-SH9 ve SPT-SH11 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı kullanılarak yapılan yanal yayılma analizine ait çalışmalar Tablo 6.2, Tablo 6.3, Tablo 6.4 ve Tablo 6.5'te gösterilmiştir.

Tablo 6. 2: Sapanca Oteli SPT-SH4 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu.

SPT-SH4								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	γ Değeri (%)	Δh(cm)
0.50	1.10	3.00	1.64	0.73	5.00	4.93	60.00	5.76
1.10	2.30	5.00	1.53	0.89	5.00	7.65	50.00	9.60
2.30	2.90	10.00	1.48	0.93	5.00	14.80	19.00	1.82
2.90	3.90	14.00	1.40	0.96	73.00	19.64	-	-
3.90	4.60	10.00	1.35	0.98	7.00	13.53	25.00	2.80
4.60	5.60	7.00	1.29	0.99	4.00	9.02	43.00	6.88
5.60	6.40	9.00	1.24	0.99	4.00	11.17	38.00	4.86
6.40	7.90	11.00	1.16	1.00	11.00	12.76	32.00	7.68
7.90	9.50	11.00	1.09	1.00	7.00	11.94	35.00	8.96
9.50	11.50	20.00	1.00	0.99	7.00	20.08	13.00	4.16
							toplam =	52.53

Tablo 6. 3: Sapanca Oteli SPT-SH7 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu.

SPT-SH7								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	γ Değeri (%)	Δh(cm)
1.25	1.90	3.00	1.49	0.63	1.00	4.46	60.00	6.24
1.90	2.80	5.00	1.42	0.73	5.00	7.09	51.00	7.34
2.80	3.60	8.00	1.36	0.78	4.00	10.88	41.00	5.25
3.60	4.50	9.00	1.30	0.83	6.00	11.71	35.00	5.04
4.50	5.30	9.00	1.25	0.85	6.00	11.27	36.00	4.61
5.30	6.10	16.00	1.21	0.87	13.00	19.32	14.00	1.79
6.10	7.10	17.00	1.16	0.89	11.00	19.64	11.00	1.76
7.10	8.10	13.00	1.11	0.90	12.00	14.40	20.00	3.20
8.10	9.10	12.00	1.06	0.91	6.00	12.77	29.00	4.64
9.10	10.30	10.00	1.02	0.92	9.00	10.16	42.00	8.06
10.30	11.70	11.00	0.96	0.92	5.00	10.61	41.00	9.18
11.70	13.20	13.00	0.92	0.92	14.00	11.90	43.00	10.32
							toplam =	67.44

Tablo 6. 4: Sapanca Oteli SPT-SH9 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu.

SPT-SH9								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	γ Değeri (%)	Δh(cm)
2.57	3.70	9.00	1.25	0.61	16.00	11.28	43.00	7.77
3.70	4.70	14.00	1.20	0.67	15.00	16.77	21.00	3.36
4.70	6.20	8.00	1.12	0.73	14.00	8.98	48.00	11.52
6.20	8.70	4.00	1.02	0.79	86.00	4.07	-	-
8.70	9.80	6.00	0.98	0.80	98.00	5.85	-	-
							toplam =	22.65

Tablo 6. 5: Sapanca Oteli SPT-SH11 bölgesi için Shamoto vd. yaklaşımı ile yapılan yanal yayılma analizi tablosu.

SPT-SH11								
Derinlik Aralığı		SPT-N Değeri	Cn değeri	CSR Değeri	FC Değeri	Na Değeri	γ Değeri (%)	Δh(cm)
1.20	1.70	9.00	1.51	0.61	14.00	13.59	37.00	2.96
1.70	2.90	11.00	1.41	0.75	9.00	15.56	19.00	3.65
2.90	3.70	7.00	1.36	0.80	66.00	9.50	-	-
3.70	4.50	2.00	1.30	0.84	10.00	2.61	80.00	10.24
4.50	5.60	13.00	1.24	0.87	11.00	16.10	18.00	3.17
5.60	6.60	13.00	1.18	0.89	8.00	15.39	19.50	3.12
6.60	7.50	13.00	1.14	0.90	12.00	14.80	24.00	3.46
7.50	8.50	6.00	1.09	0.91	7.00	6.55	55.00	8.80
8.50	9.50	11.00	1.05	0.92	21.00	11.55	-	-
9.50	10.90	19.00	1.00	0.93	21.00	18.91	-	-
							toplam =	35.39

Çetin vd. yayımlamış olduğu 2009 tarihli "Probabilistic Model for the Assessment of Cyclically Induced Reconsolidation Volumetric Settlements" adlı makaleden, analizlerin yapıldığı noktalarda gözlenen değerler verilmiş ve bu değerler ile bulunan sonuçların karşılaştırılması Tablo 6.6'da gösterilmiştir [Çetin vd., 2009].

Tablo 6.6: Analiz sonuçlarının gözlenen değerler ile karşılaştırılması.

	Hamada vd. (cm)	Shamoto vd. (cm)	Gözlenen(cm)
SPT-SH4	309	52.528	130
SPT-SH7	272	67.44	70
SPT-SH9	496	22.6544	20
SPT-SH11	235	35.392	70

7. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasının temel konusu olan sıvılaşma ve buna bağlı olarak gelişen deformasyonlar sayısal analizler yardımıyla hesaplanmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Depreme bağlı olarak gelişen dinamik yüklemeler, zemin koşullarına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, farklı deformasyon türlerine sebep olmaktadır. Bu çalışmada oturma, yanal yayılma ve diğer sıvılaşma deformasyonları incelenmiştir.
- Sıvılaşma mekanizması oluşum ve gelişim süreçleriyle beraber detaylı incelenmiş; Adapazarı, Sapanca Gölü ve İzmit Körfezi arasında kalan bazı bölgelerin sıvılaşma hassaslığı olduğu sayısal analizlerle ifade edilmiştir.
- Meydana gelmesi öngörülen oturmaların önemli yapısal deformasyonlara sebep olabileceği ifade edilmiş, buna uygun iyileştirme yöntemlerinin uygulanması için yol gösterici taslak bir çalışma gerçekleştirilmiştir.
- Depremin önemli bir parametresi olan pik yer ivme değerleri, azalım ilişkileri kullanılarak hesaplanmıştır. Mevcut literatürde bulunan azalım ilişkilerine ek olarak yeni nesil azalım ilişkileri (NGA)' de kullanılmış, mevcut azalım ilişkilerinden bulunan değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.
- Zemin büyütmesi için birer ön çalışma olarak bu değerlerle bir değerlendirme yapılmıştır.

Bu çalışma ile konularında örnek analizler yapılarak mevcut değerlendirmelere farklı bir bakış açısı getirilmeye çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

Abrahamson N. A., Silva J. W., (1997), "Empirical Response Spectral Attenuation Relations for Shallow Crustal Earthquakes", Seismological Research Letters, 68 (1), 94-127.

Andrew D. C. A., Martin G. R., (2000), "Criteria for Liquefaction of Silty Soils", Procedure of the 12th World Conferance on Earthquake Engineering, 0312, Auckland, New Zealand, 30 January – 4 February.

Ansal A., (1998), "The Effect of Local Soil Conditions in Earthquake Characteristics", Proc. Int. Sem. on Natural Disaster Reduction for Roads in Mediterranean Countries.

Ansal A., Öğünç G., (1981), "Dinamik Üç Eksenli Sıvılaşma Deneyleri ve Tekrar Sıvılaşma", Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, 8 (35) ,61-82.

Boore M. D., Joyner W. B., Fumal E. T., (1997), "Equations for Estimating Horizontal Response Spectra and Peak Acceleration from Western North American Earthquakes: A Summary of Recent Work", Seismological Research Letters, 68 (1), 128-153.

Castro G., Poulos J. J., (1977), " Factors Affecting Liquefaction and Cyclic Mobility", ASCE Journal of Geotechnical Engineering,103 (6), 501- 516.

Castro G., (1975), "Liquefaction and Cyclic Mobility of Saturated Sands", ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 101 (6), 551-569.

Chen W. F., Charles S., (2002), "Earthquake Engineering Handbook", 1st Edition, CRC Press.

Çetin K. Ö., Youd T. L., Seed R. B., Bray B. D., Sancio R., Lettis W., Yılmaz M. T., Durgunoğlu H. T., (2002), "Liquefaction-induced ground deformations at Hotel Sapanca during Kocaeli (Izmit), Turkey earthquake" Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 1083-1092.

Çetin K. Ö., Bilge H. T., Wu J., Kammerer M. A., Seed R. B., (2009), "Probabilistic Model for the Assessment of Cyclically Induced Reconsolidation Volumetric Settlements", ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering , 135 (3), 387-398.

Gülkan P., Kalkan E., (2002), "Attenuation modeling of Recent Earthquakes in Turkey", Journal of Seismology, 6, 397-409.

Hamada M., Yasuda S., Isoyama R., Emoto K., (1986), "Study on Liquefaction Induced Permanent Ground Displacements", Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, (376), 221-229.

Hamada M., Aydan Ö., Bardet J. P., Ulusay R., Kanıbır A., (2004), "Liquefaction Induced Lateral Spreading In The 1999 Kocaeli Earthquake, Turkey: Case Study Around The Hotel Sapanca", 13th World Conference on Earthquake Engineering, 2921, Vancouver, B.C. Canada, 1-6 August.

Hatanaka M., Suzuki Y., Kawasaki T., Masaaki E., (1988), "Cyclic Undrained Shear Properties of High Quality Undisturbed Tokyo Gravel", J. Soils and Foundations, (28) 4, 57-68.

Ishihara K., (1984), " Post-Earthquake Failure of a Tailings Dam Due to Liquefaction of the Pond Deposit", in Proceedings of the International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, 3, 1129-1143, Missouri USA, 6 May.

Kramer L. S., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering", 1st Edition, Prentice Hall.

Marcuson W. F., Hynes M. E., Franklin A.G., (1990), "Evaluation of Use of Residual Strength in the Seismic Stability of Embankments", Earthquake Spectra, 6 (3), 529-572.

Onur M. İ., (2007), "Dinamik Etkiler Altında Zemin Deformasyonlarının İncelenmesi, Anadolu Üniversitesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.

Orhan M., Ateş A., (2011), "Depremler Sırasında Zeminlerin Sıvılaşması ve Taşıma Gücü Kayıpları: Manisa Saruhanlı örneği", Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7 (1), 52-70.

Önalp A., Arel E., Bol E., (2001), "A General Assesment of the Effects of 1999 Earthquake on the Soil-Structure Interaction in Adapazarı", Jubilee Papers in Honour of Prof. Dr. Ergün Toğrol, 10, 76-89.

Özaydın K., (2009), "Zeminlerde Sıvılaşma", İMO Bülten, 103, 10-25.

Özaydın K., (2011), "Zemin Mekaniği", 1. Baskı, Birsen Yayınevi.

Poulos S. J., Castro G., France W., (1985), "Liquefaction Evaluation", ASCE Procedure Journal of Geotechnical Engineering Division, 11 (6), 772-792.

Prakash S., (1981), " Soil Dynamics", 1st Edition, McGraw Hill.

Sadigh K., Chang C. Y., Egan J. A., Makdisi F., Youngs R. R., (1997), "Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Ground Motion Data", Seismological Research Letters, 68 (1), 180-189.

Seed, H. B., Idriss, I. M., (1971), "Simplified procedure for evaluating soil Liquefaction Potential" , ASCE Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, 97, 1249-1273.

Seed H. B., Chan C. K., Wong R. T., (1975), “Cyclic Loading Liquefaction of Gravelly Soils”, ASCE Proc. Journal of the Geotechnical Engineering Division, 101 (6), 571-583.

Seed H. B., (1979), Considerations in the Earthquake – Resistant Design of the Earth and Rockfill Dams, Geotechnique, 29 (3), 215-263.

Seed H. B., Idriss I. M., (1982), “Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes”, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, 134.

Seed H. B., Tokimatsu K., Harder L. F., Chung R. M., (1985), “ Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations” ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 12, 1425- 1445.

Shamoto Y., Zhang J., Tokimatsu K., (1998), “ Methods for Evaluation Residual Post Liquefaction Ground Settlement and Horizontal Displacement “,Japanese Geotechnical Society Soils and Foundations Special Issue, 2, 69-85.

Tezcan S. S., Özdemir Z., (2004), “Liquefaction Risk Analyses and Mapping Techniques”, 1st Edition, Istanbul : Higher Education Research Foundation.

Tokimatsu K., H. B. Seed, (1987), “Evaluation of Settlements in Sands due to Earthquake Shaking”, Journal of the Geotechnical Engineering, 113 (8), 861-878.

Towhata I., Toyota H., Vargas M., (1996), “ A Transient Study on Lateral Flow on Liquefied Ground”, Proceedings of the 10th Asian Region Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 245-247, Beijing China, September.

Towhata I., (2008) ,” Geotechnical Earthquake Engineering”, 1st Edition, Springer.

Wang W. S., (1979), “Some Findings in Soil Liquefaction”, Water Conservancy and Hydroelectric Power Scientific Research Institute, 2 (3), 55-63.

Web 1, (2014), http://cdn.preterhuman.net/texts/engineering/Geotechnical_ Earthquake_ Engineering_Handbook/77824_07.pdf, (Erişim Tarihi: 06/06/2014).

Web 2, (2014), http://kyh.deprem.gov.tr/, (Erişim Tarihi: 10/06/2014).

Web 3, (2014), http://kocaeli.bel.tr/icerik/sizin-renginiz-hangisi /2348/27524. aspx, (Erişim Tarihi: 07/06/2014).

Web 4, (2014), http://www.koeri.boun.edu.tr/bilgi/buyukluk.html, (Erişim Tarihi: 11/05/2014).

Web 5, (2014), http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=yeni_diri_fay_ haritalari, (Erişim Tarihi: 15/06/2014).

Web 6, (2014), http://www.ncdc.noaa.gov/, (Erişim Tarihi: 15/06/2014).

Web 7, (2014), http://peer.berkeley.edu/publications/turkey/adapazari/phase4/index.html , (Erişim Tarihi: 20/06/2014).

Youd, T. L., (1984), "Recurrence of Liquefaction at the Same Site", Proceedings of 8th World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco USA, 3, 231–238, July 21- 28.

Youd, T. L., Idriss I. M., (2001), "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils", Journal of the Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(4), 297-313.

ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin Metin DOĞAN 1989 yılında Gölbaşı'nda doğdu. 2007 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında mezun oldu. Aynı senenin güz döneminde hem Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem ve Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda; hem de Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda master programlarına kabul edildi. Amacı; deprem mühendisliği disiplinindeki master programlarını başarıyla tamamladıktan sonra aynı alanda doktora eğitimine devam etmek ve aynı zamanda ilgi duyduğu finans ve işletme alanlarında farklı eğitimler almaktır.

EKLER

Ek A: Azalım İlişkileri Kapsamında Sadigh vd. için Kullanılan MATLAB Kodları

```
clear all
clc
Rx=input('the closest ditance to the fault=');
M=input('Moment Magnitude=');
if M<=6.5
    T=[0;0.07;(0.1:0.1:0.5)';0.75;1;1.5;(2:1:4)'];
    C1=[-0.624;0.110;0.275;0.153;-0.057;-0.298;-0.588;-1.208;-
1.705;-2.407;-2.945;-3.700;-4.230];
    C2=ones(13,1);
    C3=[0.000;0.006;0.006;-0.004;-0.017;-0.028;-0.040;-0.050;-
0.055;-0.065;-0.070;-0.080;-0.100];
    C4=[-2.100;-2.128;-2.148;-2.080;-2.028;-1.990;-1.945;-
1.865;-1.800;-1.725;-1.670;-1.610;-1.570];
    C5=1.29649*ones(13,1);
    C6=0.250*ones(13,1);
    C7=[0;-0.082;-0.041;zeros(10,1)];
else
    T=[0;0.07;(0.1:0.1:0.5)';0.75;1;1.5;(2:1:4)'];
    C1=[-1.274;-0.540;-0.375;-0.497;-0.707;-0.948;-1.238;-
1.858;-2.355;-3.057;-3.595;-4.350;-4.880];
    C2=1.1*ones(13,1);
    C3=[0.000;0.006;0.006;-0.004;-0.017;-0.028;-0.04;(-0.05:-
0.005:-0.07)';-0.08;-0.100];
    C4=[-2.100;-2.128;-2.148;-2.080;-2.028;-1.990;-1.945;-
1.865;-1.800;-1.725;-1.670;-1.610;-1.610;-1.570];
    C5=-0.48451*ones(13,1);
    C6=0.524*ones(13,1);
    C7=[0;-0.082;-0.041;zeros(10,1)];
end
j=1;
figure(1)
for i=1:1:length(T)
    a(i)=exp(C1(i,j)+C2(i,j)*M+C3(i,j)*((8.5-
M)^2.5)+C4(i,j)*log(Rx+exp(C5(i,j)+(C6(i,j)*M)))+C7(i,j)*log(R
x+2));
end
plot(T,a),xlabel('time (sec)'),ylabel('Spectral acceleration
(g)')
```

Şekil A1.1: Sadigh vd. için kullanılan MATLAB kodları.

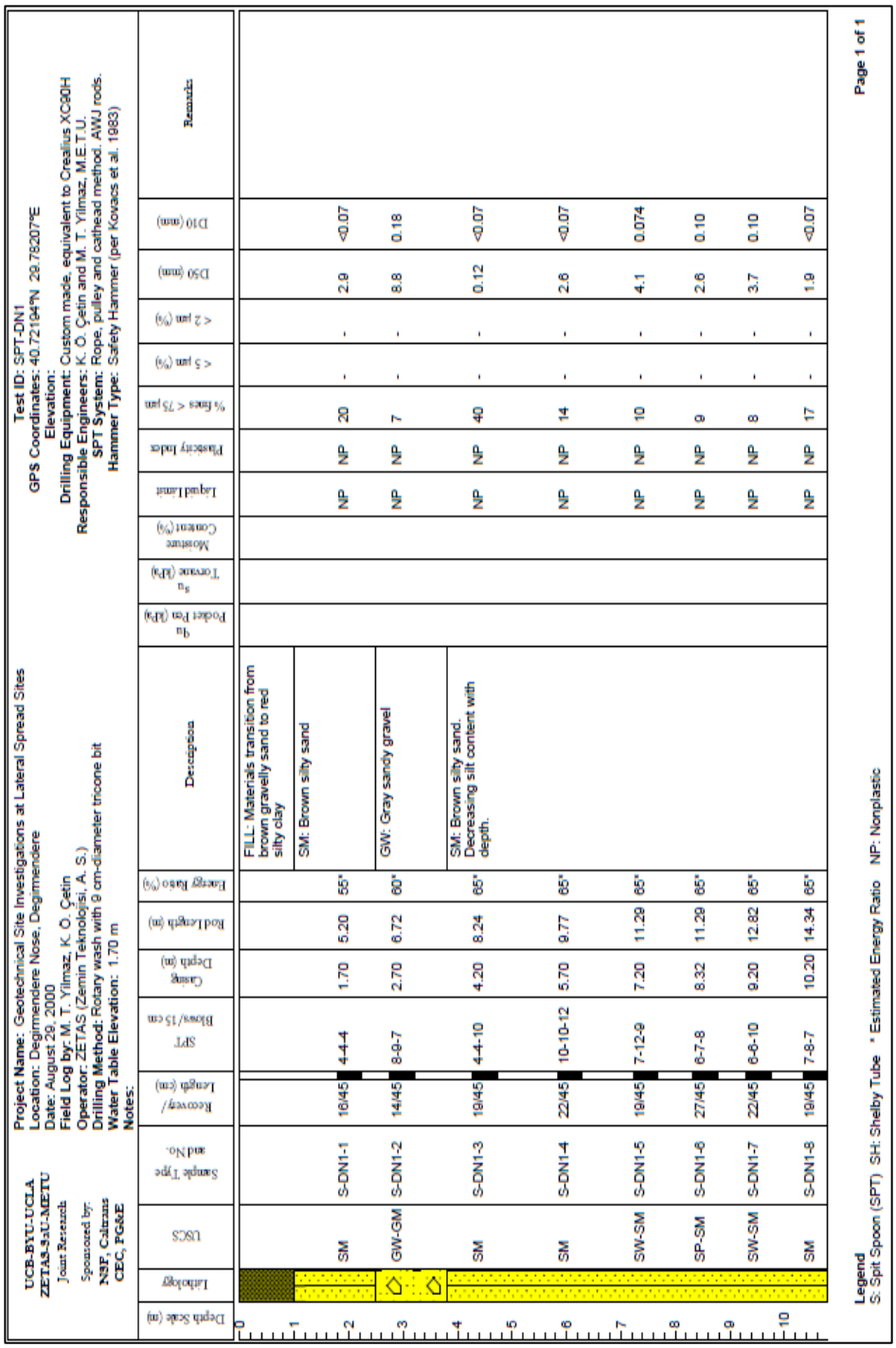
```
PGA=a(1);
Ss=a(4);
S1=a(9);
PGV=(S1/(2*pi))/1.65;
Intensity=(3.66*log10(PGA))-1.66;

display(['Ss=' num2str(Ss)]);
display(['S1=' num2str(S1)]);
display(['PGA=' num2str(PGA)]);
display(['PGV=' num2str(PGV)]);
display(['Intensity=' num2str(Intensity)]);
```

Şekil A1.1: Devamı.

Ek B: Sıvılaşma, Oturma ve Yanal Yayılma Analizleri İçin Kullanılan SPT Sondaj Logları (PEER)

- Değirmendere SPT-DN1 ve SPT-DN2 sondaj logları:



UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Degirmendere Nose, Degirmendere
Date: August 29, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.70 m
Notes:

Test ID: SPT-DN1
GPS Coordinates: 40.72194°N 29.78207°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Materials transition from brown gravelly sand to red silty clay											
1									SM: Brown silty sand											
2		SM	S-DN1-1	16/45	4-4-4	1.70	5.20	55*					NP	NP	20	-	-	2.9	<0.07	
3		GW-GM	S-DN1-2	14/45	8-9-7	2.70	6.72	60*	GW: Gray sandy gravel				NP	NP	7	-	-	8.8	0.18	
4		SM	S-DN1-3	19/45	4-4-10	4.20	8.24	65*	SM: Brown silty sand. Decreasing silt content with depth.				NP	NP	40	-	-	0.12	<0.07	
5																				
6		SM	S-DN1-4	22/45	10-10-12	5.70	9.77	65*					NP	NP	14	-	-	2.6	<0.07	
7		SW-SM	S-DN1-5	19/45	7-12-9	7.20	11.29	65*					NP	NP	10	-	-	4.1	0.074	
8		SP-SM	S-DN1-6	27/45	6-7-8	8.32	11.29	65*					NP	NP	9	-	-	2.6	0.10	
9		SW-SM	S-DN1-7	22/45	6-6-10	9.20	12.82	65*					NP	NP	8	-	-	3.7	0.10	
10		SM	S-DN1-8	19/45	7-8-7	10.20	14.34	65*					NP	NP	17	-	-	1.9	<0.07	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.1: SPT-DN1 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-BaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Degirmendere Nose, Degirmendere
Date: August 30, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 2.5 m
Notes:

Test ID: SPT-DN2
GPS Coordinates: 40.72194°N 29.78207°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray to brown silty sand with gravel.											
1		SM	S-DN2-1	13/45	4-4-6		3.67	50*					NP	NP	12	-		4.5	<0.07	
2		SM	S-DN2-2	5/45	5-6-7		6.72	55*					NP	NP	14	-	-	3.0	<0.07	
3		SP-SM	S-DN2-3	15/45	7-7-8		6.72	55*					NP	NP	11	-	-	4.1	<0.07	
4		SM	S-DN2-4	20/45	6-8-8	4.20	8.24	60*					NP	NP	13	-	-	2.6	<0.07	
5																				
6		SW-SM	S-DN2-5	23/45	10-13-14	6.20	9.77	65*					NP	NP	10	-	-	5.2	0.075	
7		SW-SM	S-DN2-6	22/45	7-12-12	7.20	11.29	65*					NP	NP	6	-	-	2.6	0.13	
8		SM	S-DN2-7	31/45	5-14-17	8.20	11.29	65*					NP	NP	17	-	-	1.3	<0.07	
9																				
10		SW-SM	S-DN2-8	33/45	11-13-16	9.50	12.82	65*					NP	NP	10	-	-	3.0	0.074	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.2: SPT-DN2 sondaj logu.

- Sapanca Oteli SPT-SH2, SPT-SH4, SPT-SH7, SPT-SH9 ve SPT-SH11 sondaj logları:

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 24, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.10 m
Notes:

Test ID: SPT-SH2
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray gravelly silty sand											
1																				
2																				
3		SW-SM	S-SH2-1	24/45	7-7-8	3.00	7.32	50					NP	NP	9	-	-	4.1	0.12	
4																				

Şekil B1.3: SPT-SH2 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 22, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.50 m
Notes:

Test ID: SPT-SH4
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									GW: Fine gravels with medium to coarse sand											
1		GW	S-SH4-1	18/45	4-2-1	0.95	4.27	55*					NP	NP	5	-	-	6.4	0.42	
2			S-SH4-2	0/45	2-2-3	1.80	5.80	56												
3		GW-GM	S-SH4-3	10/45	5-5-5	2.60	5.80	59					NP	NP	5	-	-	9.5	0.38	Fine material could be washed out.
4		ML	S-SH4-4	23/45	6-8-6	3.60	7.32	55	ML: Gray sandy silt				NP	NP	73	-	-	<0.07	<0.07	
		SW-SM							SILTY SAND: Gray gravelly silty sand				NP	NP	9	-	-	4.3	0.099	
5		SW-SM	S-SH4-5	20/45	4-4-6	4.50	8.84	56					NP	NP	7	-	-	4.7	0.21	
6		SW	S-SH4-6	23/45	2-3-4	5.40	8.84	64					NP	NP	4	-	-	3.2	0.39	
7			S-SH4-7	0/45	3-4-5	6.40	10.37	64												
8		SW-SM	S-SH4-8	13/45	5-5-6	9.32	11.89	64					NP	NP	11	-	-	3.0	0.074	
9		SW-SM	S-SH4-9	13/45	5-5-6	9.20	13.42	64					NP	NP	7	-	-	3.9	0.19	
10																				
11																				

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 2

Şekil B1.4: SPT-SH4 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 22, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.50 m
Notes:

Test ID: SPT-SH4
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
		SW-SM	S-SH4-10	18/45	6-6-14	11.00	14.94	66					NP	NP	7	-	-	4.5	0.19	

Şekil B1.4: Devamı.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-ŞaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 21, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.25 m
Notes:

Test ID: SPT-SH7
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									GW: Gray sandy gravel											
1		GM	S-SH7-1	23/45	9-7-4	0.90	4.27	60					NP	NP	14	-	-	5.0	<0.07	
2		GW	S-SH7-2	14/45	4-2-1	1.30	4.27	-	SW: Gray gravelly silty sand				NP	NP	1	-	-	8.4	1.7	
3		SW	S-SH7-3	10/45	4-3-2	2.60	5.80	60					NP	NP	5	-	-	3.0	0.23	
4		SW	S-SH7-4	22/45	3-4-4	3.40	7.32	63					NP	NP	4	-	-	3.9	0.33	
5		SW	S-SH7-5	21/45	3-5-4	4.20	7.32	66					NP	NP	6	-	-	4.5	0.20	
			S-SH7-6	0/45	3-4-5	5.00	8.84	65												
6		SM	S-SH7-7	14/45	7-7-9	5.90	10.37	60					NP	NP	13	-	-	1.5	<0.07	
7		SW-SM	S-SH7-8	13/45	4-6-11	6.80	11.89	68					NP	NP	11	-	-	1.6	<0.07	
8		SW-SM	S-SH7-9	22/45	6-7-6	7.80	11.89	65					NP	NP	12	-	-	2.0	<0.07	
9		SW-SM	S-SH7-10	18/45	7-6-6	9.00	13.42	63					NP	NP	6	-	-	3.1	0.29	
10		SW-SM	S-SH7-11	20/45	1-4-6	10.30	13.42	63					NP	NP	9	-	-	2.0	0.12	
11																				

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 2

Şekil B1.5: SPT-SH7 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 21, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.25 m
Notes:

Test ID: SPT-SH7
GPS Coordinates: 40.69852ºN 30.26563ºE
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
12		SP-SM	S-SH7-12	22/45	2-5-6	11.80	14.94	61					NP	NP	5	-	-	0.84	0.24	
13		SM	S-SH7-13	11/45	3-8-5	13.50	16.46	65					NP	NP	14	-	-	0.84	<0.07	

Şekil B1.5: Devamı.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-ŞaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 23, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 2.57 m
Notes:

Test ID: SPT-SH9
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Brown, silty clayey artificial fill											
1									SM: Gray gravelly silty sand											
		SM	S-SH9-1	18/45	5-7-7	1.28	4.27	57					NP	NP	46	-	-	0.12	<0.07	
2																				
		SM	S-SH9-2	29/45	2-1-2	2.30	5.80	63					NP	NP	15	-	-	1.7	<0.07	
		ML											NP	NP	56	-	-	<0.07	<0.07	
3																				
		SM	S-SH9-3	16/45	6-6-3	3.50	7.32	62					NP	NP	16	-	-	1.9	<0.07	
4																				
		SM	S-SH9-4	23/45	6-8-6	3.60	8.84	62					NP	NP	15	-	-	2.6	<0.07	
5																				
6		SM	S-SH9-5	18/45	5-3-5	6.00	10.37	64					NP	NP	14	-	-	1.6	<0.07	
7									ML: Gray gravelly sandy silt											
8		ML											NP	NP	51	-	-	0.074	<0.07	Sample stuck into casing, retrieved as disturbed.
		ML	S-SH9-8	39/45	2-1-3	8.15	11.89	63					NP	NP	86	19	9	0.015	2µm	
9																				
10		ML	S-SH9-9	41/45	2-2-4	9.60	13.42	63					NP	NP	98	17	9	0.015	2µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.6: SPT-SH9 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Sapanca Hotel, Sapanca
Date: August 23, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.20 m
Notes:

Test ID: SPT-SH11
GPS Coordinates: 40.69852°N 30.26563°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Dark gray gravelly silty sand											
1																				
2		SM	S-SH11-1	20/45	6-6-3	1.50	4.27	60					NP	NP	14	-	-	1.9	<0.07	
3		GW-GM	S-SH11-2	13/45	9-7-4	2.62	5.80	64					NP	NP	9	-	-	5.8	0.12	
4		ML SW-SM	S-SH11-3	30/45	2-3-4	3.50	7.32	65					NP NP	NP NP	66 10	- -	- -	<0.07 1.8	<0.07 0.07	
5			S-SH11-4	0/45	1-1-1	4.40	7.32	53												
6		SW-SM	S-SH11-5	25/45	5-6-7	5.40	8.84	56					NP	NP	11	-	-	1.9	<0.07	
7		SW-SM	S-SH11-6	26/45	6-6-7	6.40	10.37						NP	NP	8	-	-	3.0	0.11	
8		SM	S-SH11-7	19/45	2-5-8	7.40	11.89	57					NP	NP	12	-	-	1.1	<0.07	
9		SW-SM	S-SH11-8	24/45	2-2-4	8.40	11.89	62					NP	NP	7	-	-	2.4	0.21	
10		SM	S-SH11-9	12/45	10-5-6	9.40	13.42	63					NP	NP	21	-	-	0.42	<0.07	
11			S-SH11-10	0/45	6-9-10	10.61	13.42	60												

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.7: SPT-SH11 sondaj logu.

- Yalova Limanı SPT-YH1, SPT-YH2 ve SPT-YH3 sondaj logları:

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-3aU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Yalova Harbor, Yalova
Date: August 01, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.75 m
Notes:

Test ID: SPT-YH1
GPS Coordinates: 40.65971°N 30.26879°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray silty sand.											
1		SP-SM	S-YH1-1	21/45	10-20-25	1.20	3.67	50*					NP	NP	11	-	-	7.9	<0.07	
2																				
3		SP-SM SP-SM ML	S-YH1-2	37/45	2-0-4	2.70	5.20	55*	ML: Gray sandy silt.				NP NP	NP NP	7 12 84	- - -	- - -	0.33 0.20 <0.07	0.12 <0.07 <0.07	Not enough sample to perform Atterberg limit test
4		SP-SM	S-YH1-3	37/45	5-4-6	3.70	6.72	60*	SM: Gray silty sand.				NP	NP	9 74	- -	- -	0.29 <0.07	0.087 <0.07	
5																				
6		SP-SM SP-SM	S-YH1-4	36/45	3-3-4	5.20	8.24	65*					NP NP	NP NP	10 11	- -	- -	0.22 0.23	0.074 0.070	
7		SM SP	S-YH1-5	40/45	3-5-5	6.20	9.77	65*					NP NP	NP NP	23 5	- -	- -	0.17 0.24	<0.07 0.021	
8		CL SM	S-YH1-6	42/45	2-2-2	7.70	11.29	65*	CL: Gray silty clay, with sandy silt traces. SM: Gray silty sand.				30 NP	20 NP	59 29	19 -	15 -	0.074 0.12	<1µm <0.07	
9		CL	S-YH1-7	36/45	1-1-2	8.70	12.82	65*	CL: Gray silty clay, with sandy silt traces.				41	21	77	36	28	0.017	<1µm	
10		CL	SH-YH1-8	43/50		9.50							43	24	72	34	28	0.018	<1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.8: SPT-YH1 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Yalova Harbor, Yalova
Date: September 2, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.9 m
Notes:

Test ID: SPT-YH2
GPS Coordinates: 40.65971°N 30.26879°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray silty sand.											
1																				
2																				
3			S-YH2-1	0/45	2-3-5	2.70	5.20	55*												
4		SP-SM SM	S-YH2-2	28/45	4-3-6	3.70	6.72	60*					NP NP	NP NP	7 45	- -	- -	0.32 0.095	0.10 <0.07	
5			S-YH2-3	0/45	6-8-6	4.70	8.24	65*												
6		SM SM	S-YH2-4	28/45	4-6-6	5.70	9.77	65*					NP NP	NP NP	12 21	- -	- -	0.24 0.20	<0.07 <0.07	
7		SM	S-YH2-5	27/45	6-6-6	6.70	11.29	65*					NP	NP	26	-	-	0.13	<0.07	
8		CL	S-YH2-6	6/45	2-2-5	7.70	11.29	65*	CL: Gray silty clay.				30	19	53	18	15	0.074	1µm	
9		ML	SH-YH2-7	40/50		8.70			ML: Gray clayey silt.			34	NP	NP	79	18	12	0.049	1µm	
10		CL	SH-YH2-8	40/50		9.70			CL: Gray silty clay.				43	23	74	33	28	0.018	1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.9: SPT-YH2 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Yalova Harbor, Yalova
Date: August 3, 2000
Field Log by: M. T. Yilmaz, K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.8 m
Notes:

Test ID: SPT-YH3
GPS Coordinates: 40.65971°N 30.26879°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									SM: Gray silty sand.											
1																				
2																				
3		SM	S-YH3-1	34/45	2-3-5	2.43	5.20	55*					NP	NP	16	-	-	0.20	<0.07	
		SM	S-YH3-2	30/45	5-6-6	3.20	6.72	60*					NP	NP	13	-	-	0.22	<0.07	
4		SP-SM											NP	NP	9	-	-	0.30	0.079	
		SP-SM	S-YH3-3	31/45	3-4-4	4.20	8.24	65*					NP	NP	10	-	-	0.25	0.074	
5		SM	S-YH3-4	35/45	3-5-6	5.20	9.77	65*					NP	NP	11	-	-	0.23	0.070	
6		SM	S-YH3-5	38/45	5-6-7	6.20	9.77	65*					NP	NP	17	-	-	0.18	<0.07	
7		SM	S-YH3-6	38/45	3-5-6	7.20	11.29	65*					NP	NP	33	-	-	0.10	<0.07	
8		CL	S-YH3-7	43/45	3-2-3	8.20	12.82	65*	CL: Gray silty clay.				31	19	56	18	16	0.074	<1µm	
9		CL	SH-YH3-8	40/50		9.10						31	35	17	90	25	18	0.026	<1µm	
10		CL	SH-YH3-8	40/50		10.40						32	36	18	80	24	17	0.028	<1µm	
11																				

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.10: SPT-YH3 sondaj logu.

- Yakın Caddesi SPT-A1, SPT-A2, SPT-A3 ve SPT A4 sondaj logları:

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Ground Failure and Building Performance in Adapazari, Turkey
Location: Site A - Tul and Yakin Streets,Cumhuriyet District, Adapazari
Date: June 23, 2000
Field Log by: Rodolfo B. Sancio
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: GWL=0.90m 06/24/00, 0.77m 06/26/00, 0.77m 06/28/00
Notes: Solid flight auger used to a depth of 1.5 m

Test ID: SPT-A1
GPS Coordinates: 40.77922°N 30.39487°E
Elevation: -0 cm with respect to CPT-A3
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: J. D. Bray and R. B. Sancio, U. C. Berkeley
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									ASPH: Boring performed through asphalt and subgrade of Tul street											
1		ML	S-A1-1	18/45	1-3-3		4.27	37	FILL: Materials transition from a brown to gray gravelly sand to red silty clay of hard consistency			38	41	13	90					
2		MH/CH	S-A1-2	40/45	3-2-5		5.80	46	CH: Brown, moist, sticky, high plasticity silty clay without visible sand particles. S-A1-4 shows darker tones and some fine to medium sand content		28	39	53	23	94					
3		CH	S-A1-3	31/45	2-3-4		5.80	42		140	50	39	65	35	100	61	36	0.0035	<2µm	
		CL	S-A1-4	36/45	1-2-2		7.32	57		80	22	37	46	23	87					
4		ML/ML-CL	S-A1-5	40/45	2-2-2		7.32	53	ML: Gray silt with sand. Field description: ML	70	23	29	29	6	74	16	>10%	0.045	0.003	
5		CH	S-A1-6	45/45	1-2-1		8.84	55	ML: Brown, low plasticity silt with fine sand and some red clay points	80	25	44	55	28	92					
6		CL/ML	S-A1-7	39/45	1-1-2		8.84	50	CH: High plasticity gray clay with low sand content (traces). At 5.3 m a thin fine sand seam was identified. Sample A1-7 exhibits some sand seams	75	26	39	47	20	97	31	18	0.012	<2µm	
7		ML	S-A1-8	37/45	6-6-9		10.37	65	ML: Gray sandy silt. Increasing sand content with depth	450		27	30		70	15	10	0.057	0.002	
8		ML	S-A1-9	41/45	6-9-10		11.89	75		275		27	29		58					
9		SP	S-A1-10	41/45	11-20-23		11.89	64	SP: Medium to fine poorly graded gray sand	300		24			5			0.29	0.12	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby tube

Page 1 of 1

Şekil B1.11: SPT-A1 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Ground Failure and Building Performance in Adapazari, Turkey
Location: Site A - Tul and Yakin Streets,Cumhuriyet District, Adapazari
Date: June 24, 2000
Field Log by: Rodolfo B. Sancio
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: GWT = 0.70m 06/24/00, 0.79m 06/26/00, 0.85m 06/28/00
Notes: Solid flight auger was used to a depth of 1m

Test ID: SPT-A2
GPS Coordinates: 40.77922°N 30.39487°E
Elevation: -5 cm with respect to CPT-A3
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: J. D. Bray and R. B. Sancio, U. C. Berkeley
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									ASPH: Asphalt of Yakin Street.											
1		ML/CL	S-A2-1	28/45	1-2-1	-	4.27	37	Fill	150	10	37	31	8	74	-	-	-	-	
2		ML	S-A2-2	42/45	1-2-2	-	5.80	53	ML: Brown clayey silt to silty clay with some red oxidation points and some fine sand	75	18	36	35	8	86	-	-	-	-	
3		CH/MH	SH-A2-3	42/42		2.55	-	-	CH: Brown high plasticity silty clay to clayey silt. Some fine to medium sand in a silty clay matrix was observed in the wash water	-	48	44	51	23	100	75	57	0.001	<2µm	
		CL/CH	S-A2-4	40/45	2-1-1	3.35	7.32	52		120	53	37	49	25	85	-	-	-	-	
4		ML	S-A2-5	28/45	2-3-4	4.15	7.32	65	ML: Brown/gray clayey silt with traces of fine sand	160	35	34	35	7	93	18	12	0.018	0.001	
5		CL	SH-A2-6	42/42		4.95	-	-	CH: Gray silty clay of medium to high plasticity. Sticky to the fingers. Softens when remoulded	-	31	44	43	20	95	-	-	-	-	
6		MH/CH	S-A2-7	39/45	1-1-2	5.95	8.84	65		75	37	43	51	22	99	42	30	0.007	<2µm	
7		ML	S-A2-8	32/45	3-5-5	6.95	10.37	60	ML: Gray clayey silt with some fine sand	170	36	33	39	11	85	20	13	0.026	0.001	At approximately 7.15 m, an 8-cm thick stratum of black, fibrous material (Peat) was identified in the sample
8		SP-SM	S-A2-9	38/45	12-20-16	8.45	11.89	61	SP-SM: Poorly graded gray fine sand with silt. Gravel content ~ 8% in sample S-A2-10	380	-	33	-	-	8	-	-	0.12	0.08	
9																				
10		SP-SM	S-A2-10	38/45	7-10-15	9.95	12.82	-		320	-	22	-	-	6	-	-	0.33	0.1	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby tube

Page 1 of 1

Şekil B1.12: SPT-A2 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-ŞaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Ground Failure and Building Performance in Adapazari, Turkey
Location: Site A - Tul and Yakin Streets,Cumhuriyet District, Adapazari
Date: June 26, 2000
Field Log by: Rodolfo B. Sancio
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: GWL = 0.87 m 06/26/00, 0.70 m 06/28, 0.72 m 07/08
Notes: Solid flight auger was used to a depth of 1.8 m

Test ID: SPT-A3
GPS Coordinates: 40.77922°N 30.39487°E
Elevation: -14 cm with respect to CPT-A3
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: J. D. Bray and R. B. Sancio, U. C. Berkeley
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/ 15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									Fill: Asphalt, subgrade and fill consisting of dark brown clayey gravelly sand.											
1		-	S-A3-1	0/45	2-1-2		4.27	47		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2		CH	S-A3-2	25/45	1-2-3		5.80	55	CH: Brown, high plasticity silty clay. At about 2 m there is a layer of brown fine sandy silt	170	61	39	61	33	99	-	-	-	-	
3		CH	S-A3-3	28/45	1-2-2		5.80	43		150	47	38	59	33	99	50	35	0.005	<2µm	
4		ML	S-A3-4A S-A3-4B	34/45	2-3-2		7.32	56	ML: Gray low plasticity clayey silt with fine sand.	70	12	30	31	6	79	-	-	- -	- -	A 3 cm-thick fine sand seam at 20 cm above the tip of the sampler
5		ML	SH-A3-5	42/42	-	4.45	-	-		80	18	39	38	9	91	13	3	0.024	0.004	
6		ML	S-A3-6	38/45	2-2-2	5.55	8.84	62		40	30	42	43	15	96	-	-	-	-	
7		ML	S-A3-7	38/45	3-4-10	6.45	10.37	61		170	-	31	37	8	88	-	-	-	-	
8									SAND: Gray poorly graded sand with silt and traces (8%) of fine rounded gravel											
		SP-SM	S-A3-8	35/45	7-18-24	8.45	11.89	65		360	-	23	-	-	9	-	-	0.22	0.08	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby tube

Page 1 of 1

Şekil B1.13: SPT-A3 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Ground Failure and Building Performance in Adapazari, Turkey
Location: Site A - Tul and Yakin Streets,Cumhuriyet District, Adapazari
Date: July 24, 2000
Field Log by: Rodolfo B. Sancio
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: GWL = 0.82m 07/25/00
Notes:

Test ID: SPT-A4
GPS Coordinates: 40.77922°N 30.39487°E
Elevation: -14 cm with respect to CPT-A3
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: J. D. Bray and R. B. Sancio, U. C. Berkeley
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0–1									FILL: Asphalt, pavement and fill on Yakin Street											
1–2		CL/ML	SH-A4-1A	39/42	-	1.2	-	-	CL: Low to high plasticity, brown silty clay to clayey silt with traces of fine sand. Soil is highly inhomogeneous, showing variable FC	75	41	24	34	11	80	35	24	0.017	<2µm	
		CL/ML	SH-A4-1B		-	1.2	-	-		75	41	33	42	17	94	45	34	0.006	<2µm	Shear Vane @ 1.65 m. Peak = 16 kPa, Residual = 4 kPa
2–3		CL	SH-A4-2	33/42	-	1.2	-	-		60	32	35	48	24	99	32	25	0.02	<2µm	Shear Vane @ 2.45 m. Peak = 29 kPa, Residual = 9 kPa
3–4		-	SH-A4-3	41/42	-	1.2	-	-		70	26	-	-	-	-	-	-	-	-	Shear Vane @ 3.45 m. Peak = 15 kPa, Residual = 5 kPa
4–5		ML	S-A4-4	30/45	3-3-3	4.05	7.32	51	ML: Brown low plasticity silt with traces of fine sand	-	-	32	36	10	97	24	18	0.017	<2µm	
5–6		CL/MH	S-A4-5	28/45	3-1-2	4.95	8.84	53	CL: Low to high plasticity gray silty clay to clayey silt with traces of fine sand	75	27	39	49	22	98	56	42	0.004	<2µm	
6–7		CL	S-A4-6	-	6-5-11	6.45	10.37	59		-	-	37	38	14	92	43	37	0.007	<2µm	Initially no sample was recovered at a depth of 6.5 m. In a second attempt, a sample was obtained at 6.6 m with the aid of a sand catcher.
7–8		ML	S-A4-7	33/45	11-12-17	7.95	11.89	60	SANDY SILT: Gray low plasticity sandy silt	440	-	25	25	-	66	35	32	0.018	<2µm	
9–10		SP-SM	S-A4-8	40/45	24-38-36	9.45	12.82	-	SAND: Gray poorly to well graded sand with silt. 22% gravel content in S-A4-9, very low (< 5%) in other samples.	-	-	18	-	-	8	-	-	0.3	0.185	
10–11		SW-SM	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				[illegible]			[illegible]			[illegible]	[illegible]	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby tube

Page 1 of 2

Şekil B1.14: SPT-A4 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Ground Failure and Building Performance in Adapazari, Turkey
Location: Site A - Tul and Yakin Streets,Cumhuriyet District, Adapazari
Date: July 24, 2000
Field Log by: Rodolfo B. Sancio
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: GWL = 0.82m 07/25/00
Notes:

Test ID: SPT-A4
GPS Coordinates: 40.77922°N 30.39487°E
Elevation: -14 cm with respect to CPT-A3
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: J. D. Bray and R. B. Sancio, U. C. Berkeley
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
12		SW-SM	S-A4-9	39/45	14-18-20	10.95	14.94	54		-	-	17	-	-	10	-	-	0.61	0.074	
13		SP-SM	S-A4-10	33/45	14-17-18	12.45	16.46	62		-	-	16	-	-	7	-	-	0.5	0.1	
14									CH: Gray, high plasticity stiff clay.											
15		CH	S-A4-11	26/45	4-4-7	14.95	17.92	62		250	53	37	69	45	100	86	73	<2µm	<2µm	BW rods were used for the SPT at 15 m

Şekil B1.14: Devamı.

- Polis Karakolu SPT-PS2, SPT-PS3 ve SPT-PS4 sondaj logları:

UCB-BYU-UCLA ZETAS-SaU-METU Joint Research

Sponsored by: **NSF, Caltrans CEC, PG&E**

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Police Station, eastern edge of Izmit Bay
Date: August 25, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.10 m
Notes:

Test ID: SPT-PS2
GPS Coordinates: 40.72120°N 29.73733°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Dessicated brown clay fill.											
1																				
									FILL: Brown to gray gravelly sandy silt.											
2		SP-SM	S-PS2-1	8/45	3-4-4	1.70	5.20	55*					NP	NP	12	-	-	1.6	<0.07	
									SM: Gray silty sand											
3			S-PS2-2	0/45	1-2-2	3.10	6.72	60*												
4									CL: Low plasticity gray clay.											
		CL	S-PS2-3	40/45	1-1-2	3.80	8.24	65*				41	40	19	97	40	31	9µm	<1µm	
5																				
6			SH-PS2-4	50/50		5.70														
		CL	S-PS2-5	35/45	1-2-2	5.70	9.77	65*				40	41	18	98	40	27	8µm	<1µm	
7																				
		CL	S-PS2-6	44/45	1-1-2	7.30	11.29	65*				42	41	18	98	56	42	3µm	<1µm	
8																				
									SAND: Gray cemented shells with sand											
9		SW-SM	S-PS2-7	30/45	7-8-9	8.70	12.82	65*					NP	NP	11	-	-	0.97	<0.07	
									CL: Gray silty clay											
10																				
		CL	S-PS2-8	25/45	3-4-5	10.20	12.82	65*				38	37	17	78	39	29	9µm	<1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.15: SPT-PS2 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Police Station, eastern edge of Izmit Bay
Date: August 26, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.40 m
Notes:

Test ID: SPT-PS3
GPS Coordinates: 40.72120°N 29.73733°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Brown silty clay.											
1																				
		SM	S-PS3-1	14/45	8-20->30	1.70	5.20	55*	FILL: Brown gravelly silty sand.				NP	NP	24	-	-	1.1	<0.07	
2		SM	S-PS3-2	0/45	3-1-2	2.20	5.20	55*	SM: Gray silty sand.				NP	NP	36	-	-	0.13	<0.07	
3									CL: Gray clay.											
4		CL	SH-PS3-3	45/50		3.70						35	45	23	89	24	17	0.02	<1µm	
5																				
6		CL	SH-PS3-4	45/50		5.70						40	41	18	99	32	18	0.014	<1µm	
7																				
8		SM	S-PS3-5	40/45	4-3-3	8.00	12.82	65*	SM: Gray silty sand.				NP	NP	26	-	-	0.98	<0.07	
		CL							CL: Gray clay.						89	-	-	<0.07	<0.07	
9			SH-PS3-6	42/50		9.30														
10			SH-PS3-7	45/50		10.40														
11																				

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 2

Şekil B1.16: SPT-PS3 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Police Station, eastern edge of Izmit Bay
Date: August 26, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.40 m
Notes:

Test ID: SPT-PS3
GPS Coordinates: 40.72120°N 29.73733°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
		SM	S-PS3-8	15/45	5-20-18	11.40	14.34	65*	SM: Gray silty sand.				NP	NP	36	-	-	3.4	<0.07	

Şekil B1.16: Devamı.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-ŞaU-METU
Joint Research

Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Police Station, eastern edge of Izmit Bay
Date: August 26, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 1.20 m
Notes:

Test ID: SPT PS4
GPS Coordinates: 40.72120°N 29.73733°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Brown silty clay.											
1		GP-GM	S-PS4-1	18/45	3-5-3	1.20	3.67	50*	FILL: Brown sandy silty gravel.				NP	NP	11	-	-	7.7	<0.07	
2									ML: Gray clayey silt.											
3		ML	SH-PS4-2	45/50		2.70						33	NP	NP	78	10	6	0.040	5µm	
									CL: Gray silty clay.											
4		CL	S-PS4-3	37/45	1-0-1	3.90	6.72	60*				40	39	17	93	35	28	10µm	<1µm	
5		CL	SH-PS4-4	42/50		4.70						41	39	19	96	40	31	9.9	<1µm	
6																				
7																				
		CL	S-PS4-5	44/45	1-3-8	7.20	11.29	65*				41	40	19	100	57	43	3.4µm	<1µm	
8		SM							SM: Gray silty sand with shell fragments				NP	NP	22	-	-	0.59	<0.07	
									CL: Gray silty clay											
9																				
10		CL	SH-PS4-6	45/50		9.70						41	39	19	82	45	33	9µm	<1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.17: SPT-PS4 sondaj logu.

- Futbol Sahası SPT-SF5 ve SPT-SF6 sondaj logları:

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-ŞaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Soccer Field. Eastern Izmit Bay, next to the Navy Base
Date: August 27, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.90 m
Notes:

Test ID: SPT-SF5
GPS Coordinates: 40.71767°N 29.92704°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery/ Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Brown silty clay.											
1																				
									SM: Gray silty sand.											
2		SM	S-SF5-1	23/45	3-3-1	1.70	5.20	55*					NP	NP	16	-	-	1.3	<0.07	
3		ML	S-SF5-2	17/45	1-1-2	2.66	5.20	55*	ML: Gray clayey silt.				NP	NP	66	-	-	<0.074	<0.07	
									CL: Gray silty clay											
4		CH	SH-SF5-3	45/50		3.70						57	57	32	96	42	32	9µm	<1µm	
5		CH	S-SF5-4	33/45	0-0-1	4.70	8.24	65*				60	58	32	86	37	29	0.011	<1µm	
6			SH-SF5-5	40/50		5.70														Laboratory test results will be available after testing "UD" samples.
7		CH	S-SF5-6	41/45	0-0-1	6.70	11.29	65*				58	56	32	96	41	33	9µm	<1µm	
8		CH	SH-SF5-7	42/50		8.26						59	55	34	96	40	32	9µm	<1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.18: SPT-SF5 sondaj logu.

UCB-BYU-UCLA
ZETAS-SaU-METU
Joint Research
Sponsored by:
NSF, Caltrans
CEC, PG&E

Project Name: Geotechnical Site Investigations at Lateral Spread Sites
Location: Soccer Field. Eastern Izmit Bay, next to the Navy Base
Date: August 28, 2000
Field Log by: K. Ö. Çetin
Operator: ZETAS (Zemin Teknolojisi, A. S.)
Drilling Method: Rotary wash with 9 cm-diameter tricone bit
Water Table Elevation: 0.80 m
Notes:

Test ID: SPT-SF6
GPS Coordinates: 40.71767°N 29.92704°E
Elevation:
Drilling Equipment: Custom made, equivalent to Crealius XC90H
Responsible Engineers: K. Ö. Çetin and M. T. Yilmaz, M.E.T.U.
SPT System: Rope, pulley and cathead method. AWJ rods.
Hammer Type: Safety Hammer (per Kovacs et al. 1983)

Depth Scale (m)	Lithology	USCS	Sample Type and No.	Recovery / Length (cm)	SPT Blows/15 cm	Casing Depth (m)	Rod Length (m)	Energy Ratio (%)	Description	q_u Pocket Pen (kPa)	s_u Torvane (kPa)	Moisture Content (%)	Liquid Limit	Plasticity Index	% fines < 75 µm	< 5 µm (%)	< 2 µm (%)	D50 (mm)	D10 (mm)	Remarks
0									FILL: Brown silty clay.											
1																				
									ML: Gray sandy silt											
2		ML	S-SF6-1	16/45	2-1-1	1.70	5.20	55*					NP	NP	52	-	-	<0.074	<0.07	
3			S-SF6-2	0/45	1-1-1	2.70	5.20	55*	CL: Gray silty clay											
4		CH	SH-SF6-3	45/50		3.70						64	58	32	87	37	28	0.011	<1µm	
5																				
		CH	SH-SF6-4	45/50		5.20						60	57	33	90	36	28	0.010	<1µm	
6																				
7																				
8		CH	SH-SF6-5	42/50		7.70						60	58	34	92	35	30	9µm	<1µm	

Legend
S: Spit Spoon (SPT) SH: Shelby Tube * Estimated Energy Ratio NP: Nonplastic

Page 1 of 1

Şekil B1.19: SPT-SF6 sondaj logu.